

## **I DISPOSITIVI DI SICUREZZA: POSSIBILI SORGENTI DI RISCHIO NEGLI IMPIANTI DEGLI STABILIMENTI A RISCHIO DI INCIDENTE RILEVANTE**

### Autori

- Ing. Domenico Barone, *Libero professionista*  
*Via Lomazzo, 51*  
*20154 Milano*
- Ing. Paolo Dell'Antone  
*European Vinyls Corporation (Italia) S.p.A.*  
*Via della Chimica, 5*  
*30175 Porto Marghera (Venezia)*
- Ing. Claudio Martines  
*Ispettorato interregionale vigili del fuoco per il Veneto e Trentino-Alto Adige*  
*Via Dante, 55*  
*35139 Padova*
- Ing. Federico Ricci  
*Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza sul Lavoro*  
*Via Alessandria, 220/E*  
*00198 Roma*
- Ing. Loris Tomiato  
*Agenzia regionale per la prevenzione e la protezione ambientale del Veneto*  
*P.le Stazione, 1*  
*35131 Padova*
- Ing. Gaetano Vallefucio  
*Ispettorato interregionale vigili del fuoco per il Veneto e Trentino-Alto Adige*  
*Via Dante, 55*  
*35139 Padova*

## Sommario

Tra le possibili sorgenti di pericolo negli impianti a rischio di incidente rilevante occorre certamente considerare anche i *dispositivi di sicurezza* per le apparecchiature contenenti *sostanze pericolose*, qualora non siano stati previsti - a seguito di una attenta *analisi del rischio* - idonei sistemi di convogliamento, contenimento, abbattimento o termodistruzione (sistemi di *blow-down*) per le sostanze pericolose da essi scaricate.

La memoria sarà sviluppata dapprima con un richiamo sulle emissioni controllate in atmosfera e rilasci e/o perdite accidentali di sostanze pericolose nelle attività di processo, e sui sistemi di protezione per essi previsti dalla normativa vigente, viste però nel contesto degli stabilimenti a rischio di incidenti rilevanti, per poi passare alla presentazione dell'analisi di un incidente, avvenuto in impianto a rischio di incidente rilevante a seguito del rilascio di un prodotto clorurato da un camino (senza danni all'uomo ed all'ambiente), ed alla successiva analisi di rischio eseguita sui dispositivi di sicurezza installati sull'impianto stesso.

### 1. EMISSIONI CONTROLLATE IN ATMOSFERA E RILASCI E/O PERDITE ACCIDENTALI DI SOSTANZE PERICOLOSE NELLE ATTIVITA' DI PROCESSO

Tra le attività antropiche sono comprese anche le industrie di processo (petrolifera, petrolchimica, chimica, chimica-fine, farmaceutica, ecc.), che sono caratterizzate dall'insieme delle lavorazioni eseguite con l'impiego di materiali o sostanze che possono subire cambiamenti dello stato fisico (solido, liquido e aeriforme) e dei parametri chimico-fisici originari (temperatura, pressione, concentrazione, ecc.), e/o variazioni della struttura molecolare.

Al riguardo si intende per *attività di processo* l'insieme delle diverse lavorazioni (trattamenti fisici e/o trasformazione chimiche e/o biologiche) che sono effettuate, secondo un ben preciso ordine logico-sequenziale e spazio-temporale, sui materiali o sostanze (dalle materie prime fino ai prodotti finiti), che nell'industria di processo di nostro interesse risultano essere prevalentemente sostanze pericolose, così come definite dalla legislazione vigente.

E' poi noto che le attività svolte nell'industria di processo possono indurre nell'ambiente, come schematizzato nella figura 1, emissioni controllate di sostanze pericolose in atmosfera, ovvero effetti indesiderati (talora persino contrastanti con gli obiettivi che l'attività stessa persegue) come rilasci e/o perdite accidentali di sostanze pericolose a seguito di incidenti, nel caso in cui non siano state studiate e realizzate, adeguatamente, le migliori soluzioni impiantistiche che consentono di prevenire l'insorgere di condizioni incidentali e di mitigarne gli effetti qualora l'incidente si verificasse comunque.

