

Politecnico di Torino
Dipartimento di Scienza Applicata e Tecnologia



Guida alla distribuzione dei gas compressi

di Luigi Manna

Documento per uso interno
versione 1 del 22-11-2011



Guida alla distribuzione dei gas compressi

Sommario

1	Scopo	1
2	Definizioni	1
3	Gas proibiti	2
4	Classificazione degli impianti di distribuzione	2
5	Linee di distribuzione interna del gas	3
5.1	<i>Bombole all'interno dei laboratori</i>	3
5.2	<i>Classificazione d'uso degli armadi per bombole e loro codici</i>	4
5.3	<i>Collegamento della bombole alla linea interna</i>	4
5.4	<i>Tubazioni</i>	4
5.5	<i>Punti presa</i>	5
6	Reti di distribuzione locali	5
6.1	<i>Depositi d'uso</i>	5
6.2	<i>Collocazione dei depositi d'uso</i>	5
6.3	<i>Requisiti generali dei depositi d'uso</i>	6
6.4	<i>Compartimentazione e incompatibilità chimica</i>	8
6.5	<i>Classificazione dei depositi d'uso</i>	8
6.6	<i>Responsabile del Deposito e codice del deposito</i>	9
6.7	<i>Segnaletica deposito d'uso</i>	9
6.8	<i>Connessione delle bombole in uso alla linea di distribuzione</i>	10
6.9	<i>Tubazioni</i>	10
6.10	<i>Posizione delle tubazioni</i>	10
6.11	<i>Valvole di intercettazione</i>	10
6.12	<i>Punti presa</i>	11
6.13	<i>Formazione degli operatori, procedure e attrezzatura</i>	11
7	Sistema di rilevazione di fuga di gas.....	11
7.1	<i>Posizione dei rivelatori di gas</i>	12
7.2	<i>Allarme</i>	13
7.3	<i>Intercettazione del flusso in caso di allarme</i>	14
7.4	<i>Codici dei rilevatori di fuga fissi e delle centraline</i>	14
7.5	<i>Procedure di emergenza</i>	14



7.6 Gas inerti.....	16
7.7 Gas infiammabili.....	16
7.8 Gas comburenti.....	16
7.9 Gas tossici o nocivi.....	17
7.10 Controllo dei valori limite di soglia	17
8 Uso occasionale di bombole di gas compressi	17
9 Segnaletica all'ingresso del laboratorio	18
10 Formazione degli operatori, procedure e attrezzatura.....	18
11 Raccomandazioni per limitare l'uso di bombole di gas o ridurre la pericolosità..	19

Allegato I – Metodi di calcolo

Allegato II – Esempi di segnaletica

Allegato III – Pericoli dovuti ai gas compressi

Allegato IV – Caratteristiche principali degli impianti di distribuzione interna e locale

Allegato V – Rete dipartimentale



1 Scopo

La seguente guida definisce i requisiti e i limiti ai fini della sicurezza dei sistemi di distribuzione di gas compressi alimentati da bombole o pacchi di bombole. I sistemi di distribuzione considerati sono quelli in cui i gas sono stoccati come gas compressi, gas liquefatti o gas disciolti in un solvente; sono esclusi i liquidi criogenici (es. azoto liquido), la rete dipartimentale dell'aria compressa (alimentata da compressori) e la rete di distribuzione del metano (prelevato da rete esterna).

2 Definizioni

Bombole: ai fini del seguente regolamento sono genericamente denominati “bombole” tutti i recipienti contenenti gas compressi, liquefatti o disciolti di capacità maggiore o uguale a 3 litri.

Bombola in uso: bombola connessa alla linea di distribuzione di un gas che ha il compito di alimentarla quando questa è in uso.

Bombola di pronto ricambio: bombola di riserva disponibile per alimentare una linea di distribuzione di un gas in caso di esaurimento della bombola sorgente (bombola in uso); ha quindi lo scopo di garantire la continuità del servizio di erogazione del gas. Una bombola di pronto ricambio può essere collegata alla linea di distribuzione (il ricambio è eseguito azionando delle valvole di intercettazione); oppure, non essere connessa alla linea (il ricambio richiede la sostituzione fisica della bombola sorgente da parte di un operatore).

Bombola in deposito: bombola non collegata a una linea di distribuzione di gas che non svolga la funzione di pronto ricambio.

Uso occasionale: per uso occasionale si intende l'impiego di una bombola di un gas compresso per alcune ore durante la giornata lavorativa con frequenza inferiore o uguale a *quattro volte l'anno*.

Tubazione, linea: parte dell'impianto di distribuzione del gas compresa tra la bombola sorgente (o il pacco bombole) e i punti di presa (punti di prelievo dei gas).

Gas compressi: tutti i gas con temperatura critica minore di -10°C stoccati allo stato gassoso in pressione.

Gas liquefatti: tutti i gas con temperatura critica maggiore o uguale a -10°C stoccati allo stato liquido in pressione.

Gas disciolti: tutti i gas stoccati in pressione disciolti in un solvente.

Gas leggero: gas con densità relativa rispetto all'aria inferiore a 0,8.

Gas pesante: gas con densità relativa rispetto all'aria maggiore di 1,2.

Gas intermedio: gas con densità relativa compresa tra 0,8 e 1,2.

Gas infiammabile esplosivo: gas infiammabile che può esplodere anche senza la presenza di aria. Nella classificazione basata sulla direttiva 67/548/CEE è associata la frase di rischio R6 (Esplosivo a contatto o senza contatto con l'aria); nella classificazione in base al regolamento UE 1272/2008 è riportata la stessa frase come *indicazione di pericolo* (codice EUH006).

Gas infiammabile: come definito dal regolamento UE 1272/2008 (categorie 1 e 2) esclusi i gas esplosivi in assenza di aria.

Gas comburente: come definito dal regolamento UE 1272/2008 (categoria 1).

Gas letale: gas con tossicità acuta per inalazione di categoria 1 e 2 (Acute Tox. 1 e 2) come definito dal regolamento UE 1272/2008. Gas molto tossici (T+; R26) secondo la direttiva 67/548/CEE.



Gas tossico: gas con tossicità acuta per inalazione di categoria 3 (Acute Tox. 3) come definito dal regolamento UE 1272/2008. Gas tossici (T; R23) secondo la direttiva 67/548/CEE. I gas corrosivi sono tossici per inalazione.

Gas nocivo: gas con tossicità acuta per inalazione di categoria 4 (Acute Tox. 4) come definito dal regolamento UE 1272/2008. Gas nocivo (Xn; R20) secondo la direttiva 67/548/CEE.

Gas inerte: gas non infiammabile, non comburente e non tossico (non letale, tossico o nocivo).

Gas dannoso per la salute: gas inerte il cui rilascio può comportare danni alla salute prima che l'ambiente diventi sotto-ossigenato. L'anidride carbonica è un gas inerte dannoso per la salute.

Atmosfera sovra-ossigenata: un'atmosfera è sovra-ossigenata quando la concentrazione dell'ossigeno è superiore al 23,5%.

Atmosfera comburente: un'atmosfera è comburente quanto la sua capacità ossidante è superiore a quella di una miscela al 23,5% di ossigeno in azoto.

Atmosfera sotto-ossigenata: un'atmosfera è sotto-ossigenata quando la concentrazione dell'ossigeno è inferiore al 19,5%.

Atmosfera asfissiante: un'atmosfera è asfissiante quando la concentrazione dell'ossigeno è inferiore al 18%.

3 Gas proibiti

Non è consentito lo stoccaggio, la distribuzione e in generale l'uso di gas appartenenti ad una o più delle seguenti categorie:

- **Gas cancerogeni** di categoria 1A o 1B (Carc. 1A e 1B) secondo il regolamento UE 1272/2008 e gas cancerogeni di categoria 1 o 2 (Carc. Cat. 1 e 2; R45 o R49) secondo la direttiva 67/548/CEE.
- **Gas mutageni** di categoria 1A o 1B (Muta. 1A e 1B) secondo il regolamento UE 1272/2008 e gas mutageni di categoria 1 o 2 (Muta. Cat. 1 e 2; R46) secondo la direttiva 67/548/CEE.
- **Gas letali**, cioè gas con tossicità acuta per inalazione di categoria 1 o 2 (Acute Tox. 1 e 2) come definito dal regolamento UE 1272/2008 e gas molto tossici (T+; R26) secondo la direttiva 67/548/CEE.

4 Classificazione degli impianti di distribuzione

Gli impianti di distribuzione sono distinti in tre categorie: *linee di distribuzione interna*, *reti di distribuzione locali* e *rete dipartimentale*.

Una *linea di distribuzione interna* alimenta il gas prelevandolo da una bombola sorgente collocata all'interno del laboratorio dove questo è distribuito.

Una *rete di distribuzione locale* alimenta il gas da una o più bombole collocate in un deposito d'uso esterno situato in un cortile interno o in un balcone/terrazzo adiacente al laboratorio dove il gas è distribuito. Una rete di distribuzione locale può servire un solo laboratorio.

La *rete dipartimentale* distribuisce i gas dal deposito bombole dipartimentale e alimenta contemporaneamente molti laboratori. La gestione e la manutenzione sono controllate direttamente dal dipartimento; questo include il controllo periodico dei rivelatori di gas e la sostituzione delle bombole di alimentazione.



5 Linee di distribuzione interna del gas

Una **linea di distribuzione interna** alimenta il gas da una o più bombole collocate all'interno del laboratorio dove questo è distribuito. La realizzazione e la manutenzione sono sotto la responsabilità del **Responsabile del Laboratorio**. L'uso è sotto la responsabilità del **Responsabile delle Attività Didattiche e di Ricerca** che gestisce l'attività di ricerca. Il **Responsabile delle Attività Didattiche e di Ricerca** deve addestrare gli operatori, definire le procedure operative e di emergenza, fornire i Dispositivi di Protezione Individuali necessari (rivelatori di fuga individuali, respiratori, ecc) e la documentazione necessaria (schede dei dati di sicurezza, manuali ecc). Il **Responsabile del Laboratorio** deve valutare l'adeguatezza delle procedure e dell'addestramento degli operatori e verificare la disponibilità dei Dispositivi di Protezione Individuale e di tutta la documentazione.

5.1 Bombole all'interno dei laboratori

Al fine di limitare il numero di bombole presenti nei laboratori, è consentito, per ciascuna linea interna, l'impiego di una singola bombola in uso (bombola di alimentazione) e, eventualmente, di una singola bombola di pronto ricambio (bombola di riserva che può anche non essere connessa alla linea); **ulteriori bombole non sono ammesse**. Nei laboratori o in altri locali chiusi non si possono pertanto collocare delle bombole in deposito.

Oltre al divieto generale di uso di gas cancerogeni e/o mutageni e gas letali (Acute Tox. 1 e 2 - T+; R26), non si possono collocare in luoghi chiusi bombole contenenti i seguenti gas compressi:

- gas infiammabili esplosivi (es. acetilene);
- gas tossici (Acute Tox. 3 - T; R23).

Le seguenti bombole possono essere collocate all'interno dei laboratori a condizione che siano saldamente ancorate ad una parete o disposte su idonei carrelli:

- aria compressa;
- gas inerti.

Le seguenti bombole possono essere collocate nei laboratori a condizione che siano disposte all'interno armadi di sicurezza per bombole conformi alla norma europea EN 14470-2:

- gas infiammabili (in questo caso il sistema di aspirazione e gli altri dispositivi eventualmente presenti all'interno dell'armadio devono soddisfare la normativa vigente per le atmosfere esplosive);
- gas comburenti.

Gli armadi, ventilati con 10 ricambi ora, devono essere di tipo G90.

Le bombole contenenti gas nocivi (Acute Tox. 4 - Xn; R20) possono essere collocate nei laboratori a condizione che siano disposte all'interno di armadi di sicurezza per bombole conformi alla norma europea EN 14470-2. Gli armadi, ventilati con 120 ricambi ora, devono essere di tipo G90.

Le bombole di gas incompatibili per reattività chimica devono essere collocate in armadi per bombole differenti, in particolare:

- le bombole con gas infiammabili devono essere separate dai comburenti;



- le bombole di gas nocivi devono essere separate dai gas infiammabili o comburenti non nocivi;
- i gas nocivi chimicamente incompatibili devono essere collocati in armadi differenti, i gas nocivi infiammabili devono essere separati dai gas nocivi comburenti.

5.2 Classificazione d'uso degli armadi per bombole e loro codici

La seguente classificazione degli armadi per bombole si basa sul pericolo derivante dal tipo di gas stoccato e sulle incompatibilità chimiche presenti tra differenti categorie di gas.

Tabella 5.1 – Classificazione degli armadi con bombole di gas compressi

Armadio	Classe	Bombole stoccabili
Gas inerti e aria ⁽¹⁾	G90A	Gas inerti e aria
Gas infiammabili	G90F	Gas infiammabili (e gas inerti), sono esclusi i gas esplosivi
Gas comburenti	G90O	Gas comburenti (e gas inerti)
Gas tossici o nocivi	G90T	Gas tossici o nocivi, (e gas inerti)
	G90TF	Gas infiammabili tossici o nocivi, (e gas inerti)
	G90TO	Gas comburenti tossici o nocivi, (e gas inerti)

(1) La collocazione in un armadio di bombole contenenti aria o gas inerti è facoltativa.

Ogni armadio presente all'interno di un laboratorio deve essere individuato da uno specifico codice assegnato dal **Responsabile del Laboratorio**. Il codice, che dovrà essere affisso in modo visibile sull'armadio, sarà costituito dal codice di classe dell'armadio seguito da un numero intero progressivo per ciascuna classe (es. G90F-01, G90F-02 o G90TF-01).

5.3 Collegamento della bombole alla linea interna

Le bombole che alimentano la linea devono avere un dispositivo di limitazione e regolazione della portata, il quale è di norma costituito da un riduttore/regolatore di pressione con a valle una valvola a spillo. Un riduttore/regolatore di pressione, infatti, oltre a contribuire a regolare il flusso, limita la portata massima di gas emessa dalla bombola. Se le bombole sono collocate in armadi, la depressurizzazione deve avvenire all'interno dell'armadio in modo da avere nel laboratorio solo la parte della linea di distribuzione che si trova a bassa pressione.

5.4 Tubazioni

Per contenere i rischi connessi alla distribuzione dei gas è bene che, compatibilmente con la necessità di garantire la portata e la perdita di carico massime previste per ciascuna linea, le tubazioni abbiano dei diametri, per quanto possibile, di piccole dimensioni.

Le tubazioni devono garantire il contenimento del gas: devono avere uno spessore adeguato, non devono essere permeabili al gas trasportato, e non devono presentare problemi di compatibilità chimica.



5.5 Punti presa

I punti di arrivo della linea, (punti presa), devono avere una valvola di intercettazione del flusso. Se la linea del gas non è chiaramente identificabile dalla vicinanza della bombola di alimentazione, nei punti presa devono essere riportati in modo chiaramente visibile degli indicatori del fluido distribuito (es. nome del gas, simbolo chimico o altra sigla/codice nota agli operatori).

6 Reti di distribuzione locali

Una **rete di distribuzione locale** è alimentata da una o più bombole collocate in un deposito d'uso esterno situato in cortile interno o in un balcone/terrazzo adiacente al laboratorio dove il gas è distribuito. La realizzazione e la manutenzione sono sotto la responsabilità del **Responsabile del Laboratorio**. L'uso è sotto la responsabilità del **Responsabile delle Attività Didattiche e di Ricerca** che gestisce l'attività di ricerca. Il **Responsabile delle Attività Didattiche e di Ricerca** deve addestrare gli operatori, definire le procedure operative e di emergenza, fornire i Dispositivi di Protezione Individuali necessari (rivelatori di fuga individuali, respiratori, ecc) e la documentazione necessaria (schede dei dati di sicurezza, manuali ecc). Il **Responsabile del Laboratorio** deve valutare l'adeguatezza delle procedure e dell'addestramento degli operatori e verificare la disponibilità dei Dispositivi di Protezione Individuale e di tutta documentazione.

6.1 Depositi d'uso

I depositi d'uso sono depositi contenenti bombole in uso o di pronto ricambio (riserva); non sono depositi per scorte di magazzino. I depositi d'uso hanno lo scopo di alimentare una rete locale di distribuzione del gas; questa soluzione è preferibile rispetto all'uso di bombole collocate nei laboratori in quanto l'elemento a maggiore pressione, cioè la bombola, è collocato in un luogo ben ventilato lontano dagli operatori.

I depositi d'uso non includono depositi ad elevata capacità soggetti a norme particolari come i depositi di bombole di gas combustibili con capacità complessiva maggiore o uguale a 75 m³ (gas compresso) o maggiore o uguale 75 kg (gas liquefatti o disciolti). Sono anche esclusi i depositi di gas tossici come definiti nel R.D. 9 gennaio 1927, n. 147 che sono soggetti a un regolamento speciale contenuto nel decreto.

I criteri da applicare per la realizzazione dei depositi dipendono dalla fonte di pericolo di gas presenti; tuttavia, è consigliabile realizzare i depositi cercando di garantire il più possibile l'intercambiabilità della loro destinazione d'uso in modo da rendere più flessibile e adattabile alle esigenze di ricerca il loro utilizzo.

Nella realizzazione di depositi d'uso, si consiglia avvalersi della consulenza di personale esperto; i criteri qui di seguito riportati sono solo delle indicazioni di massima.

6.2 Collocazione dei depositi d'uso

I depositi d'uso devono essere collocati in luoghi aperti quali cortili interni o terrazze.

I depositi devono essere collocati in modo da rendere agevoli le operazioni di trasporto delle bombole. Il percorso da percorrere con il carrello non deve essere accidentato.

Il deposito deve essere inaccessibile al personale non autorizzato.



In prossimità del deposito devono essere presenti le attrezzature necessarie per interventi di emergenza (es. idranti, estintori).

Il deposito deve risultare facilmente accessibile per interventi di soccorso.

