

*Convegno Nazionale*

**VALUTAZIONE E GESTIONE DEL RISCHIO  
NEGLI INSEDIAMENTI CIVILI ED INDUSTRIALI**

*Palazzo dei Congressi  
Pisa, 6-8 Ottobre 1998*

**LE METODOLOGIE DI ANALISI DI RISCHIO PIU' COMUNEMENTE USATE  
NEL CAMPO PETROLCHIMICO:  
UNA RASSEGNA CRITICA**

\* D. BARONE  
TECSA S.p.A. - Via Figino 101 20016 Pero (Milano)  
tel. 02/33910484  
fax 02/33910737  
E.mail: [tecsa@tecsaspa.com](mailto:tecsa@tecsaspa.com)

## SOMMARIO

Le metodologie di analisi di rischio, introdotte nel campo petrolchimico dopo l'accadimento di incidente rilevanti negli anni '70, si possono distinguere in qualitative e quantitative. Tra le metodologie qualitative più comunemente usate sono descritte e commentate (l'analisi delle sostanze pericolose, le matrici di compatibilità, l'indagine storico-statistica, l'analisi di operabilità; tra quelle quantitative gli alberi di guasto, gli alberi degli eventi, i modelli di calcolo delle conseguenze, la verifica dei sistemi di sicurezza attiva e passiva, gli indici di rischio.

\* \* \* \*

### 1. PREMESSA

Le analisi di rischio sono state introdotte nel campo petrolchimico negli anni '70 dopo l'accadimento di incidenti rilevanti quali Flixborough - UK (1974), Beck - NL (1973), Seveso - I - (1976), allo scopo di verificare sia la sicurezza degli impianti e degli stoccaggi con la presenza di significative quantità di sostanze pericolose, sia l'efficacia dei relativi piani di emergenza esterni necessari a mitigare le conseguenze di possibili scenari incidentali coinvolgenti le aree circostanti.

La Direttiva CEE 82/501 sui rischi di incidenti rilevanti connessi con determinate attività industriali, ha poi richiesto in modo formale per gli impianti a più alto rischio, la stesura di un rapporto di sicurezza avente lo scopo di definire i possibili rischi sia per l'interno che per l'esterno e le misure di sicurezza per limitare le conseguenze comprendenti anche il piano di emergenza e l'informazione della popolazione eventualmente interessata.

Le metodologie di analisi di rischio già esistenti e sperimentate nel campo nucleare, aeronautico ed elettronico furono adattate al campo petrolchimico con le opportune modifiche per tener conto dei seguenti fattori:

- numerosità delle sostanze pericolose presenti;
- tipologia dei processi (continui, discontinui, alta/bassa pressione, ecc.);
- tipologia dei materiali delle apparecchiature e delle linee di interconnessione (acciai al carbonio, acciai inox, acciai speciali, leghe, ecc.).

L'ampia variabilità delle sostanze trattate, dei processi, dei materiali e delle apparecchiature, ha costituito un notevole vincolo alla costituzione ed alla gestione di banche dati di affidabilità dei componenti costituenti un impianto o uno stoccaggio.

### 2. METODOLOGIE QUALITATIVE

#### 2.1 Analisi delle sostanze pericolose

L'analisi delle sostanze pericolose presenti nell'impianto o nello stoccaggio è generalmente basata sulle Schede di Sicurezza a 16 punti. Queste schede, oltre a fornire la classificazione delle sostanze ai fini della normativa sui grandi rischi (DPR 175/88 e DPR 577/82 e successivi) danno utili riferimenti per:

- i rischi per la salute delle persone che le manipolano;
- i rischi per l'ambiente in caso di fuoriuscita accidentale;
- le misure di primo soccorso;
- le misure antincendio;
- i controlli dell'esposizione e la protezione individuale;
- le proposte chimico-fisiche;
- la stabilità e reattività;
- le informazioni tossicologiche ed ecologiche.

## 2.2 Matrici di compatibilità

Le matrici di compatibilità delle sostanze pericolose e dei materiali costituenti le apparecchiature e linee di collegamento sono un utile strumento di verifica, controllo e gestione dei rischi connessi alla eventuale reattività sia tra le sostanze chimiche presenti, sia tra queste ed i materiali dei componenti.

## 2.3 Indagine storico-statistica

L'esperienza acquisita nella gestione di impianti o stoccaggi di sostanze pericolose simili a quelle oggetto dell'analisi di rischio, è di fondamentale importanza per la definizione della tipologia degli scenari incidentali e delle relative conseguenze e per una successiva analisi critica degli stessi.

Si ricorda che incidenti coinvolgenti la diossina (TCDD) come a Seveso (1976) e con effetti simili erano già avvenuti in precedenza in altre località: Ludwigshafen (1953), Duphar (1963) e Bolsever (1968).

