



Dipartimento dei Vigili del Fuoco, del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile  
**CORPO NAZIONALE DEI VIGILI DEL FUOCO**  
Direzione Centrale Prevenzione e Sicurezza Tecnica

## Scoppi di bombole e serbatoi: analisi ed interpretazione dei segni

a cura del  
**NUCLEO INVESTIGATIVO ANTINCENDI**  
Capannelle – ROMA



AGOSTO 2019



## Premessa

Gli incendi e le esplosioni provocati da bombole di gas GPL o in cui rimangono coinvolte sono frequenti nell'ambito delle attività di soccorso tecnico svolte dai Vigili del Fuoco. Negli ultimi tempi questa pericolosa tipologia di intervento si è arricchita di ulteriore complessità, a causa di un fenomeno sempre più diffuso: quello del riempimento abusivo di bombole per uso domestico presso le stazioni di rifornimento carburanti per autotrazione.

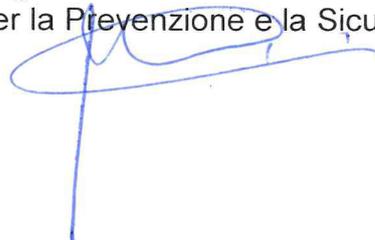
L'investigazione antincendio, in questo come in altri casi, è resa complessa dalla natura distruttiva dell'evento, che vede gli investigatori operare su scenari caratterizzati da livelli di danneggiamento delle strutture e dei materiali tali da non consentire una ricostruzione puntuale dello stato dei luoghi, ma anche dalla carenza di utili riferimenti per la ricerca delle cause di incendio e di esplosione.

In considerazione delle numerose richieste ricevute da parte delle strutture territoriali del Corpo nazionale dei Vigili del Fuoco e con le finalità di fornire un ausilio al personale chiamato a svolgere l'attività investigativa, sono state attentamente valutate le problematiche relative alla ricerca delle cause di incendio e di esplosione. Tale studio ha portato alla predisposizione e alla pubblicazione di alcuni documenti utili per l'investigazione di specifici e complessi scenari incidentali (incendio di impianti fotovoltaici, incendi di impianti di riscaldamento, incendi di natura elettrica, incendi degli autoveicoli, ecc.).

Con questa settima pubblicazione del NIA gli autori, Vigili del Fuoco operanti nelle strutture centrali e periferiche del Corpo nell'ambito della investigazione degli incendi, sulla base della propria esperienza operativa maturata anche nell'espletamento dell'attività di soccorso, hanno inteso fornire una guida per riconoscere ed interpretare i "segni" rilevabili sulle bombole a seguito di un incendio o un'esplosione, prediligendo un approccio sintetico e il più possibile orientato alle soluzioni pratiche.

La pubblicazione è stata curata dall'ing. Massimo Nazzareno Bonfatti, Dirigente del Nucleo Investigativo Antincendi, che si è avvalso del supporto e dell'esperienza investigativa del personale del Nucleo Investigativo Antincendi e del NIAT Lombardia.

Ing. Marco CAVRIANI  
Direttore Centrale per la Prevenzione e la Sicurezza Tecnica







## *Nucleo Investigativo Antincendi*

### **GENERALITÀ**

La presente trattazione si pone come obiettivo quello di fornire al personale operativo del Vigili del Fuoco un utile riferimento sulle cause di incidenti coinvolgenti bombole e serbatoi, attraverso una analisi dei segni lasciati sui contenitori, questo al fine di determinare le cause di scoppio od esplosione e svolgere le attività connesse agli interventi di soccorso.

La gran parte delle statistiche e della ricerca delle cause, si sofferma sui motivi esterni cioè sulle cause che provengono dall'ambiente di installazione, tralasciando il comportamento meccanico del recipiente o dell'impianto.

Va posta particolare attenzione sulle condizioni di una bombola per ricostruire fenomeni assai preoccupanti che si possono verificare come i cedimenti del contenitore per eccesso di riempimento. A scopo informativo, si rende noto che una analisi tecnica nell'ambito di una ricerca delle cause dello scoppio, viene effettuata attraverso una indagine macrofrattografica sulle superfici della frattura, evidenziando gli aspetti diagnostici della morfologia ed individuando il probabile punto di innesco della lesione.

Gli esami metallografici condotti, consentono di ricostruire i tipi e le caratteristiche degli acciai utilizzati nella realizzazione di bombole e serbatoi, in particolare della tecnica di saldatura e di valutare gli aspetti di corrosione in alcune parti critiche. Il confronto con i dati sui materiali e sulle tecniche realizzative definite dalle Norme, permette di trarre conclusioni sulla corretta realizzazione del reperto analizzato e far scaturire osservazioni sulle cause della sovrappressione interna che hanno portato all'apertura del mantello della bombola e di conseguenza al rilascio nell'ambiente del suo contenuto.

Ovviamente tali esami tecnici ed altamente specifici vengono messi in campo nel caso di incidenti rilevanti con risvolti talvolta tragici per le vittime e in molti dei casi su delega di indagine da parte del Pubblico Ministero della competente Procura della Repubblica.

Il presente lavoro si propone di riportare un panorama il più possibile esaustivo circa le conoscenze nel campo degli incidenti riguardanti recipienti portatili di GPL e delle bombole in generale, ed allo stesso tempo vuole evidenziare il grave fenomeno dei riempimenti abusivi di serbatoi per GPL, fenomeno estremamente diffuso che può portare a gravissime conseguenze per chi lo mette in atto e le persone circostanti.



## ***Nucleo Investigativo Antincendi***

### **Introduzione**

Nella casistica degli incidenti domestici e non ( vedi fiere, mercati, ecc.) assume particolare rilevanza, per l'elevato numero e la gravità delle conseguenze, lo scoppio dei contenitori portatili di GPL. Le notizie di cronaca portano frequentemente all'attenzione casi di scoppio di serbatoi di GPL associati a gravi danni alle persone ed agli edifici. L'indagine successiva a tali eventi è molto spesso caratterizzata da necessità di ordine giuridico e il personale di Polizia Giudiziaria con il Nucleo Investigativo, devono dai reperti presi in esame trarre delle conclusioni sulle cause che possono aver determinato un simile evento.

### **Cause più comuni degli incidenti**

Gran parte degli incidenti è riconducibile alla disattenzione, superficialità ed all'omissione nell'uso dei recipienti e nella loro manutenzione, un'altra fonte di cause è quella derivante dalle installazioni non conformi alle norme per ciò che riguarda gli apparecchi utilizzatori, i sistemi di ventilazione e di scarico. Le categorie di incidenti si possono accorpate nel seguente modo:

- Dispersione di gas ( volontaria o non );
- Combustione incontrollata in un apparecchio di utilizzo del gas;
- Cattiva combustione in un apparecchio di utilizzo del gas, compresa quella dovuta ad insufficiente aerazione;
- Inadeguata evacuazione dei prodotti della combustione  
umento interno della pressione

In conclusione dalle statistiche elaborate dal CIG Comitato Italiano Gas si desume che la maggior parte degli incidenti da gas in bombole non si può attribuire ad una anomalia del recipiente ma, viceversa all'uso e alla manutenzione dell'impianto e degli utilizzatori.

Andremo ora ad analizzare alcune immagini tratte da eventi incidentali per comprendere quali siano i fenomeni scatenanti riconoscendo i segni, le marcature sul metallo danneggiato, una plausibile dinamica dell'evento può essere ricostruita cercando ad esempio di capire se alla bombola oggetto dell'incidente fosse stato allacciato un utilizzatore, o semplicemente si trovava svincolata da qualsiasi tipo di apparecchiatura.



## ***Nucleo Investigativo Antincendi***

Riscontrare ad esempio sul maschio filettato di uscita gas posto sul volantino di apertura, il raccordo femmina ancora avvitato tipico dei regolatori di pressione di 2° stadio utilizzati nelle utenze domestiche e a distanza trovare una utenza collegata ad una tubazione in polietilene, a sua volta innestata su un regolatore di pressione la cui estremità libera si trova nettamente tranciata e perfettamente combaciante con la sezione interna del raccordo filettato avvitato alla bombola permette di affermare che le parti si trovavano unite prima dell'esplosione.

Un episodio sempre più crescente è l'esistenza di un mercato sommerso della ricarica di bombole, indirizzato soprattutto agli artigiani che utilizzano strumenti a fiamma, per il quale si effettuano ricariche da bombola piena a bombola vuota mediante attrezzature artigianali, modalità assolutamente vietata in quanto estremamente pericolosa.

Esiste, inoltre, un'altra possibilità di riempimento, non meno preoccupante della prima, legata ai distributori di GPL per autotrazione, gestori senza scrupoli riempiono abusivamente bombole di gas, piccole o grandi, contravvenendo sia a precise norme fiscali che a norme di sicurezza, in quanto la procedura di riempimento non consente il controllo del livello del liquido nella bombola, in modo tale che risulta facile superare il limite dell'80% fissato per legge. Con questi tipi di riempimenti poi non è più sotto controllo la corretta miscelazione dei due gas (butano e propano) aumentano così le tensioni di vapore che esercitano sul contenitore una maggior sollecitazione. Inoltre, la possibile situazione di sovra riempimento che con facilità si determina, può creare gravi rischi legati alle variazioni di temperatura (rischio di sovrappressione e quindi di scoppio ).



Fig. 1 serbatoio incidentato



## ***Nucleo Investigativo Antincendi***

Episodi di questo tipo possono portare alcune considerazioni che riguardano le caratteristiche strutturali della bombola e le modalità di rottura che possono aiutare ad individuare le cause dello scoppio. In assenza di fonti di calore esterne, le cause dello scoppio possono ricondursi a due categorie: *rottura fragile improvvisa della bombola e cedimento lento per sovrappressione interna causata da un errato riempimento.* Al fine di accertare le caratteristiche meccaniche del contenitore e stabilire il tipo di rottura, **fragile o duttile**, si possono eseguire sul reperto apposite indagini sperimentali ( analisi demandate a specifici laboratori di prova ).



## *Nucleo Investigativo Antincendi*

### **Indagini di laboratorio per stabilire le cause dello scoppio**

Senza entrare nel dettaglio specifico degli esami svolti, che esula dalla presente trattazione, possiamo solo accennare che viene condotta un'indagine macrofrattografica sia in microscopia ottica che elettronica sulle superfici di frattura, evidenziando gli aspetti diagnostici della morfologia ed individuando il probabile punto di innesco della lesione.

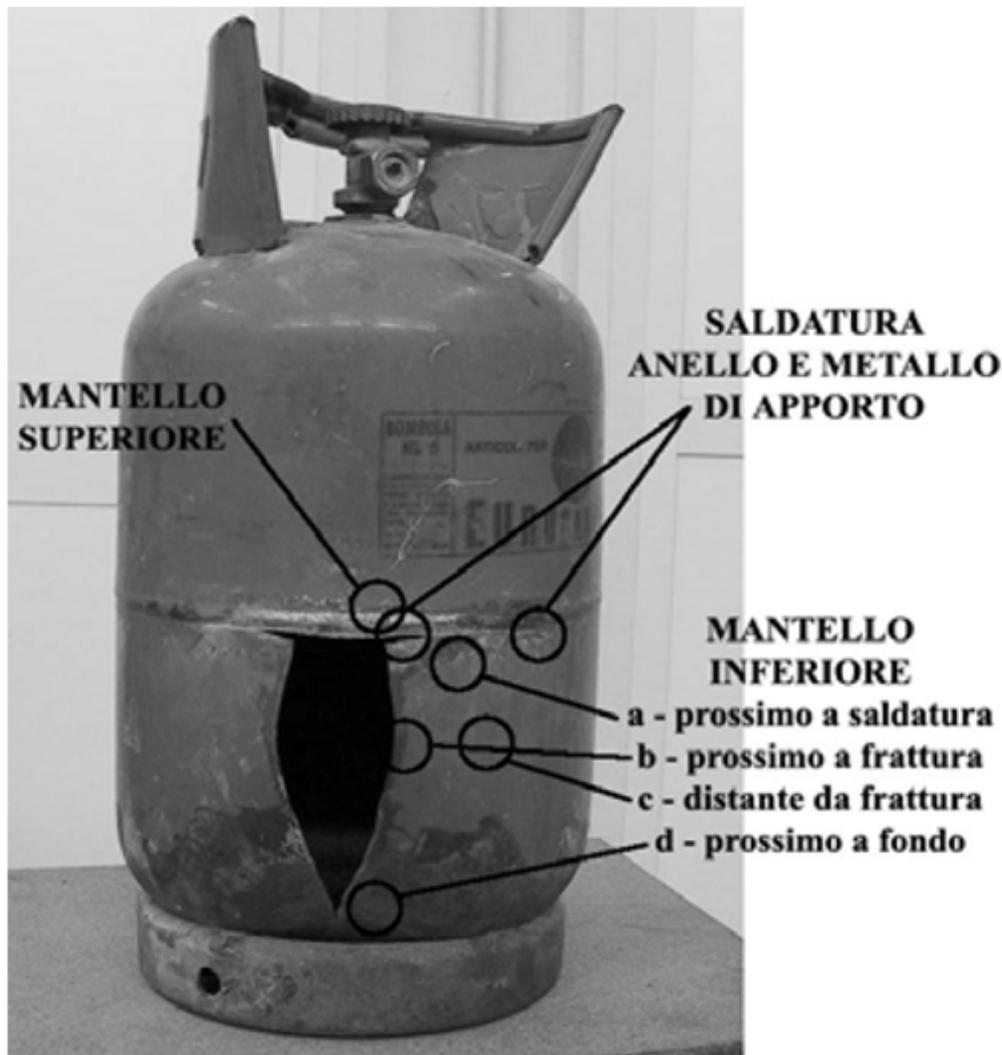


Fig. 2 punti di prelievo dei campioni

## *Nucleo Investigativo Antincendi*

La morfologia della superficie di frattura è schematicamente riportata nella figura sottostante:

