



RISCHIO DA UTILIZZO DI LIQUIDI CRIOGENICI



RISCHI CONNESSI ALL'UTILIZZO DI LIQUIDI CRIOGENICI: USTIONE, ASFISSIA E SOVRAOSSIGENAZIONE

Definizioni

Liquido criogenico: sostanza con temperatura di ebollizione a pressione atmosferica molto bassa ($< -73^{\circ}\text{C}$).

Tali sostanze vengono ridotte allo stato liquido per compressione e sono in seguito trasportate sotto pressione; se liberate, assorbono una grande quantità di calore per poter evaporare. Grazie a questa caratteristica, sono utilizzate come potenti **refrigeranti** (l'azoto liquido raggiunge la temperatura di -196°C , l'elio liquido -269°C) per mantenere campioni e strumentazioni a temperature molto basse.

Sono normalmente stoccate in recipienti (Dewar) isolati termicamente dall'ambiente esterno \rightarrow in grado di resistere a elevate variazioni di temperatura.

Con riferimento alla loro natura chimica, si distinguono:

liquidi criogenici inerti (es. azoto)

liquidi criogenici non inerti (es. ossigeno, idrogeno).

Questi ultimi sono più pericolosi in quanto sono sostanze combustibili o comburenti che possono favorire la combustione.

Quelli generalmente usati sono:

azoto, ossigeno, argon, anidride carbonica.

Gas inerte: gas che non reagisce, se non in minima misura, con altre sostanze.

Non sono tossici, ma non supportano la respirazione umana.

I più comuni sono l'azoto e i gas rari quali:

\rightarrow elio, argon, neon, xenon, cripton.

Rischi connessi all'utilizzo di liquidi criogenici:

I principali rischi che si possono manifestare durante l'utilizzo di liquidi criogenici sono dovuti a:

- *temperatura estremamente bassa* \rightarrow rischio di **ustione** se una parte del corpo entra in contatto con la sostanza criogenica;
- *piccole quantità di liquido vengono convertite in grandi volumi di gas* (ad esempio 1 litro di azoto liquido si espande, in condizioni standard, in circa 700 litri di gas) \rightarrow rischio di riduzione della quantità di ossigeno nell'aria ambiente con conseguente **asfissia**;
- *condensazione dell'ossigeno operata dalle basse temperature* \rightarrow rischio di **sovraossigenazione** nell'immediata vicinanza della parte fredda.

Rischio di ustione

Il contatto accidentale con il liquido o con superfici a temperature criogeniche, provoca sulla pelle lesioni del tutto simili alle ustioni. L'entità del danno **aumenta con il diminuire della temperatura e con il prolungarsi della durata del contatto.**

Le misure di primo soccorso da mettere in atto sono le stesse adottate nel caso di ustioni da temperature elevate:

- \rightarrow sgelare le parti congelate utilizzando acqua tiepida;
- \rightarrow non sfregare la parte interessata;
- \rightarrow consultare immediatamente un medico.

Una delle principali cause di incidente è la rottura dei contenitori, causata dalla bassa temperatura del liquido, che può provocare infragilimento di acciai a bassa resilienza⁽¹⁾ e più in generale può infragilire e rompere materiali di uso comune in laboratorio (es. plastica, vetro).

Rischio di asfissia

I liquidi criogenici, una volta vaporizzati, generano un grande volume di gas inerte freddo che sostituirà l'aria ambiente provocando **carezza di ossigeno**, e che tenderà ad accumularsi **sul fondo**. Tutti i gas freddi o quelli più pesanti dell'aria, infatti, si accumulano nelle zone basse.

Al contrario, l'elio, essendo più leggero dell'aria, sale verso **l'alto** e si accumula nelle zone più ventilate, come i controsoffitti e i solai.

Nei locali in cui si fa uso di liquidi criogenici, occorre evitare le situazioni in cui il personale è esposto al rischio di carezza di ossigeno.

Esempi di tali locali:

- locali interni di edifici in cui le bombole e/o i vasi dewar per liquidi criogenici sono riempiti e/o immagazzinati, soprattutto se sono presenti in elevata quantità;
- ascensori utilizzati per il trasporto di vasi dewar;
- locali in cui si fa uso di scanner per *imaging* a risonanza magnetica (MRI) o di altre apparecchiature raffreddate con elio liquido.

I gas inerti sono molto pericolosi perché **inodori**, **incolori** ed **insapori** e come tali non sono rilevabili. L'asfissia da gas inerti non è preceduta da sintomi premonitori che potrebbero allertare la vittima.

⁽¹⁾ Resilienza = capacità di un materiale di assorbire energia di deformazione elastica e di adattarsi così alle condizioni d'uso.

Sintomi ed effetti della carezza di ossigeno

I sintomi iniziali da carezza di ossigeno (*vertigini, mal di testa, difficoltà di parola*) spesso non vengono riconosciuti dalla vittima come inizio di asfissia.

Gli effetti della diminuzione della concentrazione di ossigeno nell'aria variano in base all'entità di questa diminuzione (**valore normale: 21%**):

O ₂ (Vol %)	Sintomi
18-21	Assenza di sintomi riconoscibili
11-18	Riduzione delle prestazioni fisiche e intellettuali eventualmente non rilevabile dal soggetto
8-11	Possibilità di svenimento e di morte
6-8	Svenimento a rapida insorgenza. Rianimazione efficace solo se effettuata immediatamente
0-6	Svenimento immediato e danni cerebrali

Rischio di sovraossigenazione:

In prossimità di parti fredde dei contenitori di gas criogenici, per effetto della condensazione dell'ossigeno operata dalle basse temperature, può aumentare la concentrazione di ossigeno nell'aria → rischio di **sovraossigenazione**, comportante un aumento delle probabilità di innesco di sostanze combustibili.

