

# La gestione del rischio chimico per la sicurezza: una corretta valutazione come strumento per la prevenzione degli incidenti

**Giovanni Finotto**

Spin Off Head Up

Università Ca' Foscari Venezia

## **Premessa**

Quest'anno ricorre il triste anniversario dei quarant'anni dell'incidente accaduto il giorno 10 luglio 1976 presso lo stabilimento Icmesa di Seveso che ha segnato in modo profondo il nostro Paese ed ha costituito un elemento importante di riflessione in materia contribuendo alla politica della prevenzione degli incidenti in ambito chimico nel panorama comunitario e nazionale.

L'impegno di tutti gli stakeholder in questo ambito ha portato ad elementi di miglioramento a tutti i livelli tuttavia la gestione del rischio chimico per la sicurezza presenta ancora una serie di criticità che purtroppo caratterizzano la "case history" degli eventi incidentali che appartengono anche al nostro recente passato e che molto spesso ritroviamo nella nostra quotidianità.

Incidenti ed infortuni non per forza specifici ed esclusivi dell'industria chimica ma anche di altre attività e di altri settori per i quali l'attenzione verso la problematica viene ad essere minore.

Le disposizioni legislative attuali obbligano ogni datore di lavoro ad una corretta valutazione del rischio chimico ma, mentre per quanto concerne il rischio chimico per la salute i riferimenti (studi, ricerche, metodologie, linee guida, pareri, buona prassi, modelli ed algoritmi) sono presenti e permettono di seguire un percorso con buoni risultati, per quanto attiene al rischio chimico per la sicurezza questi stessi elementi vengono meno.

La valutazione del rischio chimico per la sicurezza infatti non si presta a metodologie facilmente standardizzabili ed adattabili alla molteplicità delle situazioni che si possono manifestare e gli stessi riferimenti a linee guida e buone prassi sono poco rappresentativi, poco conosciuti e poco impiegati.

In questa ricerca non sono oggetto di trattazione le metodologie di valutazione che in genere sono applicabili alle attività soggette a rischio di incidente rilevante caratterizzanti l'industria chimica di processo ma il focus è destinato alla valutazione del rischio chimico per la sicurezza ai sensi del D. Lgs. 81/2008 e smi.

Il presente elaborato presenta quindi un carattere divulgativo relativamente all'argomento considerato. Non ha la pretesa di costituire una linea guida od una metodologia in materia ed ha sicuramente un valore indicativo e non esaustivo.

Data la complessità e la vastità della materia saranno prese in considerazione solo alcune tematiche tra quelle necessarie ad una indagine completa del processo di valutazione.

Lo scopo è quello di portare l'attenzione del lettore ad una serie di parametri che possono costituire elementi di riflessione ed approfondimento nell'ambito della valutazione del rischio chimico per la sicurezza.

Lo stesso linguaggio utilizzato ed il ricorso al minimo di formule e reazioni chimiche va in questa direzione.

## **L'approccio metodologico a supporto della valutazione del rischio chimico per la sicurezza**

Per valutare il rischio chimico per la sicurezza dovremmo porci una domanda essenziale: di che cosa si occupa la chimica?

In modo semplicistico potremmo dire che la chimica studia la materia, la sua composizione e le sue interazioni (con materia e/o energia).

Dovremmo anche definire che cosa significa effettuare una valutazione del rischio.

In questo caso, al di là della definizione normativa, è identificabile un processo che prevede l'analisi di una situazione, l'identificazione di uno o più pericoli, la verifica dell'esposizione, la stima del rischio, la

ponderazione dello stesso, la definizione di parametri di accettabilità, l'individuazione delle misure di prevenzione, protezione e di gestione dell'emergenza e la valutazione del rischio residuo.

L'incidente, in modo semplice, può essere definito come un risultato non atteso e non voluto di un processo in grado comportare danni alla salute, all'ambiente, alle strutture ed attrezzature che si manifesta in genere in modo violento e tempestivo.

In modo altrettanto semplice possiamo circoscrivere la valutazione del rischio chimico per la sicurezza alla prevenzione di elementi incidentali derivanti da pericoli chimici che non interessino in via diretta le tematiche della salute e dell'ambiente con aspetti di tipo cronico ma che siano determinati da causa violenta ed immediata.

L'approccio metodologico deve considerare una valutazione del rischio predittiva garantendo una visione di carattere generale della situazione che possa al contempo prevedere focus specifici.

In effetti una valutazione esclusivamente generale non permette di analizzare con il corretto approfondimento una situazione ma una valutazione troppo specifica e puntuale senza un adeguato sistema di riferimento ed inquadramento generale non permette di cogliere informazioni fondamentali e primarie.

Questo approccio prevede la necessità di individuare e possedere tre elementi fondamentali, quali: conoscenza, esperienza e consapevolezza.

Questi elementi dovranno essere governati da professionalità specifiche nell'ambito di un lavoro di squadra che interessi diversi profili di competenza coordinati da un team leader in grado di garantire il necessario collegamento e l'apporto di ognuno alla risoluzione delle problematiche considerate con il conseguente raggiungimento degli obiettivi di sicurezza prefissati.

### Conoscenza

Aspetti conoscitivi dovranno riguardare:

- % le sostanze chimiche impiegate e/o presenti e/o derivate da processi di trasformazione di qualsiasi natura, le loro caratteristiche chimico-fisiche, i pericoli associati;
- % le fonti energetiche presenti di qualsiasi tipologia e livello;
- % le attività, i processi e le fasi in cui sono o potrebbero essere presenti gli agenti chimici ed i relativi parametri di governo;
- % le caratteristiche tecnologiche di impianti, macchine ed attrezzature;
- % gli esposti ed i relativi fattori di criticità (persone, ambiente, attrezzature);
- % le misure di natura organizzativa, gestionale e di esercizio;
- % la natura degli incidenti possibili e prevedibili con la stima della probabilità di accadimento e del danno associato e conseguente;
- % le metodologie di valutazione del rischio applicabili ai casi di specie;
- % l'individuazione delle misure di prevenzione e protezione;
- % l'informazione, la formazione e l'addestramento;
- % la strategia per la gestione dell'emergenza;
- % le misure necessarie per garantire il controllo dell'accettabilità del livello di rischio.

### Esperienza

Le esperienze in merito vengono identificate dall'analisi storica di incidenti, infortuni, nearmiss e comportamenti pericolosi dai quali poter trarre ed alimentare nuove conoscenze.

### Consapevolezza

Gli elementi della consapevolezza dovranno tener conto del fattore umano ed utilizzare tecniche di "brainstorming" tramite un gruppo di lavoro costituito da esperti nei vari settori inerenti all'attività oggetto della valutazione.

Elementi di aiuto e di supporto nel processo saranno costituiti da una visione complessiva ed al contempo puntuale dell'attività da analizzare supportata da strumenti operativi quali check list, procedure, istruzioni, briefing, debriefing ed audit.