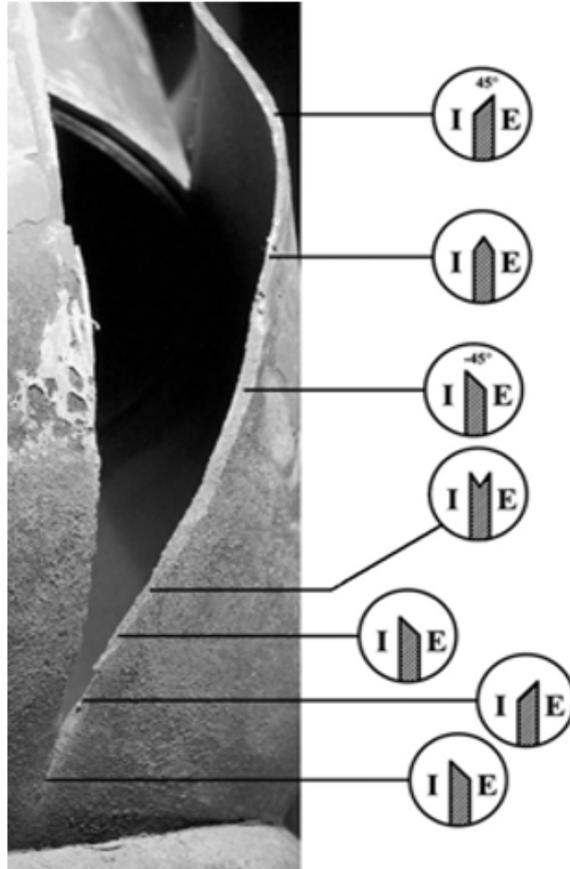


Fig. 3 Andamento del profilo della frattura della lamiera - I lato interno, E lato esterno

L'inversione di pendenza ( $\pm 45\%$ ) associato alla posizione della massima bombatura, individua probabilmente il punto di inizio della frattura (figura 4). La causa diretta dell'inversione potrebbe essere associata alla differenza dei campi tensionali e deformativi indotti sulla lamiera dalle differenti condizioni di vincolo, costituite verso l'alto dall'anello di saldatura e verso il basso dai punti di saldatura del piede.

## *Nucleo Investigativo Antincendi*



Fig. 4 zona di inversione della pendenza del lembo di frattura

Di un certo interesse per la valutazione della qualità del metallo e della costruzione è considerare quanto richiede la norma UNI EN 1442, (aggiornata EN 16728-2016) riguardo ai risultati dei test da scoppio sotto pressione idraulica ( non minore di 50 bar ) dei serbatoi di GPL : A – “nessuna frammentazione”, B – “la frattura principale non deve presentare segni di fragilità, cioè i bordi della frattura non devono essere radiali ma devono presentarsi ad angolo rispetto al piano diametrale e mostrare una riduzione di area su tutto lo spessore”, C – “ la frattura non deve rivelare alcun difetto visibile del metallo, per esempio sfogliatura”. Chiaramente la frattura in esame, seppur derivante da evento incidentale e non da test normalizzato, rispetta questi requisiti dimostrando l’adeguatezza dell’acciaio impiegato.

Pur costruito con materiali, progetto e lavorazione adeguati è evidente che un aspetto fondamentale per la valutazione della sicurezza del contenitore è il suo stato di corrosione.

Manifestazioni di corrosione sono state riscontrate sul campione preso in esame solo in prossimità del fondo, in corrispondenza della superficie esterna (fig. 5). Essa decorre in modo generalizzato e localmente con approfondimenti “a ulcera”.

Lo spessore interessato non è superiore a pochi centesimi di millimetro. Il carattere del processo corrosivo, anche in accordo alla struttura dell’acciaio (a basso tenore di carbonio, senza particolari elementi di lega) non assume forma intergranulare/penetrante. Sul campione considerato è presumibile che la corrosione, per entità e forma riscontrate, non abbia ancora



## *Nucleo Investigativo Antincendi*

assunto aspetto preoccupante per normali condizioni di esercizio e soprattutto non pare in grado di portare a cedimenti improvvisi.

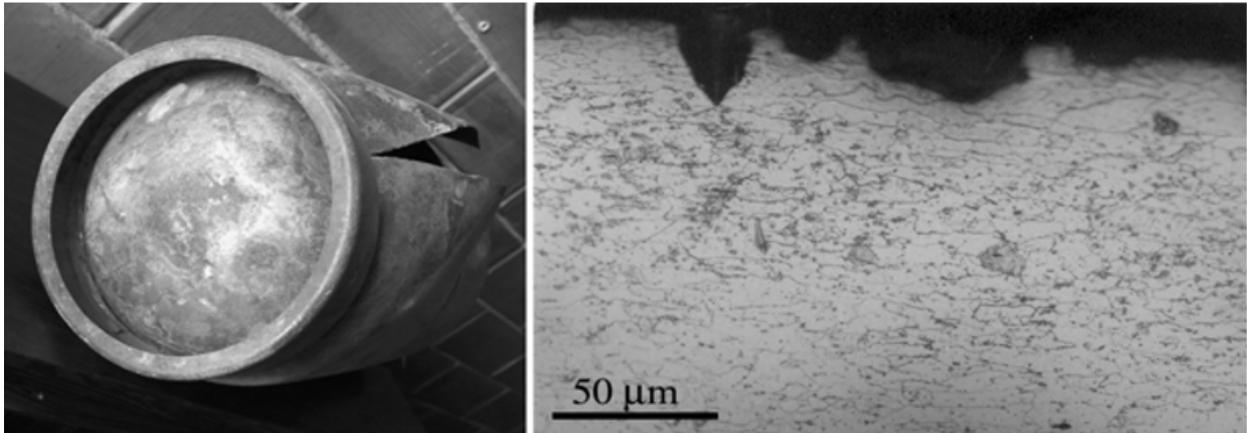


Fig. 5 – A sinistra il fondo del contenitore, a destra manifestazione di corrosione sulla sezione del campione prossimo al fondo; la superficie esterna è in alto.

Il personale VF deve effettuare una attenta verifica ed una minuziosa repertazione fotografica per individuare stati corrosivi importanti.

Le norme UNI EN 1439 “Procedure di verifica prima, durante e dopo il riempimento” e UNI EN 1440 (aggiornate EN 16728-2016) “Riqualificazione periodica” forniscono precise indicazioni per la valutazione, visiva, dello stato di corrosione dei recipienti portatili per GPL.

Le indagini sul reperto preso in esame e campionato, (notizie che il personale VF dovrebbe sempre acquisire tramite indagini successive all’evento) portano alle seguenti conclusioni:

- Il recipiente risulta realizzato con leghe metalliche e tecniche di lavorazione adeguate;
- Non sono prevedibili fenomeni di invecchiamento o di fatica tali da comportare rotture impreviste in normali condizioni di esercizio;
- Non si sono riscontrati segni di danneggiamenti antecedenti all’incidente che possono aver innescato la frattura in normali condizioni di esercizio;
- La frattura si è sviluppata sulla parte della costruzione maggiormente deformabile ed il punto di avvio è probabilmente associato alla massima bombatura; la lesione è quindi cresciuta sia verso il basso, dove però è stata bloccata dall’irrigidimento costituito dai punti di saldatura, sia verso l’alto dove incontrando la saldatura circonferenziale si è diramata simmetricamente inducendo il parziale distacco dei lembi;
- in assenza di segni di danni da urti e di sollecitazioni da riscaldamento, escludendo reazioni dovute alla presenza o all’ingresso di particolari specie chimiche, la causa della rottura può essere quindi legata ad una sovrappressione interna, a sua volta tale



## ***Nucleo Investigativo Antincendi***

sovrappressione può essere connessa ad un sovra riempimento di liquido ed alla sbalzo di temperatura.

In sostanza si escludono difetti costruttivi del metallo tali da poter innescare un fenomeno di frattura mentre gli effetti dell'ossidazione visibili nella parte inferiore sono risultati assolutamente ininfluenti sulla resistenza del materiale.

### **Dilatazione del gas e ricostruzione della dinamica di un possibile incidente**

Una delle note proprietà del GPL è di variare il suo volume specifico all'aumentare della temperatura del liquido. Questa caratteristica impone alle società di distribuzione del gas di non riempire completamente i contenitori (bidoni, serbatoi ecc.) ma di mantenere un franco di sicurezza. Questa franchigia è pari a circa il 20 % del volume del contenitore e permette di evitare che un accidentale aumento della temperatura esterna provochi un incremento del volume della fase liquida, tale da occupare l'intera capacità geometrica del contenitore.

Nel caso di riempimenti abusivi questa accortezza non viene assicurata ed incrementi della temperatura possono portare al collasso del mantello. Da prove di laboratorio si sono determinati i valori di differenza di temperatura che portano al riempimento completo del contenitore di GPL in fase liquida ed inoltre ai valori di sovrappressione originati da un aumento di temperatura in un contenitore con GPL in fase liquida, tali da portare il contenitore alla fase di snervamento ed alla conseguente rottura.

Da tali prove risulta che è sufficiente un incremento di un solo °C per avere una sovrappressione di circa una decina di bar, rispetto alla tensione di vapore. Secondo quanto dettato dalla vigente normativa, assumendo un valore di snervamento pari all'85% della tensione ultima di 600 MPa, si ottiene, con le grandezze geometriche prese di riferimento, un valore di pressione di scoppio di 11 MPa (110 bar), valore nettamente superiore alle pressioni di collaudo delle bombole.

Quindi con le ipotesi poste, **su una bombola completamente riempita di GPL allo stato liquido basta un innalzamento di temperatura di circa una decina di °C perché l'acciaio del contenitore raggiunga lo snervamento con conseguente rottura**, ad esempio un serbatoio di GPL portatile tipo campeggio riempito abusivamente quasi al 100% della sua capacità nel periodo invernale, avrà nel cambio di stagione del periodo estivo un incremento di temperatura nell'ordine di una decina di gradi, sufficienti a determinare un graduale aumento della pressione interna sino allo scoppio del contenitore.



## *Nucleo Investigativo Antincendi*

### CENNI SULLA FISICA DEI METALLI APPLICATA ALLA SEMIOTICA

In assenza di fonti di calore esterne, le cause dello scoppio possono ricondursi a due categorie: *frattura fragile improvvisa della bombola e cedimento lento per sovrappressione interna causata da un errato riempimento.*

La **frattura fragile** è un fenomeno che avviene in tutti i materiali, ed è legata alla frattura in campo totalmente elastico, senza che avvengano deformazioni sensibili del materiale prima di arrivare a rottura. La frattura fragile è causata dalle sollecitazioni normali, quindi si presenta con un tipico aspetto di **clivaggio**.