Nella collocazione del deposito è necessario verificare l'impossibilità o la scarsa probabilità che, in caso di fuga, il gas fluisca all'interno di un laboratorio o in un altro ambiente chiuso e eventualmente valutare le conseguenze se l'evento è ritenuto possibile. Considerare la posizione delle finestre e di eventuali altre aperture. Per i gas densi o intermedi, prestare attenzione alla posizione dei tombini e altri punti dove il gas può ristagnare o penetrare.

6.3 Requisiti generali dei depositi d'uso

Ancoraggio

I depositi devono essere dotati di idonei sistemi di ancoraggio delle bombole in modo da evitare il pericolo di cadute o spostamenti accidentali (telai a rastrelliera, staffe, catenelle, bracciali).

Aerazione

I depositi devono garantire una buona circolazione naturale dell'aria. La ventilazione può essere agevolata dalla presenza di una o più pareti costituite da griglie antintrusione. Le finestre di ventilazione, se necessarie, devono essere poste sia in alto sia in basso in modo da favorire la diluizione degli eventuali gas emessi indipendentemente dalla loro densità relativa rispetto all'aria. I depositi per gas infiammabili devono rispettare i criteri da applicare per il gas naturale se leggeri, ai GPL se pesanti, entrambe nei gas intermedi (si consiglia realizzare depositi adatti per tutti i gas infiammabili indipendentemente dalla loro densità relativa). Nel caso del metano, l'area delle finestre deve essere almeno 1/10 della superficie calpestabile; per i GPL deve essere almeno 1/5.

Copertura e base di appoggio

La copertura del deposito deve proteggere le bombole dalla pioggia e dall'irraggiamento solare diretto. Nel caso di bombole collocate in terrazze coperte, è necessario verificare l'effettiva protezione dalla pioggia e dell'irraggiamento solare. Nel caso di depositi apposti, la copertura deve essere leggera (ad esempio, cartone catramato ondulato). Il basamento del deposito deve essere rialzato rispetto al livello del terreno; il caricamento delle bombole deve avvenire tramite una agevole pedana di accesso.

Strutture metalliche

Se in metallo, la struttura del deposito deve essere saldamente ancorata al suolo e collegata ad una terra elettrica.

Paraschegge

La presenza di bombole in prossimità di un edificio, soprattutto se queste contengono gas infiammabili, può rendere necessaria la presenza di paraschegge. La parete del deposito può essere realizzata appositamente per svolgere questa funzione; in caso contrario, la parete dell'edificio può essere opportunamente rinforzata.

Zone a pericolo di formazione di atmosfere esplosive

Il rilascio accidentale di gas infiammabili genera un'atmosfera esplosiva. Si ha quindi che la presenza di una o più bombole di gas infiammabili rende il deposito ed eventualmente parte dell'ambiente circostante una zona a pericolo di formazione di atmosfere esplosive; cioè, una zona



in cui, in caso di rilascio accidentale, la concentrazione del gas infiammabile può potenzialmente essere maggiore o uguale al limite inferiore di esplosività. In questa zona, non devono essere presenti potenziali fonti d'innescò, e le apparecchiature e i componenti (elettrici e non elettrici) eventualmente presenti devono soddisfare i requisiti imposti dalla normativa europea sulle atmosfere esplosive (ATEX) per una zona 2. Poiché nella medesima zona sussiste anche il pericolo di incendio, è necessario evitare la presenza di materiali combustibili.

Zone a pericolo di formazione di atmosfere comburenti

Il rilascio accidentale di gas comburenti genera una atmosfera comburente con conseguente pericolo di incendio. Abbiamo quindi che la presenza di una o più bombole di gas comburente rende il deposito e eventualmente parte dell'ambiente circostante una zona a pericolo di formazione di atmosfere comburenti; cioè, una zona in cui la percentuale molare del gas comburente, espressa in ossigeno equivalente, può potenzialmente essere maggiore o uguale al 23,5%. In queste condizioni, è necessario evitare la presenza di materiali combustibili all'interno della suddetta zona.

Zone a pericolo di formazione di atmosfere intossicanti

Il rilascio accidentale di gas tossici o nocivi genera un'atmosfera intossicante. La presenza di una o più bombole di gas tossici/nocivi rende il deposito e eventualmente parte dell'ambiente circostante zona a pericolo di formazione di atmosfere intossicanti, ovvero una zona in cui la miscela gassosa abbia effetti di tossicità acuta almeno di categoria 4 (regolamento GHS/CLP). In questa zona la presenza di personale deve essere ridotta al minimo necessario; è inoltre consigliabile che tutto il personale all'interno della zona indossi come dispositivi di protezione individuale dei rivelatori di gas portatili.

Tipi di depositi e valutazione dell'estensione della zona pericolosa

A secondo della tipologia di deposito l'estensione e la forma della zona pericolosa possono variare. Nei depositi a gabbia, quelli cioè dotati di una griglia su ciascuno dei quattro lati del loro perimetro, si può assumere, per la definizione della zona pericolosa, una distanza dalle bombole perimetrali pari alla distanza di sicurezza della bombola più pericolosa calcolata per un getto libero solo nel caso in cui non siano presenti edifici a disturbare il flusso di gassoso; infatti, la presenza della parete di un edificio in prossimità di una delle griglie consente a eventuali getti accidentali di gas rilasciati in direzione parallela alla parete di generare concentrazioni di gas pericolose a distanze molto più elevate di quelle calcolabili considerando un getto libero. L'effetto della parete può essere escluso utilizzando dei depositi a griglia frontale aventi cioè una struttura delimitata da tre pareti laterali e da una porta d'accesso a battente con griglia di aerazione. Questi depositi compensano lo svantaggio di essere meno aerati rispetto ai depositi a gabbia con la presenza di una efficace azione di contenimento di eventuali getti liberi laterali; infatti, l'espansione di getti gassosi liberi è possibile solo attraverso la griglia frontale, mentre nelle altre direzioni è impedita dalle pareti di contenimento. La parete perimetrale opposta alla griglia è bene che possa esercitare anche una protezione antischeggia. Nel caso di strutture metalliche, la parete perimetrale opposta alla griglia risulta spesso essere cava in modo da poterla riempire, se necessario, con sabbia o calcestruzzo. Si ha quindi che, a differenza dei depositi a gabbia, i depositi a griglia frontale possono essere facilmente posizionati in prossimità di edifici. I depositi che esercitano la migliore azione di contenimento dei getti gassosi sono costituiti da tre pareti laterali e da una porta d'accesso a battente priva di griglia. Non devono essere presenti aperture di aerazione in prossimità dell'altezza delle valvole delle bombole: si consigliano almeno 30 cm di altezza dalle valvole nel caso di bombole



ancorate a parete. In caso di perdita, le pareti e la porta devono poter esercitare un'efficace azione di contenimento del getto di gas; la fuoriuscita del gas deve avvenire attraverso le aperture di aerazione collocate in alto e in basso.

Recinzioni

Se in caso di rilascio accidentale di gas, si possono generare delle atmosfere esplosive, comburenti o tossiche la cui estensione sia oltre il perimetro del deposito, è necessario delimitare ulteriormente l'accesso al deposito aggiungendo un'apposita recinzione oppure vietando l'ingresso al personale non autorizzato in una zona più vasta quale, ad esempio, l'intero cortile, balcone o terrazzo dove è dislocato il deposito. Nel caso di gas infiammabili tossici oppure comburenti tossici, la zona pericolosa da considerare per la delimitazione dell'accesso è data dall'unione delle singole zone pericolose. I pericoli, i divieti e le prescrizioni presenti nella zona pericolosa devono essere chiaramente segnalati nei punti di accesso. Le recinzioni devono essere alte almeno un metro e ottanta centimetri e devono includere l'intero perimetro della zona pericolosa. Le pareti di un edificio, eventualmente rinforzate, possono essere un elemento delle recinzioni purché siano prive di porte, finestre o altre aperture fino ad un'altezza di almeno 2,5 m dal suolo.

Le distanze di sicurezza dei getti liberi possono essere stimate utilizzando le formule riportate nell'**Allegato I**.

6.4 Compartimentazione e incompatibilità chimica

Le bombole di gas incompatibili per reattività chimica devono essere separate, cioè collocate in depositi, balconi/terrazze o compartimenti distinti.

Le bombole con gas infiammabili devono essere separate dai comburenti. Le bombole contenenti gas inerti possono essere depositate insieme a infiammabili o comburenti.

I depositi di gas tossici o nocivi devono essere sempre compartimentati rispetto alle altre tipologie di gas. Gas tossici o nocivi chimicamente incompatibili non possono essere depositati nello stesso deposito/compartimento.

Nel caso di un unico deposito costituito da più compartimenti, le pareti di separazione devono essere prive di aperture in modo da impedire il contatto accidentale tra gas incompatibili. La parete che separa gas infiammabili da gas comburenti deve avere una resistenza al fuoco almeno **REI 90**.

Le bombole di gas infiammabili e comburenti **non possono essere collocate in balconi, terrazzi adiacenti** a meno che la parete di separazione non sia **REI 90**.

I depositi di gas infiammabili devono essere collocati ad almeno **sei metri** dai depositi di gas comburenti.

6.5 Classificazione dei depositi d'uso

La seguente classificazione dei diversi tipi di deposito d'uso si basa sul pericolo derivante dal tipo di gas stoccato e sulle incompatibilità chimiche presenti tra differenti categorie di gas.

Riguardo ai gas infiammabili, si sono distinti i depositi dedicati allo stoccaggio di gas infiammabili esplosivi dai depositi generici per infiammabili. I gas infiammabili esplosivi sono gas instabili che possono esplodere anche senza il contatto con l'aria; la loro distribuzione richiede, pertanto,



particolari cautele (ad esempio, per l'acetilene: pressione non superiore a 1,5 bar e un dispositivo antiritorno di fiamma).

Nella tabella sono elencate le diverse classi di deposito.

Tabella 6.1 – Elenco dei depositi/compartimenti di bombole di gas sotto pressione

Deposito	Classe	Bombole stoccabili
Gas inerti e aria	DA	Gas inerti e aria
Gas infiammabili	DF	Gas infiammabili (e gas inerti), sono esclusi i gas esplosivi
	DFE	Gas infiammabili esplosivi (acetilene)
Gas comburenti	DO	Gas comburenti (e gas inerti)
Gas tossici o nocivi	DT	Gas tossici o nocivi, (e gas inerti)
	DTF	Gas infiammabili tossici o nocivi, (e gas inerti)
	DTO	Gas comburenti tossici o nocivi, (e gas inerti)

6.6 Responsabile del Deposito e codice del deposito

Nel caso in cui il deposito d'uso alimenti reti locali in un solo laboratorio, il **Responsabile del Laboratorio** servito è responsabile del deposito d'uso. Nel caso in cui il deposito sia utilizzato da più laboratori, l'incarico di Responsabile del deposito sarà assegnato dal **Direttore di Dipartimento** a uno dei **Responsabili di Laboratorio**.

Ogni deposito deve essere individuato da uno specifico codice identificativo assegnato dal **Referente per la sicurezza del Dipartimento**. Il codice sarà costituito dal codice di classe del deposito seguito numero intero progressivo per ciascuna classe (es. DF-01, DF-02 o DFT-03).

6.7 Segnaletica deposito d'uso

All'ingresso del deposito d'uso devono essere di norma riportati:

- il codice del deposito;
- la capacità effettiva del deposito;
- i codici locale e la denominazione dei laboratori serviti;
- il nome del responsabile del deposito;
- il nome dei responsabili delle attività didattiche e di ricerca che utilizzano il deposito;
- i necessari segnali di avvertimento, divieto e prescrizione.

Nel caso di un luogo il cui accesso sia possibile solo dal laboratorio servito (es. balconi, terrazze), non è necessario indicare il codice locale, il nome del laboratorio servito e il nome del responsabile del deposito.

Esempi di cartellonistica per i depositi d'uso sono riportati nell'**Allegato II**.



6.8 Connessione delle bombole in uso alla linea di distribuzione

Le bombole che alimentano una linea di distribuzione di un gas compresso (bombole in uso) devono avere un dispositivo di limitazione di portata. Il primo stato di depressurizzazione deve avvenire all'interno del deposito in modo da avere la linea di distribuzione a bassa pressione. La bombola deve essere connessa a un riduttore/regolatore di pressione con a valle una valvola a spillo. Il riduttore/regolatore di pressione, infatti, oltre a eseguire una depressurizzazione, limita la portata massima di gas emessa dalla bombola.

6.9 Tubazioni

La tubazione di alimentazione proveniente da un deposito deve essere esterna all'edificio, tranne per l'ultimo tratto in cui entra nel laboratorio per connettersi al punto presa.

Le tubazioni devono avere il minimo diametro che garantisca la portata e la perdita di carico massime previste per la linea.

Le tubazioni devono garantire il contenimento del gas, devono avere uno spessore adeguato, non devono essere permeabili al gas trasportato, e non si devono avere problemi di compatibilità chimica (guarnizioni, valvole incluse).

6.10 Posizione delle tubazioni

Le tubazioni devono essere, se possibile, facilmente accessibili e i giunti meccanici facilmente ispezionabili.

Le tubazioni devono essere sufficientemente distanti da muri o altri tubi in modo da facilitarne la manutenzione.

Le tubazioni devono essere adeguatamente supportate in modo da evitare affaticamenti e eccessive sollecitazioni incluse quelle dovute a dilatazioni termiche.

Le tubazioni non devono essere installate in luoghi dove potrebbero essere esposte al rischio di danni meccanici.

Le tubazioni devono essere protette da sorgenti di calore (escluso il normale irraggiamento solare).

Le tubazioni devono passare ad almeno 50 mm da conduttori elettrici a bassa tensione. Nel caso di gas infiammabili la distanza e i componenti elettrici devono soddisfare la normativa europea sulle atmosfere esplosive (ATEX).

Le tubazioni metalliche devono assicurare una continuità elettrica ed essere messe a terra; nessun cavo, altra tubazione o apparecchiatura deve essere messo a terra tramite esse.

6.11 Valvole di intercettazione

Le valvole di intercettazione vanno posizionate:

- alla partenza della tubazione principale (comunque dopo il riduttore se questo è presente);
- all'inizio di ogni derivazione;
- a valle di ogni riduttore di pressione;
- all'inizio di ogni interrimento o passaggio in cunicoli chiusi;
- prima dell'ingresso in un qualsiasi locale o laboratorio.



Le valvole di intercettazione devono aver segnalata la condizione di apertura e chiusura.

6.12 Punti presa

Nei punti di arrivo della linea, punti presa, devono di norma essere montati una valvola di intercettazione del flusso seguita da un regolatore di pressione con valvola a spillo o altro dispositivo di regolazione e/o limitazione del flusso; tuttavia, se la pressione di distribuzione è sufficientemente bassa (3-4 bar) è sufficiente una valvola di intercettazione.

Nei punti presa devono essere riportati degli indicatori del fluido distribuito (es. nome del gas, simbolo chimico o altra sigla/codice nota agli operatori).

6.13 Formazione degli operatori, procedure e attrezzatura

Il Responsabile delle Attività di Didattica e di Ricerca deve definire le procedure di emergenza per le bombole che utilizza e renderle disponibili al Responsabile di laboratorio e a tutti gli utilizzatori del deposito.

Il Responsabile delle Attività di Didattica e di Ricerca deve fornire le attrezzature e i dispositivi di protezione individuali necessari per la gestione ordinaria e di emergenza delle bombole e delle linee di distribuzione del gas di sua competenza.

Il Responsabile delle Attività di Didattica e di Ricerca deve addestrare gli operatori che utilizzano le bombole e la linee di distribuzione del gas di sua competenza.

Il Responsabile delle Attività di Didattica e di Ricerca deve reperire e rendere disponibile tutta la documentazione necessaria per le bombole e la linee di distribuzione del gas di sua competenza (schede dei dati di sicurezza delle bombole, manuali dei riduttori di pressione e eventuali altre apparecchiature).

Tutti gli operatori che utilizzano e/o intervengono sull'impianto devono essere appositamente addestrati.

Devono essere disponibili agli operatori:

- le schede dei dati di sicurezza dei gas presenti nel deposito;
- le norme di sicurezza per l'esercizio del deposito;
- procedure di esercizio;
- procedure di manutenzione;
- le procedure da seguire in caso di emergenza;
- i Dispositivi di Protezione Individuale necessari (rivelatori di fuga individuali, respiratori ecc.).

7 Sistema di rilevazione di fuga di gas

Un sistema di rilevazione di fuga è costituito da sensori di gas controllati da una centralina, un allarme e un'eventuale sistema di intercettazione automatico del flusso che si attiva in caso di emergenza.

Nel caso di linee interne o reti locali, la responsabilità della corretta realizzazione del sistema di rivelazione di fuga e della sua manutenzione è del **Responsabile del laboratorio**. Il **Responsabile**



delle Attività Didattiche e di Ricerca deve addestrare gli operatori, definire le procedure di esercizio ed emergenza, fornire i Dispositivi di Protezione Individuali necessari (rivelatori di fuga individuali, respiratori, ecc) e la documentazione necessaria (schede dei dati di sicurezza, manuali ecc). Il **Responsabile del Laboratorio** deve valutare l'adeguatezza delle procedure di emergenza e dell'addestramento degli operatori e verificare la disponibilità dei Dispositivi di Protezione Individuale e di tutta la documentazione.

Nel caso di un sistema di rilevazione con rilevatori di gas fissi, **le centraline devono essere collocate all'esterno del laboratorio**, possibilmente in prossimità dell'ingresso. **L'allarme deve essere sia ottico che acustico** con il segnale luminoso situato all'esterno del laboratorio, in prossimità del suo ingresso, e il segnale sonoro udibile sia all'esterno che all'interno del laboratorio. La posizione, il numero e il tipo di rilevatori di gas fissi, deve essere definito sulla base di una valutazione del rischio dovuto alle fughe di gas. Il numero dei rilevatori è determinato dall'estensione dell'area da monitorare e dalla tipologia di sensori (catalitici, elettrochimici ecc.): non è quindi possibile una valutazione a priori del loro numero senza conoscere le loro caratteristiche tecniche.