### Criticità

Elementi che potranno influire negativamente nel processo di valutazione sono rappresentati dal tempo, da fattori di natura economica, da una percezione distorta dei fattori di rischio e delle relative conseguenze, dalla capacità di risposta dell'organizzazione, dal livello di coinvolgimento dei vari soggetti interessati, dalla comunicazione poco efficace, da scelte determinate da condizionamenti non in linea con la politica della sicurezza aziendale.

L'approccio integrato diventa fondamentale per non cadere nella facile attrattiva di valutare il rischio chimico per la sicurezza riducendo la valutazione del rischio al solo titolo, capo ed articolo specifico senza considerare gli effetti preventivi del processo di valutazione e considerando tutti gli aspetti che possono portare ad elementi incidentali.

### **Riferimenti di natura legislativa, regolamentare e normativa**

#### Principali riferimenti

I principali riferimenti legislativi dei quali tener conto quanto si affronta la tematica del rischio chimico per la sicurezza sono:

- ‰ il R.D. 9 gennaio 1927, n. 147 che concerne il regolamento speciale per l'impiego dei gas tossici;
- ‰ la direttiva "Seveso III" e il decreto legislativo di recepimento, n. 105 del 26 giugno 2015 in materia di controllo del pericolo di incidenti rilevanti connessi a determinate sostanze pericolose;
- ‰ il D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81 e smi "Attuazione dell'articolo 1 della Legge 3 agosto 2007, n. 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro" (Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro);
- ‰ il D.Lgs. 17 marzo 1995 n° 230 e smi "Attuazione delle direttive Euratom in materia di radiazioni ionizzanti";
- ‰ il Regolamento (CE) n. 1907/2006 del Parlamento Europeo del Consiglio del 18 dicembre 2006 concernente la registrazione, la valutazione, l'autorizzazione e la restrizione delle sostanze chimiche (REACH);
- ‰ il regolamento europeo n. 1272/2008 (CLP Classification, Labelling and Packaging), grazie al quale il sistema di classificazione europeo relativo alla classificazione, etichettatura e imballaggio delle sostanze chimiche (e delle loro miscele) è stato allineato al sistema mondiale armonizzato di classificazione ed etichettatura delle sostanze chimiche (GHS);
- ‰ la normativa relativa al trasporto di merci pericolose.

#### Trasporto di merci pericolose

Il trasporto di merci pericolose è soggetto a norme e regolamenti molto dettagliati, formulati in base al tipo di materiale trasportato e ai mezzi di trasporto utilizzati.

- ‰ Trasporto su strada. Il trasporto su strada di merci pericolose è regolamentato dall'accordo internazionale ADR, il cui testo è aggiornato ogni due anni. L'accordo originale è stato siglato a Ginevra il 30 settembre 1957 come European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road.
- ‰ Trasporto via ferrovia. La regolamentazione relativa al trasporto su ferrovia è molto simile a quella su strada ed è definita dagli accordi RID (Règlement concernant le transport International ferroviaire des marchandises Dangereuses) a loro volta molto simili a quelli dell'ADR.
- ‰ Trasporto via nave. Il Codice IMDG (International Maritime Dangerous Goods Code) dell'IMO (Organizzazione Marittima Internazionale) è il riferimento normativo per il trasporto marittimo delle merci pericolose. Enti preposti ai controlli sono in sede internazionale l'IACS e in sede italiana il Registro Italiano Navale.
- ‰ Trasporto aereo. La legislazione dedicata al trasporto aereo è raccolta nell'accordo ICAO (Organizzazione Internazionale dell'Aviazione Civile).

## Il rischio chimico per la sicurezza ed i riferimenti presenti nel D. Lgs. 81/2008 e smi

L'esposizione a sostanze pericolose è individuata nel titolo IX del D. Lgs. 81/2008 e smi che è costituito da 4 capi, 44 articoli e 6 allegati corrispondenti (dal XXXVIII al XLIII).

Il Titolo IX risulta suddiviso nel modo seguente:

- ‰ Capo I Protezione da agenti chimici.
- ‰ Capo II Protezione da agenti cancerogeni e mutageni.
- ‰ Capo III Protezione dai rischi connessi all'esposizione all'amianto.
- ‰ Capo IV Sanzioni.

In particolare il capo I del Titolo IX del D. Lgs. 81/2008 e smi "determina i requisiti minimi per la protezione dei lavoratori contro i rischi per la salute e la sicurezza che derivano, o possono derivare, dagli effetti di agenti chimici presenti sul luogo di lavoro o come risultato di ogni attività lavorativa che comporti la presenza di agenti chimici".

Nella definizione di agenti chimici pericolosi, oltre a quanto previsto dalle direttive comunitarie e dai recepimenti delle stesse nell'ordinamento legislativo del nostro Paese nonché dai Regolamenti comunitari in materia (Reach e CLP), rientra anche quella relativa agli agenti chimici che, pur non essendo classificabili come pericolosi sulla base delle classificazioni regolamentari in materia di cui sopra, possono comportare un rischio per la sicurezza e la salute dei lavoratori a causa di loro proprietà chimico-fisiche, chimiche o tossicologiche e del modo in cui sono utilizzati o presenti sul luogo di lavoro, compresi gli agenti chimici cui è stato assegnato un valore limite di esposizione professionale.

L'Articolo 223 del D. Lgs. 81/2008 e smi - Valutazione dei rischi - stabilisce che "nella valutazione di cui all'articolo 28, il datore di lavoro determina preliminarmente l'eventuale presenza di agenti chimici pericolosi sul luogo di lavoro e valuta anche i rischi per la sicurezza e la salute dei lavoratori derivanti dalla presenza di tali agenti, prendendo in considerazione in particolare" una serie di parametri necessari e significativi per l'effettuazione della valutazione medesima.

La valutazione del rischio deve comprendere tutti i processi e le fasi del ciclo produttivo aziendale. Nella valutazione medesima devono essere incluse tutte le attività, dalla produzione, alla manipolazione, allo stoccaggio, al trasporto, al trattamento di scarti e rifiuti ivi compresa la manutenzione e la pulizia, per le quali è prevedibile la possibilità di esposizione o che, per altri motivi, possono provocare effetti nocivi per la salute e la sicurezza, anche dopo l'adozione di tutte le misure tecniche.

La valutazione del rischio non deve riguardare esclusivamente ogni attività lavorativa in cui sono utilizzati agenti chimici, o se ne prevede l'utilizzo, in ogni tipo di procedimento, ma anche la possibile esposizione derivante dalla presenza senza l'impiego degli stessi (reazioni chimiche, prodotti inquinanti presenti a qualsiasi livello, reazioni secondarie e fuggitive, ecc.).

Da considerare che il Titolo XI non si applica alla produzione, alla manipolazione, all'uso, allo stoccaggio ed al trasporto di esplosivi o di sostanze chimicamente instabili, quindi la valutazione "Atex" ... non è sufficiente quando si parla di rischio di esplosione!

