Linee guida: "Principi generali da adottare nell'utilizzo di gas compressi in laboratorio"

Le linee guida forniscono delle indicazioni di carattere generale su come operare in condizioni di sicurezza ed in modo tecnicamente corretto con le bombole di gas sotto pressione. Essa è indirizzata a tutto il personale che opera nei laboratori del nostro Ateneo (studenti, assegnisti, dottorandi, tecnici e docenti).

DEFINIZIONI

Bombole: ai fini delle seguenti linee guida, 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, anche quando la bombola è a servizio di uno strumento solo (es. incubatori CO2).
Bombola di riserva o di deposito: bombola di 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 riserva può essere collegata alla linea di distribuzione (il ricambio è eseguito azionando delle valvole di intercettazione); oppure, non essere connessa alla linea (bombola di deposito) il ricambio richiede la sostituzione fisica della bombola sorgente da parte di un operatore.
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 molto limitata. Di solito si utilizzano bombole piccole con capacità inferiore ai 3l.
Tubazione, linea: parte dell'impianto di distribuzione del gas compresa tra la bombola sorgente 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 (EUH006 - Esplosivo a contatto o senza contatto con l'aria). sono i gas che, se miscelati con l'aria (ossia con l'ossigeno che la costituisce) in determinate proporzioni, originano un'atmosfera esplosiva. Ciascun gas infiammabile è caratterizzato da un limite inferiore di esplodibilità ('LEL') che è la concentrazione in aria del gas sotto la quale non si forma un'atmosfera esplosiva per la presenza del gas.
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) H330 come definito dal regolamento UE 1272/2008 e 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) H331. I gas corrosivi
sono tossici per inalazione. Per ciascuna sostanza esistono e sono indicati dalla normativa i valori di concentrazione massima ammissibile a cui l'individuo può essere esposto per un determinato periodo di tempo senza che ciò implichi danno alla persona.
Gas nocivo: gas con tossicità acuta per inalazione di categoria 4 (Acute Tox. 4) H332
Gas cancerogeno: gas 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 mutageno: gas 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 inerte: gas non infiammabile, non comburente e non tossico (non letale, tossico o nocivo come per esempio azoto, argon ed elio) sono gas che non supportano la respirazione umana e che non reagiscono o reagiscono in misura minima con altre sostanze. Se un gas inerte, contenuto in una bombola, fosse accidentalmente immesso in atmosfera, ciò comporterebbe la diluizione della percentuale di ossigeno presente.
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%.

CLASSIFICAZIONE DEGLI IMPIANTI DI DISTRIBUZIONE

In generale, a meno che non si faccia riferimento a dei generatori di gas, la configurazione dell'impianto che consente di addurre allo strumento utilizzatore il gas compresso è caratterizzato da tre elementi essenziali: la bombola in pressione lo gli stadi di decompressione e la linea di adduzione.
Gli impianti di distribuzione sono distinti in tre categorie:

- **linea di distribuzione interna** alimenta il gas prelevandolo da una bombola sorgente collocata all'interno del laboratorio dove questo è distribuito.
- **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. La rete di distribuzione locale può servire un solo laboratorio.
- **rete di distribuzione multi-locale distribuisce** i gas dal deposito bombole dipartimentale e alimenta contemporaneamente molti laboratori.

Analizzeremo le fonti di pericolo e le procedure e i dispositivi che consentono di mitigare i rischi associati all'utilizzo dei gas compressi in laboratorio.