Se nel laboratorio sono distribuiti dei gas infiammabili o comunque sono presenti sostanze e/o preparati che possono portare alla formazione di atmosfere esplosive, è necessario eseguire una valutazione del rischio di esplosione classificando le zone del laboratorio conformemente alla normativa europea sulle atmosfere esplosive (ATEX); in questo caso, tutti i dispositivi del sistema di rilevazione di fuga quali, ad esempio, sensori di gas, valvole di intercettazione e linee elettriche, e ogni altra apparecchiatura, dovranno soddisfare le specifiche ATEX previste la zona in cui sono collocati.

Si consiglia di avvalersi di personale esperto per la progettazione e l'installazione di un sistema di rivelazione.

7.1 Posizione dei rivelatori di gas

I seguenti criteri qui riportati sono solo delle indicazioni di massima utili per valutare se un impianto di rilevazione presenta carenze nel posizionamento dei sensori fissi.

I fattori principali da considerare per il loro posizionamento sono i seguenti: la densità relativa del gas, la presenza di correnti d'aria, la difficoltà di dispersione del gas (es. vapori di liquidi scarsamente volatili), eventuali vibrazioni che possono disturbare il sensore, i collegamenti elettrici, l'accessibilità del rivelatore per interventi di manutenzione e la protezione dall'acqua e dall'umidità.

Gas leggeri

I gas leggeri (densità relativa rispetto all'aria minore di 0,8) richiedono la collocazione dei sensori in alto.

Nelle aree dove è trascurabile la presenza di flussi d'aria (velocità dell'aria stimata inferiore a 0,5 m/s), i rivelatori possono essere posizionati a distanze uniformi a circa 30 cm dal soffitto. Nel caso in cui sia presente un controsoffitto i rivelatori devono essere posizionati sia sul soffitto che sul controsoffitto; mentre in presenza di tetti inclinati, i rivelatori vanno posizionati a circa 30 cm dal punto più alto.



In presenza di ventilazione (velocità dell'aria stimata superiore a 0,5 m/s), dovuta ad esempio a ventilazione artificiale o riscaldamento, si deve evitare di posizionare i rilevatori in zone morte a meno che la zona non sia a potenziale rischio di fuga di gas. L'impiego di generatori di fumo può aiutare a identificare le zone morte e individuare rilevatori collocati male.

In generale è bene collocare i rilevatori fissati sul soffitto ad almeno un metro di distanza dalla pareti del locale, dalle finestre o altre aperture di ventilazione e da eventuali travature, e almeno mezzo metro dai pilastri.

Gas pesanti

I gas pesanti (densità relativa rispetto all'aria maggiore di 1,2) richiedono la collocazione dei rilevatori in basso.

Nelle aree dove è trascurabile la presenza di flussi d'aria (velocità dell'aria stimata inferiore a 0,5 m/s), i rivelatori possono essere montati lateralmente sul muro o su colonne a circa 30 cm dal pavimento. Uno dei rilevatori deve essere posizionato nelle immediate vicinanze del possibile punto di fuga del gas. Se il pavimento è in pendenza un rivelatore dovrà essere posizionato in corrispondenza del punto più basso del pavimento, a circa 30 cm di altezza. La presenza di pozzetti o intercapedini richiede l'installazione di rilevatori aggiuntivi.

In presenza di ventilazione, si deve evitare di posizionare i rilevatori in zone morte a meno che la zona non sia a potenziale rischio di fuga di gas.

Gas intermedi

I gas intermedi (densità relativa rispetto all'aria compresa tra 0,8 e 1,2) richiedono la collocazione dei sensori sia in alto che in basso oppure ad altezza di naso (1,5-1,7 m dal pavimento). Ad esempio, i rilevatori di monossido di carbonio di norma sono di norma installati ad altezza di naso. Analoga posizione è consigliabile per i rilevatori di ossigeno utilizzati per segnalare la presenza di altri gas non rilevabili direttamente.

Precauzioni aggiuntive per gas tossici

Nel caso di gas tossici, i rilevatori di gas devono essere posizionati innanzitutto a protezione degli operatori presenti nel laboratorio: è necessario accertarsi che il rivelatore sia investito dal gas prima che questo venga a contatto con il personale presente nel locale.

7.2 Allarme

Nel caso di un sistema di rilevatori fissi, l'allarme **ottico-acustico** deve essere posto all'ingresso del laboratorio. La centralina dei sensori fissi deve essere esterna al laboratorio e consentire l'identificazione dei rilevatori di fuga da cui è stato attivato.

L'allarme di rilevatori portatili o individuali può essere solo acustico (di solito è ottico-acustico e, nel caso rilevatori individuali, a vibrazione), la sua disabilitazione non deve essere possibile oppure deve essere protetta da una password.



7.3 Intercettazione del flusso in caso di allarme

Nel caso di una linea proveniente da un deposito, l'intercettazione della linea deve essere facilmente accessibile e collocata in luogo all'aperto. L'intercettazione deve essere automatica nel caso di gas infiammabili, comburenti o tossici, mentre negli altri casi può essere manuale.

Nel caso di bombole di alimentazione collocate all'interno di un armadio, l'intercettazione della linea deve essere collocata all'interno dell'armadio.

In assenza di un sistema automatico di intercettazione azionato da un segnale di allarme, le procedure di emergenza devono prevedere, in caso di allarme, **l'intercettazione manuale** della linea di distribuzione del gas.

L'intercettazione manuale di linee di distribuzione alimentate da bombole collocate nei laboratori (ancorate a parete o in armadi) deve avvenire **senza pericolo per l'operatore**: è quindi opportuno che il primo livello di allarme del sistema di rivelazione sia sufficientemente basso da consentire di eseguire l'operazione in sicurezza.

7.4 Codici dei rilevatori di fuga fissi e delle centraline

In caso di allarme, è necessario individuare rapidamente il rivelatore di gas che ne ha determinato la sua attivazione, in modo da definire le modalità con cui affrontare l'emergenza (la procedura di emergenza deve prevedere l'identificazione del rivelatore).

Il **Responsabile del Laboratorio** deve assegnare un codice a ciascuna centralina e a ciascun rivelatore di gas e definire il loro abbinamento. Infatti, poiché le centraline segnalano, tramite opportune spie LED o mediante visualizzazione su display, il canale da cui è pervenuta l'anomalia di segnale, è necessario conoscere l'abbinamento tra i rivelatori di gas fissi e i corrispondenti canali connessi alle centraline per identificare il sensore che ha causato l'allarme. Questo abbinamento può essere convenientemente espresso mediante dei codici, i quali devono essere riportati all'ingresso del laboratorio insieme al tipo di gas monitorato.

Il codice della centralina può essere costituito, ad esempio, dalla sigla che ne indica il modello seguita eventualmente da una lettera (nel caso di più centraline identiche); mentre, il codice di ciascun rivelatore di fuga collegato alla centralina si può farlo corrispondere al numero del canale a cui questo è collegato. Il codice che indica l'abbinamento sarà costituito dal codice della centralina seguito dal numero del canale. Nel caso di più rivelatori dello stesso gas siano collegati alle medesima centralina si può riportare il codice della centralina seguito dal numero dei canali separati da un punto e virgola. Ad esempio, se in un laboratorio sono presenti due centraline uguali, modello RMTC4, la prima sarà identificata con il codice RMTC4-A, mentre la seconda con il codice RMTC4-B. Se il rivelatore d'ossigeno è collegato al terzo canale della prima scheda, il suo codice sarà: RMTC4-A-03. Se sono presenti due sensori di ossigeno collegati al terzo e al quarto canale il codice di abbinamento sarà: RMTC4-A-03;04.

7.5 Procedure di emergenza

Il **Responsabile dell'attività didattica e di ricerca** in collaborazione con il **Responsabile del Laboratorio** deve definire la procedura da attuare in situazione di emergenza.

La procedura di emergenza deve prevedere le seguenti azioni:



- L'interruzione delle attività all'interno del laboratorio. Nel caso di attività la cui interruzione possa essere pericolosa è necessario predisporre una specifica procedura di fermata/spegnimento rapido (es. reazioni che possono, se non controllate, causare pericolo di esplosione)
- L'intercettazione del flusso di ogni gas distribuito (linee interne, rete di distribuzione locale). Nel caso di reti locali, l'intercettazione del flusso deve essere eseguita, se possibile, anche agendo sulle valvole esterne al laboratorio.
- L'interruzione della rete di alimentazione elettrica.
- L'apertura delle finestre.
- L'evacuazione del laboratorio.
- L'interdizione all'accesso del laboratorio.
- L'identificazione sulla centralina di controllo del rivelatore di gas che ha causato l'allarme.
- Gli interventi da eseguire in funzione del pericolo identificato, ad esempio:
 - Nel caso di sotto-ossigenazione (%O₂ tra il 18 e 19,5%) si può entrare nel laboratorio per aprire eventuali finestre rimaste chiuse o ripristinare l'alimentazione elettrica e avviare le cappe.
 - Nel caso di atmosfera asfissiante (%O₂ inferiore al 18%), solo eventuali squadre di emergenza dotate di autorespiratori e appositamente addestrate possono accedere al locale. Il resto del personale non può entrare nel locale fino alla risalita del valore di ossigeno.
 - Nel caso di fuga di infiammabili senza l'attivazione dell'intercettazione dei flussi (primo livello di allarme). Personale addestrato può verificare all'ingresso del locale l'effettiva concentrazione del gas con un rivelatore portatile conforme alla normativa europea sulle atmosfere esplosive (ATEX), e se questa non risulta pericolosa, può entrare nel locale con il rivelatore (continuando quindi a monitorare il gas) per gli interventi necessari. Ad esempio, se le finestre sono rimaste chiuse, aprirle per ventilare il locale. Il resto del personale non può entrare nel locale fino a raggiungimento di valori di concentrazione del componente monitorato inferiori al livello d'allarme.
 - Nel caso di fuga di infiammabili con intercettazione dei flussi (secondo livello di allarme) l'ingresso nel locale può essere fonte di innesco di un'atmosfera esplosiva; nessuno può entrare nel locale fino al raggiungimento di valori di concentrazione del componente monitorato inferiori al livello d'allarme.
 - Nel caso di superamento del TLV-TWA, senza l'attivazione dell'intercettazione dei flussi, personale addestrato può verificare all'ingresso del locale l'effettiva concentrazione con un rivelatore portatile, e se questa non presenta problemi di tossicità acuta, può entrare nel locale con il rivelatore ed eventualmente un respiratore, ed eseguire rapidamente gli interventi necessari. Ad esempio, se le finestre sono chiuse, aprirle per ventilare il locale. Il resto del personale non può accedere al locale fino a raggiungimento di valori di concentrazione del componente monitorato inferiori al livello d'allarme.
 - Nel caso di fuga di gas tossici o nocivi, l'ingresso nel locale senza respiratori può causare problemi di intossicazione. Solo eventuali squadre di emergenza dotate di respiratori e appositamente addestrate possono accedere al locale (è comunque



necessario verificare con dei rivelatori di gas che il livello di tossicità consenta l'uso dei respiratori a filtro e che la concentrazione di ossigeno sia almeno pari al 17%). Il resto del personale non può entrare nel locale fino al raggiungimento di valori di concentrazione del componente monitorato inferiori al livello d'allarme.

Tutto il personale deve essere a conoscenza della procedura di emergenza. Il **Responsabile dell'attività didattica e di ricerca** deve rendere disponibile l'eventuale attrezzatura necessaria per gestire l'emergenza, e fornire al personale la formazione e l'addestramento necessari.

7.6 Gas inerti

La presenza di bombole di un *gas inerte* o la sua distribuzione tramite rete locale richiede un *sistema di rilevazione di fughe* con sensori di ossigeno *solo se sussiste pericolo di sotto-ossigenazione del locale o asfissia* (vedi Allegato I). Un'eccezione è costituita dall'*anidride carbonica*, la quale richiede *sempre la presenza di rivelatori specifici per anidride carbonica* anche in assenza di pericolo di sotto-ossigenazione; infatti, concentrazioni di anidride carbonica superiori alla norma hanno effetti pericolosi sulla respirazione e sul battito cardiaco che si manifestano prima che l'ambiente diventi sotto-ossigenato. Per misurare l'ossigeno o l'anidride carbonica, si consiglia l'adozione di *rivelatori di fuga di gas fissi*; tuttavia, è consentito l'uso di *rivelatori portatili* o *rivelatori di fuga individuali* purché dotati di sistema di allarme non disattivabile (o la cui disattivazione richiede una password). Il *rivelatore portatile* deve essere posizionato in prossimità del potenziale punto di emissione più rischioso e deve essere *sempre attivo in presenza di bombole nel laboratorio* se non sono attivi rivelatori di fuga fissi del gas. I *rivelatori individuali* devono essere *sempre indossati da tutti gli operatori* presenti nel laboratorio se non sono attivi altri rivelatori di fuga; la prescrizione di indossare i rivelatori personali deve essere segnalata all'ingresso del laboratorio.

In caso di allarme, in assenza di un sistema automatico di intercettazione della linea di distribuzione, le procedure di emergenza devono prevedere **l'intercettazione manuale** della linea di distribuzione del gas inerte.

7.7 Gas infiammabili

La presenza di bombole di un *gas infiammabile* in uso non occasionale o la sua distribuzione tramite rete locale richiede un *sistema di rilevazione di fughe* che soddisfi la normativa europea sulle atmosfere esplosive (ATEX). Nel caso di una miscela di gas infiammabili, si può monitorare un solo gas, preferibilmente il più pericoloso o il più facile da misurare. In questo caso, il valore di soglia a cui riferirsi è il minimo valore di concentrazione assunto dal componente monitorato quando il gas miscelato con l'aria raggiunge il limite inferiore di infiammabilità (vedi allegato I).

I gas infiammabili in uso non occasionale richiedono sempre, in caso di emergenza, un sistema di intercettazione automatica della linea di distribuzione.

7.8 Gas comburenti

La presenza di bombole di un *gas comburente* in uso non occasionale o la sua distribuzione tramite rete locale richiede un *sistema di rilevazione di fughe* con sensori specifici fissi. Nel caso di una miscela di gas comburenti, si può monitorare un solo gas, preferibilmente il più pericoloso o il più facile da misurare. In questo caso, il valore di soglia da considerare è il valore di concentrazione



assunto dal componente monitorato quando il gas miscelato con l'aria raggiunge la capacità comburente equivalente a quella di una miscela al 23,5% di ossigeno in azoto (vedi allegato I).

I gas comburenti in uso non occasionale richiedono sempre un sistema di intercettazione automatica del flusso in caso di emergenza. L'interruzione istantanea del flusso comporta un riscaldamento del gas per compressione adiabatica. Questa situazione può diventare critica per la linea di distribuzione che si può trovare a dover resistere ad alta temperatura ad ambienti fortemente ossidanti; è quindi necessario porre dei limiti sulla pressione massima e sulla velocità del gas comburente i quali dipendono dai materiali utilizzati per le tubazioni (guarnizioni e valvole incluse). Ad esempio, nel caso di ossigeno puro in tubazioni di acciaio inossidabile, i limiti di pressione e velocità sono: 15 bar e 20 m/s.

7.9 Gas tossici o nocivi

La presenza di bombole di un *gas nocivo* in uso non occasionale o la distribuzione tramite rete locale di un *gas tossico o nocivo* richiede sia la presenza di un *sistema di rilevazione di fughe* con sensori specifici fissi. Nel caso di una miscela di gas tossici/nocivi si può monitorare un solo gas, preferibilmente il più pericoloso o il più facile da misurare. In questo caso, il valore di soglia da considerare è il valore di concentrazione assunto dal componente monitorato quando il gas miscelato con l'aria raggiunge il valore soglia di tossicità acuta di categoria 4 (vedi allegato I).

I gas tossici in uso non occasionale richiedono sempre un sistema di intercettazione automatica del flusso in caso di emergenza; mentre, per i gas nocivi, a causa della loro minore pericolosità, è consentita un'intercettazione del flusso manuale.

7.10 Controllo dei valori limite di soglia

In generale, la presenza di bombole di un *gas dannoso per la salute* o la sua distribuzione tramite rete locale richiede almeno un controllo giornaliero della sua concentrazione nel laboratorio per verificare che sia inferiore ai valori limite di soglia (TLV). La misurazione può essere eseguita tramite dei rivelatori di fuga di gas o altri sistemi quali ad esempio pompe di campionamento con fiala di rivelazione colorimetrica.

8 Uso occasionale di bombole di gas compressi

L'uso occasionale delle bombole di *gas comburenti, gas infiammabili, tossici o nocivi* è consentito anche in assenza di armadi ventilati e sistemi di rivelazione fissi con intercettazione automatica del flusso se sono soddisfatte le seguenti condizioni:

- **Prima di trasportare la bombola** dal deposito al laboratorio, si deve **verificare l'assenza di fughe di gas dalla bombola di gas compresso**: verificare la connessione tra la valvola della bombola e la sua ogiva e la tenuta della valvola.
- **Posizionata la bombola nel laboratorio** e collegata alla linea locale di distribuzione, si deve **verificare l'assenza di perdite in tutto il circuito**.
- Il laboratorio deve essere **sempre presidiato da almeno due operatori** addestrati per eventuali interventi di emergenza per tutto il periodo in cui si ha la presenza della bombola. Al termine dell'uso, la bombola deve essere immediatamente riposta nel deposito.



- Durante tutto il periodo in cui si utilizza la bombola ***non si possono eseguire altre attività pericolose*** e il personale presente nel laboratorio deve essere ridotto al minimo necessario.
- Nel laboratorio deve essere presente almeno un ***rivelatore portatile*** con allarme non disattivabile in prossimità del punto potenziale di emissione più rischioso.
- Nel caso di ***gas tossici***, oltre al rivelatore portatile, si consiglia far indossare un ***rivelatore di gas individuale*** a tutti gli operatori presenti nel laboratorio. L'eventuale prescrizione di indossare i rivelatori personali deve essere segnalata all'ingresso del laboratorio per tutto il periodo in cui si ha la presenza della bombola.
- ***In caso di allarme***, la procedura di emergenza deve prevedere ***l'immediata interruzione del flusso***.