Il **clivaggio** è la naturale tendenza di determinate strutture a separarsi, per la presenza di un'interfaccia tra due materiali diversi. In **metallurgia** è una modalità di frattura per scorrimento fra i piani cristallini di un materiale, in particolare metalli e ceramiche. Il clivaggio, in quanto l'unione tra le due interfacce è fragile, avviene istantaneamente, quindi è una situazione di collasso assolutamente da evitare. Mentre nei materiali ceramici il clivaggio è praticamente l'unico modo di rottura, nei materiali metallici è in competizione con la rottura per ingrandimento e coalescenza (*in fisica, unione di due o più particelle per formarne una più grande*) di vacanze reticolari.

### VACANZA RETICOLARE

Un **difetto di vacanza** o **vacanza reticolare** è un difetto puntuale dei cristalli, dovuto all'assenza dal reticolo cristallino di uno o più atomi; tale assenza può essersi determinata durante la solidificazione a causa di disturbi locali o può essere stata creata da deformazioni plastiche o da un rapido raffreddamento. La frattura fragile, a differenza della frattura duttile, avviene con un minimo assorbimento di energia da parte della struttura.



## *Nucleo Investigativo Antincendi*

### **La frattura fragile nei metalli**

I metalli hanno un comportamento a frattura che è generalmente duttile, tuttavia a temperature inferiori ad una determinata soglia (**Temperatura di transizione a duttilità nulla**) si ha un brusco passaggio da una rottura con notevole assorbimento di energia ad una rottura senza assorbimento di energia sensibile.

I metalli che presentano una **NDTT (Temperatura di transizione a duttilità nulla)** ben determinata sono quelli che hanno una struttura cristallina cubica a corpo centrato (ccc), mentre per i metalli che hanno struttura cubica a facce centrate (cfc) la riduzione della duttilità con il diminuire della temperatura ha un andamento molto meno marcato.

Per questo motivo per temperature inferiori a -50 °C vengono utilizzati praticamente solo acciai austenitici (cfc) o leghe di alluminio, mentre i normali acciai al carbonio o alto legati a struttura ferritica (ccc) possono essere utilizzati unicamente per temperature superiori.

La NDTT negli acciai ferritici può essere innalzata da fenomeni corrosivi o fisici.

### **Materiali duttili**

Per molti metalli, bassi livelli di carico applicati ad un campione di materiale determinano in questo un comportamento elastico: ad ogni incremento del carico corrisponde un aumento proporzionale della deformazione e, quando il carico viene rimosso, il campione ritorna esattamente alla sua configurazione originaria. Tuttavia, una volta che il carico eccede una certa soglia di resistenza (tensione di snervamento), la deformazione aumenta più sensibilmente rispetto al regime elastico e, rimuovendo il carico, una parte di questa continua a permanere sul campione scarico: **è quello che definisce il comportamento plastico di un materiale**. La fase di passaggio tra deformazione elastica e plastica è chiamata snervamento. La fase di snervamento è seguita tipicamente da una fase di incrudimento che porta alla rottura del materiale. Le tre fasi descritte (elastica, snervamento ed incrudimento) sono pressoché sempre presenti nel comportamento di tutti i materiali, ma possono avere diversa estensione. In alcuni casi la fase di snervamento è molto estesa : si parla in tal caso di **materiali duttili** (acciaio dolce, rame, alluminio, ecc.). In altri lo snervamento può mancare del tutto: si parla di **materiali incruditi** (acciaio ad alta resistenza, ecc.). In altri ancora, anche la fase di incrudimento è molto ridotta e la fase elastica è seguita immediatamente dalla rottura: si parla in tal caso di **materiali fragili** (vetro, roccia, ecc.).



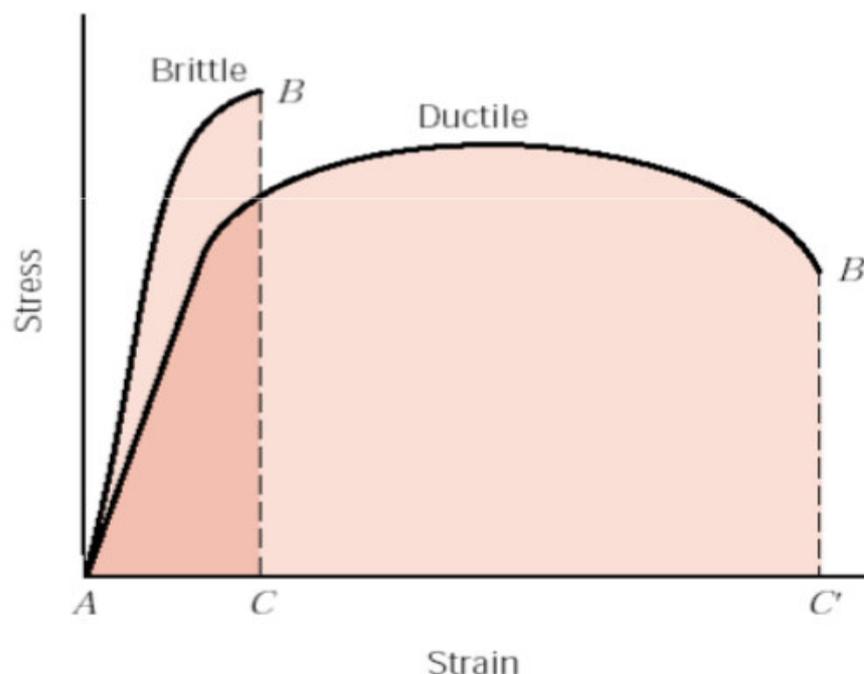
## Nucleo Investigativo Antincendi

I **materiali duttili** sono pertanto quei materiali dove il fenomeno della plasticità acquista maggiore rilevanza, potendo questi sopportare grandi deformazioni prima che possano insorgere fenomeni di rottura. In particolare, si parla di comportamento **plastico perfetto** quando, nello snervamento, i materiali esibiscono grandi deformazioni plastiche irreversibili senza incrementi dello stato di sollecitazione. Il fenomeno della plasticità è influenzato sia dalla temperatura che dalla velocità di applicazione dei carichi: bassi valori della temperatura (ed elevate velocità di deformazione) tendono a ridurre l'entità dei fenomeni plastici, mentre **valori alti di temperatura (e deformazioni lente) tendono ad accentuare i fenomeni di plasticità.**

Nei materiali metallici, la plasticità può essere spiegata sulla base di modificazioni irreversibili del loro reticolo cristallino (come si accennava all'inizio).

# Frattura DUTTILE o FRAGILE

La frattura causa la separazione di un solido stressato in due o più parti.

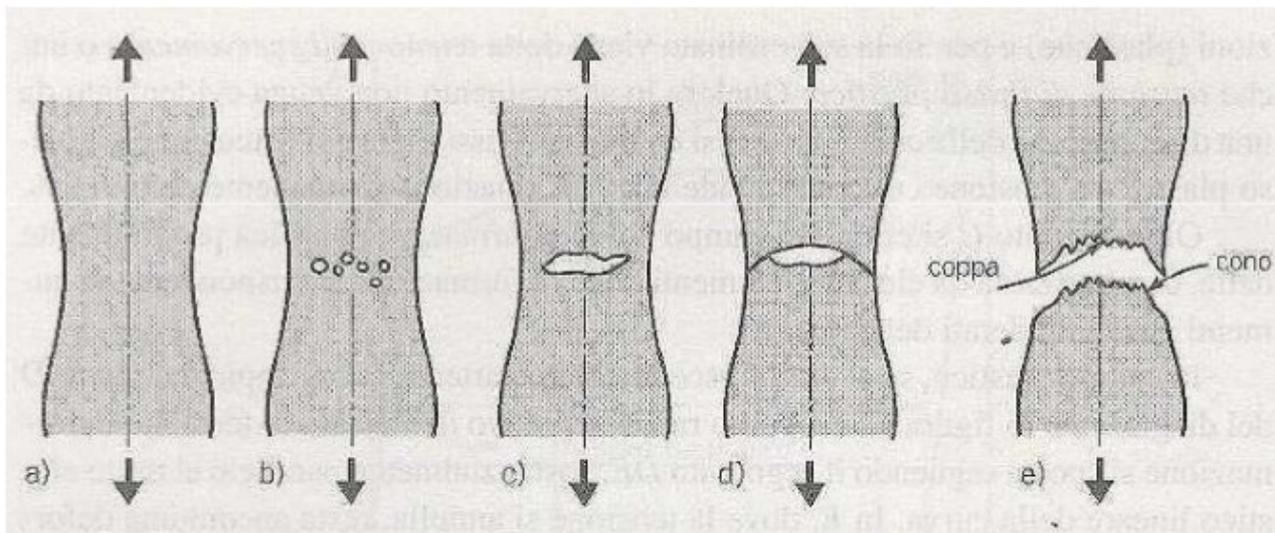


Comportamento a trazione di un materiale **fragile** ( BRITTLE) e di uno **duttile** (DUCTILE) sulla ascissa abbiamo la deformazione (strain) e sulla ordinata lo stress del materiale.

## Frattura dei Metalli – Frattura Duttile

La frattura causa la separazione di un solido sollecitato in due o più parti.

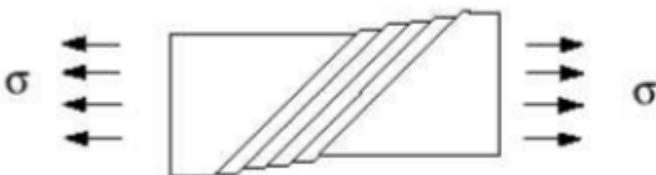
- **Frattura duttile:** alta deformazione plastica e lenta propagazione della cricca.



- a) Inizio della strizione
- b) Coalescenza delle cavità ed inizio della rottura
- c) Propagazione della frattura interna
- d) Rottura (per coppa e cono)

Rottura che avviene dopo una deformazione plastica.

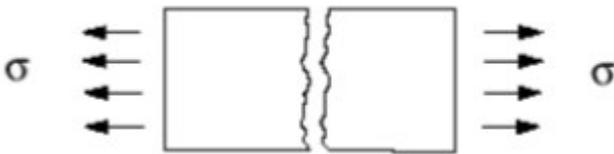
Il cedimento che mette fine al comportamento elastico è causato dallo scorrimento dei piani cristallini, che si verifica su piani inclinati di circa 45° rispetto alla direzione di applicazione della forza dove le tensioni di tipo tangenziale ( $t$ ) sono massime.



## Frattura Fragile

Rottura che avviene dopo una piccola o in assenza di deformazione plastica.

Il cedimento consiste nella perdita di coesione fra gli atomi, fenomeno che porta al distacco frontale del materiale.



Un materiale fragile è un materiale che si rompe dopo un allungamento percentuale di circa il 5%

Le fratture fragili nei metalli sono dovute a difetti come:

- Pieghe
- Porosità
- strappi e cricche
- danni da corrosione
- infragilimento

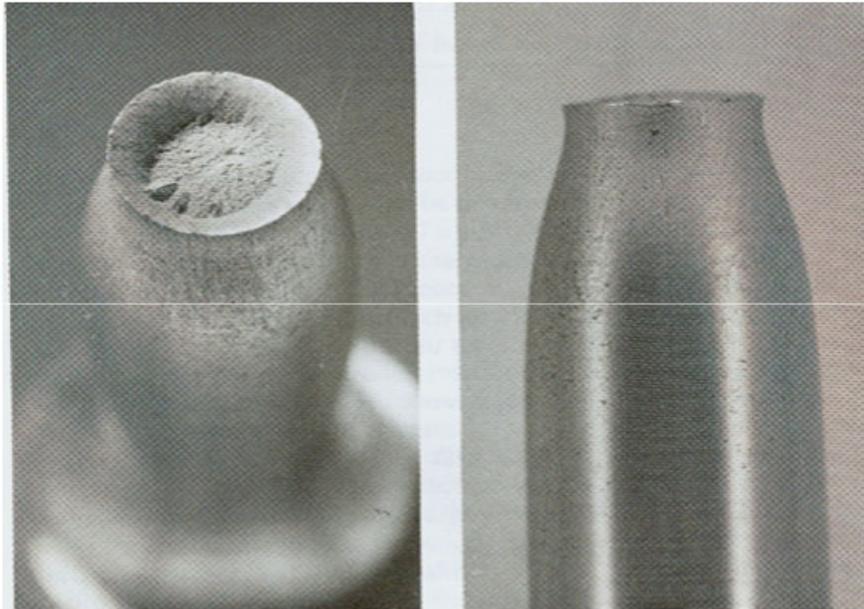
Il comportamento a rottura di un materiale dipende da molti fattori, in particolare contribuiscono alla rottura fragile:

- stato di tensione triassiale (es. in prossimità di un intaglio)
- bassa temperatura
- alta velocità di deformazione (un materiale che si rompe duttilmente in una prova di trazione, può rompersi fragilmente in una prova di impatto).