Infatti, durante l'attività di processo, in cui risultano prevalentemente impiegati e prodotti materiali classificabili come sostanze pericolose, possono originarsi:

- a) sottoprodotti durante le ordinarie condizioni di marcia dell'impianto o dell'apparato di processo, in quanto non utili alla produzione (talvolta anche dannosi), quali le sostanze originate o trascinate da quelle primarie (*sfiati e scarichi di reazione, prodotti intermedi o semilavorati*), tra loro separabili mediante opportuni trattamenti sia nel caso di sostanze aventi la stessa fase (solido/solido, liquido/liquido, aeriforme/aeriforme), sia nel caso di sostanze aventi fasi diverse (solido/liquido, liquido/aeriforme, solido/aeriforme);
- b) sostanze che - avendo mutato sensibilmente i propri parametri fisici (pressione, temperatura, concentrazione, ecc.) o chimici rispetto a quelli di funzionamento ordinario, ovvero originatesi nelle apparecchiature durante le lavorazioni a causa di reazioni chimiche incontrollate (*runaway*) - potrebbero risultare pericolose per l'integrità fisica delle apparecchiature in cui risultano presenti a causa dell'aumento della pressione interna da esse prodotte, fino a determinarne la rottura grave (*scoppio*) o lieve con conseguenti rilasci o perdite accidentali (*eventi incidentali*) di sostanze pericolose. Questi eventi incidentali, a loro volta, possono evolvere verso gli *scenari incidentali*, schematicamente indicati nella figura 2, con gravi conseguenze per l'uomo, i beni e l'ambiente. Entrambe le situazioni sono riconducibili a condizioni di funzionamento anomale o di emergenza delle lavorazioni, che dovranno comunque essere previste in fase di progettazione, comprendente anche l'analisi di rischio.

In entrambi i casi, le sostanze pericolose - tenuto conto dei quantitativi in gioco, dei limiti in materia di inquinamento dell'ambiente (suolo, falde acquifere, fiumi, laghi, mare e aria) e delle soglie di danno in materia di rischi di incidenti rilevanti - devono essere inviate, come schematizzato nella figura 3, a seconda

delle loro caratteristiche a:

- *sistemi di blow-down*, (che nella lingua inglese significa *spurgo, espulsione*), costituiti da *sistemi di convogliamento, contenimento, abbattimento/trattamento chimico-fisico o di termodistruzione (forno o torcia)*, per essere quindi destinati a *smaltimento* (quali scarti e/o residui di lavorazione), oppure direttamente a:
- *altro ciclo operativo*;
- *ricircolo*;
- *scarico controllato in atmosfera*, quando le sostanze non superano le soglie di danno.

Per gli scopi del presente lavoro, si farà riferimento principalmente alle sostanze pericolose di cui al precedente caso b), tenendo presente che le condizioni di funzionamento anomale o di emergenza delle apparecchiature di processo possono essere conseguenti a varie cause (avarie o malfunzionamento delle apparecchiature di processo, errore umano, cause esterne).

Infatti, per quanto i processi siano sempre stati sottoposti ad un attento controllo da parte dell'uomo con l'ausilio di idonea strumentazione, che nel tempo, a seguito del progresso tecnologico, è divenuta sempre più sofisticata ed automatizzata, per quanto siano diventati sempre più stringenti i cicli di manutenzione cui le apparecchiature sono sottoposte, per quanto siano sempre di più curati la formazione e l'addestramento del personale che opera a vario titolo nell'industria di processo, è sempre possibile che si verifichino gli incidenti.

Inoltre, dall'analisi statistica condotta sugli incidenti accaduti nel settore dell'industria della chimico-farmaceutica, che può essere presa come valido riferimento per l'intera industria di processo, è risultato che:

- le *sostanze pericolose* maggiormente coinvolte negli incidenti sono, in ordine, quelle *infiammabili, tossiche e corrosive*;
- gli *incidenti* sono dovuti principalmente a *rilasci di sostanze tossiche, esplosioni confinate (VCE) ed incendi*;
- le *fasi operative* in cui si verificano gli incidenti sono, in ordine, quelle di *processo* (principalmente durante le reazioni chimiche), *stoccaggio, movimentazione dei materiali* (principalmente durante le operazioni di travaso) e *manutenzione degli impianti*;
- le *cause iniziatrici* degli incidenti sono dovute maggiormente per *errori umani e guasti tecnici*. In particolare, i tipi di errori umani maggiormente frequenti sono, in ordine, quelli *procedurali, di progettazione, di scarsa conoscenza del processo* e di *cattiva manutenzione*, mentre i tipi di guasti tecnici maggiormente frequenti sono, in ordine, dovuti a *rottura o perdita da tubazione, da serbatoio, avaria alla strumentazione ed accessori (valvole) ed alla corrosione*.