9 Segnaletica all'ingresso del laboratorio

All'ingresso del laboratorio d'uso devono essere di norma affissi i seguenti elementi:

- I segnali di pericolo di gas presenti in bombole all'interno del laboratorio; i cartelli devono indicare anche la collocazione delle bombole (ancorate a una parete o in una armadio).
- I segnali di pericolo dei gas distribuiti come rete locale.
- I segnali di pericolo dei gas distribuiti tramite rete gas dipartimentale.
- I necessari segnali divieto e prescrizione dovuti alla presenza dei gas (es. divieto di fiamme libere per gas infiammabili; indossare rivelatori di gas individuale per gas molto tossici).
- L'indicazione dei rilevatori di gas della rete gas dipartimentale e i relativi codici.
- L'Indicazione dei rilevatori di gas fissi installati in aggiunta a quelli dovuti alla rete dipartimentale, i relativi codici per abbinarli al canale della corrispondente centralina e la sorgente del gas (bombola ancorata a parete, codice dell'armadio o del deposito con la bombola di alimentazione).
- L'indicazione dei rilevatori di gas portatili che devono essere obbligatoriamente presenti nel laboratorio.
- L'elenco dei depositi esterni con indicazione della loro collocazione.

Nell'**Allegato tecnico II** sono riportati alcuni esempi di segnaletica.

10 Formazione degli operatori, procedure e attrezzatura

Il Responsabile delle Attività di Didattica e di Ricerca deve definire le procedure di emergenza per le bombole e le linee di distribuzione del gas che utilizza e renderle disponibili al Responsabile di laboratorio e a tutti gli utilizzatori del deposito.

Il Responsabile delle Attività di Didattica e di Ricerca deve fornire le attrezzature e i dispositivi di protezione individuali necessari per la gestione ordinaria e di emergenza delle bombole e delle linee di distribuzione del gas di sua competenza.

Il Responsabile delle Attività di Didattica e di Ricerca deve addestrare gli operatori che utilizzano le bombole e la linee di distribuzione del gas di sua competenza.



Il Responsabile delle Attività di Didattica e di Ricerca deve reperire e rendere disponibile tutta la documentazione necessaria per le bombole e la linee di distribuzione del gas di sua competenza (schede dei dati di sicurezza delle bombole, manuali dei riduttori di pressione e eventuali altre apparecchiature).

Tutti gli operatori che utilizzano e/o intervengono sull'impianto devono essere appositamente addestrati.

Devono essere disponibili agli operatori:

- le schede dei dati di sicurezza dei gas in uso;
- le procedure di esercizio e di manutenzione;
- le procedure da seguire in caso di emergenza;
- i Dispositivi di Protezione Individuale necessari (rivelatori di fuga individuali, respiratori ecc.).

11 Raccomandazioni per limitare l'uso di bombole di gas o ridurre la pericolosità

L'alta pericolosità delle bombole sotto pressione consiglia di utilizzarle solo quando strettamente necessario; di seguito sono riportate delle possibili alternative al loro uso e dei criteri per ridurre la pericolosità.

Generatori di gas

Nel caso di idrogeno, azoto e aria è possibile evitare l'uso di bombole di gas compressi sostituendole con dei generatori di gas: un'apparecchiatura come un gascromatografo può funzionare senza l'impiego di bombole di gas compresso. Poiché un armadio di sicurezza per gas infiammabili conforme alla norma EN 14470-2 attrezzato con sistema di rivelazione di fuga e intercettazione automatica del flusso è nettamente più costoso di un generatore di idrogeno (il quale non richiede sistemi di sicurezza aggiuntivi oltre a quelli presenti nell'apparecchio), l'installazione di un generatore diventa economicamente conveniente quando l'alternativa è collocare una bombola all'interno del laboratorio.

Esistono diversi tipi di generatori a seconda delle portate richieste e della purezza necessaria. Nei generatori di idrogeno il gas è prodotto per via elettrolitica; questi generatori sono in grado di fornire idrogeno ad elevata purezza a pressioni superiori a 10 bar e possono alimentare reattori da laboratorio e più gascromatografi; la portata massima dipende molto dal modello (100-1000 ml/min). I generatori di azoto lo separano dall'aria mediante adsorbimento (PSA): la portata massima varia molto a seconda del livello di purezza (0,5-120 litri/min). I generatori d'aria sono in realtà dei purificatori e possono fornire alte portate (es. 30 litri/min).

Bombolette monouso

Nel caso in cui sia necessaria una piccola quantità di gas si possono utilizzare delle bombolette monouso in sostituzione delle bombole di gas compresso. Le bombolette monouso sono disponibili sia per gas puri che miscele certificate (es. miscele di taratura); le informazioni riguardanti il gas contenuto sono riportate su un'etichetta applicata al corpo della bombola; sull'etichetta sono riportate la composizione del gas, la pressione di carica, la quantità contenuta e informazioni sulla



stabilità della miscela. La capacità di queste bombolette è inferiore a 3 litri (di solito 1-1,5 litri) e le pressioni di carica sono nettamente inferiori alle bombole (es. 12 bar). Le bombolette monouso sono leggere, maneggevoli e occupano poco spazio. Il basso contenuto di gas le rende molto meno pericolose; esse non sono soggette alle limitazioni imposte per le bombole di gas compresso quali le norme per il trasporto e lo stoccaggio. Le bombolette monouso non hanno nessun onere di noleggio e quando sono vuote non vanno restituite al fornitore ma sono da smaltire come rifiuti.

Capacità delle bombole

Oltre alle capacità usuali di 40-50 litri, sono disponibili bombole di capacità ridotta (es. 5, 14, 20 litri, sotto i 3 litri sono denominate bombolette). L'impiego di bombole di ridotta capacità comporta la diminuzione e in alcuni casi l'eliminazione di alcuni pericoli (es. asfissia); tuttavia, dove possibile, si consiglia l'impiego di bombolette monouso.

Miscele di gas con componenti infiammabili o comburenti

In presenza di miscele gassose infiammabili conviene operare, quando possibile, con composizioni inferiori al limite di infiammabilità della miscela calcolato come indicato nell'Allegato I. E' bene tenere presente che la scelta del gas inerte influenza l'infiammabilità della miscela; ad esempio, l'idrogeno è infiammabile se supera l'8% in miscela con l'anidride carbonica e il 3,1% in argon. Analoghe considerazioni valgono per miscele gassose con componenti comburenti.

Miscele di gas con componenti tossici

Nella scelta della composizione di miscele gassose contenenti componenti tossici è bene sempre considerare la possibilità di adottare livelli di concentrazione sufficientemente bassi da non avere effetti di tossicità acuta (per il calcolo della tossicità vedi Allegato I); questa condizione non esclude la necessità di monitorare la concentrazione nell'ambiente di lavoro in modo da verificare il rispetto dei valori di soglia per evitare eventuali effetti cronici.



Guida alla distribuzione dei gas compressi

Allegato I – Metodi di calcolo

Sommario

1	Classificazione delle miscele gassose	1
1.1	Determinazione del potenziale di infiammabilità di una miscela gassosa	1
1.2	Determinazione della capacità ossidante di una miscela gassosa	3
1.3	Determinazione della tossicità acuta per inalazione di una miscela gassosa	4
1.4	Tabelle di classificazione di alcune miscele gassose	5
1.5	Considerazioni sul colore delle bombole per le miscele	6
2	Determinazione del pericolo di formazione di atmosfere sotto-ossigenate o asfissianti	7
3	Calcolo delle distanze pericolose delle bombole di gas compressi	9
3.1	Atmosfere esplosive	9
3.2	Atmosfere comburenti	10
3.3	Atmosfere tossiche	11
4	Determinazione del valore di soglia del componente monitorato	12
4.1	Calcolo del valore di soglia del componente monitorato in una miscela di gas infiammabile	12
4.2	Calcolo del valore di soglia di un componente monitorato in una miscela di gas comburente	13
4.3	Calcolo del valore di soglia del componente monitorato in una miscela con componenti tossici o dannosi per la salute	13



1 Classificazione delle miscele gassose

La classificazione di una miscela gassosa è riportata nella sua scheda dei dati di sicurezza. Una valutazione preliminare all'acquisto della miscela può essere eseguita utilizzando i seguenti metodi di calcolo.

1.1 Determinazione del potenziale di infiammabilità di una miscela gassosa

Il potenziale di infiammabilità di una miscela gassosa è determinabile applicando il metodo di calcolo descritto nella norma ISO 10156.

Il criterio ISO per valutare l'infiammabilità richiede di esprimere le percentuali molari dei suoi componenti infiammabili in concentrazioni equivalenti in cui le quantità di gas inerti sono convertite nel loro equivalente in azoto.

Indicando con A_i la percentuale molare del componente infiammabile i , B_k la percentuale molare del componente inerte k e K_k il corrispondente coefficiente di equivalenza rispetto all'azoto (tabella 1.1), le concentrazioni equivalenti dei componenti infiammabili sono pari a

$$A'_i = \frac{A_i}{\sum_i^n A_i + \sum_k^p K_k B_k}$$

La condizione di miscela non infiammabile è

$$\sum_{i=1}^n \frac{A'_i}{T_{ci}} 100 \leq 1$$

dove T_{ci} è la massima percentuale molare di gas infiammabile miscelato con azoto non infiammabile in aria (tabella 1.2).

Un modo alternativo per esprimere la condizione di non infiammabilità, che presenta il vantaggio di non richiede passaggi intermedi, è il seguente

$$\sum_{i=1}^n A_i \left(\frac{100}{T_{ci}} - 1 \right) \leq \sum_{k=1}^p K_k B_k$$

Tabella 1.1 - Coefficienti di equivalenza K_k per gas inerti

Gas	N ₂	CO ₂	He	Ar	Ne	Kr	Xe	SO ₂	SF ₆	CF ₄	C ₃ F ₈
K_k	1	1,5	0,9	0,55	0,7	0,5	0,5	1,5	4	2	1,5

Per altri gas non infiammabili e non comburenti contenenti tre o più atomi nella loro formula chimica, si può utilizzare il coefficiente di equivalenza $K_k = 1,5$.

Alcuni idrocarburi non infiammabili parzialmente alogenati (es. R134a) possono reagire parzialmente con aria e ossigeno in presenza di gas infiammabili. Per tutte le miscele contenenti non infiammabili, idrocarburi parzialmente alogenati e gas infiammabili il metodo di calcolo non dovrà essere applicato se la concentrazione del componente infiammabile eccede lo 0,25%.



Nella tabella che segue sono riportati i valori di T_c e i limiti inferiori di infiammabilità di alcuni gas. Dati per altri gas sono reperibili nella norma ISO 10156 e nelle IEC/TR 60079-20.

Tabella 1.2 - T_c e i limiti inferiori di infiammabilità (LFL) di alcuni gas

Gas	T_c %v/v	LFL %v/v
Acetilene	3,0	2,3
Ammoniaca	40,1	15,4
1,2-Butadiene	2,0	1,4
1,3-Butadiene	2,0	1,4
n-Butano	3,6	1,4
1-Butano	3,3	1,5
cis-Butene	3,3	1,5
trans-Butene	3,3	1,5
Monossido di carbonio	15,2	10,9
Ciclobutano	2,9	1,8
Ciclopropano	3,4	2,4
Deuterio	6,7	6,7
Etano	4,5	2,4
Etilene	4,1	2,4
Idrogeno	5,5	4,0
Solfuro di idrogeno	8,9	3,9
Isobutano	3,4	1,5
Isobutene	4,0	1,6
Metano	8,7	4,4
Propadiene	2,7	1,9
Propano	3,7	1,7
Propene	4,2	1,8



1.2 Determinazione della capacità ossidante di una miscela gassosa

La capacità ossidante di una miscela gassosa è determinabile applicando il metodo di calcolo descritto nella norma ISO 10156.

Indicando con X_i la percentuale in moli di gas comburente e con C_i il coefficiente di equivalenza di un gas comburente rispetto all'ossigeno (tabella 1.3), una miscela è considerata più ossidante dell'aria se è soddisfatta la seguente condizione:

$$\sum_{i=1}^n X_i C_i > 23,5$$

Nella disuguaglianza precedente, l'effetto di diluizione è attribuito esclusivamente all'azoto. Quando sono presenti altri gas inerti è necessario utilizzare la seguente formula che utilizza i coefficienti di equivalenza rispetto all'azoto K_k (tabella 1.1):

$$OP = \frac{\sum_i^n X_i C_i}{\sum_i^n X_i + \sum_k^p K_k B_k} > 0,235$$

Tabella 1.3 - Coefficienti di equivalenza all'ossigeno (C_i)

Gas/vapore	Coefficiente C_i
bis(trifluorometil)perossido	40 ^a
Pentafluoruro di bromo	40 ^a
Trifluoruro di bromo	40 ^a
Cloro	0,7
Pentafluoruro di cloro	40 ^a
Trifluoruro di cloro	40 ^a
Fluoro	40 ^a
Pentafluoruro di iodio	40 ^a
Monossido di azoto	0,3
Diossido di azoto	1 ^b
Trifluoruro di azoto	1,6
Triossido di azoto	40 ^a
Protossido di azoto	0,6
Difluoruro di ossigeno	40 ^a
Ozono	40 ^a
Tetrafluoroidrazina	40 ^a

^a Valore conservativo assegnato a gas e vapori comburenti non sperimentati.

^b Valore derivato dal monossido di azoto e dal trifluoruro di azoto.



1.3 Determinazione della tossicità acuta per inalazione di una miscela gassosa

Nel sistema GHS e nel regolamento CLP, la classificazione in categorie di tossicità acuta usa come stimatore di tossicità (ATE) la concentrazione letale per il 50% di una popolazione di giovani topi albini (maschi e femmine) sottoposti a inalazione per 4 ore (LC_{50-4h}). I limiti di tossicità per le diverse categorie sono riportati nella seguente tabella.

Tabella 1.4 – Valori soglia delle categorie di tossicità del CLP

Gas/vapore Categoria	LC _{50-4h} ppmV (ml/m ³)
1	< 100
2	< 500
3	< 2500
4	<20000
5	non considerata dal CLP

Spesso è disponibile la concentrazione letale riferita a un'ora di inalazione (LC_{50-1h}); in questo caso, la normativa specifica che per gas e vapori si può utilizzare una stima dell' LC_{50-4h} ottenuta dividendo per due LC_{50-1h}, cioè LC_{50-4h}=(LC_{50-1h})/2.

Nella tabella che segue sono riportate le categorie di tossicità acuta e le concentrazioni letali di alcuni gas.

Tabella 1.5 – Categorie di tossicità e concentrazioni letale di alcuni gas

Gas/vapore	CO	NH ₃	SO ₂	Cl ₂	H ₂ S	NO	NO ₂
Categoria GHS/CLP	3	3	3	2	2	1	1
LC _{50-1h} (ppmV-ml/mc)	3760	4000	2520	293	712	115	115
LC _{50-4h} (ppmV-ml/mc)	1880	2000	1260	146,5	356	57,5	57,5

La stima della tossicità acuta di una miscela è calcolata applicando la seguente formula:

$$\frac{1}{ATE_{mix}} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{ATE_i}$$

ATE_{mix}: stima della LC₅₀ – 4h della miscela

ATE_i: stima della LC₅₀ – 4h del componente i nella miscela

x_i: frazione molare del componente tossico i nella miscela



1.4 Tabelle di classificazione di alcune miscele gassose

Le seguenti tabelle sono state ottenute utilizzando i metodi di calcolo precedentemente descritti.

Tabella 1.6 – Massimo contenuto di gas infiammabile che in miscela con un gas inerte fornisce un gas classificato come non infiammabile in aria

% in moli di infiammabile		Gas inerte			
		CO ₂	N ₂	He	Ar
Gas infiammabile	H ₂	8,0	5,5	5,0	3,1
	NH ₃	50,1	40,1	37,6	26,9
	H ₂ S	12,8	8,9	8,1	5,1
	CO	21,2	15,2	13,9	9,0
	CH ₄	12,5	8,7	7,9	5,0
	C ₂ H ₂	4,4	3,0	2,7	1,7
	C ₃ H ₈	5,4	3,7	3,3	2,1
	C ₃ H ₆	6,2	4,2	3,8	2,4

Tabella 1.7 – Massimo contenuto di gas comburente che in miscela con un gas inerte fornisce un gas classificato come non comburente

% in moli di comburente		Gas inerte			
		CO ₂	N ₂	He	Ar
Gas comburente	O ₂	31,5	23,5	21,7	14,5
	N ₂ O	49,1	39,2	36,7	26,2
	NO	84,4	78,3	76,5	66,5
	NO ₂	31,5	23,5	21,7	14,5
	Cl ₂	43,1	33,6	31,3	21,8

Tabella 1.8 - Classificazione di alcuni gas in base alla tossicità acuta secondo il CLP

Gas	Non tossico	Tossico (cat. 4)	Tossico (cat. 3)	Tossico (cat. 2)	Tossico (cat. 1)
NO ₂	X% < 0,287	0,287 ≤ X% < 2,30	2,30 ≤ X% < 11,5	11,5 ≤ X% < 57,5	57,5 ≤ X% ≤ 100
NO	X% < 0,287	0,287 ≤ X% < 2,30	2,30 ≤ X% < 11,5	11,5 ≤ X% < 57,5	57,5 ≤ X% ≤ 100
Cl ₂	X% < 0,732	0,732 ≤ X% < 5,86	5,86 ≤ X% < 29,3	29,3 ≤ X% ≤ 100	-
H ₂ S	X% < 1,78	1,78 ≤ X% < 14,2	14,2 ≤ X% < 71,2	71,2 ≤ X% ≤ 100	-
SO ₂	X% < 6,30	6,30 ≤ X% < 50,4	50,4 ≤ X% ≤ 100	-	-
CO	X% < 9,40	9,40 ≤ X% < 75,2	75,2 ≤ X% ≤ 100	-	-
NH ₃	X% < 10,0	10,0 ≤ X% < 80,0	80,0 ≤ X% ≤ 100	-	-

X%: percentuale molare del componente nella miscela.