Nel caso di attività lavorative che comportano l'esposizione a più agenti chimici pericolosi, i rischi sono valutati in base al rischio che comporta la combinazione di tutti i suddetti agenti chimici.

La valutazione dei rischi deve inoltre definire il livello del rischio per la salute (irrilevante - superiore all'irrilevante) e per la sicurezza (basso - superiore al basso) prevedendo in ogni caso le Misure e principi generali per la prevenzione dei rischi e le attività di Informazione e formazione per i lavoratori (ex artt. 224 e 227 del D. Lgs. 81/2008 e smi).

Qualora all'esito della valutazione il rischio non possa essere definito irrilevante per la salute e/o basso per la sicurezza dovranno essere adottate le ulteriori misure previste dal disposto legislativo quali:

- ‰ Articolo 225 - Misure specifiche di protezione e di prevenzione.
- ‰ Articolo 226 - Disposizioni in caso di incidenti o di emergenze.
- ‰ Articolo 229 - Sorveglianza sanitaria.
- ‰ Articolo 230 Cartelle sanitarie e di rischio.

Correlati al rischio chimico per la sicurezza vi sono senza dubbio i rischi d'incendio e d'esplosione. Lo stesso Titolo XI - Protezione da atmosfere esplosive è strettamente correlato alla valutazione del rischio chimico unitamente alla valutazione del rischio incendio prevista anche con riferimenti all'art. 46 del D. Lgs. 81/2008 e smi, dal DM 10 marzo 1998, dal nuovo Codice di Prevenzione Incendi e dalla specifica normativa di prevenzione incendi.

La valutazione del rischio chimico si estende anche agli aspetti previsti dal Titolo II - Luoghi di lavoro ed in particolare dall'articolo 66 - Lavori in ambienti sospetti di inquinamento e dal Titolo IV - Cantieri temporanei o mobili, con l'articolo 121 - Presenza di gas negli scavi.

In relazione al Titolo II va anche considerato l'Allegato IV - Requisiti dei luoghi di lavoro ed in modo specifico i seguenti punti:

- ‰ 2. Presenza nei luoghi di lavoro di agenti nocivi,
- ‰ 3. Vasche, canalizzazioni, tubazioni, serbatoi, recipienti, silos.
- ‰ 4. Misure contro l'incendio e l'esplosione.

Per quanto concerne il Titolo IV va sottolineato il riferimento all'Allegato XI - Elenco dei lavori comportanti rischi particolari per la sicurezza e la salute dei lavoratori, che riporta:

- ‰ 2. Lavori che espongono i lavoratori a sostanze chimiche o biologiche che presentano rischi particolari per la sicurezza e la salute dei lavoratori oppure comportano un'esigenza legale di sorveglianza sanitaria.

Elementi di riferimento sono ancora individuabili anche nell'ambito del Titolo III che contempla l'uso delle attrezzature di lavoro, i DPI e gli impianti e le apparecchiature elettriche per le interazioni tra energia chimica, elettrica, termica, meccanica ed agenti chimici in genere e per l'individuazione corretta dei DPI da utilizzare al fine della protezione dei lavoratori da uno o più rischi determinati dall'esposizione a questi agenti nelle forme più diverse.

La protezione dalle scariche atmosferiche, la realizzazione di impianti e l'impiego di attrezzature atte ad evitare interazioni energetiche con sostanze chimiche deve essere un elemento fondamentale del processo di valutazione del rischio chimico per la sicurezza (impianti elettrici in esecuzione antideflagrante, impianti di messa a terra, impianti di protezione dalle scariche atmosferiche, attrezzature ed utensili idonei all'impiego in atex ed in presenza di agenti chimici sensibili, instabili e reattivi).

Nell'Allegato VI - Disposizioni concernenti l'uso delle attrezzature di lavoro, collegato al Titolo III, sono presenti i seguenti punti:

- ‰ 1.8. Materie e prodotti pericolosi e nocivi.
- ‰ 1.9. Rischio da spruzzi e investimento da materiali incandescenti.
- ‰ 7. Materie e prodotti infiammabili o esplosivi.
- ‰ 8. Impianti ed operazioni di saldatura o taglio ossiacetilenica, ossidrica, elettrica e simili,

Da sottolineare l'uso di bombole e di recipienti in pressione che risulta strategico nella valutazione del rischio chimico per la sicurezza.

Nell'interazione tra energia e materia non possiamo non considerare gli effetti derivanti dagli agenti fisici quali rumore, infrasuoni, ultrasuoni, vibrazioni meccaniche, radiazioni appartenenti allo spettro elettromagnetico in parte contemplati nel Titolo VIII del D. Lgs. 81/2008 e smi.

Inoltre la valutazione del rischio chimico per la sicurezza prende in considerazione le interazioni tra agenti chimici e biologici molto spesso presenti insieme, per gli effetti biochimici di alcuni prodotti biologici, per lo sviluppo tossine da parte di alcuni agenti biologici, per le inertizzazioni, ecc. (Rif. Titolo X - Esposizione ad agenti biologici e Titolo X bis - Protezione dalle ferite da taglio e da punta nel settore ospedaliero e sanitario).

Per quanto concerne gli aspetti di natura legislativa atti alla protezione dei lavoratori oltre ai DPI già citati va evidenziata la segnaletica di sicurezza prevista dal Titolo V del D. Lgs. 81/2008 e smi e dagli allegati corrispondenti che dovrà prevedere anche elementi verbali e gestuali.

Si sottolinea inoltre l'importanza in ambito chimico delle "Prescrizioni per la segnaletica dei contenitori e delle tubazioni" previste nell'Allegato XXVI e nelle norme tecniche di riferimento.

Da una rapida analisi del Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro è possibile evincere che gli aspetti valutativi, anche da un punto di vista legislativo, non possono fermarsi al mero articolo di riferimento ma hanno una portata ben più ampia che si riconduce ad un atteggiamento scientifico e metodologico nell'affrontare il processo di valutazione del rischio chimico per la sicurezza che è caratterizzato da numerose variabili difficilmente riassumibili in una visione semplicista dell'argomento. Invece è possibile osservare che, nella maggior parte dei casi, l'attenzione viene puntata alla ricerca della definizione di "rischio basso per la sicurezza" tralasciando che, questo argomento (che non prevede una specifica definizione legislativa), interessa in maniera marginale la complessa attività valutativa soprattutto quando il rischio è significativo!

Parametri di base a supporto della valutazione del rischio chimico per la sicurezza

Per qualsiasi attività che possa comportare la presenza di agenti chimici nell'ambiente di lavoro, deve essere effettuata una valutazione del rischio chimico per la sicurezza nella quale devono essere indicati i principi generali, i criteri ed i riferimenti adottati per la valutazione medesima ed individuate le metodologie per l'eliminazione e/o la riduzione del rischio unitamente alle misure specifiche di prevenzione, protezione e di gestione dell'emergenza.