PERICOLI DOVUTI ALLE BOMBOLE

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 al cedimento del materiale del contenitore può provocare danni a cose o persone. Le bombole sono pertanto costruite in modo da essere molto

robuste; come conseguenza si ha però che il loro peso è spesso elevato, per cui anche se il contenitore resiste all'urto, sussiste comunque il pericolo che un operatore investito da una bombola possa riportare dei danni rilevanti. Ulteriori fonti di pericolo sono dovute alle proprietà intrinseche del gas contenuto; infatti, in caso di rilascio accidentale, il gas può generare atmosfere infiammabili, esplosive, tossiche o asfissianti.
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.
-

Urti e cadute devono essere assolutamente evitati. Le bombole devono essere sempre ancorate stabilmente sia durante il trasporto (eseguito su appositi carrelli dotati di catena), sia nei depositi d'uso o di stoccaggio; poiché il punto più vulnerabile di una bombola è la sua valvola, questa deve essere sempre protetta da un cappellotto avvitato al collare filettato dell'ogiva quando non è connessa a una linea di distribuzione del gas. Durante la movimentazione di una bombola, gli operatori devono indossare guanti e scarpe antinfortunistiche; i guanti forniscono una buona persa sulle bombole e impediscono di lasciare tracce di grasso (si intende quello naturalmente presente sulla pelle) che diventano particolarmente pericolose nel caso di gas ossidanti; le scarpe antinfortunistiche riducono la possibilità degli operatori di scivolare e proteggono le punte dei piedi da un eventuale schiacciamento che, nel caso di bombole pesanti, può avere conseguenze permanenti. Oltre a urti o cadute, possibili danni alle bombole possono essere provocati dalla corrosione e dalla esposizione ad alte o basse temperature. Per evitare fenomeni corrosivi, è bene collocare le bombole in luoghi ventilati e non umidi. Riguardo all'effetto della temperatura, una bombola è di norma progettata per operare a una temperatura massima di 50°C e, nel caso in cui sia costituita di acciaio, a una temperatura minima di -20°C (temperature più basse richiedono l'impiego di apposite leghe). Si ha quindi che temperature elevate possono causare problemi di tenuta (connessione valvola ogiva) e, in casi estremi, il cedimento del recipiente. Gli incendi, in particolare, possono provocare per surriscaldamento l'esplosione di una bombola; questo evento è particolarmente temuto da parte dei vigili del fuoco. Le bombole possono essere protette dal surriscaldamento dovuto ad un incendio collocandole in appositi armadi coibentati. In generale, le bombole devono essere protette dall'irraggiamento solare e da altre fonti di calore quali radiatori (termosifoni), forni etc. Riguardo alle basse temperature, queste provocano un infragilimento del recipiente che ne facilita la rottura. In particolare, nel caso di gas liquefatti, è bene tenere presente che, se una bombola alimenta una linea di distribuzione con portate molto alte si possono raggiungere basse temperature per effetto del raffreddamento indotto dall'evaporazione del fluido. Il pericolo dovuto a fughe accidentali di gas rende preferibile collocare le bombole in luoghi ventilati (depositi esterni o armadi ventilati); l'impiego di sistemi di rivelazione di gas dotati di un allarme segnala le situazioni di emergenza

DEPOSITI E ARMADI PER BOMBOLE

La collocazione ideale per una bombola è in un deposito esterno asciutto, ben ventilato e fresco (protetto dalle radiazioni solari o altre fonti di calore). Per alcuni tipi di bombole, questa è la sola

collocazione ammessa: le bombole di gas tossici e quelle di gas esplosivi (acetilene) non devono essere assolutamente presenti in laboratori o altri luoghi chiusi. Le altre bombole, per esigenze di ricerca, possono essere collocate sia in depositi all'aperto sia in laboratori; tuttavia, quelle collocabili all'interno dei laboratori devono comunque rispettare una serie di restrizioni.