L'indagine storico-statistica può essere effettuata tramite banche dati incidenti specializzate, archivi storici aziendali, letteratura, ecc.

## 2.4 Analisi di operabilità (HAZOP)

L'analisi di operabilità (HAZard and OPerability Analysis) è certamente una delle metodologie più utilizzate per la verifica delle unità più critiche di un impianto o stoccaggio petrolchimico. Lo scopo fondamentale dell'analisi è quello di verificare l'adeguatezza dei sistemi di sicurezza presenti per far fronte a tutte le possibili deviazioni dei parametri di processo dovute sia a malfunzionamento dei sistemi di controllo presenti sia a differenti cause operative.

L'HAZOP, applicata sia a nuovi impianti sia ad impianti esistenti, richiede la disponibilità di P&I e/o schemi di processo dettagliati e la partecipazione di esperti del processo, della gestione, della sicurezza e, quando necessario, di altre specialità (quali manutenzione, ispezione, ecc.). Il documento prodotto può essere utilizzato sia nella gestione dell'impianto, sia nell'addestramento del personale operativo.

L'HAZOP consente inoltre di identificare le connessioni logiche per arrivare a situazioni critiche operative (TOP EVENTS) quali ad esempio alta pressione, alta temperatura, polimerizzazione esplosiva, ecc.

Per tutte le altre unità di impianto di minore criticità, si può effettuare una HAZOP semplificata (COARSE HAZOP) che esamina in modo rapido ma completo tutti i P&I relativi, evidenziando eventuali carenze o punti critici.

## 2.5 Altre metodologie

Altre metodologie usate nel campo nucleare, aeronautico ed elettronico quali:

- Cosa succede se? (What if);
- Analisi dei modi di guasto e degli effetti (Failure Mode and Effects analysis)

non sono molto usate nel campo petrolchimico sia per l'ampia variabilità di sostanze, processi materiali, ecc., già evidenziate al punto 1. che non garantisce un approccio razionale e completo a tutti i casi, sia perché le altre metodologie indicate al punto 2 ed in particolare l'HAZOP consentono una efficace analisi qualitativa dei rischi di processo.

Le liste di controllo (Check Lists) che normalmente fanno riferimento ad un elenco dei possibili pericoli presenti in un impianto di processo ed alle possibili misure di sicurezza adottabili non sono molto usate nel campo petrolchimico in quanto il loro contenuto è già presente sia nelle filosofie di base dei vari standards, specifiche, sia nelle procedure operative e di emergenza. Il loro uso è più adatto per una verifica da parte di personale non esperto dello specifico impianto in esame.

### **3. METODOLOGIE QUANTITATIVE**

#### **3.1 Alberi di guasto**

Gli alberi di guasto sono generalmente utilizzati per la stima della frequenza degli scenari incidentali connessi ad anomalie operative ed al mancato intervento dei sistemi di blocco automatico e/o degli operatori.

La stesura di un albero di guasto a partire dall'evento indesiderato (TOP EVENT) richiede generalmente una accurata e completa conoscenza del processo, dei sistemi di controllo e di blocco automatico presenti.

Ciò è normalmente ottenuto effettuando una HAZOP alla parte di impianto interessata.

Gli alberi di guasto che normalmente si presentano in una analisi di rischio di un impianto di processo, sono di estensione limitata se si pone cura al raggruppamento dei componenti non ripetuti in altri rami.

L'elaborazione di un albero di guasto che consiste nella sua semplificazione con l'algebra di Boole e nella successiva quantificazione utilizzando sia i tassi di guasto rivelati e non rivelati (pericolosi), sia i tempi di riparazione e gli intervalli di test, può essere effettuata nella maggior parte dei casi manualmente.

Possono essere impiegati anche programmi di calcolo sia per i casi più complessi, sia per verificare i calcoli effettuati manualmente.

#### **3.2 Alberi degli eventi**

Gli alberi degli eventi sono generalmente utilizzati per la stima delle frequenze dei possibili scenari incidentali conseguenti l'evento iniziale quale ad esempio la rottura casuale parziale o totale di tubazioni, apparecchiature con fuoriuscita di sostanze tossiche e/o infiammabili e con la possibilità di getti incendiati, flash-fire, pozze incendiate, esplosioni.

L'elaborazione della maggior parte degli alberi degli eventi, normalmente di limitata complessità, è effettuata manualmente.

#### **3.3 Modelli di calcolo delle conseguenze**

Dopo aver definito i termini sorgente dello scenario incidentale consistente generalmente in diametro della sezione di efflusso, pressione, temperatura, volume e caratteristiche della capacità a monte, i modelli di calcolo delle conseguenze permettono di stimare sia in condizioni stazionarie che transitorie, quanto segue:

- portate di efflusso (gas, liquido o bifase);
- percentuale che vaporizza (flash);
- portata che evapora;
- formazione di nubi tossiche e/o esplosive (lunghezza e larghezza);
- incendi di pozze (diametro, altezza di fiamma e irraggiamento);
- incendi di getti incendiati (lunghezza e irraggiamento);
- esplosioni di nubi infiammabili confinate e non confinate (zone di sovrappressione specifica).