La valutazione del rischio, a cura del datore di lavoro e dei soggetti preposti definiti dalla normativa (vedi ad esempio responsabili dell'attività didattica e di ricerca nelle Università) deve necessariamente coinvolgere il servizio di prevenzione e protezione dai rischi, il medico competente e deve avvenire con la consultazione non solo del/i RLS ma, sarebbe auspicabile, anche con la partecipazione dei lavoratori esposti.

La valutazione del rischio chimico per la sicurezza deve avere carattere preventivo (è un elemento basilare da considerare per la prevenzione degli incidenti e per la salute dei lavoratori e dell'ambiente) ed essere periodicamente aggiornata. L'aggiornamento oltre a costituire un elemento di riflessione in materia con cadenza programmata prevede una nuova valutazione in occasione di innovazioni/modifiche di agenti chimici, processi, parametri di controllo, attrezzature, impianti ed in genere dei riferimenti che saranno di seguito individuati che risultino significativi ai fini della sicurezza e della salute sul lavoro.

La valutazione del rischio chimico per la sicurezza deve necessariamente tener conto di una serie di elementi che possono essere di seguito individuati, quali:

‰ Parametri di base per l'analisi della situazione e l'identificazione dei pericoli (esempi indicativi e non esaustivi)

- Conoscenza di leggi, regolamenti, norme e buone prassi.

- Pericolosità intrinseca di ogni sostanza e miscela chimica nonché dei prodotti e sottoprodotti anche non desiderati e derivanti da eventi non voluti ed incidentali (reazioni principali e secondarie).
- Caratteristiche chimico-fisiche (stato di aggregazione, tensione di vapore, temperature transizione di fase, temperatura e pressione critica, temperatura di infiammabilità/autoaccensioni, intervalli di infiammabilità/esplosività, entalpia di formazione, densità e densità dei vapori, solubilità in acqua, ecc.).
- Conoscenza della purezza, del titolo, della concentrazione e della presenza di inquinanti catalizzatori.
- La capacità degli agenti chimici di danneggiare la salute e le diverse vie di assorbimento.
- Gli effetti sinergici negativi dovuti alla presenza di prodotti chimici diversi sulla sicurezza e sulla salute.
- Termochimica di reagenti, prodotti e reazioni.
- Cinetica delle reazioni chimiche coinvolte.
- Conoscenza dei meccanismi di reazione e degli intermedi e loro caratteristiche.
- Stabilità e reattività delle sostanze e delle miscele chimiche.
- Incompatibilità chimica tra agenti e materiali.
- Conoscenza del ciclo di lavorazione, dei processi adottati e delle attrezzature impiegate.
- Stoccaggi, trasporti, trattamento delle sostanze/materie di scarto e dei rifiuti.
- Conoscenza delle fonti energetiche di processo, occasionali e naturali di qualsiasi natura che potrebbero interferire con gli agenti chimici.
- Conoscenza delle temperature di esercizio e delle conseguenze del mancato controllo.
- Sistemi per il controllo dell'atmosfera.
- Sistemi per il controllo delle sorgenti di innesco.
- Sistemi per il controllo della pressione di esercizio.
- Materiali costituenti attrezzature specifiche quali reattori, tubazioni, valvole, pompe, ecc.
- Sistemi di carico e scarico.
- Modalità di trasferimento dei fluidi,
- Problematiche per passaggio da lab, a impianto pilota a produzione industriale.
- Possibilità di esplosioni.
- Possibilità di reazioni violente.
- Possibilità di formazione di gas infiammabili.
- Possibilità di reazioni particolarmente esotermiche.
- Possibilità di formazione di gas tossici.
- Possibilità di formazione di atmosfere sotto ossigenate.
- Possibilità di reazioni secondarie di decomposizione.
- Possibilità di reazioni secondarie di ossidazione, esplosione, ecc.

‰ Parametri di base per l' identificazione dell'esposizione (esempi indicativi e non esaustivi)

- Quantità presenti in stoccaggio e lavorazione.
- Tempi e le frequenze di utilizzo.
- Sistemi di contenimento (ciclo chiuso/ciclo aperto).
- Presenza di personale.
- Condizioni di operatività.
- Ciclo continuo.
- Lavoro su turni.
- Operazioni di routine.
- Operazioni di manutenzione ordinaria/straordinaria.
- Operazioni di manutenzione interna/esterna.
- Permessi di lavoro e DUVRI.
- Danni ai lavoratori, all'ambiente ed alla popolazione.
- Aree di pertinenza.

- Ricaduta in ambiente esterno.
- Distanze di sicurezza interne, esterne e di protezione.

‰ Parametri di base per la definizione dei livelli di accettabilità, di ponderazione del rischio e per la definizione delle misure di prevenzione, protezione e gestione dell'emergenza (esempi indicativi e non esaustivi)

- Eliminazione/sostituzione degli agenti pericolosi.
- Eliminazione dei pericoli.
- Eliminazione/riduzione dei fattori di rischio.
- Analisi previsionale e predittiva.
- Prescrizioni da parte di organi di vigilanza.
- Sorveglianza e controllo.
- Sistemi di gestione manuali, procedure gestionali, istruzioni operative, metodi, registrazioni, controlli, audit.
- Misurazioni dei livelli.
- Rispetto degli standard.
- Rispetto delle condizioni prefissate.
- Operazioni di pulizia, registrazione e controllo.
- Manutenzione preventiva, programmata e predittiva.
- Sistemi per il controllo della temperatura di processo e dei relativi sistemi di riscaldamento e raffreddamento comprensivi dei sistemi di gestione dell'emergenza.
- Dispositivi di sicurezza per le sovra pressioni (valvole, dischi di rottura, sfiati) e convogliamento delle stesse in trappole ed impianti di filtrazione ed abbattimento.
- Sistemi per garantire le depressioni.
- Impiego di materiali adatti e compatibili ad agenti chimici e parametri di processo.
- Uso di contenitori e confezioni correttamente etichettate e segnalate.
- Serbatoi e tubazioni incamiciate.
- Serbatoi e vasche di raccolta.
- Serbatoi e dispositivi di sicurezza.
- Depositi ed aree di stoccaggio.
- Professionalità degli operatori.
- Informazione, formazione, addestramento.
- Misure di corretta prassi igienica (divieto di mangiare, bere e fumare, lavaggio mani, doccia a f.t.).
- Caratteristiche del luogo di lavoro.
- Misure organizzative e gestionali.
- Misure di controllo in continuo.
- Misure di controllo dei parametri critici.
- Misure di contenimento.
- Misure di prevenzione.
- Misure di protezione collettiva.
- Misure di protezione contro gli incendi.
- Misure di protezione contro le esplosioni.
- Misure di protezione contro formazione gas tossici.
- Dispositivi individuali in dotazione.
- Trappole e sistemi di cattura.
- Sistemi di aspirazione e ventilazione e convogliamento delle emissioni in impianti di filtrazione ed abbattimento.
- Rilevatori di gas e sistemi di allarme/intervento.
- Segnaletica.
- Piano di emergenza interno, esterno ed esercitazioni periodiche.
- Presidi, attrezzature e DPI per gli interventi in caso di emergenza.