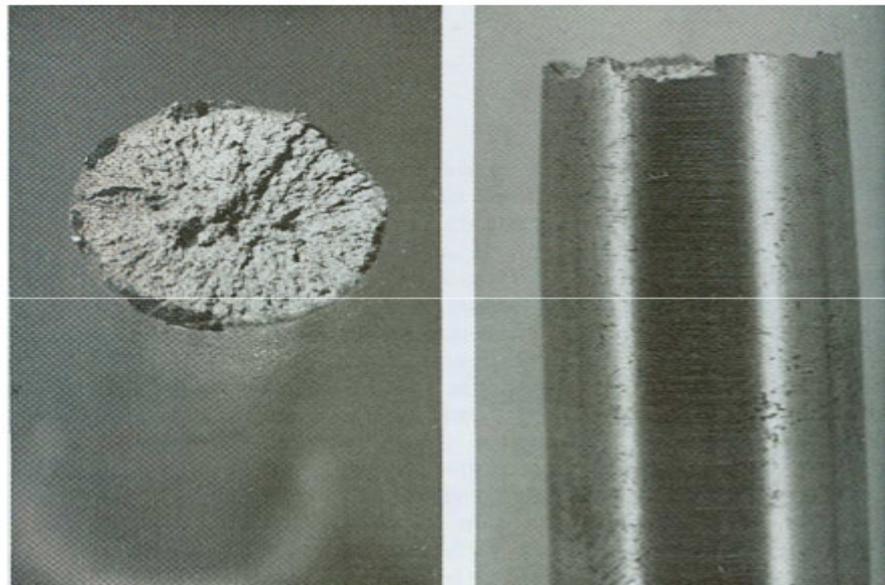


*Nucleo Investigativo Antincendi*

## Frattura Duttile e Fragile



**Frattura duttile**



**Frattura fragile**



## ***Nucleo Investigativo Antincendi***

La superficie dopo la rottura si presenterà poco riflettente e di aspetto fibroso se la rottura è stata di **tipo duttile**, cioè preceduta da una notevole deformazione plastica. Nel caso di **frattura fragile** la superficie di rottura si presenterà riflettente in quanto la deformazione plastica è praticamente nulla.

### **TEMPERATURA DI TRANSIZIONE DUTTILE – FRAGILE**

È la minima temperatura alla quale un acciaio può essere utilizzato restando duttile.

Va posta particolare attenzione nell'esaminare il collasso di un serbatoio, in quanto lo stesso può aver subito importanti abbassamenti di temperatura (ambienti o zone particolarmente fredde), che possono aver indotto la temperatura di transizione duttile-fragile, in questo caso l'acciaio di cui è composto può subire un passaggio, una transizione appunto, da duttile a fragile e fratturarsi istantaneamente senza preavviso.



## *Nucleo Investigativo Antincendi*

### **Il riempimento abusivo delle bombole**

Negli esempi sopra riportati si evidenzia a quali gravi conseguenze si può incorrere con il riempimento abusivo dei serbatoi di GPL, tale prassi purtroppo molto diffusa è dettata puramente da una questione economica, per riempire presso gli impianti stradali bombole a uso domestico il costo per l'autotrazione è di circa 0,75 euro al litro mentre lo stesso prodotto venduto da combustione per riscaldamento costa 1,2 euro + iva. In pratica il pieno al distributore, costa la metà per lo stesso quantitativo. Per il gestore scatta la denuncia in quanto il riempimento in proprio di bombole ad uso domestico configura un'attività illegale sia come frode fiscale sia per la pericolosità quando il riempimento delle bombole viene effettuato senza attrezzature omologate e nei pressi di zone popolate.

Di seguito si riportano gli elementi di criticità di tale prassi:

- mancato collaudo periodico del recipiente in pressione: il serbatoio riempito abusivamente esce dal circuito dei rivenditori che periodicamente, attraverso la rete delle aziende autorizzate, provvedono al collaudo previsto dalla vigente legislazione (viene completamente persa la tracciabilità della bombola).
- Mancata verifica del grado di riempimento: il riempimento eseguito con mezzi di fortuna o artigianali non consente di individuarne il livello che non dovrebbe essere superiore all' 80%
- Probabilità di rilascio di gas durante il riempimento: talvolta i mezzi artigianali utilizzati non garantiscono la tenuta e si può quindi verificare la formazione di miscele esplosive nei pressi del punto di travaso.
- Mancata verifica della tenuta del recipiente: presso gli impianti di riempimento autorizzati si provvede alla verifica, prima dell'immissione sul mercato, della tenuta del serbatoio per individuare eventuali perdite.

Non esiste una statistica che contempli i casi di riempimento illecito di bombole e serbatoi, fenomeno sommerso e poco conosciuto ma abbastanza diffuso e le conseguenze drammatiche spesso collegate a tali prassi. I casi di scoppio dovuti a riempimenti abusivi creano una nube di gas che innescata provoca un incendio. **Spesso lo scoppio di un contenitore di GPL viene ritenuto conseguenza e non la causa dell'incendio come invece molte volte accade. Una attenta analisi incidentale unita ad accertamenti investigativi specifici, comprese indagini sperimentali sul reperto, sia metallografiche**



## *Nucleo Investigativo Antincendi*

**che frattografiche consentirebbe di intuire che le esplosioni di gas possono essere, almeno in parte, riconducibili al collasso della bombola piuttosto che a rilasci accidentali.**

### **L'INTERVENTO DI POLIZIA GIUDIZIARIA SUGLI IMPIANTI ALIMENTATI MEDIANTE BOMBOLE CONTENENTI G.P.L.**

L'intervento di Polizia Giudiziaria svolto sugli impianti alimentati a gas riguardanti installazioni ove viene impiegato G.P.L. contenuto in bombole trasportabili comporta cautele e modalità operative diverse; i G.P.L. (gas di petrolio liquefatto) per le loro caratteristiche chimico – fisiche presentano criticità diverse dal gas naturale normalmente distribuito nelle reti domestiche, pertanto l'Ente UNI ha redatto una regola specifica di buona tecnica per la salvaguardia della sicurezza, la norma UNI 7131/1999, recepita ai sensi della legge 1083/71 con Decreto del M.I.C.A. datato 04/12/2000 (G.U. n° 1 del 05/01/2001)

Nell'articolato tecnico sono contenute specifiche prescrizioni relative all'uso ed al collegamento delle bombole agli impianti – apparecchiature, da questi alimentati, nonché le indicazioni sull'utilizzo in sicurezza delle bombole; le accennate criticità, relativamente alle caratteristiche chimico fisiche del G.P.L., inducono a maggiori cautele la Polizia Giudiziaria operante, nei casi in cui vengano accertate irregolarità impiantistiche su detta tipologia di impianti: è noto infatti che la densità del gas G.P.L. contenuto nelle bombole è superiore a quella dell'aria (maggiore - uguale ad 1,5 volte il peso dell'aria) rispetto a quella del gas naturale comunemente immesso nelle reti di distribuzione cittadine (inferiore – uguale a circa 0,5 volte il peso dell'aria) e perciò eventuali dispersioni di questi gas tendono ad accumularsi pericolosamente verso la parte più bassa del suolo (cantine, locali situati sotto il piano di campagna, seminterrati oppure, in pubblica via, infiltrandosi nella pubblica fognatura, sifoni o caditoie).

Per quanto sopra, durante l'attività di controllo la Polizia Giudiziaria operante, allo scopo di prevenire gravi incidenti, dovrà considerare quali gravi fattori di rischio le seguenti irregolarità.

#### **A) FATTORI DI RISCHIO**

L'esperienza acquisita attraverso la trattazione dei procedimenti relativi ad incidenti ed esplosioni derivanti dall'incauto utilizzo delle bombole di G.P.L. ha evidenziato che i fattori di rischio più ricorrenti nel determinismo degli incidenti sono i seguenti:

- ^ lo scorretto riempimento delle bombole di G.P.L. che deve essere eseguito solo presso gli imbottiglieri autorizzati ed **in nessun caso può avvenire presso i distributori di gas G.P.L. per autotrazione (art. 18 comma 5, D.Lvo 128/06, divieto assoluto);**
- ^ le operazioni di **collegamento e distacco** delle bombole dagli impianti e/o dalle apparecchiature che devono essere eseguite da personale qualificato adeguatamente formato ed informato sui rischi ed i pericoli derivanti da dette operazioni;



## *Nucleo Investigativo Antincendi*

- ^ l'utilizzo di **manichette di collegamento** delle bombole alle apparecchiature non conformi per tipologia di materiali, per deterioramento o vetustà e non adeguate alle pressioni di esercizio;
- ^ l'utilizzo delle bombole **prive del riduttore di pressione**;
- ^ la collocazione delle bombole **vicino a fonti di calore od in luoghi non protetti** ed adeguatamente presidiati soprattutto ove vi è concorso di persone;
- ^ la non corretta **movimentazione** delle bombole e lo stoccaggio di queste in luoghi non idonei (non sufficientemente areati e ventilati) ovvero in locali situati al di sotto del piano stradale (sottoscala, cantine magazzini interrati ecc.),
- ^ **la detenzione non autorizzata**, a scopo di costituire scorte, di bombole vuote o piene non allacciate alle apparecchiature o agli impianti;
- ^ **la mancata formazione**, nei luoghi di lavoro ove vi siano dipendenti, dei lavoratori rispetto al rischio costituito dalla presenza, dal maneggio e dall'utilizzo delle bombole contenenti gas G.P.L.;
- ^ **l'omessa collocazione** nei luoghi di lavoro di idonei mezzi di estinzione degli incendi nelle forme previste dai piani di sicurezza di cui all'**art. 18 comma 1 lettere h) e t) del DLgs. 81/08**.
- ^ Le maggiori criticità si rilevano in conseguenza del superficiale e scorretto utilizzo delle bombole contenenti G.P.L.:
- ^ presso fiere e mercati da parte dei gestori di auto-negozi addetti alla cottura di cibi (presenti anche in vari punti della città
- ^ presso esercizi pubblici (bar ristoranti) per il riscaldamento dei dtheors mediante apparecchiature irradianti alimentate a gas in bombole.