Per evitare le possibili conseguenze descritte con eventuale danno all'uomo, ai beni ed all'ambiente, le apparecchiature di processo devono essere dotate di *dispositivi di sicurezza, di dispositivi di protezione e di controllo*, mentre le sostanze pericolose originatesi nelle condizioni anomale o di emergenza dell'apparato di processo dovranno essere coltate dai dispositivi di sicurezza a *sistemi di blow-down* nel caso in cui superino le soglie di rischio.

In particolare, per quanto concerne i sistemi di blow-down occorre ricordare che due ben noti incidenti - quali quelli di Seveso (Italia, 1976) e Bhopal (India, 1985) - ebbero conseguenze rilevanti per le persone e l'ambiente poiché non sono stati previsti a Seveso, mentre a Bhopal era stato disattivato il funzionamento della torcia.

## **2. I SISTEMI DI PROTEZIONE DELLE ATTIVITA' DI PROCESSO DA RILASCI E/O PERDITE ACCIDENTALI DI SOSTANZE PERICOLOSE: CARATTERISTICHE FUNZIONALI, RIFERIMENTI NORMATIVI E BIBLIOGRAFICI**

Parte delle lavorazioni che si svolgono nell'industria di processo sono interessate da *fenomeni esotermici*, con conseguente aumento della temperatura. Conseguentemente, la pressione interna dell'apparecchiatura interessata (apparato di processo, tubazioni, macchinari in genere e serbatoi) può poi aumentare sia per lo sviluppo di gas o vapori dallo stesso materiale o sostanza in lavorazione, sia per la semplice dilatazione del materiale o sostanza stessa, oppure per effetto del nuovo equilibrio conseguente all'attività di processo considerata.

Nel caso in cui detti *fenomeni esotermici* non siano opportunamente controllati dalle maestranze, ovvero non siano stati previsti (seppur conosciuti) o siano del tutto ignoti ai progettisti, la lavorazione diventa, di

fatto, incontrollata, dando origine alle cosiddette *fughe termiche* (traduzione del termine inglese *thermal runaway*), a loro volta responsabili dell'aumento della pressione interna dell'apparecchiatura considerata oltre i valori di progetto (che sono riferiti, salvo rare eccezioni, alla massima pressione interna dell'apparecchiatura nelle normali condizioni di esercizio), determinandone la rottura grave (catastrofica) o lieve, e, quindi, il rilascio o perdita accidentale (evento incidentale) delle sostanze pericolose presenti o sviluppate durante la lavorazione, con possibile rischio di incidenti, quali:

- *dispersione di sostanze pericolose*, prevalentemente infiammabili, tossiche e corrosive, anche su aree molto vaste;
- scenari incidentali interessanti sostanze pericolose infiammabili (*flash-fire, jet-fire, incendi, esplosioni, BLEVE e fire-ball*);
- *inquinamento* del suolo, di falde acquifere e dell'aria;
- *alterazione della qualità dell'ambiente di lavoro*.

Tali eventi possono essere prevenuti se le apparecchiature sono correttamente progettate e realizzate, nonché attentamente controllate durante le operazioni di manutenzione (ispezioni, verifiche e controlli), ed esercitate durante il loro ordinario funzionamento (gestione operativa del processo).

In fase di progettazione, al fine di prevenire il rischio di rottura grave (catastrofica) delle apparecchiature di processo, occorre dapprima scegliere i *materiali di costruzione* utilizzati per le singole apparecchiature, che costituiscono nel loro insieme l'impianto di processo, in base alle loro caratteristiche meccaniche, alle loro resistenze agli agenti chimici, nonché in funzione delle caratteristiche chimico-fisiche delle sostanze da lavorare (impiegate e prodotte) e delle temperature e pressioni nelle normali condizioni di esercizio di ogni singola apparecchiatura.