- Presidi di primo soccorso (docce, lavaocchi di emergenza, antidoti specifici su autorizzazione di MC).
- I sistemi di controllo e monitoraggio dei livelli di sicurezza fissati.
- Le procedure per l'eventuale neutralizzazione e per lo smaltimento dei rifiuti.
- I valori limite di esposizione professionale e/o i valori limite biologici.

### **Agenti chimici pericolosi**

Nella valutazione del rischio chimico non devono essere presi in considerazione ed essere intesi quali pericolosi solo gli agenti chimici classificati come tali, sulla base di disposizioni normative e regolamentari, ma tutti gli agenti che possono comportare un rischio per la sicurezza e la salute dei lavoratori (e per l'ambiente) a causa di loro proprietà chimico-fisiche, chimiche o tossicologiche e del modo in cui sono utilizzati o presenti, della loro interazione con altri agenti chimici, fisici e biologici e della loro interazione con forme diverse di energia.

In questa fase è fondamentale la conoscenza degli agenti chimici e dei pericoli che li caratterizzano, le proprietà chimico fisiche, il loro comportamento in diverse condizioni, l'analisi termodinamica, cinetica e dei meccanismi di reazione.

L'acquisizione di dati ed informazioni in merito può avvenire dalle schede dati di sicurezza, per gli agenti per i quali sono presenti, e da ricerca bibliografica specifica.

Le schede dati di sicurezza SDS rappresentano senza dubbio un elemento necessario per l'acquisizione di informazioni basilari per il processo valutativo ma l'attività di indagine non può essere basata solo su questi aspetti ma deve essere necessariamente integrata da specifiche conoscenze in materia.

In effetti sono molti i casi nei quali situazioni di rischio chimico per la sicurezza particolarmente gravi sono determinate da agenti chimici classificati non pericolosi ai sensi di leggi e regolamenti, oppure sono determinate da agenti che sono pericolosi solo in certe condizioni oppure da agenti che possono formarsi in seguito a reazioni chimiche non desiderate di diversa natura.

Casi classici sono quelli delle sostanze organiche che possono dar luogo a miscele esplosive sotto forma di polveri o essere oggetto di trasformazioni biochimiche ad opera di microrganismi in ambienti aerobi o anaerobi con formazione di nuovi prodotti aventi caratteristiche di pericolo diverse (rischio derivante da ambienti con sospetto inquinamento o confinati, rischio di atmosfere esplosive).

Nella realizzazione di processi produttivi l'attività di valutazione dovrebbe essere sempre condotta con l'ausilio di indagini sperimentali e riproduzione dei processi in microLab e KiloLab.

### Pericoli intrinseci e derivati in seguito a reazioni chimiche

- agenti chimici asfissianti;
- agenti chimici corrosivi;
- agenti chimici tossici;
- agenti chimici combustibili;
- agenti chimici infiammabili;
- agenti chimici piroforici;
- agenti chimici esplosivi;
- agenti chimici comburenti;
- agenti chimici che formano atmosfere esplosive;
- agenti chimici instabili;
- agenti chimici che polimerizzano violentemente;
- agenti chimici che reagiscono violentemente con l'acqua;
- agenti chimici che sono inclini alla formazione di perossidi;
- agenti chimici che normalmente formano perossidi;
- agenti chimici con rischio di polimerizzazione iniziata da perossidi;
- agenti chimici radioattivi.

### Esposizioni

- Esplosioni chimiche e fisiche determinate da atex, agenti chimici e miscele esplosive, esplosioni per transizioni di fase (liquida/solida - gas/vapore), bombole, recipienti in pressione, ghiaccio/acqua olio bollente, Bleve.

### Incompatibilità chimica

Il termine "sostanze chimiche incompatibili" si riferisce a quelle sostanze che possono:

- reagire con una esplosione;
- reagire violentemente;
- reagire producendo una notevole quantità di calore;
- reagire determinando la formazione di prodotti infiammabili;
- reagire determinando la formazione di prodotti tossici.

### Condizioni operative

A seconda delle condizioni operative (portate, velocità, miscele, temperature, pressioni) vi possono essere pericoli legati a:

- formazione di reazione fuggitive;
- concentrazione di soluzioni di prodotti instabili;
- polimerizzazioni violente;
- decomposizione violenta;
- formazione di perossidi;
- presenza di catalizzatori.

### Interazioni con fonti energetiche

- riscaldamenti, raffreddamenti;
- atmosfere in pressione e depressione;
- fiamme, scintille, scariche elettriche ed atmosferiche, elettricità statica;
- rumore, infrasuoni, ultrasuoni, vibrazioni, ccm, roa, radiazioni ionizzanti, radiazioni non coerenti.

## **Esposizioni**

Un'esplosione è un improvviso e violento rilascio di energia termica e meccanica a partire da energia chimica o nucleare, con produzione di gas ad altissima temperatura e pressione.

L'espansione istantanea di questi gas genera un'onda d'urto nel mezzo fisico in cui avviene, che in assenza di ostacoli si espande in fronti d'onda sferici centrati nel punto d'origine dell'esplosione. Se incontra ostacoli esercita su di essi una forza tanto maggiore quanto maggiore è la superficie investita e quanto più è vicina al centro dell'esplosione.

Le esplosioni chimiche vengono suddivise in:

- deflagrazioni, nelle quali la propagazione della reazione chimica di esplosione è una forma di combustione endogena che procede nel materiale a velocità subsonica;
- detonazioni, nelle quali la reazione chimica di esplosione non è una combustione, ma una decomposizione diretta della molecola di esplosivo, innescata direttamente dall'onda d'urto: la reazione di esplosione procede quindi alla velocità del suono in quella particolare sostanza attraverso tutto il materiale, e la pressione e temperatura finale dei prodotti di reazione sono quindi molto più elevate.

Da evidenziare che esplosioni fisiche possono essere seguite da esplosioni chimiche e che esiste la possibilità di un'esplosione in assenza di aria! Nella valutazione del rischio chimico per la sicurezza devono essere indagate tutte le possibili esplosioni e le reazioni violente non identificabili e classificabili come ATEX.

### La pericolosità dei comburenti

I comburenti sono sostanze e miscele chimiche che a un contatto con altre sostanze, combustibili e/o infiammabili, provocano una forte reazione esotermica.

A seconda dell'agente, dello stato di aggregazione, della concentrazione, dei combustibili e della loro natura possono essere presenti i seguenti effetti dovuti alla presenza di un comburente:

- Il campo di infiammabilità si allarga poiché cresce il L.S.
- Aumenta la velocità di propagazione dell'incendio
- Diminuisce l'energia minima di innesco
- Aumenta la temperatura teorica di combustione
- Si abbassa la temperatura di autoaccensione

La presenza di comburenti comporta l'ossidazione di sostanze organiche anche non pericolose (cellulosa, grassi, oli, paraffine, ecc.)