---

### **B) ATTIVITA' DI ACCERTAMENTO AI SENSI DELLA L. 1083/71**

Le norme UNI cogenti ai sensi della richiamata L. 1083/71 ed in particolare la norma UNI 7131/99, approvata con D.M. 4/12/2000, avente ad oggetto gli impianti alimentati a G.P.L., con particolare riferimento alla collocazione, movimentazione installazione e collegamento di bombole contenenti G.P.L. alle apparecchiature, dispongono nello specifico:

- ^ **UNI 7131/99 (art. 5.1.2)**- le bombole di GPL devono essere installate in posizione verticale con valvola in alto; in nessun caso le bombole devono essere coricate e/o/capovolte, ne in fase di utilizzo (in quanto il gas GPL verrebbe prelevato in fase liquida dando luogo a quantità pericolose di miscela infiammabile) né in fase di stoccaggio;



## ***Nucleo Investigativo Antincendi***

- ^ **UNI 7131/99 (art. 5.1.3)** le bombole, gli annessi regolatore di pressione e tubo flessibile devono essere installati in modo che la loro temperatura non possa innalzarsi oltre i 40°C per effetto di irraggiamento solare o per l'esistenza di vicine sorgenti di calore;
- ^ **UNI 7131/99 (art. 5.1.4)**- bombole vuote o piene contenenti GPL non possono essere depositate o installate a livello più basso del suolo, in cantine, seminterrati o in prossimità di materiali combustibili, impianti elettrici, prese d'aria, condotti e aperture comunicanti con locali o vani posti a livello inferiore;
- ^ **UNI 7131/99 (artt. 5.5, 5.5.1.2, 6.4)**- nelle installazioni fisse o mobili deve essere sempre presente e montato, fra bombola ed apparecchiatura, un regolatore di pressione;
- ^ **UNI 7131/99 (art. 5.1.5)**- bombole non collegate ad apparecchi utilizzatori a gas, anche se vuote, non devono essere tenute in deposito presso l'utenza;
- ^ **UNI 7131/99 (art. 5.2.1)**- Qualora le bombole siano installate all'aperto queste devono essere installate in luogo protetto dalle intemperie, dall'azione diretta dei raggi solari e qualsivoglia fonte di calore, da possibili urti accidentali e da manomissioni, lontano da cunicoli, fosse, cavedi e cantine.
- ^ **UNI 7131/99 (art. 5.4.1, 5.4.2)**- l'installazione delle bombole all'interno dei locali è soggetta alle limitazioni previste dall'art. 5.4.1 della norma per quanto attiene le dimensioni e art. 5.4.2 per quanto attiene alla tipologia.
- ^ **UNI 7131/99 (art. 5.6.3)**- il tubo flessibile deve essere conforme alla UNI 7140, avere lunghezza non maggiore di 2000 mm ed essere collegato a portagomma conformi alla UNI 7141, con impiego di fascette conformi alla norma stessa. La connessione fra il tubo flessibile e la bombola deve essere effettuabile senza che si inducano momenti torcenti nel tubo flessibile stesso.
- ^ **UNI 7131/99 (art. 5.6.4)**- il tubo flessibile impiegato nei collegamenti fra bombola ed apparecchiatura non deve avere giunzioni intermedie;
- ^ **UNI 7131/99 (art. 5.6.5)**- il tubo flessibile deve essere disposto in modo da non essere soggetto ad urti, strappi, tensioni, torsioni, piegature o schiacciamenti, da non venire in contatto con corpi taglienti, spigoli vivi e simili e da non riscaldarsi oltre i 50 °C;
- ^ **UNI 7131/99 (art. 6.1.6)** nelle installazioni all'esterno di bombole fra loro collegate ed il relativo gruppo di regolazione possono essere installate fino a quattro bombole, per una capacità complessiva non maggiore di 75 kg ivi comprese le eventuali bombole singole installate in altra posizione presso l'utenza servita.

Per quanto riguarda altri aspetti della normativa che pure potrebbero costituire situazioni di pericolo se non osservati, si rimanda alla consultazione della norma UNI 7131/99.

**La norma UNI 7131/99 è stata aggiornata con la versione 7131/2014**



## ***Nucleo Investigativo Antincendi***

### **C) IL DECRETO LEGISLATIVO n. 81/08 (COME MODIFICATO DAL D.Lvo 106/2009)**

Il **D.Lvo n. 81/2008**, recante norme in materia di sicurezza e igiene nei luoghi di lavoro, stabilisce che le attrezzature di lavoro messe a disposizione dei lavoratori devono essere conformi alle specifiche disposizioni legislative e regolamentari di recepimento delle Direttive comunitarie di prodotto (**art. 70 comma 1**). Laddove le bombole contenenti G.P.L. siano collocate, movimentate, installate ed allacciate in ambiente lavorativo, ove siano presenti dipendenti questi dovranno essere adeguatamente informati e formati, ai sensi degli **artt. 36 e 37**, sul rischio derivante, proprio e verso terzi, dall'utilizzo di queste apparecchiature. Il datore di lavoro, nell'effettuare la valutazione dei rischi di cui **all'art. 17 comma 1 lettera a**, dovrà procedere alla valutazione di tutti i rischi per la sicurezza e la salute dei lavoratori individuando altresì le mansioni che eventualmente espongono i lavoratori a rischi che richiedono una riconosciuta capacità professionale, specifica esperienza, adeguata formazione e addestramento (**exart. 28**).

**L'art. 46** prevede, poi, che nei luoghi di lavoro devono essere adottate idonee misure per prevenire gli incendi e per tutelare l'incolumità dei lavoratori e delle persone in genere. Il datore di lavoro e/o il dirigente sono sanzionati per le violazioni di dette norme con l'arresto anche fino a sei mesi (con un minimo da uno a tre) o con l'ammenda.

### **D) PROVVEDIMENTI CAUTELARI E MODALITA' OPERATIVE**

- ▲ Qualora l'intervento della Polizia Giudiziaria derivi dalla commissione di un reato con conseguenze dannose sulle persone (scoppio, lesioni personali, intossicazione da CO, incidente mortale, incendio) le bombole di G.P.L. andranno sequestrate ed affidate in giudiziale custodia al titolare del deposito che le ha commercializzate (si segnala in proposito che il titolare del deposito cede in vendita il gas contenuto ma non il recipiente che rimane di proprietà del fabbricante).
- ▲ Qualora invece non si siano verificati incidenti ovvero in presenza della sola violazione dell'art. 5 della L. 1083/71 (in relazione alla norma UNI 7131/99) e/o del corrente reato di cui all'art. 46 co. 2 D.Lgs 81/08, i bidoni (bombole) di GPL non dovranno essere posti sotto sequestro, ma potranno essere semplicemente rimossi mediante ripresa in consegna sul posto dal titolare del deposito di vendita, previa effettuazione degli opportuni rilievi fotografici e descrittivi.
- ▲ In tutti i casi nei quali venisse riscontrato l'utilizzo di apparecchiature funzionanti a gas in bombole poste in esercizio difformemente alle specifiche norme di prodotto (D.P.R. 661/96, regolamento per l'attuazione della Direttiva 90/396/CEE) ovvero difformemente alle prescrizioni del fabbricante, si dovrà procedere al sequestro penale delle



## ***Nucleo Investigativo Antincendi***

apparecchiature per la violazione della L. 1083/71 ed a porre in sicurezza gli apparecchi accertandosi che le bombole contenenti il GPL vengano rimosse e riprese in consegna sul posto dal fornitore.

- ^ Delle irregolarità accertate presso i pubblici esercizi, gli Ufficiali e gli Agenti operanti, con separato atto, informeranno dell'attività svolta, anche per conoscenza e quanto di rispettiva competenza, il Questore ed il Sindaco.

Nell'ipotesi di condotte di recidiva e/o di particolare gravità tali Autorità, avvalendosi dei poteri-doveri previsti per legge (art. 10 e 100 T.U.L.P.S. Per il Questore; 7 e 7 bis T.U.E.L. e 22 D.Lvo n. 114/1998 per il Sindaco) valuteranno, nella loro discrezionalità, l'opportunità di sospendere o revocare, la licenza degli esercizi che costituiscono un pericolo per la sicurezza dei cittadini.

Ove sussista tale pericolo, e ricorrano condizioni di necessità e/o urgenza, gli Ufficiali operanti potranno richiedere all'Autorità Giudiziaria il sequestro, per finalità preventive (oltreché probatorie) non solo delle apparecchiature ma anche dell'esercizio commerciale e financo procedervi direttamente nei casi previsti dalla Legge (art. 321, 354 e 355 c.p.p.).

### **E) COMPETENZE**

- ^ La vigilanza ed il controllo sulla sicurezza degli impianti-apparecchiature alimentati con bombole di G.P.L. spetta in via principale e prioritaria ai Vigili del Fuoco, nell'ottica della funzione di prevenzione incendi, diretta a conseguire gli obiettivi di sicurezza della vita umana, di incolumità delle persone e di tutela dei beni e dell'ambiente (art. 46 D.Lvo 81/08).
- ^ Alle ASL va riconosciuta una specifica competenza per quanto riguarda gli aspetti della sicurezza sui luoghi di lavoro (ex D.Lvo 81/08).
- ^ Un ruolo importante va riconosciuto in materia ai Corpi di Polizia Locale nell'esercizio di istituzionali compiti di vigilanza presso fiere, mercati ed esercizi pubblici allorquando accertino la presenza di uno o più fattori di rischio sopra descritti.
- ^ Tutti gli Ufficiali ed Agenti di Polizia Giudiziaria saranno competenti, ove se ne presenti la necessità, trattandosi di reati procedibili d'Ufficio.



## *Nucleo Investigativo Antincendi*

### ATTACCHI ABUSIVI COSTRUITI ARTIGIANALMENTE



1 attacco bombola con filettatura maschio 1/4 di pollice

2 riduzione maschio 3/8 femmina 1/4 di pollice

3 prolunga da cm 5 maschio/femmina da 3/8 di pollice

4 attacco pistola GPL

**L'adattatore assemblato con una buone dose di nastro di teflon.**

Lavori svolti in officine di tornitura, gli attrezzi poi vengono pericolosamente utilizzati e smerciati in un mercato totalmente clandestino ed illegale come nell'esempio sotto riportato.





## *Nucleo Investigativo Antincendi*



La scorretta procedura di riempimento di una bombola di gas per uso domestico con G.P.L. per uso autotrazione utilizzando raccordi appositamente modificati, incuranti dei rischi connessi alla possibile fuga di gas data l'assenza della necessaria strumentazione per verificare lo stato di carica del contenitore nonché la sua tenuta, viola gravemente la normativa di prevenzione incendi.

I responsabili di tale comportamento vanno denunciati alla Procura della Repubblica, mentre l'impianto di erogazione del G.P.L., comprensivo di cisterne, la bombola del cliente e gli adattatori artigianali utilizzati per il travaso del prodotto, devono essere sequestrati e posti a disposizione dell'Autorità Giudiziaria.



Sequestro dei serbatoi



## ***Nucleo Investigativo Antincendi***

Perseguibili della violazione penale rischiano l'arresto da 6 mesi a 3 anni, ed una sanzione amministrativa pecuniaria per il gestore dell'impianto **da 5.000,00 a 10.000,00 euro** mentre nei confronti del cliente è prevista una sanzione amministrativa da 2.000 a 4.000 euro.

A corredo informativo, è opportuno sottolineare che, ai sensi della vigente normativa di settore, **le bombole di G.P.L. per uso domestico necessitano di periodiche revisioni presso impianti autorizzati.** Le operazioni di ricarica presso i centri di imbottigliamento prevedono non soltanto il riempimento del serbatoio, ma anche il controllo dello stato della bombola e periodicamente, secondo cadenze stabilite per legge, il completo ricollaudò a pressioni ben più elevate rispetto a quelle di esercizio, nonché la riverniciatura di protezione, che avvenendo dopo una sverniciatura per sabbiatura, permette di evidenziare anche fenomeni di eventuale corrosione superficiale.

**Con il riempimento presso un distributore stradale emerge il rischio di caricare la bombola al massimo della capienza con un duplice pericolo**, ossia parte del gas ancora allo stato liquido può fluire verso le utenze con concreto elevato pericolo di incendio, oppure all'aumentare della temperatura ambientale aumenta la vaporizzazione del gas liquefatto che tende a riportarsi allo stato gassoso accrescendo la pressione all'interno del contenitore, che se non perfettamente efficiente può esplodere lungo una delle linee di saldatura.

**La totalità dei controlli assicura gli utilizzatori contro gravi incidenti derivanti da scoppio o incendio per un errato utilizzo di tali tipologie di prodotti.**



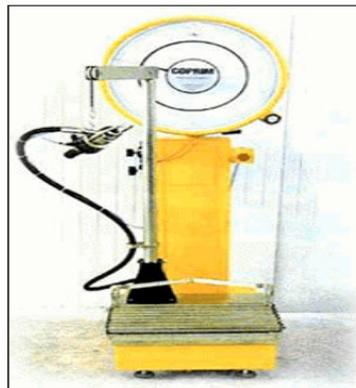
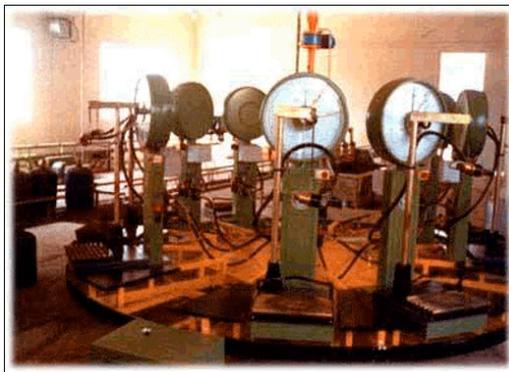
Controlli sui serbatoi GPL



## *Nucleo Investigativo Antincendi*

### **Imbottigliamento**

Se si potesse considerare un qualsiasi recipiente fisso o mobile adibito al deposito o al trasporto di GPL una “bottiglia”, ogni operazione di travaso sarebbe definita imbottigliamento. D'altra parte nei depositi gli impianti di imbottigliamento sono considerati strettamente quelli nei quali il GPL viene immesso in un circuito automatico, detto giostra o carosello, capace di caricare le bombole. Nella figura è rappresentata una giostra con bilance per il controllo del peso, elemento essenziale di sicurezza poiché il liquido in pressione all'interno dei contenitori non deve raggiungere l'80% del volume disponibile. Mentre la singola bilancia prevede l'attacco per il riempimento della bombola che termina con una pinza di carico di sicurezza.