Inoltre, sia nel caso di realizzazione di nuovi prodotti, sia nel caso di modifica dei processi esistenti a parità di prodotto, occorre effettuare anche studi sperimentali della stabilità termica dei processi chimici, mediante *analisi termica differenziale* (traduzione del termine inglese *DTA: Differential Thermal Analysis*), *calorimetria differenziale a scansione* (traduzione del termine inglese *DSC: Differential Scanning Calorimetry*), *apparecchiatura tipo ARC (Accelerating Rate Calorimetry)*, *calorimetro tipo Skarex*, *contenitori aperti tipo miniautoclavi, Vasi Dewar e calorimetri di reazione a flusso termico*, ciò al fine di prevedere eventuali fughe termiche.

Alla luce delle considerazioni sin qui svolte, appare evidente che, tra i vari parametri fisici, la *pressione di esercizio* delle apparecchiature gioca un ruolo prevalente, rispetto a tutti gli altri, affinché le lavorazioni siano effettuate in condizioni di sicurezza, tant'è che sia le disposizioni normative nazionali, sia le norme internazionali di riferimento (che costituiscono la cosiddetta *buona pratica di ingegneria*) sono imperniate, principalmente, proprio sui sistemi di protezione delle apparecchiature dalle sovrappressioni, che sono, altresì, denominati *apparecchi a pressione*.

Per il prosieguo della presente memoria, occorre richiamare i principali riferimenti normativi nazionali che possono essere suddivisi in due gruppi, di cui il primo avente carattere generale e riferito alle sostanze pericolose in genere, mentre il secondo riguardante specificatamente gli apparecchi a pressione.

- Dall'esame del suddetto quadro normativo nazionale risulta che gli apparecchi a pressione sono soggetti:
- a) alla normativa generale, se la pressione massima di funzionamento è inferiore al valore di  $0,5 \text{ kg/cm}^2$ , che si identifica con l'art. 241 – Requisiti di resistenza e di idoneità, del Capo II – Impianti, apparecchi e recipienti soggetti a pressione, del D.P.R. 27 aprile 1955, n. 547;
  - b) alla normativa speciale, se la pressione massima di funzionamento supera il valore di  $0,5 \text{ kg/cm}^2$  secondo:
    - il D.P.R. 13 febbraio 1981, n. 341, che ha modificato il punto 11) dell'art. 4 del R.D. 12 maggio 1927, n. 824, valevole fino al 29 maggio 2002 per la commercializzazione di attrezzature a pressione e di insieme, ivi compresa la relativa messa in servizio anche successivamente alla predetta data, ai sensi dell'art. 22 del D.Lgs. 25 febbraio 2000, n. 93;
    - il D.Lgs. 25 febbraio 2002, n. 93 concernente l'attuazione della direttiva 97/23/CE in materia di attrezzature a pressione.

Dall'esame della normativa speciale di cui alla precedente lettera b) risulta chiaramente che la funzione degli *accessori di sicurezza* - ovvero in particolare dei *dispositivi per la limitazione diretta della pressione* (valvole di sicurezza, dispositivi a disco di rottura, aste pieghevoli, dispositivi di sicurezza pilotati per lo scarico della pressione), secondo la più recente terminologia prevista dal D.Lgs. n. 93/2000 - è quello di vero

e proprio *dispositivo di protezione attiva* delle *attrezzature in pressione* (recipienti, tubazioni, insiemi), che interviene quando è raggiunta la pressione massima di funzionamento del recipiente stesso per scongiurarne la rottura catastrofica.

Tuttavia il suddetto D.Lgs. n. 93/2000 - pur disciplinando la progettazione, la fabbricazione e la valutazione di conformità delle attrezzature a pressione sottoposte ad una determinata pressione massima, ed introducendo, tra l'altro, l'obbligo da parte del fabbricante di *analizzare i rischi* per individuare quelli connessi con la propria attrezzatura da realizzare - non stabilisce in modo puntuale, a differenza di quanto previsto dalla previgente normativa, alcune tematiche quali per esempio le *portate degli scarichi* degli *accessori di sicurezza*, la cui valutazione è strettamente connessa alla natura dell'impianto in cui è inserita l'attrezzatura in pressione considerata, ovvero le cause che possono determinare l'intervento degli stessi accessori di sicurezza, tenuto conto che dette cause possono essere ricondotte a:

- *anomalie di esercizio*: quali errori di manovra, disservizi dei controlli automatici o dei meccanismi di regolazione automatica compresi i dispositivi di riduzione di pressione con o senza by-pass, apporto di calore da sorgenti esterne non dovute ad incendio ed altre;
- *incendio esterno*: da non considerare quando, secondo la dichiarazione dell'utente, sul luogo d'impianto è da escludere la presenza, in quantità tali da poter alimentare un incendio di sostanze infiammabili, solide o liquide, nel locale dove è installato l'apparecchio o nelle immediate vicinanze dell'apparecchio stesso.