Tipici ossidanti sono ossigeno, acido nitrico, nitrati, nitriti, ipocloriti, cloriti, clorati, perclorati, bicromato di potassio, permanganato di potassio, alogeni, ecc.

Altri effetti sulla sicurezza relativi ad alcuni comburenti sono la decomposizione (es.:  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  ed incidenti correlati).

La reazione chimica tra un comburente ed un infiammabile genera un prodotto potenzialmente esplosivo.

### Perossidi organici

I perossidi organici sono sostanze organiche liquide o solide che contengono la struttura bivalente -O-O- e possono quindi essere considerate come derivati del perossido d'idrogeno, nei quali uno o due atomi di idrogeno sono sostituiti da radicali organici. Sotto questa denominazione sono comprese anche le miscele (formulazioni) di perossidi organici contenenti almeno un perossido organico. I perossidi organici sono sostanze o miscele termicamente instabili che possono subire una decomposizione esotermica autoaccelerata.

Inoltre, possono avere una o più delle seguenti proprietà:

- sono soggetti a decomposizione esplosiva;
- bruciano rapidamente;
- sono sensibili agli urti e agli sfregamenti;
- reagiscono pericolosamente al contatto con altre sostanze.

Si considera che un perossido organico possiede proprietà esplosive se, durante le prove di laboratorio, la miscela (formulazione) si rivela in grado di detonare, deflagrare rapidamente o reagire violentemente al riscaldamento sotto confinamento.

La miscelazione di un perossido con un infiammabile genera un prodotto potenzialmente esplosivo.

### Esplosioni provocate dal mescolamento di un ossidante con un combustibile

E' noto che miscele di combustibili e ossidanti possono reagire, in date condizioni, anche in modo esplosivo liberando una notevole quantità di calore e di prodotti gassosi (con conseguente aumento di pressione). Questo vale non solo per le miscele gassose con l'aria (aria-metano, aria-idrogeno, ecc.) ma anche per le soluzioni e per le miscele di solidi con ossidanti diversi dall'aria. Nonostante le conoscenze chimiche, capita abbastanza frequentemente di miscelare un combustibile (non riconosciuto come tale) con un ossidante (non riconosciuto come tale), con conseguenze spesso gravi. La maggior parte delle esplosioni riportate in letteratura deriva proprio dalla combinazione più o meno accidentale di un ossidante con un combustibile. Tra gli ossidanti (oltre all'ossigeno) maggiormente coinvolti in reazioni esplosive troviamo:

- gas contenenti ossigeno (ossidi di azoto, ossidi di cloro), il cloro, il fluoro;
- acidi contenenti ossigeno (acido nitrico, acido perclorico);
- sali di acidi contenenti ossigeno (nitrati, clorati, perclorati);
- ossidi (biossido di manganese, anidride cromica, ecc.);
- perossidi, ecc.

### Le reazioni fuggitive (runaway reactions)

Una reazione fuggitiva è la conseguenza della perdita di controllo della temperatura. Questo fenomeno è anche definito esplosione termica e comporta un aumento della velocità di reazione, il possibile raggiungimento di una temperatura alla quale iniziano reazioni secondarie di decomposizione e un aumento di pressione.

Reazioni, cioè, in cui il calore prodotto dalla massa reagente non viene ceduto all'ambiente con rapidità sufficiente ad impedire un'autoaccelerazione della reazione stessa e produzione, diretta o indiretta, di gas ad alta pressione e temperatura.

Contrariamente a quanto avviene per le combustioni esplosive, non è soddisfatto il requisito che l'energia venga rilasciata molto rapidamente, in quanto questo tipo di esplosione è sempre preceduto da un processo di autoriscaldamento e quindi da un periodo di induzione.

Una reazione fuggitiva è quindi caratterizzata dal progressivo aumento della velocità di liberazione del calore (e quindi di aumento della temperatura e della pressione). In ogni processo chimico esiste sempre la possibilità che la velocità di liberazione del calore (per effetto dell'esotermicità della reazione) sia superiore alla velocità di smaltimento, per cui la massa di reazione subisce un aumento di temperatura indesiderato.

All'aumentare della temperatura aumenta anche la velocità di liberazione del calore, con conseguente ulteriore aumento (in maniera esponenziale) della temperatura fino alla perdita di controllo della reazione.

Nella valutazione delle reazioni pericolose non deve essere identificata solo la reazione principale ma tutte le reazioni secondarie di decomposizione e le reazioni che appartengono a sottoprodotti di reazione.

#### Parametri da tenere sotto controllo

- eccesso di reagenti,
- materiale non reagito,
- formazione di sottoprodotti pericolosi,
- decomposizione,
- reazione con contaminanti e solventi,
- innalzamento di temperatura,
- innesco reazioni secondarie.

### Stabilità e reattività

‰ Sostanza che reagisce con se stessa (autoreattiva) e con altre sostanze.

Es.: Legame vinilico CVM, acrilati, stirene).

‰ Reazioni con altre sostanze: incompatibilità chimica.

Es.: formazione gas infiammabili, tossici, produzione calore, ecc.

‰ Polimerizzazione violenta con catalizzatori e/o calore.

Es.: composti coniugati insaturi (butadiene, isoprene, ciclopentadiene, acroelina, acrilonitrile).

Composti con doppi legami adiacenti (chetene, metiliscianato, toluene diisocianato,).

Anelli con tre atomi (ossido di etilene e propilene, epicloridrina, etilene immina).

‰ Decomposizione.

Es.: acetilene, diazocomposti, perossidi, nitrocomposti, azoturi.

‰ Condensazione.

Es.: Condensazione aldolica - Condensazione di Claisen.

‰ Sostanza o miscela autoriscaldante.

‰ Reazione violenta con acqua.

Es.: Metalli alcalini e alcalino terrosi, reattivi di Grignard, idruro alchili.

‰ Nitrificazione della cellulosa.

Es.: Nitrocellulosa, fulmicotone.

‰ Nitrificazione di grassi, trigliceridi e glicerina.

Es.: Nitroglicerina.

% Nitrificazione di sostanze organiche.

Es.: Trinitrofenolo, trinitrobenzene, trinitrotoluene, tetranitrato di pentaeritrite.