La pinza non consente l'afflusso di GPL quando non è collegata al recipiente da riempire; inoltre è dotata di un comando di apertura (ad esempio un pulsante) che funziona, ripetiamolo, solo in caso di collegamento ed è sensibile ad eventuali disfunzioni del fluido operatore (ad esempio aria compressa).

Sulla linea di adduzione del GPL liquido alle apparecchiature di imbottigliamento è disposta una valvola comandata a distanza, così come sulla linea di ritorno ai serbatoi.

A valle delle apparecchiature di imbottigliamento devono essere disponibili sistemi per la prova di tenuta delle valvole e dei rubinetti dei recipienti. Nel caso di controlli con macchine automatiche, la prova di tenuta accerta perdite maggiori o uguali a 5 grammi in un'ora. Ciò equivale a 10 centimetri cubi di liquido e a circa due litri e mezzo di volume equivalente di gas. Inoltre va di nuovo controllato scrupolosamente il grado di riempimento dei recipienti stessi.

Le bombole, con capacità generalmente di 10, 15, 20, 25, 50 e 100 kg, vengono riempite con il prodotto liquido, immagazzinate temporaneamente e successivamente caricate su camion per la distribuzione.



## *Nucleo Investigativo Antincendi*

### **Il riempimento “a tappo”**

Il quantitativo massimo di GPL liquido all'interno di un serbatoio fuori terra deve essere inferiore all'80% mentre per serbatoi interrati il livello di riempimento del liquido non deve raggiungere l'85%<sup>1</sup>. La spiegazione di questa misura di sicurezza viene spesso affidata nei testi di divulgazione sul gas di petrolio liquefatto a frasi del tipo: “Il GPL non ha volume specifico costante, ma esso aumenta con l'aumentare della temperatura (si calcolano aumenti di volume del 10% per aumenti di temperatura di 30°C). Per permettere questa espansione di GPL all'aumentare della temperatura, il riempimento del serbatoio va limitato.

**La casistica conta numerosi esempi di rottura a scoppio di recipienti fissi o mobili riempiti a tappo, per semplice espansione della fase liquida legata alla sola escursione di temperatura tra la notte e il giorno.”**

Ciò può generare confusione, fissiamo alcuni punti. Aumentando la temperatura, nel serbatoio coesistono necessariamente le due fasi: liquida e gassosa. Il liquido ha una limitata capacità di espansione, mentre la stessa sostanza nello stato gassoso ha proprietà di espansione notevolmente maggiori. Anche in esempi comuni relativi alla “ espansione” dei liquidi sono i gas intrappolati all'interno del liquido a causare il repentino aumento di volume.

Le leggi dei gas potrebbero essere applicate solo nel caso in cui nel recipiente fosse presente solo la fase gassosa del GPL. I diagrammi di stato della sostanza permettono di capire come l'equilibrio liquido-vapore nel caso di aumento di temperatura implichi un aumento della tensione di vapore (della pressione). Inoltre è ben chiaro, attingendo all'esperienza comune, che è tanto più facile riscaldare (aumentare la temperatura) una sostanza quanto più piccola è la sua massa<sup>2</sup>.

Così se il vapore racchiuso nel recipiente occupa un piccolo volume gli scambi termici con l'esterno potranno provocare rapide variazioni di temperatura. Come queste si riflettano nell'equilibrio con il liquido è relativamente complesso, ma soprattutto per arrivare ad uno stato critico, che porti alla rottura definitiva del serbatoio, è necessaria una brusca trasformazione di una parte consistente del liquido in vapore.

In generale un incendio nelle vicinanze di un serbatoio può portare a considerevoli aumenti della pressione (tensione di vapore) del GPL all'interno del recipiente coinvolto anche con scambi termici non elevatissimi. Nell'ipotesi che il serbatoio sia costruito a regola d'arte, è possibile prevedere il fenomeno con una certa precisione. Lo stress termico e meccanico del serbatoio, la temperatura raggiunta dal mantello del contenitore e quella dei diversi strati di



## ***Nucleo Investigativo Antincendi***

GPL, la quantità di energia accumulata (il grado di riempimento del serbatoio), gli scambi termici, sono alcuni dei fattori che influenzano l'evento. L'effetto dipende in modo cruciale da un cambiamento dello stato fisico, da liquido a vapore, conseguente ad una perdita di tenuta del serbatoio.

Corrosioni della superficie di protezione, danneggiamenti per urti, mancanze del costruttore, possono rendere il susseguirsi degli eventi imprevedibili. Gli acciai dei serbatoi di GPL possono cedere a pressioni comprese tra 15 e 20 bar se le pareti sono portate a temperature prossime a 700°C.

---

<sup>1</sup> *Per i piccoli serbatoi la normativa prevede esplicitamente tali valori, mentre per i grandi serbatoi i valori fissati si riferiscono al peso massimo ammissibile di propano, propilene, butano e miscele in un serbatoio di riferimento di un metro cubo.*

<sup>2</sup> *in termini matematici a parità di calore fornito a due masse diverse della stessa sostanza, le variazioni di temperatura risultano inversamente proporzionali alle masse, nel caso in cui non vi siano passaggi di stato.*

## *Nucleo Investigativo Antincendi*



Il serbatoio presenta visibili segni di ossidazione che in presenza di sensibili variazioni termiche portano a sollecitazioni importanti fino al collasso.



Nell'immagine a lato appare evidente la rottura da urto esterno, i lembi metallici della frattura sono rivolti verso l'interno



## *Nucleo Investigativo Antincendi*

### **CASO STUDIO**

**La vicenda:** sembra che il proprietario della dimora, sprovvista di gas, si procurasse alla vecchia maniera delle bombole per le proprie esigenze, conservandole quindi in casa; peccando di diligenza, ha lasciato però tre di queste sul terrazzo, una delle quali con ancora del gas all'interno. Il sole ha fatto il resto del lavoro: all'aumento della temperatura il gas si espande, ed ecco che la pressione interna ha fatto **esplodere la bombola**, come potete vedere nelle foto. Dopo un botto pazzesco, la parte superiore della stessa si è trasformata in un proiettile dalle dimensioni enormi, che partendo dal terrazzo è penetrato all'interno dell'adiacente salotto dell'abitazione sfondando la finestra e travolgendo tutto ciò che trovava davanti, arrestandosi solo poco prima della parete opposta:



**Fire ball** Il gas sprigionato dalla bombola tagliata di netto con un taglio verticale si è poi mischiato con le fiamme dei fornelli che i feriti stavano usando per bollire le bottiglie di conserva di pomodoro e ha dato vita ad una vera e propria palla di fuoco dal diametro di quattro- cinque metri, che ha investito tutti i presenti. Tutto questo mentre la bombola schizzava come un proiettile contro il muro. Nell'urto fortissimo si è completamente deformata.



## *Nucleo Investigativo Antincendi*

### LETTURA DEI SEGNI SULLA BOMBOLA

Viste le difficoltà esplicitate nei paragrafi precedenti nel capire le cause di uno scoppio e considerato che **in molte occasioni si è portati a pensare che sia stato l'incendio a far scoppiare il serbatoio** vediamo quali sono le principali difformità che si presentano sul mantello del contenitore scoppiato dai segni che la lamiera ci offre.

### IL SURRISCALDAMENTO



Nell'immagine a lato appare visibile una bombatura anomala nella parte superiore del serbatoio (resosi plastico) e delle tracce di calore, probabilmente il contenitore ha subito un surriscaldamento da irraggiamento esterno, la lamiera si è aperta orizzontalmente, questo ha permesso all'involucro di non scoppiare.

Il serbatoio presenta chiare tracce di fuliggine dovute al coinvolgimento marginale in un incendio, non vi è traccia di deformazione per il repentino allontanamento del contenitore dal locale incendiato.



In questo caso esaminando le tracce di calore presenti si evince che il mantello del serbatoio ha collassato dal fronte rivolto verso l'irraggiamento (resosi elastico per poi snervarsi giungere ad incrudimento e collassare).



*Nucleo Investigativo Antincendi*





## *Nucleo Investigativo Antincendi*

### **IL SOVRARIEMPIMENTO**

Come ampiamente trattato in precedenza è sufficiente un incremento di **un solo °C** per avere una **sovrappressione di circa una decina di bar**, su una bombola riempita di GPL allo stato liquido al 90 – 95% basta un innalzamento di temperatura di circa una decina di °C perché l'acciaio del contenitore raggiunga lo snervamento con conseguente rottura.



Nei casi in figura si evidenzia lo snervamento verticale, i punti di saldatura superiori ed inferiori creano una condizione di vincolo e le differenti condizioni tensionali portano alla rottura del materiale con la conseguente apertura verticale.



## *Nucleo Investigativo Antincendi*



Il serbatoio a lato ha collassato per un sovra riempimento in funzione della temperatura raggiunta, delle condizioni tensionali del metallo, gli anelli di saldatura sono collassati insieme al mantello non riuscendo ad apportare una condizione di vincolo.

La fessurazione presente in questa bombola è rimasta contenuta per un cedimento lento e non repentino del metallo.

Affinché si verifichi la rottura, vale la pena di ricordare inoltre che la temperatura del GPL all'interno del serbatoio debba essere superiore a 53°C (con pressioni maggiori di 16,5 bar); valore che rappresenta il limite della temperatura di surriscaldamento del propano liquido alla pressione atmosferica.





## *Nucleo Investigativo Antincendi*

La forma e l'innalzamento della palla di fuoco risultante, dipendono fortemente dalle grandezze termiche del liquido e dal modo in cui il serbatoio è collassato. Se il recipiente cede rapidamente, la forma della palla di fuoco sarà quella classica di una sfera, al cui interno la concentrazione del combustibile è superiore al limite di infiammabilità. Se il cedimento del contenitore è lento, allora il rilascio del GPL dal serbatoio può portare la palla di fuoco in alto.



È altamente improbabile che una persona sopravviva se si trova ad una distanza dall'incidente pari a quella del raggio della palla di fuoco, inoltre i frammenti del recipiente possono raggiungere distanze anche cinque-dieci volte maggiori (in molti casi le distanze sono tre-quattro volte maggiori) del raggio della palla di fuoco.

I frammenti possono rappresentare quindi dei potenziali proiettili, estremamente pericolosi poiché il 60% circa dell'energia di espansione del vapore si trasforma in energia cinetica di queste parti metalliche lanciate lontano dal luogo dell'incidente. D'altra parte la frammentazione di un serbatoio in un numero molto grande di parti (specie per i grandi serbatoi) è estremamente improbabile.

La temperatura della bombola, del regolatore di pressione e del tubo flessibile di alimentazione dell'impianto, a causa dell'irraggiamento solare o per la presenza di possibili fonti di calore (quali ad esempio un forno da cucina), non devono mai superare i **40 °C**.



## *Nucleo Investigativo Antincendi*

### **CATTIVE PERICOLOSE ABITUDINI**



Riempimenti da bombola a bombola

Nella prima immagine vediamo un riempimento con bombola capovolta in fase liquida, nella foto accanto vediamo un riempimento fase gas da bombola a bombola. La pratica oltre che essere abusiva è estremamente pericolosa e può portare a conseguenze anche gravi.





## *Nucleo Investigativo Antincendi*



L'immagine evidenzia a quali conseguenze può portare questa insana pratica, una autovettura con serbatoio di GPL riempito non in modo conforme che esplose nella parte del bagagliaio dove era posizionata la bombola.



Pompa carburante per autovetture utilizzata per riempire un serbatoio portatile di GPL



## *Nucleo Investigativo Antincendi*

La scorretta procedura sopra descritta può portare perdite di gas e rischio di innesco con incendio.



In questo caso durante l'operazione di riempimento una perdita di gas causata dalle carenti connessioni dei raccordi, trovando l'innesco ha provocato l'incendio della vettura.