Infatti, con una concentrazione di O₂ (gas comburente, ovvero non infiammabile ma che

sostiene la combustione) nell'aria **maggiore del 23%**, sussiste un'elevata probabilità di incendio in presenza di innesco.

Molti materiali bruciano più violentemente in eccesso di ossigeno.

In caso di emergenza

1) Primo soccorso in caso di:

- **contatto con gli occhi** → sciacquare abbondantemente con acqua per almeno 15 minuti tenendo le palpebre aperte. Se necessario consultare il medico.
- **Contatto con la cute** → togliere immediatamente gli indumenti contaminati. Lavare la parte interessata con acqua. Se necessario consultare il medico.
- **Inalazione** → indossando l'autorespiratore, trasportare l'infortunato lontano dalla zona interessata. Se il respiro risulta difficoltoso, somministrare ossigeno puro. Praticare la respirazione artificiale solo se cessa il respiro. Rivolgersi al Pronto Soccorso.

2) Primo intervento in caso di:

- **Perdite e spargimenti** → intervenire sulla perdita se l'operazione non comporta pericolo e comunque operando con mezzi di protezione idonei. Se la perdita invece non può essere arrestata occorre evacuare l'area e lasciare scaricare il gas in atmosfera. Evitare l'ingresso del gas in fognature, scantinati, scavi e zone dove l'accumulo può essere pericoloso.
- **Incendio** → circoscrivere la zona. Raffreddare mediante irrorazione con acqua il contenitore in pressione esposto al fuoco perché potrebbe rompersi.

Misure preventive

Rischio di ustione

- Evitare il contatto con liquidi o gas evaporati che si trovano ancora a basse temperature;
- non toccare con la pelle non protetta tubazioni e recipienti contenenti fluidi criogenici → pericolo di congelamento della pelle;
- utilizzare esclusivamente aria calda per sbloccare valvole congelate;
- indossare guanti adatti, occhiali di sicurezza e sovrascarpe in caso di travasi.

Rischio di carenza di ossigeno

- **Informare** sul rischio potenzialmente presente: apporre il cartello di avvertimento (vedi "Segnaletica di Sicurezza") ed adottare misure per impedire l'accesso a persone non autorizzate;
- **formare** il personale che ha accesso al locale o che utilizza il liquido criogenico o il gas inerte sul tipo di rischio e verificare che abbia compreso il pericolo; il personale deve essere a conoscenza dei sintomi della carenza di ossigeno e degli interventi da attuare in caso di emergenza;
- operare una **ventilazione** costante del locale;
- adottare sistemi di **monitoraggio dell'aria** personali e fissi nei locali; questi strumenti indicano il tenore di ossigeno presente nell'aria dell'ambiente;
- adottare **controlli periodici** per la verifica della tenuta dei vasi dewar con azoto liquido (es. annotare la frequenza dei rabbocchi e/o la quantità di azoto liquido fornito);
- dotare l'operatore all'interno del locale di un dispositivo di **allarme sonoro** portatile: fischiello, clacson per avvisare i colleghi all'esterno;
- definire una procedura di lavoro che preveda la presenza contemporanea di **due operatori**: uno rimarrà di guardia all'esterno del locale per diramare l'allarme in caso di necessità;

- **evitare di soggiornare** a lungo nel locale di stoccaggio dei dewar;
- **NON UTILIZZARE** le **maschere** a filtri: sono inefficaci perché non rimpiazzano l'ossigeno mancante.

Dispositivi di protezione individuale (D.P.I.)

Secondo il D.Lgs. 81/2008, art. 74, comma 1, è così definita *qualsiasi attrezzatura destinata ad essere indossata e tenuta dal lavoratore allo scopo di proteggerlo contro uno o più rischi suscettibili di minacciarne la sicurezza o la salute durante il lavoro, nonché ogni complemento o accessorio destinato a tale scopo.*

Il D.Lgs. 81/2008 prevede l'utilizzo dei DPI solo quando l'adozione delle *misure tecniche preventive e/o organizzative di protezione collettiva* non risulti sufficiente all'eliminazione di tutti i fattori di rischio. In altri termini, il DPI va utilizzato solo quando non è possibile eliminare il rischio.

I DPI devono, per legge, riportare il marchio CE il quale indica la conformità ai requisiti essenziali di salute e sicurezza. Inoltre il dispositivo di sicurezza deve contenere un manuale di istruzioni per l'uso, conservazione, pulizia, manutenzione, data di scadenza, categoria e limiti d'uso possibilmente scritto nelle lingue ufficiali (italiano ed eventualmente altre).

DPI da indossare durante l'utilizzo di azoto liquido:

- camice a manica lunga, meglio con polsino aderente;
- guanti per criogenia (di tessuto spesso, esempio cuoio);
- occhiali di sicurezza EN 166 con protezione laterale;
- sovrascarpe di sicurezza.

Segnaletica di sicurezza

Segnali di pericolo



Pericolo di asfissia



Bassa temperatura

Segnali di obbligo



Occhiali di sicurezza



Guanti protettivi



Camice

Numero unico di emergenza

112

(Soccorso pubblico di emergenza, Emergenza sanitaria, Vigili del fuoco)