### Raggruppamenti pericolosi sostanze organiche

$-C\equiv C-$	derivati acetilenici	$-C\equiv C$ -metallo	acetiluri metallici
$-C\equiv C-X$	aloacetiluri	$>CN_2$	diazo
$\geq C-N=O$	nitroso	$\geq C-NO_2$	nitro
$\geq C-O-N=O$	acil o alchil nitriti	$\geq C-O-NO_2$	acil o alchil nitrati
$\begin{array}{c} >C & - & C< \\ & \diagdown & / \\ & O & \end{array}$	1,2-epossidi	$>C=N-O$ -metallo	fulminati
$>N-N=O$	N-nitroso	$>N-NO_2$	N-nitro
$\geq C-N=N-C\leq$	azo	$\geq C-N=N-O-C\leq$	arenediazo
$\geq C-N=N-S-C\leq$	arenediazosolfuri	$\geq C-N=N-N-C\leq$	triazeni
		 R	
$-N=N-N=N-$	tetrazoli	$\geq C-O-O-H$	alchil idroperossidi, perossiacidi
$\geq C-O-O-C\leq$	perossidi, perossiesteri	$-O-O$ -metallo	sali di perossiacidi
$-N_3$	azidi		

### Reazioni chimiche pericolose e prodotti incompatibili

Sostanza A	Sostanza B	Tipo di pericolo
Ossidante	Combustibile	miscela esplosiva
Clorati	Acidi	miscela ipergolica*
Clorati	Sali di ammonio	sali di ammonio esplosivi
Clorato di potassio	Fosforo rosso	miscela esplosiva
Clorato di potassio	Zolfo	miscela esplosiva
Cloriti	Acidi	miscela ipergolica*
Ipocloriti	Acidi	miscela ipergolica*
Anidride cromica	Combustibile	miscela ipergolica*
Permanganato di potassio	Combustibile	miscela ipergolica*
Permanganato di potassio	Acido solforico	esplosione
Tetracloruro di carbonio	Metalli alcalini	esplosione
Nitroderivati	Alcali	miscela instabile
Nitrosoderivati	Alcali	miscela instabile
Nitroso ammine	Acidi	miscela ipergolica*
Metalli alcalini	Acqua	miscela ipergolica*
Acqua ossigenata	Ammine	esplosione
Etere	Aria (ossigeno)	formazione di perossidi
Olefine	Aria (ossigeno)	formazione di perossidi
Nitriti	Sali di ammonio	sali di ammonio esplosivi
Acetilene	Rame	acetiluro di rame, esplosivo
Acido picrico	Piombo	sale di piombo esplosivo
Acido nitrico	Ammina	miscela ipergolica*
Perossido di sodio	Combustibile	miscela ipergolica*

\* Miscela ipergolica - Si accende spontaneamente al l'atto del miscelamento.

### Combinazioni potenzialmente esplosive

- %o Acetone + cloroformio in presenza di basi
- %o Acetilene + rame, argento, mercurio, o loro sali
- %o Ammoniaca (incluse le soluzioni acquose) +  $Cl_2$ ,  $Br_2$ , o  $I_2$
- %o Disolfuro di carbonio + sodio azotidrato ( $-N_3$ )
- %o Cloro + un alcol
- %o Cloroformio o carbonio tetracloruro + polveri di Al o di Mg
- %o Carbone decolorante + un agente ossidante
- %o Dietil etere + cloro
- %o Dimetil solfossido + un alogenuro acilico,  $SOCl_2$ , o  $POCl_3$
- %o Dimetil solfossido +  $CrO_3$
- %o Etanolo + calcio ipoclorito
- %o Etanolo + argento nitrato
- %o Acido nitrico + anidride acetica o acido acetico
- %o Acido picrico + sale di metallo pesante, come di Pb, Hg, Ag
- %o Argento ossido + ammoniaca + etanolo
- %o Sodio + un idrocarburo clorurato
- %o Sodio ipoclorito + ammina

### Sostanze chimiche che reagiscono violentemente con l'acqua

- %o Metalli alcalini
- %o Idruri dei metalli alcalini
- %o Ammidi dei metalli alcalini
- %o Metallo alchili, come litio alchili e alluminio alchili
- %o Reattivi di Grignard
- %o Alogenuri di non metalli, come  $BCl_3$ ,  $BF_3$ ,  $PCl_3$ ,  $PCl_5$ ,  $SiCl_4$ ,  $S_2Cl_2$
- %o Alogenuri acidi inorganici, come  $POCl_3$ ,  $SOCl_2$ ,  $SO_2Cl_2$
- %o Alogenuri metallici anidridi, come  $AlCl_3$ ,  $TiCl_4$ ,  $ZrCl_4$ ,  $SnCl_4$
- %o Fosforo pentossido
- %o Carburo di calcio
- %o Alogenuri acidi organici e anidridi di basso peso molecolare

### Sostanze chimiche piroforiche

- %o Reattivi di Grignard,  $RMgX$
- %o Metallo alchili e arili, come  $RLi$ ,  $RNa$ ,  $R_3Al$ ,  $R_2Zn$
- %o Metallo carbonili, come  $Ni(CO)_4$ ,  $Fe(CO)_5$ ,  $Co_2(CO)_8$
- %o Metalli alcalini, come Na, K
- %o Polveri metalliche, di Al, Co, Fe, Mg, Pd, Pt, Ti, Sn, Zn, Zr
- %o Idruri metallici, come  $NaH$ ,  $LiAlH_4$
- %o Idruri di non metalli, come  $B_2H_6$  e altri borani,  $PH_3$ ,  $AsH_3$ ,
- %o Non metallo alchili, come  $R_3B$ ,  $R_3P$ ,  $R_3As$
- %o Fosforo (bianco)

### **Idratazione di acidi e basi**

L'idratazione di acidi e basi concentrati costituisce una reazione chimica esotermica che rappresenta una particolare pericolosità per il calore che si può sviluppare e per la violenza della reazione che comporta emissione di getti, schizzi, vapori, rottura di recipienti e contenitori.

Gli effetti e le conseguenze sono determinati dalle quantità.

In questi casi deve essere prevista una procedura corretta per le operazioni di diluizione (sostanza a piccole dosi nell'acqua sotto agitazione), per il controllo della temperatura, per la protezione degli operatori, ecc.

Devono essere studiate ed adottate anche procedure in caso di soccorso tecnico urgente e di soccorso sanitario.

### **Ambienti sospetti d'inquinamento e/o confinati (D. Lgs. 81/2008 e smi - DPR 14/09/2011, n. 177)**

Per "ambiente confinato" si intende uno spazio circoscritto, caratterizzato da limitate aperture di accesso e da una ventilazione naturale sfavorevole, in cui può verificarsi un evento incidentale importante, che può portare ad un infortunio grave o mortale, per la presenza di agenti chimici pericolosi (ad esempio gas, vapori, polveri) o per la riduzione/mancaza di ossigeno.

Sono altresì presenti anche ambienti con sospetto inquinamento (cfr. artt. 66 - 121 del D. Lgs. 81/2008 e smi) che non sono caratterizzati da limitate aperture di accesso ma che costituiscono una gravissima situazione di rischio chimico per la sicurezza.

**Nota:** l'apertura di accesso a detti luoghi, seppur limitata, deve avere dimensioni tali da poter consentire l'agevole recupero di un lavoratore privo di sensi.

#### %o Ambienti confinati identificabili per la presenza di aperture di dimensioni ridotte

Elenco indicativo e non esaustivo:

- o serbatoi di stoccaggio,
- o silos,
- o recipienti di reazione,
- o sistemi di drenaggio,
- o canalizzazioni,
- o fogne,
- o fosse biologiche.