Il collasso di un serbatoio ha provocato l'effetto domino sugli altri rimasti danneggiati dall'impatto.



## *Nucleo Investigativo Antincendi*

### CASO STUDIO

## **ESPLOSIONE DI UN AUTOBUS DI LINEA URBANA**

Un autobus di linea alimentato a metano ha subito lo scoppio di uno degli 8 serbatoi con capacità di 140 litri cadauno per un singolo peso medio di circa 95 kg. Lo scoppio ha provocato la frammentazione della bombola con proiezione di parti metalliche anche a rilevante distanza, provocando danni alle abitazioni circostanti. Lo scoppio ha provocato inoltre, lo sfondamento del tetto dell'autobus, la rottura di gran parte dei vetri, lo sfondamento delle porte, la distruzione di gran parte degli arredi interni e la proiezione a distanza della copertura delle bombole e delle due bombole adiacenti a quella esplosa.



### **ESAME DEI REPERTI**

Dall'esame dei reperti sono state rilevate alcune abrasioni in corrispondenza delle sommità delle bombole, che hanno un rivestimento di matrice polimerica rinforzata con fibre di vetro, da mettere in relazione ad una interferenza anomala fra la copertura del tetto in corrispondenza delle nervature longitudinali e le bombole stesse. Gli accertamenti hanno consentito di rilevare assenza di residui di combustione o di passaggio di fiamme nell'intorno dello squarcio della bombola collassata, in corrispondenza dei materiali a vista che potevano conservare traccia di fiamme conseguenti alla combustione di metano.



## *Nucleo Investigativo Antincendi*

### **CONSIDERAZIONI SULL'EVENTO**

L'esame delle superfici di frattura della bombola, condotto visivamente, ha permesso di effettuare le seguenti osservazioni:

- a. Non sono presenti cricche di fatica
- b. Non sono presenti cricche preesistenti alla messa in servizio o altri difetti macroscopici dell'acciaio (ripiegature, inclusioni di scoria, ecc.)
- c. Non sono presenti superfici di frattura cristalline e lucenti (fratture fragili per clivaggio o per distacco intergranulare).

L'analisi dettagliata della morfologia delle fratture porta quindi a concludere che la rottura del liner della bombola è avvenuta per sovrappressione interna, non essendo presenti segni di fenomeni che avrebbero potuto provocare una rottura prematura a pressioni più basse.

Il fatto che nella bombola scoppiata la pressione possa essere salita a valori elevati per semplice effetto fisico dovuto all'aumento della temperatura a volume costante del metano, può essere ragionevolmente ricostruito ipotizzando che anche per tale bombola si siano realizzate condizioni anomale quali quelle riscontrate per altre due bombole installate sul parco autobus nel corso dell'accertamento tecnico.

Le condizioni riscontrate per le bombole con pressione anomala (circa 280 bar a 29°C), al crescere della temperatura, possono portare la pressione fino a raggiungere 300 bar a 50°C e 350 bar a 70°C. Il giorno dell'incidente la temperatura ambiente era particolarmente elevata e questo porta a ritenere che, anche per effetto della colorazione nera del tetto, della mancanza di aerazione, del contributo dei solenoidi delle elettrovalvole (circa 200 W), la temperatura all'interno del vano di alloggiamento delle bombole, possa essere salita anche per periodi prolungati, a valori piuttosto alti ( occasionalmente su autobus fermi parcheggiati al sole si sono misurati valori fino ad oltre 75 ° C).



## *Nucleo Investigativo Antincendi*



Si deve pertanto concludere che il flusso di gas fosse impedito verso l'esterno e consentito solo verso l'interno o per blocco dell'elettrovalvola o per mancanza di alimentazione elettrica. In tali condizioni la bombola può essere caricata, ma il metano non può uscire da essa.

Il caricamento ripetuto di una bombola con elettrovalvola non funzionante porta pertanto ai seguenti eventi:

- Nel corso del primo caricamento (partendo pertanto da bombola pressochè vuota) il gas viene compresso a 220 bar e la temperatura si innalza ragionevolmente intorno ai 40 ° C, completato il rifornimento, il gas progressivamente si raffredda e la pressione diminuisce.
- Al secondo caricamento essendo l'elettrovalvola bloccata, il gas non è uscito e al metano già presente ne viene aggiunta una ulteriore quantità e la temperatura che si raggiunge risente in maniera decisa della temperatura del gas già presente e pertanto si raggiungeranno temperature inferiori a quelle del primo caricamento.
- Reiterando il processo più volte e caricando ogni volta una piccola quantità di gas, ovviamente via via sempre inferiore, si arriverà ad ottenere una condizione di equilibrio fra la massa del gas (che non verrà più incrementata da ulteriori caricamenti), e la temperatura ( che sarà quella del gas prima del caricamento e quindi pari a quella ambientale).

La ricostruzione degli eventi sopra riportata permette di dimostrare che, in una bombola con elettrovalvola bloccata, la quantità di gas che si riesce ad introdurre con successivi caricamenti è quella in equilibrio con la temperatura minima raggiunta nel periodo. Il caricamento di una



## *Nucleo Investigativo Antincendi*

bombola con elettrovalvola bloccata effettuato ripetutamente con temperature esterne estremamente basse, permette di caricare una quantità di gas, che a temperature di oltre 75 °C (temperature raggiunte dalle bombole nei periodi caldi), ha indotto nella bombola scoppiata pressioni superiori a 350 bar.



Siccome tutte le bombole scoppiano a pressioni superiori a 500 bar, è necessario effettuare una ulteriore ipotesi per rendere ragione dell'incidente accaduto, ed in particolare l'ipotesi che sia intervenuto un danneggiamento del materiale composito tale da non garantire il suo totale contributo alla resistenza della bombola alla pressione interna.

Il materiale composito con cui è rivestito il liner di acciaio è costituito da una matrice polimerica in resina poliesteri isoftalica rinforzata con fibra di vetro di tipo E, e tale materiale può andare soggetto ad un degrado se mantenuto sotto carico costante (rappresentato dalla pressione interna) ed a temperature superiori ad un certo limite. Non per nulla infatti, nella specifica tecnica riportata nelle prove di omologazione delle bombole secondo la normativa EN 12257 viene prescritto che la temperatura di esercizio della bombola deve essere compresa fra i - 20 e + 50 °C.



## *Nucleo Investigativo Antincendi*



### **CAUSE DELL'EVENTO**

L'incidente è stato causato dallo scoppio di una bombola per effetto di una sovrappressione interna. Per una più facile comprensione delle concatenazioni delle cause si riassume sinteticamente la sequenza degli eventi:

- a. L'elettrovalvola della bombola si blocca per malfunzionamento o interruzione del circuito elettrico.
- b. Con l'elettrovalvola bloccata la bombola non partecipa all'alimentazione del combustibile ma può essere caricata.
- c. Nelle condizioni di carica anomala (temperatura esterna molto bassa a 220 bar) la bombola in condizioni climatiche più calde ha potuto raggiungere pressioni fino a 390 bar , la temperatura del gas all'interno ha raggiunto temperature di 75 °C (o pressioni superiori se la temperatura è salita oltre tale livello).
- d. I materiali polimerici sono soggetti al fenomeno dello scorrimento viscoso se mantenuti sotto sollecitazione costante a temperature superiori ad un determinato limite e con matrice polimerica in grado di deformarsi plasticamente per scorrimento viscoso, si possono determinare condizioni di eccessiva deformazione o rottura locale di fibre con un abbassamento della pressione necessaria per determinare lo scoppio della bombola.



## *Nucleo Investigativo Antincendi*

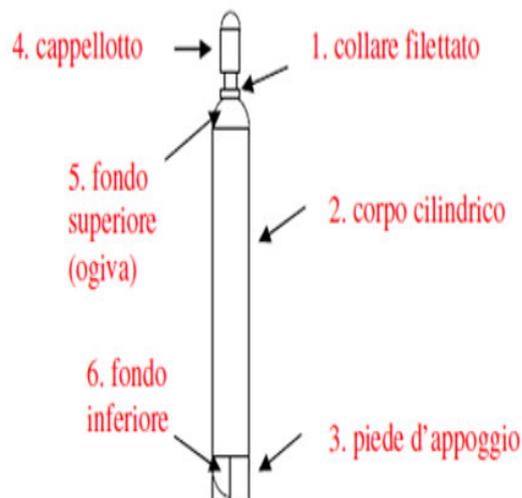
### UTILI INFORMAZIONI ED OBBLIGHI DI UTILIZZO

#### UTILIZZO DI GAS IN BOMBOLE

Premessa

La presente istruzione operativa riguarda le precauzioni da adottare nell'utilizzo di gas compressi in bombola. Le bombole sono essenzialmente costituite da:

1. collare filettato
2. corpo cilindrico
3. piede d'appoggio
4. cappello di protezione DIN (a vite o a tulipano) che racchiude la valvola di erogazione e gli eventuali stadi di riduzione; deve rimanere sempre avvitato, tranne quando il recipiente è in uso. Al suo posto può essere presente altra idonea protezione. NB: le bombole piccole, che non sono dotate di tulipano e su cui non è possibile montare il cappello devono essere riposte in tubi contenitori appositi che garantiscono la protezione della valvola
5. fondo superiore (ogiva)
6. fondo inferiore



I gas in bombola possono essere **comburenti** (ad es. aria, ossigeno, protossido di azoto: facilitano e attivano la combustione delle sostanze combustibili), **combustibili** (ad es. idrogeno, acetilene, ecc.: bruciano in presenza di aria o ossigeno se miscelati in certe proporzioni), **inerti** (ad es. azoto, elio, anidride carbonica, ecc.: non bruciano e non consentono la combustione).



## ***Nucleo Investigativo Antincendi***

### **Responsabilità**

In merito alle indicazioni fornite nella presente istruzione operativa:

- il responsabile di struttura ha l'obbligo di adottare le misure indicate e di richiederne l'osservanza da parte dei lavoratori
- il preposto ha l'obbligo di sovrintendere e vigilare sull'osservanza delle stesse da parte dei singoli lavoratori
- il lavoratore ha l'obbligo di osservare le istruzioni impartite, di utilizzare correttamente le attrezzature di lavoro, le sostanze e i preparati pericolosi nonché i dispositivi di sicurezza e i dispositivi di protezione individuale messi a disposizione

### **Rischi potenziali caratteristici**

Il rischio correlato alla presenza/utilizzo di gas in bombola è dovuto:

- alla pericolosità intrinseca del gas (sia esso compresso, liquefatto o disciolto) che può generare atmosfere pericolose (ad es. in caso di gas infiammabili, tossici, asfissianti, ecc.)

possibili cause di:

- esplosioni o intossicazioni o sovra-ossigenazione: in tal caso la più piccola fiamma o scintilla potrebbe ignire qualsiasi sostanza combustibile presente) - sott'ossigenazione: qualunque gas che non sia aria o ossigeno determina un abbassamento del tenore di ossigeno nell'ambiente, con pericolo di asfissia nel caso in cui la percentuale di ossigeno scenda sotto il 18%, NB: I locali ove si utilizzano tali tipologie di gas devono essere dotati di rilevatori/sensori di monitoraggio, dotati (ad es. in caso di utilizzo di CO o, in generale, ove si sia rischio di sott'ossigenazione) di sistema di allerta acustico/luminoso e di attivazione automatica del sistema di ventilazione di emergenza

- all'energia potenziale elevata dovuta alla pressione
- alle conseguenze in caso di coinvolgimento di una bombola con un qualsiasi contenuto (anche non infiammabile) in caso di incendio

Pertanto, la detenzione di bombole deve essere effettuata solamente in depositi con adeguate caratteristiche, mentre la loro presenza all'interno dei luoghi di lavoro (ad es. laboratori) è VIETATA, fatti salvi casi eccezionali, specificatamente previsti dal "progetto di prevenzione incendi". In quest'ultimo caso le bombole devono essere:

- in limitata quantità e di piccola capacità
- ancorate per mezzo di sistemi che ne impediscano la caduta (ad es. catena).