1.5 Considerazioni sul colore delle bombole per le miscele

In base alla normativa per il trasporto delle bombole, le ogive sono verdi per i gas classificati come inerti, rosse per gli infiammabili, blu per i comburenti e gialle per i tossici. Nel caso gas infiammabili tossici sono gialle e rosse, mentre per comburenti tossici sono gialle e azzurre. La classificazione ONU per il trasporto di merci pericolose è congruente con il sistema GHS (Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals), ma non è coincidente con il regolamento UE 1272/2008. Infatti, mentre la classificazione dei gas tossici del regolamento UE 1272/2008 considera le prime quattro categorie di tossicità acuta del sistema GHS, quella per il trasporto include solo le prime tre categorie. Come conseguenza, anche in assenza di colorazione gialla dell'ogiva un gas può essere tossico di categoria 4 in base al regolamento UE 1272/2008.

Nella tabella che segue sono riportati a titolo di esempio la tossicità e l'infiammabilità di miscele di monossido di carbonio e la corrispondente colorazione dell'ogiva.

Come si può vedere, la colorazione gialla è presente per concentrazioni di monossido di carbonio non inferiori al 75% in moli.

Tabella 1.9 – Miscela CO: classificazione e colorazione delle ogive

CO in N ₂	Classificazione UE 1272/2008		Colore ogiva	
X% < 9,40	Non tossico	Non infiammabile	verde	
9,40 ≤ X% < 15,2	Tossico cat. 4	Non infiammabile	verde	
15,2 ≤ X% < 75,2	Tossico cat. 4	Infiammabile	rosso	
75,2 ≤ X% ≤ 100	Tossico cat. 3	Infiammabile	giallo-rosso	
CO in He				
X% < 9,40	Non tossico	Non infiammabile	verde	
9,40 ≤ X% < 13,9	Tossico cat. 4	Non infiammabile	verde	
13,9 ≤ X% < 75,2	Tossico cat. 4	Infiammabile	rosso	
75,2 ≤ X% ≤ 100	Tossico cat. 3	Infiammabile	giallo-rosso	
CO in Ar				
X% < 9,0	Non tossico	Non infiammabile	verde	
9,0 ≤ X% < 9,40	Non tossico	Infiammabile	rosso	
9,40 ≤ X% < 75,2	Tossico cat. 4	Infiammabile	rosso	
75,2 ≤ X% ≤ 100	Tossico cat. 3	Infiammabile	giallo-rosso	

X%: percentuale molare di CO nella miscela.



2 Determinazione del pericolo di formazione di atmosfere sotto-ossigenate o asfissianti

Le modalità di calcolo per stimare il pericolo di sotto-ossigenazione e asfissia possono cambiare a seconda che sia noto il ricambio orario di aria del laboratorio oppure questo risulti indeterminato. Il ricambio orario è da considerare noto solo quanto il locale ha un sistema di ventilazione artificiale sempre in funzione. Si consiglia, pertanto, di eseguire la valutazione del pericolo di sotto-ossigenazione e asfissia considerando sempre il caso in cui la ventilazione artificiale sia assente in modo da consentire l'attività anche in caso di guasto dell'impianto.

Stima del pericolo di sotto-ossigenazione e asfissia in ambienti non ventilati

In assenza di un sistema di areazione artificiale, si assume che tutto il gas contenuto nella bombola sia emesso nell'ambiente circostante sostituendo parte dell'aria presente. In questo caso, la concentrazione di ossigeno presente nel laboratorio è calcolabile tramite la seguente formula:

$$\%O_2 = 20,95 \left(1 - \frac{V_g}{kV} \right)$$

$\%O_2$: percentuale molare di ossigeno nell'ambiente

V: volume del laboratorio

k: coefficiente di riempimento (vedi tabella 2.1)

V_g : volume occupato dal gas contenuto nella bombola quando è espanso nell'ambiente

I fornitori di gas compresso indicano il contenuto delle bombole in m³ occupati dal gas a 15°C e 1 ata (98066,5 Pa) oppure, nel caso di gas liquefatti, in kg.

Il volume occupato nell'ambiente V_g può essere ottenuto assumendo un comportamento ideale del gas:

$$V_g = V_{gr} \left(\frac{P_r T_a}{P_a T_r} \right) = m_g \left(\frac{R \cdot T_a}{P_a M_g \cdot 10^{-3}} \right)$$

V_{gr} : volume occupato dal gas nelle condizioni di riferimento

P_r : pressione di riferimento, 98066,5 Pa

T_r : temperatura di riferimento, 288,15 K

P_a : pressione ambiente

T_a : temperatura ambiente in K

R: costante universale dei gas, 8,314510 J mol⁻¹ K⁻¹

M_g : massa molare del gas in g/mol

m_g : massa di gas contenuta in kg

Sussiste pericolo di sotto-ossigenazione se la percentuale molare di ossigeno è minore di 19,5, di asfissia se è inferiore a 18.



In base alla formula precedente, se si assume come sorgente del gas un'unica bombola (la possibilità di avere una perdita simultanea da più bombole si considera trascurabile), la quantità di gas stoccabile in una singola bombola perché non sussista pericolo di sotto-ossigenazione è

$$V_{gr} = \frac{kV}{14,4} \cdot \left(\frac{P_a T_r}{P_r T_a} \right) \quad \text{oppure} \quad m_g = \frac{kV}{14,4} \cdot \left(\frac{P_a \cdot M_g \cdot 10^{-3}}{R \cdot T_a} \right)$$

La quantità massima per la quale non si ha pericolo di asfissia è

$$V_{gr} = \frac{kV}{7,1} \cdot \left(\frac{P_a T_r}{P_r T_a} \right) \quad \text{oppure} \quad m_g = \frac{kV}{7,1} \cdot \left(\frac{P_a \cdot M_g \cdot 10^{-3}}{R \cdot T_a} \right)$$

Il coefficiente di riempimento da adottare è ottenibile dalle seguenti formule:

- gas leggeri (densità relativa rispetto all'aria minore di 0,8), $k = 1 - 1,5/H$;
- gas intermedi (densità relativa rispetto all'aria compresa tra 0,8 e 1,2), $k = 0,5$;
- gas pesanti (densità relativa rispetto all'aria maggiore di 1,2), $k = 1,5/H$.

Dove H è l'altezza del locale espressa in metri.

Tabella 2.1 - coefficienti di riempimento k

k	gas		
	$d_r < 0,8$	$0,8 < d_r < 1,2$	$d_r > 1,2$
H(m)	3,0	0,50	0,50
	3,5	0,57	0,50
	3,6	0,58	0,50
	3,7	0,59	0,50
	4,3	0,65	0,50
	4,4	0,66	0,50

d_r : densità relativa rispetto all'aria



3 Calcolo delle distanze pericolose delle bombole di gas compressi

Per distanza pericolosa si intende una distanza utile a delimitare una regione all'interno della quale si può creare una situazione di pericolo in caso di rilascio accidentale da una bombola contenente un gas compresso. Le formule che seguono considerano la situazione di pericolo dovuta all'emissione di un getto di gas ad alta velocità da una fessura collocata tra l'ogiva e la valvola di erogazione. Il modello fisico alla base delle equazioni assume che il getto sia libero e la dispersione del gas sia controllata dalla quantità di moto del gas emesso; questo implica che se il getto incontra degli ostacoli quali una parete, la distanza calcolata non è più significativa. Le distanze pericolose danno comunque informazioni sulla pericolosità di una bombola e indicazioni sul tipo di deposito d'uso adottare. Distanze pericolose minime (es 25 cm), non richiedono depositi particolari, distanze elevate richiedono invece accorgimenti particolari necessari per schermare l'eventuale getto di gas.

3.1 Atmosfere esplosive

In base alla guida CEI 31-35, la distanza pericolosa dovuta al rilascio accidentale di un gas infiammabile da una bombola in un ambiente aperto può essere calcolata con la seguente equazione:

$$d_{zE} = \frac{1650}{k_{dz} \cdot LEL_V} (P \cdot 10^{-5})^{0.5} \cdot M_g^{-0.4} \cdot A^{0.5} \quad \text{con } k_{dz} = 0,5 \text{ e } A = 0,25 \cdot 10^{-6} m^2$$

d_{zE} : distanza pericolosa in metri

P : pressione del gas stagnante contenuto nella bombola in bar

M_g : massa molare del gas o della miscela gassosa contenuta nella bombola in g/mol

LEL_V : limite inferiore di esplosività espresso in % in volume

k_{dz} : coefficiente di sicurezza

A: area della sezione di efflusso del gas in m^2

In caso di miscele, il limite inferiore di esplosività è calcolabile con la seguente equazione:

$$\frac{1}{LEL_V} = \sum_i \frac{x_i}{LEL_{Vi}}$$

con

x_i : frazione molare del componente infiammabile i .

LEL_{Vi} : limite inferiore di esplosività del componente infiammabile i espresso in % in volume.

Nelle tabelle che seguono sono riportate le distanze pericolose calcolate con la formula precedente nel caso di alcuni gas puri e miscele.



Tabella 3.1- Distanze pericolose di gas infiammabili puri

Gas	LEL_V (%v/v)	P (bar)	Composizione (% in moli)	d_{zE} (m)
Idrogeno	4,0	200	100	4,4
Metano	4,4	200	100	1,8
Acetilene	2,3	18	100	0,8

Tabella 3.2- Distanze pericolose di miscele di gas infiammabili con un gas inerte

Gas	LEL_V (%v/v)	P (bar)	Composizione (% in moli)	d_{zE} (m)
Idrogeno	4,0	200	100	4,4
		200	95	3,2
		200	90	2,6
		200	75	1,7
		200	50	0,9
		200	25	0,4
		200	10	0,2
Metano	4,4	200	100	1,8
		200	95	1,6
		200	90	1,5
		200	75	1,2
		200	50	0,7
		200	25	0,3
		200	10	0,1

3.2 Atmosfere comburenti

La distanza pericolosa dovuta al rilascio accidentale di un gas o miscela di gas comburente da una bombola in un ambiente aperto può essere calcolata con la seguente equazione:

$$d_{zO} = \frac{4.9}{k_{dz}} \left\{ 1 + 40 \left[\sum_i^n x_i C_i - 0,235 \cdot \left(\sum_i^n x_i + \sum_k^p x_k K_k \right) \right] \right\} \sqrt{\frac{P}{P_a} \cdot \frac{M_a}{M_g}} A$$



con $k_{dz} = 0,5$ e $A = 0,25 \cdot 10^{-6} m^2$

d_{zO} : distanza pericolosa in metri

P : pressione del gas stagnante contenuto nella bombola

P_a : pressione atmosferica

M_g : massa molare del gas o della miscela gassosa contenuta nella bombola

M_a : massa molare dell'aria

k_{dz} : coefficiente di sicurezza

A: area della sezione di efflusso del gas in m^2

C_i : coefficiente di equivalenza di un gas comburente rispetto all'ossigeno (tabella 1.3)

x_i : frazione molare del componente comburente i

x_k : frazione molare del componente inerte k

K_k : coefficiente di equivalenza del componente inerte k rispetto all'azoto (tabella 1.1)

Nelle tabella che segue sono riportate le distanze pericolose calcolate con la formula precedente nel caso di alcuni gas puri.

Tabella 3.3 - Distanze pericolose d_{zO} di alcuni gas comburenti ($P_a = 1 \text{ atm}$)

Gas	P (bar)	d_{zO} (m)
Ossigeno	200	1,9
Ossido nitroso	51	0,4

3.3 Atmosfere tossiche

La distanza pericolosa dovuta al rilascio accidentale di un gas o miscela di gas tossici da una bombola in un ambiente aperto può essere calcolata con la seguente equazione:

$$d_{zT} = \frac{9800}{k_{dz}} \left(\sum_i^n \frac{x_i}{ATE_i} \right) \sqrt{\frac{P}{P_a} \cdot \frac{M_a}{M_g}} A \quad \text{con } k_{dz} = 0,5 \text{ e } A = 0,25 \cdot 10^{-6} m^2$$

e dove

d_{zT} : distanza pericolosa in metri

P : pressione del gas stagnante contenuto nella bombola

P_a : pressione atmosferica

M_g : massa molare del gas o della miscela gassosa contenuta nella bombola.

M_a : massa molare dell'aria

ATE_i : concentrazione letale al 50% in 4 ore del componente tossico i in ppmV (ml/m^3)

k_{dz} : coefficiente di sicurezza

A: area della sezione di efflusso del gas in m^2

x_i : frazione molare del componente tossico i



Nelle tabella che segue sono riportate le distanze pericolose d_{zT} calcolate con la formula precedente nel caso di alcuni gas puri e, nel caso siano infiammabili o comburenti, le distanze pericolose d_{zE} o d_{zO} .

Tabella 3.4 - Distanze pericolose d_{zO} di alcuni gas tossici ($P_a = 1 \text{ atm}$)

Gas	Tox. Cat.	LC _{50-4h} (ppmV)	P (bar)	d_{zT} (m)	d_{zE} (m)	d_{zO} (m)
Monossido di carbonio	3	1880	200	0,7	0,6	-
Ammoniaca	3	2000	4,3	0,11	0,1	-
Anidride solforosa	3	1260	64,1	0,40	-	-
Acido solfidrico	2	356,0	34,1	1,3	0,6	-
Cloro	2	146,5	70,1	3,5	-	0,5
Ossido di azoto	1	57,5	30,1	8,1	-	0,1
Biossido di azoto	1	57,5	46,1	8,5	-	0,8

4 Determinazione del valore di soglia del componente monitorato

4.1 Calcolo del valore di soglia del componente monitorato in una miscela di gas infiammabile

Nel caso di una miscela di gas infiammabili, si può monitorare un solo gas, preferibilmente il più pericoloso o il più facile da misurare. In questo caso, il valore di soglia da considerare è il valore di concentrazione del componente monitorato che comporta il raggiungimento del limite inferiore di infiammabilità della miscela. Il calcolo può essere fatto assumendo che per effetto della diluizione i rapporti molari dei componenti infiammabili si mantengano costanti. In questo caso, il valore di soglia è dato dalla seguente relazione:

$$c_r = c_{r0} \left(\frac{LEL_V}{100} \right) = \frac{c_{r0}}{100 \sum_i^n \frac{x_{i0}}{LEL_{Vi}}}$$

LEL_V : limite inferiore di esplosività/infiammabilità della miscela

LEL_{Vi} : limite inferiore di esplosività/infiammabilità del componente i nella miscela

c_{r0} : concentrazione del componente monitorato r nella miscela non diluita

c_r : concentrazione del componente monitorato r nella miscela al LEL_V

x_{i0} : frazione molare del componente i nella miscela non diluita

n : numero di componenti infiammabili

Per definire i valori di allarme è necessario applicare alla concentrazione soglia dei coefficienti di sicurezza. Si consiglia di impostare un primo valore che fa scattare l'allarme (es. 10% del valore



limite) e un secondo valore che fa scattare un secondo livello di allarme e l'intercettazione automatica del flusso (es. 20% del valore limite).

4.2 Calcolo del valore di soglia di un componente monitorato in una miscela di gas comburente

Nel caso di una miscela di gas comburenti, si può monitorare un solo gas, preferibilmente il più pericoloso o il più facile da misurare. In questo caso, il valore di soglia da considerare è il valore di concentrazione del componente monitorato quando la miscela raggiunge la capacità comburente equivalente al 23,5% di ossigeno in azoto. Il calcolo può essere fatto assumendo che per effetto della diluizione i rapporti molari dei componenti infiammabile si mantengano costanti. In questo caso, il valore di soglia è dato dalla seguente relazione:

$$c_r = c_{r0} \frac{0,025}{(OP_0 - 0,235) \left(\sum_i^n x_{i0} + \sum_k^p x_{k0} K_k \right) + 0,025}$$

c_{r0} : concentrazione del componente r nella miscela non diluita

c_r : concentrazione del componente r nella miscela diluita

OP_0 : capacità comburente della miscela non diluita

x_{i0} : frazione molare di un componente comburente i nella miscela non diluita

x_{k0} : frazione molare di un componente inerte k nella miscela non diluita

p : numero di componenti inerti

n : numero di componenti comburenti nella miscela

K_k : coefficiente di equivalenza rispetto all'azoto del componente inerte k (tabella 1.1)

Per definire i valori di allarme è necessario applicare alla concentrazione soglia dei coefficienti di sicurezza. Si consiglia di impostare un primo valore che fa scattare l'allarme (es. 10% del valore limite) e un secondo valore che fa scattare un secondo livello di allarme e l'intercettazione automatica del flusso (es. 20% del valore limite).

4.3 Calcolo del valore di soglia del componente monitorato in una miscela con componenti tossici o dannosi per la salute

Nel caso di una miscela di gas tossici o dannosi per la salute, si può monitorare un solo gas. Il valore di soglia da non superare nell'intera giornata lavorativa è il minimo valore di concentrazione del componente monitorato che comporta il raggiungimento del TLV di uno dei componenti dannosi per la salute presenti nella miscela. Il calcolo può essere fatto assumendo che per effetto della diluizione i rapporti molari dei componenti dannosi si mantengano costanti. In questo caso, il valore di soglia è dato dalla seguente relazione:

$$VS_r = \text{minimo} \left\{ \frac{x_{r0}}{x_{i0}} \cdot TLV_i; i = 1, \dots, d \right\}$$

VS_r : valore di soglia del componente r nella miscela

TLV_i : TLV – TWA del componente i nella miscela

x_{i0} : frazione molare del componente i nella miscela non diluita

x_{r0} : frazione molare del componente monitorato r nella miscela non diluita



d : numero di componenti dannosi o tossici

Nel caso di gas tossici, il pericolo immediato che giustifica l'intercettazione automatica della linea di distribuzione del gas è la formazione atmosfere tossiche. Il valore di concentrazione del componente monitorato r al di sotto del quale una miscela tossica non è più tale a causa della sua diluizione in aria è dato dalla seguente relazione:

$$c_r = \frac{c_{r0}}{20000 \sum_i^t \frac{x_{i0}}{ATE_i}}$$

ATE_i : stima della tossicità acuta del componente i nella miscela in ppmV

x_{i0} : frazione molare di un componente tossico i nella miscela non diluita

c_{r0} : concentrazione del componente r nella miscela non diluita

c_r : concentrazione del componente r nella miscela diluita

t : numero di componenti tossici

Per definire i valori di allarme è necessario applicare alla concentrazione soglia dei coefficienti di sicurezza. Si consiglia di impostare un primo valore che fa scattare l'allarme (es. 10% del valore limite) e un secondo valore che fa scattare un secondo livello di allarme e l'intercettazione automatica del flusso (es. 20% del valore limite).