#### %o Ambienti confinati non altrettanto facili da identificare ma ugualmente pericolosi.

Elenco indicativo e non esaustivo:

- o scavi,
- o camere con aperture in alto,
- o vasche,
- o depuratori,
- o cisterne aperte,
- o camere di combustione nelle fornaci e simili,
- o stive di navi,
- o ambienti con ventilazione assente e/o insufficiente.

I fattori di rischio in questi ambienti sono a volte poco prevedibili e gli incidenti che ne derivano coinvolgono, in diverse occasioni, più lavoratori ognuno in soccorso dell'altro. Le cause che li determinano sono in genere derivanti da scarsa conoscenza degli ambienti e dei pericoli presenti e da una assente consapevolezza della situazione. In questi casi sono necessarie:

- misure tecniche, organizzative e gestionali;
- informazione, formazione, addestramento;
- un approccio predittivo;
- possesso anche di abilità non tipicamente tecniche.

L'inquinamento chimico di questi ambienti viene a determinare tre condizioni basilari di rischio quali l'asfissia, l'avvelenamento e l'incendio/esplosione.

#### ‰ Asfissia

Riduzione della concentrazione/pressione parziale dell'ossigeno dell'aria

Cause (elenco indicativo e non esaustivo):

- permanenza prolungata/sovraffollamento in ambienti di ridotte dimensioni e con scarso ricambio di aria (consumo dell'ossigeno nell'atto respiratorio);
- reazioni chimiche di ossidoriduzione di sostanze organiche;
- processi di fermentazione;
- lavorazioni con consumo di ossigeno;
- impiego di gas tecnici e vapore d'acqua per operazioni di bonifica ed inertizzazione.

Situazioni (elenco indicativo e non esaustivo):

- impiego di azoto, argon, anidride carbonica, miscele di gas inerti, vapore d'acqua per opere di bonifica ed inertizzazione di serbatoi, cisterne, tubazioni;
- lavori in canalizzazioni e gallerie;
- reazione tra rifiuti e l'ossigeno dell'atmosfera;
- reazione tra l'acqua del terreno ed il calcare con produzione di anidride carbonica;
- nelle stive delle navi, nei containers, nelle autobotti e simili, come reazione redox delle sostanze contenute con l'ossigeno presente all'interno;
- all'interno di serbatoi di acciaio e recipienti quando si ossidano (formazione di ruggine);
- nell'uso di agenti estinguenti come l'anidride carbonica in ambienti non aerati;
- nelle vasche dei depuratori biologici;
- vasche e canalizzazioni aperte dove sono impiegati/presenti agenti chimici anche classificati non pericolosi che emettono vapori con densità maggiore dell'aria;
- in presenza di solidi sfusi o in granuli che, accorpandosi a formare blocchi, possono improvvisamente collassare, soffocando le persone travolte;
- nell'industria alimentare e nei processi di fermentazione in genere;
- ambienti o recipienti in aziende vitivinicole;
- negli ambienti confinati dove si effettuano processi di saldatura.

#### ‰ Avvelenamento

Assorbimento di sostanze tossiche da parte dell'organismo

Cause (elenco indicativo e non esaustivo):

- per inalazione;
- per contatto epidermico a causa di gas, fumi o vapori tossici normalmente presenti o che possono penetrare da ambienti circostanti in relazione all'evaporazione di liquidi o sublimazione di solidi normalmente presenti o che possono improvvisamente riempire gli spazi, o rilasciarvi gas, quando agitati o spostati.

Situazioni (elenco indicativo e non esaustivo):

- fogne, nelle bocche di accesso e nei pozzi di connessione alla rete;
- serbatoi, recipienti, tubazioni e canalizzazioni;
- lavori in galleria;

- vasche e canalizzazioni aperte dove sono impiegati/presenti agenti chimici anche classificati non pericolosi che emettono vapori con densità maggiore dell'aria;
- combustioni in difetto d'ossigeno e quindi con produzione di monossido di carbonio (stufe catalitiche, bracieri);
- trattamento di vasche, cisterne e serbatoi vuoti ed aperti con agenti chimici;
- ambienti confinati dove si effettuano processi di saldatura;
- scavi e fossi contenenti terreno contaminato;
- scarichi di rifiuti e materiali di scarto;
- gasometri;
- ambienti confinati quando nelle immediate vicinanze si producono fumi tossici che possono entrare negli stessi;
- trasferimenti, trasporti e travasi di agenti chimici pericolosi in ambienti con scarsa o assente ventilazione;
- presenza di agenti chimici che emettono gas tossici in presenza di aria o vapori d'acqua (ad esempio, zolfo, fosfuri che emettono fosfina a contatto di acidi ed acqua o vapore).

#### ‰ Incendio/esplosione

‰ Cause (elenco indicativo e non esaustivo):

- gas e vapori infiammabili;
- liquidi infiammabili;
- polveri in strato;
- polveri disperse nell'aria;
- eccesso di ossigeno o di ossidanti in genere;
- decomposizione di sostanze organiche e autoriscaldamento;
- sostanze instabili e reattive;
- prodotti esplosivi.

#### **Conclusioni**

La valutazione del rischio chimico per la sicurezza, oltre a rappresentare un specifico obbligo di legge, per il datore di lavoro, deve essere considerata come uno strumento operativo strategico per la prevenzione degli incidenti e la tutela della sicurezza e della salute dell'uomo e dell'ambiente.

Nell'ambito della presente trattazione si è voluto porre l'attenzione ad alcuni aspetti metodologici e di approccio alla materia considerando una serie di parametri essenziali ai fini valutativi.

Va considerato che la conoscenza chimica delle problematiche inerenti la valutazione costituisce una condizione necessaria ancorché non sufficiente in quanto dovrà essere opportunamente integrata come descritto.

Essendo tuttavia la sola analisi dei pericoli un elemento che richiede un particolare impegno, anche per soggetti esperti in materia di prevenzione, sono stati strutturati alcuni paragrafi di approfondimento rispetto a questi argomenti anche per far comprendere la complessità della materia.

## **BIBLIOGRAFIA**

1. J. Reason, *L'errore umano - EPC 2014*
2. G. Finotto; A. Zingales *Valutazione del rischio chimico nei laboratori di ricerca ed analisi. Atti Convegno Nazionale Risch - Modena 27 settembre 2002*
3. *Hazards in the Chemical Laboratory 2nd Edition, The Chemical Society, 1977*
4. P. Cardillo, *Incidenti in ambiente chimico - Guida allo studio e alla valutazione delle reazioni fuggitive Stazione sperimentale per i Combustibili, San Donato Milanese, 1998*
5. M. Malizia, *Manuali per vigili volontari - Ascoli Piceno*
6. *Guida operativa ambienti con sospetto inquinamento, Ispesl 2008*
7. *Prudent practices for disposal of chemicals from laboratories. Comm. Haz. Subst. Lab., Washington, D.C., 1983*