## *Nucleo Investigativo Antincendi*

### **La movimentazione delle bombole**

- le bombole **devono** essere maneggiate con cautela evitando gli urti, le cadute od altre sollecitazioni meccaniche che possano comprometterne l'integrità e la resistenza
- la movimentazione delle bombole **deve** avvenire SEMPRE mediante carrello o altro opportuno mezzo
- eventuali sollevamenti a mezzo gru, paranchi o carrelli elevatori **devono** essere effettuati impiegando esclusivamente le apposite gabbie, cestelli metallici o appositi pallets
- le bombole **non devono** essere sollevate dal cappello, né trascinate, né fatte rotolare o scivolare sul pavimento
- **non sottoporre** le bombole a sollecitazioni meccaniche violente (urti)
- **non utilizzare** i cappelli come recipienti occasionali
- per sollevare le bombole **non devono** essere usati elevatori magnetici né imbracature con funi o catene
- le bombole **non devono** essere maneggiate con le mani o con guanti unti d'olio o di grasso: questa norma è particolarmente importante quando si movimentano bombole che contengono gas ossidanti
- una bombola contenente gas tossico **non deve mai essere spostata** se non è equipaggiata del suo tappo di sicurezza e del cappello di protezione della valvola.
- le bombole scadute di collaudo **non devono** essere usate, né trasportate piene né tanto meno riempite
- **non usare** le bombole al posto di rulli, supporti, incudini

### **L'uso di gas in bombola**

- una bombola di gas **deve** essere messa in uso solo se il suo contenuto risulta chiaramente identificabile. Il contenuto viene identificato nei modi seguenti:
  - colorazione dell'ogiva, secondo il colore codificato dalla normativa di legge
  - nome commerciale del gas punzonato sull'ogiva a tutte lettere o abbreviato
  - scritte indelebili, etichette autoadesive, decalcomanie poste sul corpo della bombola, oppure cartellini di identificazione attaccati alla valvola od al cappello di protezione
  - tipologia del raccordo di uscita della valvola, in accordo alle normative di legge
  - tipologie e caratteristiche dei recipienti



## ***Nucleo Investigativo Antincendi***

- durante l'uso le bombole **devono essere** tenute in posizione verticale. Prima di utilizzare una bombola è necessario assicurarla alla parete o ad un supporto stabile, mediante catene o con altri arresti efficaci, salvo che la forma della bombola ne assicuri la stabilità. Una volta assicurata la bombola, si può togliere il cappello di protezione alla valvola
- le bombole **devono essere** protette contro qualsiasi tipo di manomissione provocato da personale non autorizzato
- le valvole delle bombole **devono essere** sempre tenute chiuse, tranne quando la bombola è in utilizzo. L'apertura delle valvole delle bombole a pressione deve avvenire gradualmente e lentamente. Ove necessario, utilizzare idonei **riduttori di pressione**
- prima di restituire una bombola vuota, l'utilizzatore **deve** assicurarsi che la valvola sia ben chiusa, quindi avvitare l'eventuale tappo cieco sul bocchello della valvola ed infine rimettere il cappello di protezione
- le bombole contenenti gas **non devono** essere esposte all'azione diretta dei raggi del sole, né tenute vicino a sorgenti di calore o comunque in ambienti in cui la temperatura possa raggiungere o superare i 50°C. Le bombole **non devono mai** essere riscaldate a temperatura superiore ai 50°C. È assolutamente vietato portare una fiamma al diretto contatto con la bombola
- le bombole **non devono mai** essere collocate dove potrebbero diventare parte di un circuito elettrico. Quando una bombola viene usata in collegamento con una saldatrice elettrica, non deve essere messa a terra (questa precauzione impedisce alla bombola di essere incendiata dall'arco elettrico)
- le bombole **non devono** essere raffreddate artificialmente a temperature molto basse (molti tipi di acciaio perdono duttilità e diventano fragili a bassa temperatura)
- le bombole **non devono** essere usate come rullo, incudine, sostegno o per qualsiasi altro scopo che non sia quello di contenere il gas per il quale sono state costruite e collaudate
- l'utilizzatore **non deve** cancellare o rendere illeggibili le scritte, né asportare le etichette, le decalcomanie, i cartellini applicati sulle bombole dal fornitore per l'identificazione del gas contenuto
- l'utilizzatore **non deve** cambiare, modificare, manomettere, tappare i dispositivi di sicurezza eventualmente presenti, né in caso di perdite di gas, eseguire riparazioni sulle bombole piene e sulle valvole
- **non devono** essere montati riduttori di pressione, manometri, manichette od altre apparecchiature previste per un particolare gas o gruppo di gas su bombole contenenti gas



## ***Nucleo Investigativo Antincendi***

con proprietà chimiche diverse o incompatibili. Seguono alcuni esempi (elenco indicativo e non esaustivo) di incompatibilità gas-materiale\*:

- combustibili	incompatibile con	comburenti
- ossigeno	incompatibile con	olio-grasso
- acetilene	incompatibile con	rame
- ossigeno A.P.	incompatibile con	acciaio-INOX
- CO <sub>2</sub>	incompatibile con	alcuni tipi di elastomeri
- gas corrosivi	incompatibile con	ottone-alluminio, ecc.
- alluminio (b.le, ecc.)	incompatibile con	alcuni tipi di gas (corrosivi/O <sub>2</sub> , ecc.)
- ammoniacca	incompatibile con	rame-ottone
- ecc.		

\* per maggiori dettagli si rimanda a tabelle specifiche di compatibilità

- **non usare** mai chiavi od altri attrezzi per aprire o chiudere valvole munite di volantino. Per le valvole dure ad aprirsi o grippate per motivi di corrosione, contattare il fornitore per istruzioni
- la lubrificazione delle valvole **non è necessaria**. È assolutamente vietato usare olio, grasso od altri lubrificanti combustibili sulle valvole delle bombole contenenti ossigeno e altri gas ossidanti

### **Lo stoccaggio e il deposito delle bombole**

- i locali di deposito **devono essere** strutturati in modo da permettere l'adeguata **separazione** delle bombole in base alle caratteristiche del gas contenuto: **infiammabile, ossidante, tossico, corrosivo**
- i locali di deposito di bombole contenenti gas pericolosi e nocivi (rif. punto precedente) **devono essere** sufficientemente isolati da altri locali o luoghi di lavoro e di passaggio
- nei locali di deposito **devono essere tenute separate** le bombole **piene** da quelle **vuote**, utilizzando cartelli murali per contraddistinguere i rispettivi spazi
- in caso di presenza di bombole di gas infiammabili o comburenti, i depositi **devono essere** dotati di **muro di contenimento paraschegge**
- in prossimità del luogo di stoccaggio **devono essere** presenti estintori idonei
- in caso di stoccaggio di bombole di alimentazione di linee gas, **deve essere** presente valvola di intercettazione generale chiaramente identificata da apposita segnaletica



## *Nucleo Investigativo Antincendi*

- le bombole **devono essere** protette da ogni oggetto che possa provocare tagli od abrasioni sulla superficie del metallo
- i locali di deposito **devono** essere asciutti, freschi, ben ventilati e privi di sorgenti di calore, quali tubazioni di vapore, radiatori, ecc.
- i locali di deposito, **devono essere** contraddistinti con il nome del gas posto in stoccaggio. Se in uno stesso deposito sono presenti gas diversi ma compatibili tra loro, le bombole devono essere raggruppate secondo il tipo di gas contenuto
- nei locali di deposito le bombole **devono essere** tenute in posizione verticale ed assicurate alle pareti con catenelle od altro mezzo idoneo, per evitarne il ribaltamento, quando la forma del recipiente non sia già tale da garantirne la stabilità
- i locali di deposito di bombole contenenti gas pericolosi e nocivi **devono essere** dotati di adeguati sistemi di ventilazione. In mancanza di ventilazione adeguata, devono essere installati apparecchi indicatori e avvisatori automatici atti a segnalare il raggiungimento delle concentrazioni o delle condizioni pericolose. Ove ciò non sia possibile, devono essere eseguiti frequenti controlli e misurazioni.
- nei locali di deposito di bombole contenenti gas pericolosi e nocivi **devono essere** affissi cartelli segnalatori e norme di sicurezza concernenti le operazioni che si svolgono nel deposito (per esempio: movimentazione, ecc.), evidenziando in modo particolare i divieti, i mezzi di protezione generali ed individuali da utilizzare e gli interventi di emergenza da adottare in caso di incidente.
- nei locali di deposito di bombole contenenti gas asfissianti, tossici ed irritanti **deve essere** tenuto in luogo adatto e noto al personale un adeguato numero di maschere respiratorie o di altri apparecchi protettori da usarsi in caso di emergenza, previa adeguata informazione, formazione ed addestramento.
- è **fatto divieto** di utilizzo di impianti elettrici all'interno dei depositi di bombole. Qualora ve ne fosse la motivata necessità, i locali di deposito **devono rispondere**, per quanto riguarda gli impianti elettrici, i sistemi antincendio e la protezione contro le scariche atmosferiche, alle specifiche norme vigenti.
- le bombole contenenti gas **non devono essere** esposte all'azione diretta dei raggi del sole, né tenute vicino a sorgenti di calore o comunque in ambienti in cui la temperatura possa raggiungere o superare i 50°C.
- è **vietato** lo stoccaggio delle bombole in locali ove si trovino materiali combustibili o sostanze infiammabili.



## *Nucleo Investigativo Antincendi*

- le bombole **non devono essere** esposte ad una umidità eccessiva, né ad agenti chimici corrosivi. La ruggine danneggia il mantello del recipiente e provoca il bloccaggio del cappello.
- è **vietato** lasciare le bombole vicino a montacarichi, sotto passerelle o in luoghi dove oggetti pesanti in movimento possano urtarli e provocarne la caduta.
- è **vietato** depositare bombole di gas in sotterranei o seminterrati
- è **vietato** immagazzinare in uno stesso locale bombole contenenti gas tra loro incompatibili (per esempio gas infiammabili ed ossidanti) e ciò per evitare, in caso di perdite, reazioni pericolose, quali esplosioni od incendi.

## **CONCLUSIONI**

La presente trattazione ha esaminato le principali cause di scoppio e/o di esplosione in presenza di serbatoi e bombole in ambiente domestico e lavorativo. Data la complessità normativa che individua molteplici competenze, nel corso dell'attività di soccorso risulta fondamentale il concorso di tutte le Amministrazioni interessate. Infatti, si ritiene che il personale VVF intervenuto debba instaurare una fitta rete di comunicazioni scritte che dovrebbe coinvolgere, almeno:

- il C.O.N.
- la Direzione Regionale
- la Prefettura
- U.T.G.
- la Questura/Carabinieri
- il Sindaco
- l'ASL di competenza.

In relazione, invece, all'identificazione ed eliminazione delle cause degli incidenti, si deve comunque tenere presente che:

- per ridurre strutturalmente il numero degli incidenti il problema da superare rimane ancora quello del non corretto utilizzo delle bombole;
- la manutenzione delle stesse, la corretta manipolazione deve essere intesa come un fattore di responsabilità non solo per coloro che la eseguono ma anche per coloro che devono richiederla;



## ***Nucleo Investigativo Antincendi***

- in molti incidenti si continua a riscontrare la mancanza di consapevolezza delle implicazioni relative ad un uso scorretto dei gas combustibili e degli impianti ed apparecchi;
- la pratica dei rifornimenti abusivi di serbatoi di GPL presso i distributori di carburanti rimane ad oggi una attività estremamente pericolosa oltre che illegale.



## ***Nucleo Investigativo Antincendi***

La presente pubblicazione, redatta dal **CR Andrea FOGGETTI** in servizio presso il Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Milano, è stata realizzata con l'auspicio che possa costituire un utile riferimento, nell'ambito dell'investigazione sulle cause d'incendio e/o esplosione delle bombole, per il personale operativo dei vigili del fuoco ed in particolare per i componenti dei Nuclei Investigativi Antincendi.

Un ringraziamento per la predisposizione del presente lavoro va, oltre che all'autore, al personale del Nucleo che ha messo a disposizione la propria esperienza nel campo investigativo, grazie alla partecipazione alle attività di indagine dove erano coinvolte bombole esplose o coinvolte da incendio.

Si ringraziano inoltre tutti coloro che hanno messo a disposizione, anche in rete, il proprio materiale informativo e fotografico ed in particolare il Comitato Italiano Gas-CIG e l'Associazione Tecnica Italiana del Gas e l'azienda Liquigas S.p.A.

**Ing. Massimo Nazzareno Bonfatti**  
*Dirigente del Nucleo Investigativo Antincendi*