I modelli di calcolo delle conseguenze generalmente utilizzati hanno limiti e campi di validità ricavati dal confronto tra dati stimati e dati relativi a prove o rilievi sperimentali.

Non sempre i modelli comprendono le sostanze pericolose oggetto dell'analisi di rischio e pertanto occorre utilizzare altre sostanze simili per comportamento, facendo riferimento ad alcune caratteristiche fisico-chimiche (esempio peso molecolare, calore di vaporizzazione, calore specifico, temperatura di ebollizione, densità, ecc.).

La stima delle conseguenze è generalmente conservativa (per i rilasci di sostanze tossiche e/o infiammabili) in quanto non tiene conto della presenza degli ostacoli presenti o di eventuali rilievi del terreno circostante.

### 3.4 Verifica dei sistemi di sicurezza attiva e passiva

La stima delle conseguenze degli scenari incidentali considerati, già elencati al punto 3.3 permette una verifica dell'adeguatezza dei sistemi di sicurezza attiva e passiva presenti nell'installazione per prevenire e/o mitigare i danni quali ad esempio:

- rilevatori di tossicità e/o infiammabilità (numero, ubicazione);
- valvole telecomandate di sezionamento delle grosse apparecchiature contenenti sostanze tossiche e/o infiammabili (al di sopra di un certo quantitativo);
- cordolature, pendenze, fosse di raccolta e sistemi di drenaggio per la raccolta degli eventuali rilasci liquidi e dell'acqua antincendio impiegata;
- rivestimenti antifuoco dei supporti e delle apparecchiature (altezza e durata);
- sistemi di raffreddamento (a diluvio, a sprinkler), delle apparecchiature o stoccaggi;
- sale controllo pressurizzate e/o a prova di esplosione esterna.

### 3.5 Indici di rischio

Gli indici di rischio richiesti dalla normativa vigente per la stesura del rapporto di sicurezza per le attività a grande rischio, consentono la identificazione delle unità più critiche di un impianto o stoccaggio. Sulla base dei quantitativi di sostanze pericolose presenti e dei parametri di processo, vengono inizialmente calcolati i seguenti indici intrinseci:

- F = indice di incendio
- C = indice di esplosione confinata
- A = indice di esplosione in aria
- G = indice di rischio generale.

Successivamente i suddetti indici possono essere ridotti con misure atte a ridurre la frequenza e/o le conseguenze degli stessi, ottenendo gli indici compensati F', C', A', G' che, confrontati con appositi valori di riferimento, permettono di categorizzare l'unità. Poiché sia da parte del fabbricante che dell'Autorità di controllo, c'è la tendenza a ridurre il più possibile tali indici sia con misure procedurali organizzative che impiantistiche, essi sono diventati un utile strumento di riferimento per la riduzione ed il controllo dei rischi.

### 3.6 Altre metodologie

Possibili ulteriori sviluppi delle analisi di rischio nel campo della tollerabilità del rischio o della compatibilità dello stesso con il territorio circostante, richiederanno l'impiego, del resto già in uso presso altri Paesi europei, dei seguenti riferimenti:

- le curve di isorischio che definiscono il rischio di mortalità all'interno dell'installazione per una persona eventualmente presente (rischio individuale);
- le curve di rischio collettivo che definiscono il rischio di mortalità per i gruppi di persone presenti nell'installazione e/o nelle abitazioni circostanti.

Tali curve, confrontando i valori stimati con l'analisi di rischio con quelli relativi a situazioni di fatto esistenti ed evidenziate da un approccio storico-statistico, permettono di stabilire se il rischio connesso ad una certa installazione ed in uno specifico territorio è al di sotto di quello di riferimento o esistente, oppure necessità di ulteriori riduzioni.

#### 4. CONCLUSIONE

Le metodologie di analisi di rischio più usate nel campo petrolchimico sono le seguenti:

- \* *Metodologie qualitative*
  - Analisi delle sostanze pericolose
  - Matrici di compatibilità
  - Indagine storico-statistica
  - Analisi di operabilità (HAZOP)
  
- \* *Metodologie quantitative*
  - Alberi di guasto
  - Alberi degli eventi
  - Modelli di calcolo delle conseguenze
  - Verifica dei sistemi di sicurezza attiva e passiva
  - Indici di rischio.

Altre metodologie di possibile sviluppo futuro sono quelle relative all'impiego delle curve di isorischio e di rischio collettivo per poter dare un giudizio sulla tollerabilità del rischio e sulla compatibilità dello stesso con il territorio circostante.