In particolare, i requisiti che devono soddisfare gli scarichi degli accessori di sicurezza restano ancora quelli chiaramente specificati dalla previgente normativa, i quali costituiscono il *punto cruciale* della presente memoria in relazione a quanto riportato nella successiva analisi incidentale:

- 1) la portata di fluido che i dispositivi di sicurezza possono scaricare non deve essere inferiore alla massima quantità di fluido comunque adducibile o generabile nel recipiente anche in relazione a prevedibili anomalie nell'esercizio del recipiente stesso e dell'impianto in cui è inserito (cfr. ex art. 20, comma 2, del Capo IV del D.M. 21 maggio 1974);
- 2) i condotti di collegamento e ingresso ai dispositivi di sicurezza nonché gli eventuali condotti di scarico devono essere dimensionati e realizzati in modo da non limitare la funzionalità dei dispositivi di sicurezza (cfr. ex art. 22, comma 1, del Capo IV del D.M. 21 maggio 1974);
- 3) lo scarico dei dispositivi di sicurezza deve avvenire in modo tale da evitare danni alle persone (cfr. ex art. 22, comma 2, del Capo IV del D.M. 21 maggio 1974 e punto 12.5 del capitolo E.1.D.2 "Valvole di sicurezza", del fascicolo E.1.D "Accessori di sicurezza e controllo" delle specificazione tecniche, edizione gennaio 1979, applicative al D.M. 21 maggio 1974);
- 4) i dispositivi a frattura prestabilita devono essere costruiti o montati in modo da evitare la proiezione di frammenti (cfr. punto 22 del capitolo E.1.D.4 "Dispositivi a frattura prestabilita", del fascicolo E.1.D "Accessori di sicurezza e controllo", delle specificazione tecniche, edizione 1979, applicative al D.M. 21 maggio 1974);
- 5) gli scarichi, gli spurghi e gli sfiati devono scaricare in modo da non danneggiare le persone (cfr. ex punto 4.1 del capitolo E.1.D.6 "Dispositivi di controllo", del fascicolo E.1.D "Accessori di sicurezza e controllo" - edizione gennaio 1979 - delle specificazione tecniche applicative al D.M. 21 maggio 1974);
- 6) i generatori di liquidi surriscaldati devono essere corredati di almeno un dispositivo di sicurezza a scarico convogliato in modo da scaricare complessivamente la quantità massima di vapore riproducibile in relazione alla potenzialità del generatore (cfr. ex art. 1, lettera a), del Capo I del D.M. 1 dicembre 1975);
- 7) gli scarichi dei dispositivi di sicurezza devono essere convogliati in modo da non arrecare danno alle persone ed il convogliamento non deve pregiudicare il regolare funzionamento del dispositivo di sicurezza (cfr. ex punto 4 del Capo IV del D.M. 29 febbraio 1988).

Risulta quindi evidente che la normativa speciale per gli apparecchi in pressione non si limita solamente a salvaguardare l'integrità dell'attrezzatura a pressione considerata mediante l'installazione dei relativi accessori di sicurezza, ma è altresì finalizzata alla sicurezza delle persone e dei beni, prevedendo anche il convogliamento degli scarichi delle sostanze pericolose provenienti dagli stessi accessori di sicurezza a sistemi di blow-down per non arrecare alcun tipo di danno.

Tuttavia potrebbe sembrare che la norma nello stabilire l'*obiettivo* non indichi, in modo esplicito, le *modalità tecniche* per raggiungerlo.

All'incompletezza del dettato normativo - solo formale e non sostanziale - si è posto da sempre storicamente rimedio con quel vigile e costante atteggiamento mentale associato al principio del *buon padre*

di famiglia, oramai assimilato storicamente da intere generazioni quasi con incisiva efficacia di valenza giuridica, tanto da diventare il riferimento deontologico per chiunque debba responsabilmente operare per il proprio ed altrui benessere.