Guida alla distribuzione dei gas compressi

Allegato II – Esempi di segnaletica

Sommario

1 Ingresso del laboratorio	1
CARTELLO INFORMATIVO SUI SISTEMI DI RILEVAZIONE GAS.....	1
SEGNALI DI PERICOLO PER LA PRESENZA DI BOMBOLE	2
SEGNALI DI PERICOLO - RETI LOCALE DI DISTRIBUZIONE DEL GAS	5
2 Ingresso dei depositi bombole d'uso e pronta sostituzione.....	8
DEPOSITI DI GAS INERTI O BOMBOLE D'ARIA	8
DEPOSITI DI GAS INFIAMMABILI.....	9
DEPOSITI DI GAS INFIAMMABILI E ESPLOSIVI.....	10
DEPOSITI DI GAS COMBURENTI.....	11
DEPOSITI DI GAS TOSSICI O NOCIVI.....	12
DEPOSITI DI GAS TOSSICI E INFIAMMABILI	13
DEPOSITI DI GAS TOSSICI E COMBURENTI.....	14



1 Ingresso del laboratorio

CARTELLO INFORMATIVO SUI SISTEMI DI RILEVAZIONE GAS

Laboratorio Attività Varie			
SISTEMI DI RILEVAZIONE GAS (codice locale: S4AE31)			
Responsabile del Laboratorio: prof. Mario Rossi			
RETE GAS DIPARTIMENTALE (codice rete gas: 5.1)			
Responsabile del servizio dipartimentale : sig. Giuseppe Bianchi			
Gas distribuiti : H₂; O₂; N₂ Rivelatori H₂ : A1; A2 O₂ : A4; A5; A6			
LINEE INTERNE O RETI LOCALI			
Gas rilevato: CO ₂	Sorgente del gas: Bombole a parete	Gas contenuto: CO ₂	
Centralina: RMTC4-A	Rilevatori di gas: 01; 02;		
Gas rilevato: CO	Sorgente del gas: G90FT-01; DFT-02	Gas contenuto: miscela campione	
Centralina: RMTC4-A	Rilevatori di gas: 03; 04		
Gas rilevato: NH ₃	Sorgente del gas: DFT-03	Gas contenuto: 13% NH ₃ in N ₂	
Centralina: RMTC4-B	Rilevatori di gas: 01; 02		
Gas rilevato: O ₂	Sorgente gas: Bombole a parete	Gas contenuto: 3% H ₂ in argon	
Centralina: RMTC4-B	Rilevatori di gas: 03		
Gas rilevato: SO ₂	Sorgente del gas: DT-01	Gas contenuto: miscela campione	
Centralina: RMTC4-B	Rilevatori di gas: 04		
RILEVATORI DI GAS PORTATILI			
Gas rilevato: CO ₂	Allarme:	acustico-ottico	
COLLOCAZIONE DEPOSITI ESTERNI			
DT-01 : balcone del laboratorio			
DFT-02 : cortile interno dipartimentale su cui si affaccia il laboratorio			
DFT-03 : cortile interno dipartimentale su cui si affaccia il laboratorio			



SEGNALI DI PERICOLO PER LA PRESENZA DI BOMBOLE



ATTENZIONE
ARIA IN PRESSIONE
BOMBOLE ANCORATE A PARETE



ATTENZIONE
ARIA IN PRESSIONE
BOMBOLE IN ARMADI EN 14571-2 G90



ATTENZIONE – GAS ASFISSIANTI
BOMBOLE ANCORATE A PARETE



ATTENZIONE – GAS ASFISSIANTI
BOMBOLE IN ARMADI EN 14571-2 G90



ATTENZIONE – GAS INFIAMMABILI
BOMBOLE IN ARMADI EN 14571-2 G90



ATTENZIONE – GAS COMBURENTI
BOMBOLE IN ARMADI EN 14571-2 G90



ATTENZIONE – GAS NOCIVI
BOMBOLE IN ARMADI EN 14571-2 G90



ATTENZIONE – GAS INFIAMMABILI E NOCIVI
BOMBOLE IN ARMADI EN 14571-2 G90



ATTENZIONE – GAS COMBURENTI E NOCIVI
BOMBOLE IN ARMADI EN 14571-2 G90



SEGNALI DI PERICOLO - RETI LOCALE DI DISTRIBUZIONE DEL GAS



**ATTENZIONE
RETE GAS ASFISSIANTI**



**ATTENZIONE
RETE GAS INFIAMMABILI**



**ATTENZIONE
RETE GAS COMBURENTI**



**ATTENZIONE
RETE GAS NOCIVI**



**ATTENZIONE
RETE GAS TOSSICI**



**ATTENZIONE - ACETILENE
RETE GAS INFIAMMABILE E ESPLOSIVO**



**ATTENZIONE
RETE GAS INFIAMMABILI E NOCIVI**



ATTENZIONE
RETE GAS COMBURENTI E NOCIVI



ATTENZIONE
RETE GAS INFIAMMABILI E TOSSICI



ATTENZIONE
RETE GAS COMBURENTI E TOSSICI



2 Ingresso dei depositi bombole d'uso e pronta sostituzione

DEPOSITI DI GAS INERTI O BOMBOLE D'ARIA

DEPOSITO BOMBOLE PIENE

Responsabile del deposito: prof. Mario Rossi

Responsabili delle attività didattiche e di ricerca: Mario Rossi, Giovanni Verdi

Laboratori serviti: S4FE21, S4AC93

Codice deposito: DA-12

Numero massimo di bombole ammesse: 9 (capacità 40 litri)



**ATTENZIONE
GAS IN PRESSIONE**



DEPOSITI DI GAS INFIAMMABILI

DEPOSITO BOMBOLE PIENE

Responsabile del deposito: prof. Mario Rossi

Responsabili delle attività didattiche e di ricerca: Mario Rossi, Giovanni Verdi

Laboratori serviti: S4FE21, S4AE54

Codice deposito: DF-10

Numero massimo di bombole ammesse: 3 (capacità 40 litri)



ATTENZIONE
GAS INFIAMMABILI
PERICOLO DI ATMOSFERE
ESPLOSIVE



DEPOSITI DI GAS INFIAMMABILI E ESPLOSIVI

DEPOSITO BOMBOLE PIENE

Responsabile del deposito: prof. Mario Rossi

Responsabili delle attività didattiche e di ricerca: Mario Rossi, Giovanni Verdi

Laboratori serviti: S4BE21

Codice deposito: DFE-07

Numero massimo di bombole ammesse: 2 (capacità 40 litri)



ATTENZIONE - ACETILENE
GAS ALTAMENTE INFIAMMABILE E
ESPLOSIVO



ATTENZIONE - PERICOLO
ATMOSFERE ESPLOSIVE



DEPOSITI DI GAS COMBURENTI

DEPOSITO BOMBOLE PIENE

Responsabile del deposito: **prof. Mario Rossi**

Responsabili delle attività didattiche e di ricerca: **Mario Rossi, Giovanni Verdi**

Laboratori serviti: **S4FE21**

Codice deposito: **DO-10**

Numero massimo di bombole ammesse: **3 (capacità 40 litri)**



**ATTENZIONE
GAS COMBURENTI**



DEPOSITI DI GAS TOSSICI O NOCIVI

DEPOSITO BOMBOLE PIENE

Responsabile del deposito: **prof. Mario Rossi**

Responsabili delle attività didattiche e di ricerca: **Mario Rossi, Giovanni Verdi**

Laboratori serviti: **S4EA82**

Codice deposito: **DT-04**

Numero massimo di bombole ammesse: **3 (capacità 40 litri)**



**ATTENZIONE
GAS TOSSICI O NOCIVI**



DEPOSITI DI GAS TOSSICI E INFIAMMABILI

DEPOSITO BOMBOLE PIENE

Responsabile del deposito: prof. Mario Rossi

Responsabili delle attività didattiche e di ricerca: Mario Rossi, Giovanni Verdi

Laboratori serviti: S4FA85

Codice deposito: DTF-02

Numero massimo di bombole ammesse: 3 (capacità 40 litri)



ATTENZIONE
GAS TOSSICI E INFIAMMABILI



ATTENZIONE PERICOLO
ATMOSFERE ESPLOSIVE



DEPOSITI DI GAS TOSSICI E COMBURENTI

DEPOSITO BOMBOLE PIENE

Responsabile del deposito: prof. Mario Rossi

Responsabili delle attività didattiche e di ricerca: Mario Rossi, Giovanni Verdi

Laboratori serviti: S4AA70, S4AB71

Codice deposito: DTO-01

Numero massimo di bombole ammesse: 3 (capacità 40 litri)



**ATTENZIONE
GAS TOSSICI E COMBURENTI**



Guida alla distribuzione dei gas compressi

Allegato III – Pericoli dovuti ai gas compressi

Sommario

1 Introduzione ai pericoli dovuti ai gas compressi.....	2
2 Pericoli derivanti da cadute accidentali di bombole	2
3 Pericolo di esplosione di bombole in caso di incendio	3
4 Pericoli da esposizione di bombole a irraggiamento solare o altre fonti di riscaldamento.....	3
5 Pericoli derivanti da esposizione di bombole a basse temperature.....	3
6 Pericoli derivanti da rilasci accidentali di gas.....	3
6.1 Rilasci accidentali di gas inerti.....	3
6.2 Rilasci accidentali di anidride carbonica	4
6.3 Rilascio accidentale di ossigeno o altri gas comburenti.....	5
6.4 Rilascio accidentale di gas infiammabili.....	6
6.5 Rilascio accidentale di gas tossici o nocivi.....	6



1 Introduzione ai pericoli dovuti ai gas compressi

La principale causa di pericolo che accomuna tutte le bombole è l'elevata energia di compressione del gas contenuto che, se liberata a causa di urti, cadute, o cedimento del materiale del contenitore (es. causato da surriscaldamento o basse temperature), può provocare danni a cose o persone. Ulteriori fonti di pericolo sono dovute alle proprietà intrinseche del gas contenuto che può essere infiammabile, esplosivo, tossico ecc.; infine, nel caso di bombole di grandi dimensioni, è necessario considerare che queste possono produrre danni semplicemente a causa del loro elevato peso.

Nel caso delle linee di distribuzione, le situazioni di pericolo derivano principalmente dalla fuga di gas dovuta a tenute difettose o danneggiate (materiali inadeguati, corrosione, surriscaldamenti).

Nelle sezioni che seguono sono esposte le principali situazioni di pericolo dovute alle bombole di gas compressi e in generale al rilascio di gas da bombole o da linee di distribuzione.

2 Pericoli derivanti da cadute accidentali di bombole

Nonostante le bombole di gas compressi siano dei recipienti estremamente robusti, devono essere maneggiate con estrema cura. Una caduta accidentale può causare danni a persone e cose (investendole), e al recipiente (causando una fuoriuscita, anche rapida, del gas contenuto). In caso di caduta, danni rilevanti si possono avere soprattutto quando le valvole delle bombole non sono protette dal cappello o addirittura montano un riduttore di pressione, il quale sporgendo dal corpo cilindrico rende possibile una sollecitazione di taglio sulla connessione tra l'ogiva e la valvola. Una fuoriuscita rapida del gas in pressione tende inizialmente a imprimere alla bombola un movimento rotatorio sul proprio asse difficilmente arrestabile, successivamente il recipiente inizia a muoversi in modo incontrollato e imprevedibile colpendo oggetti e persone. Una bombola da 40 litri con una pressione di carica di 200 bar, ha una energia di compressione di 4,4 MJ, energia sufficiente ad abbattere più di una parete.

Una caduta accidentale si può verificare durante la manipolazione e il trasporto delle bombole oppure a causa di un ancoraggio difettoso o assente. Le cadute durante le operazioni di manipolazione e trasporto sono principalmente dovute a:

- perdita di presa della bombola da parte dell'operatore durante la movimentazione manuale (assenza di guanti, scorretto modo di rotazione della bombola);
- suoli sconnessi (presenza di buche, dislivelli, ecc.);
- sosta nei passaggi (improvvisa collisione con cose e/o persone);
- sollevamento dal cappello (soprattutto quando non è ben avvitato sul collare);
- carico e scarico dai mezzi di trasporto (quando il carico è sfuso).

Al fine di ridurre questi rischi, gli operatori devono essere opportunamente addestrati, indossare dei guanti (per avere una buona presa e non depositare del grasso nel caso di bombole di gas comburenti) e proteggersi i piedi con delle calzature antinfortunistiche (la compressione a un piede causata da una bombola da 40 litri, circa 47 kg di peso, può causare serie lesioni).

Oltre agli effetti dovuti alla liberazione dell'energia di compressione, si possono avere, a seconda del gas contenuto, altri eventi potenzialmente pericolosi come la formazione di atmosfere esplosive/infiammabili, comburenti o tossiche.



3 Pericolo di esplosione di bombole in caso di incendio

In presenza di un incendio, l'aumento di temperatura riduce la resistenza meccanica del contenitore e aumenta la pressione all'interno della bombola, si può quindi avere un cedimento meccanico; in questo caso, il corpo della bombola si fessura longitudinalmente fino a raggiungere l'ogiva, si ha quindi la proiezione di tre schegge principali: l'ogiva e i due frammenti del corpo cilindrico. Questa esplosione meccanica è particolarmente rischiosa per i vigili del fuoco che, per questa ragione, di norma prescrivono di limitare o eliminare l'impiego di bombole di gas compressi (inclusi aria e gas inerti) nei laboratori. Una riduzione del rischio di esplosione in caso di incendio la si ottiene collocando le bombole in appositi armadi coibentati. Gli armadi per bombole EN 14470-2 sono realizzati per resistere per un determinato tempo se sottoposti ad un incendio in condizioni standard (EN 1363-1). Un armadio EN 14470-2 G90 garantisce che le bombole contenute non superino la temperatura di 50°C per almeno 90 minuti.

4 Pericoli da esposizione di bombole a irraggiamento solare o altre fonti di riscaldamento

Riscaldamenti elevati hanno conseguenze analoghe a quelle di un incendio, cioè l'esplosione della bombola; tuttavia, anche se l'incremento di temperatura è modesto e non comporta quindi l'immediato cedimento del contenitore, escursioni termiche ripetute possono generare problemi di tenuta causando diversi pericoli a seconda del gas accidentalmente rilasciato (asfissia, incendio, esplosione o intossicamento). Riscaldamenti superiori alla temperatura di progetto di 50°C sono da evitare. Le bombole non devono quindi essere esposte direttamente ai raggi solari o ad altre fonti di riscaldamento.

5 Pericoli dovuti a basse temperature

L'esposizione delle bombole a basse temperature comportano l'infragilimento del contenitore e quindi il rischio di una sua fessurazione. I recipienti in acciaio si possono utilizzare sino a temperature di -20°C; temperature più basse richiedono appositi materiali. Questo tipo di inconveniente si può riscontrare durante l'erogazione di elevati flussi gassosi da bombole contenenti gas liquefatti; l'evaporazione del gas erogato avviene infatti a spese del raffreddamento del liquido contenuto nella bombola.

6 Pericoli derivanti da rilasci accidentali di gas

I rilasci accidentali di gas possono avvenire a causa di danni improvvisi alle bombole o alle linee di distribuzione causati da urti meccanici, in questo caso i rilasci sono rapidi; oppure, possono essere dovuti a tenute difettose causate da corrosione, invecchiamento dei materiali ecc., in questo caso il rilasci sono lenti. Le conseguenze dipendono molto dalla modalità del rilascio e dalle caratteristiche del gas rilasciato. I potenziali danni provocati dalla rapida fuoriuscita di gas dovuta a un urto o una caduta di una bombola sono stati descritti precedentemente (sez 1), di seguito sono esposti le situazioni di pericolo derivanti dal rilascio di un gas nell'ambiente.

6.1 Rilasci accidentali di gas inerti

Il rilascio accidentale di una gas inerte in un ambiente chiuso può creare un ambiente carente di ossigeno. Un'atmosfera asfissiante non provoca, in un soggetto in buona salute, né difficoltà respiratorie né una netta sensazione di soffocamento, ma ha un effetto simile ai primi sintomi



dell'anestesia (mancanza di equilibrio, vertigini, difficoltà di parola fino all'impossibilità di articolare suoni, rapida diminuzione e poi incapacità di effettuare sforzi fisici e movimenti, ridotta coscienza del mondo esterno, riduzione dei sensi, specialmente del tatto). Spesso ci si accorge del pericolo quando non si è più grado di muoversi e parlare oppure lo stato di incoscienza è raggiunto senza esserne minimamente consapevoli. Il fenomeno è rapido in quanto il contenuto di ossigeno nel sangue diminuisce rapidamente quando si respira aria povera di ossigeno; ambienti privi di ossigeno possono provocare collasso e perdita della coscienza al secondo respiro, dopo alcuni minuti il danno celebrale è irreversibile.

Nella tabella che segue sono riportati gli effetti provocati da atmosfere sotto-ossigenate.

Tabella 6.1 – Effetti e sintomi da carenza di ossigeno

% in moli di O₂	Effetti e sintomi
18-21	Non ci sono sintomi riconoscibili.
11-18	Riduzione progressiva delle prestazioni fisiche e intellettuali senza che la persona soggetta se ne renda conto. Si avverte solo un senso generale di malessere che è difficile da mettere in relazione con l'asfissia.
8-11	Possibilità di svenire entro pochi minuti senza preavviso. Concentrazioni di ossigeno minori dell'11% comportano il rischio di morte.
6-8	Lo svenimento avviene rapidamente. La rianimazione è possibile se è effettuata immediatamente.
0-6	Perdita quasi immediata di coscienza. Danni cerebrali anche se la vittima è soccorsa immediatamente.