In particolare, le bombole di aria e gas inerti devono essere ancorate ad una parete o ad un altro supporto stabile; quelle di gas infiammabili, comburenti e nocivi devono essere poste in armadi per bombole tipo G90 conformi alla norma europea EN 14470-2. Gas infiammabili, comburenti, tossici e nocivi richiedono che nel laboratorio sia presente un sistema di rilevazione dotato di specifici sensori, nel caso di gas inerti sono richiesti sensori di ossigeno in caso di pericolo di sotto-ossigenazione.
Chi esercita la funzione di **Responsabile del Laboratorio** in accordo con i/le **Responsabili delle Attività Didattiche e di Ricerca** che usufruiscono dei gas, stabilisce la quantità e il tipo di bombole che sono ammesse nel laboratorio e nei depositi esterni. I gas ammessi devono essere segnalati sia agli ingressi dei laboratori, sia a quelli dei depositi.
In generale, devono essere rispettati i seguenti criteri:

- In tutti i laboratori, armadi e depositi, le bombole devono essere sempre **stabilmente ancorate in posizione verticale** e **protette dall'irraggiamento solare o da altre fonti di calore**.

- Le bombole non devono mai essere collocate in ambienti (laboratori, armadi, depositi) che le esporrebbero ad **un'umidità eccessiva o ad agenti chimici corrosivi**. La ruggine danneggia il mantello del recipiente e provoca il blocco del cappellotto.

- Bombole contenenti **gas tra loro incompatibili** devono essere sempre collocate in armadi distinti o in depositi differenti o, nel caso di un medesimo deposito, in compartimenti separati in modo da evitare reazioni pericolose quali esplosioni o incendi (ad esempio, vanno separati ossigeno-idrogeno, ossigeno-ammoniaca, cloro-idrogeno). In particolare, i gas infiammabili (idrogeno, metano, etc.) vanno quindi tenuti separati dai gas comburenti (ossigeno, protossido, etc.) e ancora, l'ammoniaca va separata da gas acidi (cloruro d'idrogeno, etc.).

- Le bombole contenenti **gas esplosivi**, ad esempio quelle di acetilene, non possono essere collocate nei laboratori, esse devono essere necessariamente collocate in appositi depositi esterni. Il laboratorio servito deve avere un sistema di rivelazione di fuga del gas dotato di allarme ottico-acustico e intercettazione automatica del flusso in caso di emergenza. L'intercettazione deve essere esterna all'edificio.

- Le bombole contenenti **gas infiammabili** possono essere collocate in un deposito esterno o in un laboratorio; in questo ultimo caso devono essere collocate all'interno di un armadio per bombole ventilato con 10 ricambi/ora. L'interno dell'armadio e il sistema di aspirazione deve soddisfare la normativa per le atmosfere esplosive (ATEX). Nel laboratorio deve essere presente un sistema di rivelazione del gas con allarme ottico-acustico e intercettazione automatica del flusso in caso di emergenza. La valvola di intercettazione deve essere posta all'interno dell'armadio oppure esternamente all'edificio nel caso in cui si usi un deposito collocato all'aperto.

- Le bombole contenenti **gas comburenti** possono essere collocate in un deposito esterno o in un laboratorio; in questo ultimo caso devono essere collocate all'interno di un armadio per bombole ventilato con 10 ricambi/ora. Nel laboratorio deve essere presente un sistema di rivelazione del gas con allarme ottico-acustico e intercettazione automatica del flusso in caso di emergenza. La valvola di intercettazione deve essere posta all'interno dell'armadio oppure esternamente all'edificio nel caso in cui si usi un deposito collocato all'aperto.

- Le bombole contenenti **gas tossici**, ad esempio quelle di monossido di carbonio, non possono essere collocate nei laboratori; esse devono essere necessariamente collocate in appositi depositi esterni. Il laboratorio servito deve avere un sistema di rivelazione di fuga del gas dotato di allarme ottico-acustico e intercettazione automatica del flusso in caso di emergenza. L'intercettazione deve essere esterna all'edificio.

- Le bombole contenenti **gas nocivi** possono essere collocate in un deposito esterno o in un laboratorio; in questo ultimo caso devono essere collocate all'interno di un armadio per bombole ventilato con 120 ricambi/ora. Nel laboratorio deve essere presente un sistema di rivelazione del gas con allarme ottico-acustico. La valvola di intercettazione, che può essere manuale, deve essere posta all'interno dell'armadio oppure esternamente all'edificio nel caso in cui si usi un deposito collocato all'aperto.