Su detto principio si fonda da sempre anche la *buona pratica di ingegneria*.

Occorre quindi stabilire in fase di progettazione funzionale, tecnologica ed esecutiva, tenuto conto dello schema della figura 3, se la sostanza pericolosa rilasciata dagli scarichi dei dispositivi di sicurezza, nel caso o meno abbia superato le soglie di danno, sia inviata a *sistemi di blow-down*, oppure direttamente a *scarico controllato in atmosfera*, ad *altro ciclo operativo* o a *ricircolo*.

Un *sistema di blow-down*, rappresentabile secondo lo schema della figura 4, risulta costituito, principalmente, da:

- un *collettore* degli scarichi di emergenza dei dispositivi di sicurezza per le condizioni funzionamento anomale o di emergenza dell'apparato di processo considerato, che, se opportunamente, dimensionato potrebbe essere anche lo stesso per gli sfiati e scarichi di reazione;
- un *dispositivo di raccolta* (quale un bacino di contenimento nel caso di sostanze pericolose infiammabili, oppure un recipiente chiuso nel caso di sostanze pericolose non infiammabili), che, in caso di sostanza bifase, potrebbe fungere, al tempo stesso, anche da *separator*;
- un *impianto di abbattimento* (quale un impianto fisso antincendi ad acqua nebulizzata o a schiuma nel caso di sostanze infiammabili, oppure una torre di quenching nel caso di sostanze pericolose non infiammabili di cui occorre abbassare immediatamente la temperatura per evitare ulteriori problemi a valle) o di *trattamento* (quale un impianto di adsorbimento per sostanze pericolose allo stato liquido e/o gas, oppure un impianto di assorbimento per sostanze pericolose allo stato gassoso);
- un *impianto di termoidistruzione*, quali forni o torce.

In particolare, durante la progettazione i collettori devono essere dimensionati e realizzati in modo da convogliare le massime portate di scarico previste delle sostanze pericolose considerate al sistema di contenimento, tenuto conto delle possibili concomitanze di emergenza, delle eventuali incompatibilità dei fluidi da scaricare nello stesso collettore e degli effetti della contropressione imposta e/o generata nei riguardi dei dispositivi di sicurezza.

Invece, per le torce - eventualmente provviste di impianto di vapor d'acqua per evitare la presenza di incombusti - devono essere definite le concentrazioni dei prodotti della combustione entro i limiti di legge per lo scarico in atmosfera, anche in funzione dell'altezza della torcia per le ricadute al suolo, e la zona interessata dalle eventuali radiazioni termiche. Al riguardo occorre poi considerare che la torcia non deve essere utilizzata per quelle sostanze che, a seguito della loro combustione, possono produrre sostanze pericolose di tipo tossico o corrosive, ovvero di microinquinanti.

Dall'elenco bibliografico che segue, certamente non esaustivo, si evince come i flussi di sostanze pericolose provenienti dagli apparecchi di processo - siano essi scarichi e/o sfiati in condizioni di normale esercizio operativo, siano essi scarichi di emergenza in condizioni anomale o di emergenza -, sono convogliati a sistemi di contenimento, secondo le indicazioni fornite dagli organismi internazionali di normazione, dalle associazioni di categorie, dalle più importanti aziende imprenditoriali e dalla bibliografia tecnica esistente:

- *Recommended Practice 520, Sizing, Selection and Installation of Pressure-Relieving Devices in Refineries*, API (American Petroleum Institute), 1963: costituisce una guida pratica per l'installazione dei dispositivi di sicurezza;
- Snamprogetti, *Guida alla progettazione degli impianti petrolchimici e di raffinazione*, L.di G. Pirola, Milano 1975 (seconda edizione, che segue la prima edizione del 1971): descrive i criteri per la progettazione del sistema di blow-down a torcia per una raffineria, e fornisce le raccomandazioni per progettisti impiantisti sul corretto collegamento delle valvole di sicurezza ai circuiti chiusi di blow-down;
- *Basic Practice (BP3-2-4), Pressure Relieving Systems*, Exxon, edizione 1976: prevede le modalità con cui gli scarichi di emergenza possono essere scaricati in atmosfera o in sistemi chiusi;
- Less F.P., *Loss Prevention in the Process Industries*, voll. 1 e 2, Butterworths, London 1980: per i flussi di sostanze pericolose provenienti da reattori chimici, riporta esempi di schemi funzionali di sistemi di blow-down, di alberi decisionali per la progettazione dei sistemi di blow-down e di un sistema di blow-down vero e proprio;
- Associazione Italiana di Ingegneria Chimica (AIDIC), *Il convogliamento degli scarichi di emergenza*