A differenza di molti gas tossici (cloro, ammoniaca, solfuro di idrogeno), gas inerti come l'azoto, l'elio e l'argon non sono direttamente percepiti dagli operatori in quanto inodori e incolori. In presenza di pericolo di atmosfere asfissianti (percentuale di ossigeno minore del 18%), è bene installare dei rivelatori di ossigeno con un preallarme per atmosfere sotto-ossigenate (percentuale di ossigeno minore del 19,5%) in modo da consentire la chiusura della bombole o l'intercettazione della linea e l'evacuazione del locale in sicurezza.

6.2 Rilasci accidentali di anidride carbonica

L'anidride carbonica è un gas incolore e inodore anche se quando è inalata ad elevate concentrazioni produce in bocca un sapore amaro accompagnato da una sensazione pungente nel naso e nella gola dovuto alla formazione di acido carbonico nella mucosa e nella saliva. Essa, pur essendo classificata come un gas non tossico, causa, in caso di rilascio accidentale, effetti dannosi alla salute prima di generare un'atmosfera sotto-ossigenata; la ragione principale è che il controllo primario della respirazione si basa sul monitoraggio della concentrazione di anidride carbonica nel sangue (il segnale principale è fornito dalla variazione dell'acidità del liquido cerebrospinale), per cui un aumento della concentrazione di anidride carbonica nell'aria respirata (il valore normale è circa 0,035% in moli) comporta un aumento del ritmo respiratorio. Una concentrazione di anidride carbonica nell'aria uguale allo 0,5% in volume può essere tollerata per almeno otto ore (TLV-TWA), ma concentrazioni superiori al 2% possono avere effetti rilevanti sulla funzionalità



respiratoria e provocare eccitazione seguita da depressione del sistema nervoso centrale. Esposizioni brevi ad alte concentrazioni di anidride carbonica provocano, inoltre, danni alla sensibilità della retina alla luce (fotofobia), movimenti oculari anormali e restringimento del campo visivo. Esistono anche effetti cronici, ad esempio, l'esposizione a un massimo di 3,0% per più di 15 ore giornaliere, per sei giorni, provoca riduzione sia della visione notturna che della sensibilità ai colori. Visti i rischi per la salute che l'esposizione ad anidride carbonica comporta, l'uso di questo gas richiede un sistema di rivelazione e allarme con specifici sensori anche quando non sussiste un pericolo di asfissia in caso di un suo rilascio accidentale. Nella tabella che segue sono riportati i principali effetti che un'atmosfera ricca di anidride carbonica provoca sull'uomo.

Tabella 6.2 – Effetti e sintomi da eccesso di anidride carbonica nell'aria respirata

% in moli di CO ₂	Effetti e sintomi
1	Sonnolenza in caso di esposizioni prolungate.
2	Frequenza di respirazione maggiore del 50% rispetto alle condizioni normali. Aumento della pressione arteriosa e della frequenza cardiaca, riduzione dell'udito.
5	Frequenza di respirazione quattro volte superiore alle condizioni normali. Vertigini, confusione, difficoltà di respirazione accompagnata da mal di testa e mancanza di respiro. Possono verificarsi attacchi di panico.
8-15	Mal di testa, sudorazione, visione fioca, tremori e perdita di coscienza dopo l'esposizione da cinque a dieci minuti.
>15	Insufficienza cardiaca con possibili effetti letali.

6.3 Rilascio accidentale di ossigeno o altri gas comburenti

Il rilascio accidentale di ossigeno genera atmosfere sovra-ossigenate. Queste non creano normalmente difficoltà respiratorie fino a concentrazioni pari al 75% di ossigeno, ma possono causare un pericolo di incendio. Il rischio di incendio, già apprezzabile con il 25% di ossigeno, diventa notevole con il 28% e molto elevato con concentrazioni uguali o superiori al 35%.

L'aumento della concentrazione di ossigeno può cambiare il comportamento di una sostanza facendola passare da "non-combustibile" a "combustibile". Molti materiali, inclusi i metalli, bruciano in atmosfere arricchite in ossigeno e quasi tutte le sostanze sono combustibili in ossigeno puro. Elevate concentrazioni di ossigeno incrementano anche la velocità combustione; questo effetto è evidente, ad esempio, nelle apparecchiature con oli o grassi le quali, per questa ragione, oltre a incendiarsi con maggiore facilità, bruciano con violenza esplosiva. Questa situazione è purtroppo vera anche per un corpo umano, il quale in atmosfere sufficientemente arricchite brucia vigorosamente. Poiché in un'atmosfera ricca di ossigeno la propagazione di una fiamma lungo una superficie combustibile solida è molto rapida, si ha che quando un vestito prende fuoco la persona che lo indossa si trova rapidamente completamente circondata dalle fiamme subendo quindi ustioni molto estese.



L'ossigeno è inodore e insapore per cui l'aria arricchita di ossigeno non può essere percepita dai sensi; in caso di pericolo di atmosfere sovra-ossigenate, è quindi necessaria l'installazione di un sistema rilevazione di gas; poiché in caso di rapidi rilasci si possono facilmente generare incendi di cose e persone, è opportuno che l'intercettazione del flusso in caso di allarme sia automatica (percentuale di ossigeno al 23,5%). Se è necessaria la presenza di bombole nei laboratori, è bene collocarle all'interno di opportuni armadi ventilati in modo da confinare l'estensione dalla zona a rischio di formazione di atmosfere comburenti. Simili pericoli sono causati anche dagli altri gas comburenti, per i quali sono quindi necessarie analoghe precauzioni. Il calcolo del loro potere comburente in termini di concentrazione di ossigeno equivalente può essere valutato con le formule fornite nell'allegato I.

6.4 Rilascio accidentale di gas infiammabili

Il rilascio di gas infiammabili genera un'atmosfera esplosiva facilmente innescabile. Particolarmente pericoloso è l'idrogeno, la cui bassa viscosità e elevata diffusività rendono più difficile evitare la presenza di fughe. L'idrogeno ha una bassissima energia di innesco, una elevata velocità di combustione e tende facilmente a detonare; per cui, in caso di esplosioni, si raggiungono facilmente sovrappressioni elevate con effetti distruttivi devastanti.

La presenza di gas infiammabili richiede un sistema di rilevazione con intercettazione automatica del flusso. Se è necessaria la presenza di bombole di gas infiammabili nei laboratori, è bene collocarle all'interno di opportuni armadi ventilati in modo da confinare l'estensione dalla zona a rischio di formazione di atmosfere infiammabili.

6.5 Rilascio accidentale di gas tossici o nocivi

Il rilascio di gas tossici o nocivi genera un'atmosfera tossica i cui effetti dipendono dallo specifico gas. Ad esempio, nel caso del monossido di carbonio, la sua tossicità è dovuta alla formazione con l'emoglobina di un complesso molto più stabile dell'ossi-emoglobina (l'affinità dell'emoglobina verso il CO è 200 volte quella verso l'ossigeno); questo causa una deficienza di ossigeno nel sangue che porta ad uno stato di incoscienza e quindi alla morte. Anche basse esposizioni al monossido di carbonio possono ridurre la concentrazione di ossigeno nel cervello in modo da rendere la vittima incosciente e causarne la morte per asfissia.

Vista la pericolosità per gli operatori, la presenza di gas tossici o nocivi richiede un sistema di rilevazione di gas. Nel caso dei gas tossici, è consigliabile che, in situazioni di emergenza, l'intercettazione del loro flusso sia automatica; mentre, per i gas nocivi, essendo non pericolosi in tempi rapidi, è possibile prevedere nella procedura di emergenza la chiusura manuale da parte degli operatori. Non è consigliabile la collocazione di bombole di gas tossici in locali chiusi; è tollerata, visto il minor pericolo, quella di gas nocivi se queste sono collocate all'interno di opportuni armadi ventilati in modo da confinare l'estensione dalla zona a rischio di formazione di atmosfere tossiche.

Guida alla distribuzione dei gas compressi

Allegato IV –Caratteristiche principali degli impianti di distribuzione interna e locale

Sommario

1 Linee di distribuzione interna.....	8
2 Reti di distribuzione locali	11



1 Linee di distribuzione interna

Nelle seguenti tabelle sono indicati in modo schematico i principali requisiti richiesti agli impianti di distribuzione di gas interni ai laboratori.

Tabella 1.1- Linee di distribuzione interna per aria o gas inerti

Sistemi con bombole collocabili ancorate in parete all'interno di locali chiusi

Gas contenuto	Caratteristiche del sistema di distribuzione
Aria	Riduttore/regolatore di pressione con valvola a spillo connesso direttamente alla valvola della bombola . Intercettazione del flusso in ogni punto presa. Intercettazione manuale della linea in caso di emergenza.
Gas inerti (esclusa CO ₂)	Riduttore/regolatore di pressione con valvola a spillo connesso direttamente alla valvola della bombola. Intercettazione del flusso in ogni punto presa. In caso di pericolo di sotto-ossigenazione: <ul style="list-style-type: none">• rilevatori di ossigeno fissi con allarme ottico-acustico all'ingresso del laboratorio, oppure• rilevatori portatili con allarme ottico-acustico incorporato, oppure• rilevatori individuali di ossigeno con allarme incorporato obbligatori per tutti gli operatori presenti nel laboratorio.
Anidride carbonica	Riduttore/regolatore di pressione con valvola a spillo connesso direttamente alla valvola della bombola. Intercettazione del flusso in ogni punto presa. Rilevatori di anidride carbonica fissi con all'allarme ottico-acustico all'ingresso del laboratorio, oppure rilevatori di anidride carbonica portatili con allarme ottico-acustico incorporato.



Tabella 1.2- Linee di distribuzione interna per gas infiammabili o comburenti

Sistemi con bombole collocabili in armadi se poste all'interno di locali chiusi

Gas contenuto	Caratteristiche del sistema di distribuzione
Gas infiammabili	<p>Codice Classe : G90F</p> <p>Riduttore/regolatore di pressione con valvola a spillo connesso direttamente alla valvola della bombola.</p> <p>Bombole in armadio EN 14470-2 G90 ventilato con 10 ricambi ora in aspirazione.</p> <p>Armadio e sistema di aspirazione AtEx</p> <p>Rilevatori di gas fissi con all'allarme ottico-acustico all'ingresso del laboratorio.</p> <p>Intercettazione automatica del flusso in caso di allarme posizionata all'interno dell'armadio.</p>
Gas comburenti	<p>Codice Classe : G90O</p> <p>Riduttore/regolatore di pressione con valvola a spillo connesso direttamente alla valvola della bombola.</p> <p>Bombole in armadio EN 14470-2 G90 ventilato con 10 ricambi ora in aspirazione.</p> <p>Rilevatori di gas fissi con all'allarme ottico-acustico all'ingresso del laboratorio.</p> <p>Intercettazione automatica del flusso in caso di allarme posizionata all'interno dell'armadio.</p> <p>Limiti sulla pressione e velocità massima dipendenti dal tipo di comburente e dai materiali (tubazione, guarnizione ecc.). Per l'ossigeno con tubazioni in acciaio inossidabile: 15 bar e 20 m/s.</p>



Tabella 1.3 - Linee di distribuzione interna per gas nocivi

Sistemi con bombole collocabili in armadi se poste all'interno di locali chiusi

Gas contenuto	Caratteristiche del sistema di distribuzione
Gas nocivi	<p>Codice Classe : G90T</p> <p>Riduttore/regolatore di pressione con valvola a spillo connesso direttamente alla valvola della bombola.</p> <p>Bombole in armadio EN 14470-2 G90 ventilato con 120 ricambi ora in aspirazione.</p> <p>Rilevatori di gas fissi con all'allarme ottico-acustico all'ingresso del laboratorio.</p> <p>Intercettazione automatica del flusso in caso di allarme posizionata all'interno dell'armadio.</p>
Gas nocivi infiammabili	<p>Codice Classe : G90TF</p> <p>Riduttore/regolatore di pressione con valvola a spillo connesso direttamente alla valvola della bombola.</p> <p>Bombole in armadio EN 14470-2 G90 ventilato con 120 ricambi ora in aspirazione.</p> <p>Armadio e sistema di aspirazione AtEx</p> <p>Rilevatori di gas fissi con all'allarme ottico-acustico all'ingresso del laboratorio.</p> <p>Intercettazione automatica del flusso in caso di allarme posizionata all'interno dell'armadio.</p>
Gas nocivi comburenti	<p>Codice Classe : G90TO</p> <p>Riduttore/regolatore di pressione con valvola a spillo connesso direttamente alla valvola della bombola.</p> <p>Bombole in armadio EN 14470-2 G90 ventilato con 120 ricambi ora in aspirazione.</p> <p>Rilevatori di gas fissi con all'allarme ottico-acustico all'ingresso del laboratorio.</p> <p>Intercettazione automatica del flusso in caso di allarme posizionata all'interno dell'armadio.</p> <p>Limiti sulla pressione e velocità massima dipendenti dal tipo di comburente e dai materiali (tubazione, guarnizione ecc.).</p>



2 Reti di distribuzione locali

Nelle seguenti tabelle sono indicati in modo schematico i principali requisiti richiesti agli impianti di distribuzione locale (deposito d'uso – laboratorio).

Tabella 2.1 - Reti di distribuzione locali per aria o gas inerti

Gas contenuto	Caratteristiche del sistema di distribuzione
Aria	<p><i>Deposito</i></p> <p>Codice Classe: DA</p> <p>Primo stadio di depressurizzazione: riduttore/regolatore di pressione con valvola a spillo connesso direttamente alla valvola della bombola.</p> <hr/> <p><i>Laboratorio</i></p> <p>In ogni punto presa:</p> <ul style="list-style-type: none">• Se necessario un secondo stadio di depressurizzazione, valvola di intercettazione seguita da riduttore/regolatore di pressione con valvola a spillo.• Se la pressione di distribuzione del gas è sufficientemente bassa, valvola di intercettazione. <hr/> <p>Intercettazione manuale della linea facilmente accessibile e posizionata all'esterno dell'edificio.</p>
Gas inerti (esclusa CO ₂)	<p><i>Deposito</i></p> <p>Codice Classe: DA</p> <p>Primo stadio di depressurizzazione: riduttore/regolatore di pressione con valvola a spillo connesso direttamente alla valvola della bombola.</p> <hr/> <p><i>Laboratorio</i></p> <p>In ogni punto presa:</p> <ul style="list-style-type: none">• Se necessario un secondo stadio di depressurizzazione, valvola di intercettazione seguita da riduttore/regolatore di pressione con valvola a spillo.• Se la pressione di distribuzione del gas è sufficientemente bassa (3-4 bar), valvola di intercettazione. <p>In caso di pericolo di sotto-ossigenazione:</p> <ul style="list-style-type: none">• rilevatori di ossigeno fissi con allarme ottico-acustico all'ingresso del laboratorio;• oppure rilevatori portatili con allarme ottico-acustico incorporato. <hr/> <p>Intercettazione manuale della linea facilmente accessibile e posizionata all'esterno dell'edificio.</p>



Tabella 2.2 - Reti di distribuzione locali per anidride carbonica

Gas contenuto	Caratteristiche del sistema di distribuzione
Anidride carbonica	<p><i>Deposito</i></p> <p>Codice Classe: DA</p> <p>Riduttore/regolatore di pressione con valvola a spillo connesso direttamente alla valvola della bombola.</p> <hr/> <p><i>Laboratorio</i></p> <p>Distribuzione CO₂ gassosa:</p> <ul style="list-style-type: none">• Se necessario un secondo stadio di depressurizzazione, valvola di intercettazione seguita da riduttore/regolatore di pressione con valvola a spillo in ogni punto presa.• Se la pressione di distribuzione del gas è sufficientemente bassa, valvola di intercettazione in ogni punto presa. <p>Distribuzione CO₂ liquida:</p> <ul style="list-style-type: none">• valvola di intercettazione in ogni punto presa. <p>Rilevatori di anidride carbonica fissi con all'allarme ottico-acustico all'ingresso del laboratorio;</p> <p>oppure rilevatori di anidride carbonica portatili con allarme ottico-acustico incorporato.</p> <hr/> <p>Intercettazione manuale della linea facilmente accessibile e posizionata all'esterno dell'edificio.</p>



Tabella 2.3 - Reti di distribuzione locali per gas infiammabili

Gas contenuto	Caratteristiche del sistema di distribuzione
Gas infiammabili	<p><i>Deposito</i></p> <p>Codice Classe : DF</p> <p>Riduttore/regolatore di pressione con valvola a spillo connesso direttamente alla valvola della bombola.</p> <p>Recinzione se la zona pericolosa si estende oltre il deposito.</p> <p>Assenza di punti d'innesco e materiali combustibili nella zona pericolosa del deposito.</p> <p>Dispositivi elettrici per atmosfere esplosive (zona 2) nel deposito/zona recintata e lungo la linea.</p> <hr/> <p><i>Laboratorio</i></p> <p>In ogni punto presa:</p> <ul style="list-style-type: none">• Se necessario un secondo stadio di depressurizzazione, valvola di intercettazione seguita da riduttore/regolatore di pressione con valvola a spillo.• Se la pressione di distribuzione del gas è sufficientemente bassa (3-4 bar), valvola di intercettazione. <p>Rilevatori di gas fissi con all'allarme ottico-acustico all'ingresso del laboratorio.</p> <hr/> <p>Intercettazione automatica del flusso in caso di allarme posizionata all'esterno dell'edificio.</p>
Gas infiammabili esplosivi	<p><i>Deposito</i></p> <p>Codice Classe : DFE</p> <hr/> <p>Gli impianti sono analoghi a quelli per la distribuzione dei gas infiammabili con l'aggiunta di specifici requisiti dovuti all'instabilità del gas.</p> <p>Nel caso dell'acetilene:</p> <ul style="list-style-type: none">- la pressione assoluta nella linea non deve superare 1,5 bar;- è necessaria la presenza di un dispositivo antiritorno di fiamma e esplosione a protezione della linea di distribuzione.