- Le bombole contenenti **gas inerti** possono essere collocate in un deposito esterno oppure in un laboratorio ancorate a una parete o ad un altro supporto stabile. Se il gas è anidride carbonica, il laboratorio deve avere un sistema di rivelazione allarme ottico-acustico con sensori per questo specifico gas. Per gli altri gas inerti, è necessario un sistema di rivelazione dell'ossigeno dotato di allarme ottico-acustico solo nel caso in cui sussista il pericolo di asfissia. L'intercettazione di emergenza può essere manuale. Se il deposito è all'aperto, la valvola di intercettazione deve essere esterna all'edificio.

- Le bombole contenenti **aria** possono essere collocate in un deposito esterno oppure in un laboratorio ancorate a una parete o ad un altro supporto stabile.

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. L'uso e la manutenzione 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..).

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), si ribadisce che non si possono collocare in luoghi chiusi bombole contenenti i seguenti gas compressi:

• gas infiammabili esplosivi;
• gas tossici

Collegamento delle 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.
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.
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).

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 Direttore del Dipartimento. 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 Direttore del Dipartimento 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.

Posizione dei rivelatori di gas

I seguenti criteri qui riportati sono solo delle indicazioni di massima utili per valutare se un impianto di rilevazione presenza 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 rilevatore 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 parete 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 rilevatore 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 addizionali. 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 rivelatori di monossido di carbonio di norma sono di norma installati ad altezza di naso. Analoga posizione è consigliabile per i rivelatori 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 rilevatore sia investito dal gas prima che questo venga a contatto con il personale presente nel locale.

Allarme

Nel caso di un sistema di rivelatori 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 rivelatori 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.

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.

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.

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 rilevatore).

Il Direttore di Dipartimento (o il progettista individuato) 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.

Procedure di emergenza

Il Responsabile dell'attività didattica e di ricerca in collaborazione con il Direttore del Dipartimento 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.

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.

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. 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.

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

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.
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, il limite di pressione e velocità sono: 15 bar e 20 m/s.

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.
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.

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.

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 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.

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 un 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.

Tabella riassuntiva indicazioni utilizzo gas compressi		
TIPOLOGIA GAS	INDICAZIONI	NOTE
gas esplosivi Es. acetilene	le bombole <u>non possono essere collocate nei laboratori</u>, devono essere necessariamente collocate in appositi depositi esterni.	Il laboratorio servito deve avere un sistema di rivelazione di fuga del gas dotato di allarme ottico-acustico e intercettazione automatica del flusso in caso di emergenza. L'intercettazione deve essere esterna all'edificio.
gas tossici	le bombole <u>non possono essere collocate nei laboratori</u>; devono essere necessariamente collocate in appositi depositi esterni. Prima della collocazione deve essere eseguita, da parte del RADRL, attenta valutazione del rischio associato alla collocazione e all'utilizzo. Es. -monossido di carbonio categoria 3 (Acute Tox. 3) H331 -gas letali tossicità acuta per inalazione di categoria 1 e 2 (Acute Tox. 1 e 2) H330	Il laboratorio deve essere almeno dotato di un sistema di rivelazione di fuga del gas dotato di allarme ottico-acustico e intercettazione automatica del flusso in caso di emergenza. L'intercettazione deve essere esterna all'edificio. A questa dotazione minima si dovranno aggiungere le misure di mitigazione del rischio definite a seguito della valutazione condotta dal RADRL
gas nocivi	le bombole possono essere collocate in un deposito esterno o in un laboratorio; in questo ultimo caso devono essere collocate all'interno di un armadio per bombole ventilato con 120 ricambi/ora.	Nel laboratorio deve essere presente un sistema di rivelazione del gas con allarme ottico-acustico. La valvola di intercettazione, che può essere manuale, deve essere posta all'interno dell'armadio oppure esternamente all'edificio nel caso in cui si usi un deposito collocato all'aperto. Valutare l'utilizzo di un generatore di gas in alternativa all'utilizzo di bombole di ossigeno.
gas infiammabili	le bombole possono essere collocate in un deposito esterno o in un laboratorio; in questo ultimo caso devono essere collocate all'interno di un armadio per bombole infiammabili ventilato con 10	L'interno dell'armadio e il sistema di aspirazione deve soddisfare la normativa per le atmosfere esplosive (ATEX). Nel laboratorio deve essere presente un sistema di rivelazione del gas con allarme

	ricambi/ora.	ottico-acustico e intercettazione automatica del flusso in caso di emergenza. La valvola di intercettazione deve essere posta all'interno dell'armadio oppure esternamente all'edificio nel caso in cui si usi un deposito collocato all'aperto.
gas comburenti Es. ossigeno	Le bombole possono essere collocate in un deposito esterno o in un laboratorio; in questo ultimo caso devono essere collocate all'interno di un armadio per bombole ventilato con 10 ricambi/ora.	Nel laboratorio deve essere presente un sistema di rivelazione del gas con allarme ottico-acustico e intercettazione automatica del flusso in caso di emergenza. La valvola di intercettazione deve essere posta all'interno dell'armadio oppure esternamente all'edificio nel caso in cui si usi un deposito collocato all'aperto.
gas tra loro incompatibili	le bombole devono essere sempre collocate in armadi distinti o in depositi differenti o, nel caso di un medesimo deposito, in compartimenti separati in modo da evitare reazioni pericolose quali esplosioni o incendi	Devono essere sempre collocate in armadi distinti o in depositi differenti o, nel caso di un medesimo deposito, in compartimenti separati in modo da evitare reazioni pericolose quali esplosioni o incendi (ad esempio, vanno separati ossigeno-idrogeno, ossigeno-ammoniaca, cloro-idrogeno). In particolare, i gas infiammabili (idrogeno, metano, etc.) vanno quindi tenuti separati dai gas comburenti (ossigeno, protossido, etc.) e ancora, l'ammoniaca va separata da gas acidi (cloruro d'idrogeno, etc.).
gas inerti gas inerti dannosi per la salute	le bombole possono essere collocate in un deposito esterno oppure in un laboratorio ancorate a una parete o ad un altro supporto stabile. I gas inerti sono gas non infiammabili, non comburenti e non tossici come ad es. azoto, argon, elio. Sono gas che non supportano la respirazione umana e che non reagiscono o reagiscono in misura minima con altre sostanze; una perdita di questi gas comporterebbe la diluizione della percentuale di ossigeno presente fino alla determinazione di un'atmosfera potenzialmente asfissiante. **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.	Se il gas utilizzato è inerte ma dannoso per la salute come l'anidride carbonica, il laboratorio deve avere un sistema di rivelazione allarme ottico-acustico con sensori per questo specifico gas. Per gli altri gas inerti, è necessario un sistema di rivelazione dell'ossigeno dotato di allarme ottico-acustico solo nel caso in cui sussista il pericolo di asfissia. L'intercettazione di emergenza può essere manuale. Se il deposito è all'aperto, la valvola di intercettazione deve essere esterna all'edificio
gas cancerogeni gas mutageni	non è consentito lo stoccaggio, la distribuzione e in generale l'uso	

Riferimenti

"RISCHIO CHIMICO. Manuale informativo per la tutela della salute del personale dei laboratori di ricerca" – INAIL 2023

"Guida all'uso delle bombole per gas compressi, disciolti o liquefatti" - Politecnico di Torino Dipartimento di Scienza Applicata e Tecnologia

"UTILIZZO DI GAS IN BOMBOLE" – Università degli Studi di Padova