Tabella 2.4 - Reti di distribuzione locali per gas comburenti

Gas contenuto	Caratteristiche del sistema di distribuzione
Gas comburenti	<p><i>Deposito</i></p> <p>Codice Classe : DO</p> <p>Riduttore/regolatore di pressione con valvola a spillo connesso direttamente alla valvola della bombola.</p> <p>Recinzione se la zona pericolosa si estende oltre il deposito.</p> <p>Assenza di materiali combustibili nella zona pericolosa del deposito.</p> <hr/> <p><i>Laboratorio</i></p> <p>In ogni punto presa:</p> <ul style="list-style-type: none">• Se necessario un secondo stadio di depressurizzazione, valvola di intercettazione seguita da riduttore/regolatore di pressione con valvola a spillo.• Se la pressione di distribuzione del gas è sufficientemente bassa (3-4 bar), valvola di intercettazione. <p>Rilevatori di gas fissi con all'allarme ottico-acustico all'ingresso del laboratorio.</p> <hr/> <p>Intercettazione automatica del flusso in caso di allarme posizionata all'esterno dell'edificio.</p> <p>Limiti sulla pressione e velocità massima dipendenti dal tipo di comburente e dai materiali (tubazione, guarnizione ecc.). Per l'ossigeno con tubazioni in acciaio inossidabile: 15 bar e 20 m/s.</p>

Tabella 2.5a - Reti di distribuzione locali per gas tossici o nocivi

Gas contenuto	Caratteristiche del sistema di distribuzione
Gas tossici o nocivi	<p><i>Deposito</i></p> <p>Codice Classe : DT</p> <p>Riduttore/regolatore di pressione con valvola a spillo connesso direttamente alla valvola della bombola.</p> <p>Recinzione se la zona pericolosa si estende oltre il deposito.</p> <hr/> <p><i>Laboratorio</i></p> <p>In ogni punto presa:</p> <ul style="list-style-type: none">• Se necessario un secondo stadio di depressurizzazione, valvola di intercettazione seguita da riduttore/regolatore di pressione con valvola a spillo.• Se la pressione di distribuzione del gas è sufficientemente bassa (3-4 bar), valvola di intercettazione. <p>Rilevatori di gas fissi con all'allarme ottico-acustico all'ingresso del laboratorio.</p> <hr/> <p>Gas tossici: intercettazione automatica del flusso in caso di allarme posizionata all'esterno dell'edificio</p> <p>Gas nocivi: intercettazione manuale del flusso facilmente accessibile e posizionata all'esterno dell'edificio.</p>



Tabella 2.5b- Reti di distribuzione locali per gas tossici o nocivi

Gas contenuto	Caratteristiche del sistema di distribuzione
Gas tossici o nocivi inflammabili	<p><i>Deposito</i></p> <p>Codice Classe : DTF</p> <p>Riduttore/regolatore di pressione con valvola a spillo connesso direttamente alla valvola della bombola.</p> <p>Recinzione se la zona pericolosa si estende oltre il deposito.</p> <p>Assenza di punti d'innesco, materiali combustibili nella zona pericolosa del deposito.</p> <p>Dispositivi elettrici per atmosfere esplosive(zona 2) nel deposito/zona recintata e lungo la linea.</p> <hr/> <p><i>Laboratorio</i></p> <p>In ogni punto presa:</p> <ul style="list-style-type: none">• Se necessario un secondo stadio di depressurizzazione, valvola di intercettazione seguita da riduttore/regolatore di pressione con valvola a spillo.• Se la pressione di distribuzione del gas è sufficientemente bassa (3-4 bar), valvola di intercettazione. <p>Rilevatori di gas fissi con all'allarme ottico-acustico all'ingresso del laboratorio.</p> <hr/> <p>Gas tossici: intercettazione automatica del flusso in caso di allarme posizionata all'esterno dell'edificio.</p> <p>Gas nocivi: intercettazione manuale del flusso facilmente accessibile e posizionata all'esterno dell'edificio.</p> <hr/>
Gas tossici o nocivi comburenti	<p><i>Deposito</i></p> <p>Codice Classe : DTF</p> <p>Riduttore/regolatore di pressione con valvola a spillo connesso direttamente alla valvola della bombola.</p> <p>Recinzione se la zona pericolosa si estende oltre il deposito.</p> <p>Assenza di materiali combustibili nella zona pericolosa del deposito.</p> <hr/> <p><i>Laboratorio</i></p> <p>In ogni punto presa:</p> <ul style="list-style-type: none">• Se necessario un secondo stadio di depressurizzazione, valvola di intercettazione seguita da riduttore/regolatore di pressione con valvola a spillo.• Se la pressione di distribuzione del gas è sufficientemente bassa (3-4 bar), valvola di intercettazione. <hr/> <p>Gas tossici: intercettazione automatica del flusso in caso di allarme posizionata all'esterno dell'edificio</p> <p>Gas nocivi: intercettazione manuale del flusso facilmente accessibile e posizionata all'esterno dell'edificio.</p> <p>Limiti sulla pressione e velocità massima dipendenti dal tipo di comburente e dai materiali (tubazione, guarnizione ecc.).</p> <hr/>



Guida alla distribuzione dei gas compressi

Allegato V – Rete Dipartimentale

Sommario

1 Descrizione della rete dipartimentale	1
2 Armadio e centraline di controllo.....	2
3 Codici della rete dipartimentale	3
4 Procedure di emergenza	4



1 Descrizione della rete dipartimentale

La rete dipartimentale distribuisce idrogeno, ossigeno e azoto. La centrale di alimentazione è costituita da un pacco bombole di gas sotto pressione stoccato in un deposito esterno. Ciascun gas distribuito subisce una prima depressurizzazione nel passaggio dalla bombola alla linea di distribuzione e una seconda depressurizzazione attraversando il regolatore di pressione di ciascun punto presa. Il regolatore di pressione, oltre a controllare il flusso, ne limita anche la portata massima.

Le tubazioni della linea di distribuzione sono tutte esterne all'edificio escluso i tratti necessari per raggiungere i punti presa nei laboratori. Nei tratti all'interno dell'edificio, le tubazioni che trasportano idrogeno sono inserite in un secondo tubo che ha il compito di contenere un'eventuale fuga di gas. Per consentire, in caso di perdita, la fuoriuscita dell'idrogeno nell'ambiente esterno, l'estremità del tubo di contenimento prossima al punto presa è chiusa, mentre l'estremità a contatto con l'ambiente esterno è aperta. Tutte le giunzioni delle tubazioni che trasportano idrogeno sono state eseguite tramite saldatura.

Nei laboratori dove è distribuito l'idrogeno, è presente un sistema di rivelazione di fuga d'idrogeno impostato su due livelli di concentrazione. Il primo livello è al 20% del limite inferiore di esplosione (LEL - Lower Explosion Limit), il secondo livello è al 40% del LEL. Il raggiungimento del primo livello comporta l'attivazione dell'allarme ottico-acustico (luce e sirena sono collocate all'ingresso del laboratorio), mentre il raggiungimento del secondo livello comporta l'azionamento di una valvola di intercettazione a riarmo manuale esterna all'edificio in cui si trova il laboratorio.

Nei laboratori dove sono distribuiti l'ossigeno e/o l'azoto, è presente un sistema di rilevazione d'ossigeno con impostati un livello di bassa concentrazione pari al 19,5%, per segnalare la sotto-ossigenazione, e un livello di alta concentrazione del 23,5%, per segnalare la sovra-ossigenazione. Il raggiungimento di uno dei due livelli comporta l'attivazione dell'allarme ottico-acustico. Il raggiungimento del livello di concentrazione minore comporta il blocco della distribuzione dell'azoto (se presente), mentre il raggiungimento di quello più elevato comporta l'interruzione del flusso di ossigeno (se presente). L'interruzione dei flussi avviene tramite l'azionamento di una valvola di intercettazione a riarmo manuale esterna al laboratorio.

I rivelatori di gas sono ATEX II 2G. Entrambi i tipi di sensori di gas sono disposti a circa 30 cm dal soffitto. La posizione del sensore di ossigeno è quindi adatta a segnalare anche la sotto-ossigenazione provocata da gas leggeri diversi dall'azoto. La protezione dal pericolo di sotto-ossigenazione dovuto alla fuga di gas pesanti richiede sensori posizionati in basso.

Tutti i segnali provenienti dai rivelatori di gas sono raccolti in unico punto su 8 centraline modello RM-TC8 montate su armadio ubicato al piano seminterrato nei pressi della cabina di trasformazione elettrica. Le centraline RM-TC8 non sono in esecuzione ATEX. L'insieme delle centraline fornisce i segnali di ogni singolo rivelatore di gas ad un sistema di acquisizione dati dedicato consultabile via video al responsabile del servizio. In questo modo tutto l'impianto è monitorato in modo costante e capillare e permette quindi di seguire gli eventi di tutti i punti di monitoraggio, che registrati dal sistema forniscono lo storico di ogni strumento di misurazione.

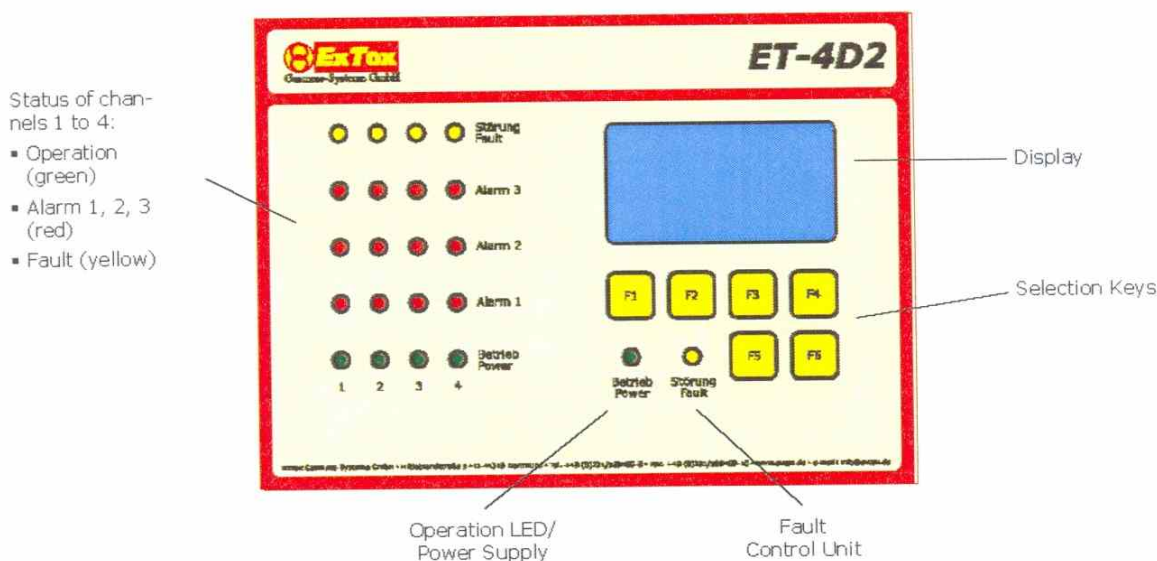
2 Armadio e centraline di controllo

L'armadio con le centraline (identificato dalla scritta GAS SYSTEM DETECTION) si trova nel piano seminterrato di fronte alla cabina elettrica (fabbricato A, corridoio che porta all'officina meccanica).

Le otto centraline sono disposte come indicato in figura.

Gas Detection System	
Centralina A	Centralina B
Centralina C	Centralina D
Centralina E	Centralina F
Centralina G	Centralina H

Nella figura che segue è rappresentata una centralina che, a parte il numero di canali (quattro e non otto), è analoga a quelle installate nell'armadio.



Come si può vedere dalla figura, nelle centraline sono presenti alcune serie di led (associate a ciascun canale). Partendo dal basso, i led della prima fila orizzontale sono accesi (colore verde) quando il rivelatore di gas con cui sono connessi è attivo, spenti in caso contrario; il numero riportato sotto il led indica il canale. Le file superiori segnalano situazioni di allarme, se il led è acceso (colore rosso) il rivelatore segnala una situazione di pericolo, se è spento la situazione è normale.

Ciascuna centralina ha un display a cristalli liquidi dove, nella parte sinistra, è riportato sotto forma di diagramma a barre lo stato dei valori misurati dai rivelatori di gas associati a ciascuno degli otto canali. I valori indicati hanno un campo da 0 a 100%: è riportata la % molare per l'ossigeno, e la percentuale di LEL (limite inferiore di esplosività) per l'idrogeno. Nella parte destra del display



sono indicati i dati relativi allo stato del rivelatore selezionato. I dati relativi allo stato del rivelatore consistono in: numero del canale, tipo di gas, valori attuali misurati completi di unità di misura, stato operativo, stato degli allarmi e anomalie. Il canale selezionato è indicato anche sul diagramma a barre tramite una freccia e la selezione è eseguita utilizzando i tasti F1 (spostamento a destra) e F2 (spostamento a sinistra).

3 Codici della rete dipartimentale

Ad ogni laboratorio servito dalla rete dipartimentale e a ciascun rilevatore di fuga presente nel locale è assegnato un codice di rete gas. Ad esempio il laboratorio con codice locale S4AA40 ha come codice di rete gas T.2; in questo laboratorio sono presenti due sensori di ossigeno con codice C1 e C2, e due di idrogeno con codice C3 e C4. Il codice di un rilevatore è costituito da una lettera e da un numero: la lettera identifica la centralina RM-TC8 a cui è collegato il rivelatore (A, B, C, D, E, F, G e H), il numero individua il canale della centralina (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8). In codici di rete gas e i codici dei rilevatori sono dei laboratori del dipartimento sono riportati nella tabella 1.

Tabella 3.a– Codici rete gas dipartimentale (seminterrato, pianoterra)

Codici		Gas distribuito			Codice Sensori				
Locale	Rete	N ₂	O ₂	H ₂	O ₂			H ₂	
TOCEN_04XS01A025	S.1	X	X	X	A1			A2	
TOCEN_04XS01A026	S.2	X	X	X	A3			A4	
TOCEN_04XS01A027	S.4	X	X		B1				
TOCEN_04XS01F015	S.3	X	X	X	A5			A6	
TOCEN_04XS01G005	S.5	X							
TOCEN_04XS01I006	S.6	X	X	X	A7			A8	
TOCEN_04XS01I005	S.7	X	X	X	B2	B3		B4	B5
TOCEN_04XPTEA038	T.1	X	X	X	B6			B7	
TOCEN_04XPTEA040	T.2	X	X	X	C1	C2		C3	C4
TOCEN_04XPTEA042	T.3	X	X	X	C5	C6			
TOCEN_04XPTEA037	T.4	X	X	X	B8				
TOCEN_04XPTEA039	T.5	X	X	X	D1	D2		C7	C8
TOCEN_04XPTEA029	T.7	X	X	X	D3			D4	
TOCEN_04XPTEA027	T.7bis	X	X	X	D5			D6	
TOCEN_04XPTEF011	T.8	X							
TOCEN_04XPTEG009	T.9	X	X	X	D7			D8	
TOCEN_04XPTEI011	T.10	X	X		E1				
TOCEN_04XPTEI009	T.11	X	X					E2	
TOCEN_04XPTEI008	T.12	X							
TOCEN_04XPTEI006	T.13	X							



Tabella 3.b– Codici rete gas dipartimentale (primo, secondo e terzo piano)

Codici		Gas distribuito			Codice Sensori				
Locale	Rete	N ₂	O ₂	H ₂	O ₂			H ₂	
TOCEN_04XP01A023	1.1	X	X	X	E3	E4		E5	E6
TOCEN_04XP01A025	1.3	X	X	X	E7			E8	
TOCEN_04XP01F009	1.4	X	X	X	F1			F2	
TOCEN_04XP01F006	1.5			X				F3	
TOCEN_04XP02A037	2.1	X	X	X	F4	F5	F6	F7	F8
TOCEN_04XP02A039	2.3	X	X	X	G1				
TOCEN_04XP02A040	2.4	X	X	X	G2			G3	
TOCEN_04XP02A036	2.5	X	X	X	G4			G5	
TOCEN_04XP03A042	3.1	X	X		G6				
TOCEN_04XP03A044	3.2	X	X	X	G7			G8	
TOCEN_04XP03A019	3.3	X	X	X	H1			H2	

4 Procedure di emergenza

In caso di allarme è necessario predisporre delle procedure di emergenza, formare e addestrare gli operatori ammessi nel laboratorio ad eseguirle correttamente.

La procedura di emergenza deve prevedere le seguenti azioni:

- L'interruzione delle attività all'interno del laboratorio. Nel caso di attività la cui interruzione possa essere pericolosa è necessario predisporre una specifica procedura di fermata/spegnimento rapido (es. reazioni che possono, se non controllate, causare pericolo di esplosione).
- L'intercettazione del flusso di ogni gas distribuito (linee interne, rete di distribuzione locale). Nel caso di reti locali, l'intercettazione del flusso deve essere eseguita, se possibile, anche agendo sulle valvole esterne al laboratorio.
- L'interruzione della rete di alimentazione elettrica.
- L'evacuazione del laboratorio.
- L'interdizione dell'accesso nel laboratorio.
- L'identificazione sulla centralina di controllo del rivelatore di gas che ha causato l'allarme.
- La lettura della grandezza misurate e quindi l'identificazione del pericolo (sovra-ossigenazione/incendio; sotto-ossigenazione/asfissia; presenza di idrogeno).
- Gli interventi da eseguire in funzione del pericolo identificato, ad esempio:
 - nel caso di sotto-ossigenazione (%O₂ tra il 18 e 19,5%), si può entrare nel laboratorio per aprire finestre e ventilare il locale;



- nel caso di atmosfera asfissiante ($\%O_2$ inferiore al 18%), è bene che nessuno entri nel locale fino alla risalita del valore di ossigeno;
- nel caso di fuga di idrogeno, è bene che nessuno entri nel locale fino alla diminuzione della concentrazione di idrogeno a valori sotto la soglia di allarme in modo da non fornire possibili fonti di innesco.