- nell'industria chimica*, Franco Angeli Editore, Milano 1981: riporta i criteri aggiornati per la progettazione dei sistemi di convogliamento degli scarichi di emergenza;
- *Recommended Practice 521, Guide for Pressure-Relieving and Depressuring Systems*, API (American Petroleum Institute), 1997 (quarta edizione, mentre la prima edizione risulta datata 1969): costituisce una guida pratica per l'installazione dei sistemi di blow-down a torcia;
  - *Guida pratica: Sicurezza degli impianti*, Federchimica, edizione 1997: indica le misure impiantistiche per il contenimento di rilasci di sostanze tossiche mediante i sistemi di contenimento e di abbattimento;
  - *Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) – Draft Reference on Best Available Technics in the Large Volume Organic Chemical Industry – Annex III: Flares Systems*, edizione ottobre 2001: si esclude l'impiego della torcia per quelle sostanze che possono dare origine a prodotti della combustione di tipo tossico o corrosivo.

A ciò va aggiunto che le maggiori aziende industriali nazionali ed internazionali si sono dotate di proprie norme tecniche di progettazione sia per i dispositivi di sicurezza che per i sistemi di contenimento, come di seguito richiamate:

- ESSO Engineering, (USA): norme tecniche sui sistemi di sfiato, sui dispositivi di sicurezza e sui sistemi di blow-down (1972), sulle tecniche di trattamento dei gas e articolato dei siti aziendali (1973), e di stima della diffusione delle emissioni nei siti aziendali (1975);
- Montedison S.p.A. (Italia): nota tecnica sui sistemi di torcia negli impianti petrolchimici e petroliferi (1975);
- Tecnimont S.p.A., (Italia): norme tecniche sulle unità di sfiato (1982);
- Mobil Oil Corporation, (USA): norme tecniche sui sistemi di scarico (1985).

Infine, anche dall'esame della normativa nazionale sulle sostanze pericolose avente carattere generale, risulta che gli impianti, le parti d'impianto, gli apparecchi, i recipienti, le tubazioni ed accessori in genere, devono essere provvisti di tutta una serie di misure per prevenire e contenere i rilasci e/o perdite accidentali di sostanze pericolose per la salvaguardia dell'incolumità dei lavoratori (cfr. art. 241, dal 244 al 247, dal 351 al 365 del D.P.R. 27 aprile 1955, n. 547, dall'art. 18 all'art. 21 del D.P.R. 19 marzo, n. 303, art. 216 e 217 del R.D. 27 luglio 1934, n. 1265).

Anche in questo caso bisognerà ricorrere alla buona pratica dell'ingegneria, adottando caso per caso, le norme tecniche di riferimento nazionali, internazionali (*standards, recommended practices, reports e code cases*) e le pubblicazioni tecniche.

### 3. ANALISI DI UN INCIDENTE

L'incidente considerato si riferisce ad un ingente rilascio di prodotto clorurato in atmosfera ed all'esterno dello stabilimento, che - seppur non immediatamente misurato, controllato e valutato nella sua estensione e nei suoi effetti - non provocò il superamento delle soglie di danno per l'uomo e l'ambiente, come fu verificato dagli organi di controllo subito dopo e dimostrato dal gestore con l'analisi post-incidente.

L'origine dell'incidente è da attribuire allo scatto della valvola di sicurezza, per massima pressione, installata su un filtro a carboni attivi, che provocò inizialmente lo scarico dei prodotti clorurati allo stato liquido nel collettore degli sfiati di reazione (vent-gas), alimentante un termocombustore.

Il suddetto filtro a carboni attivi, avente la funzione di eliminare il ferro residuo dal prodotto clorurato proveniente dal fondo della colonna di quenching tramite un'apposita pompa, è costituito da un recipiente in pressione.

Quindi, la conseguente sovrappressione originatasi nel collettore degli sfiati di reazione provocò lo sfondamento di una guardia idraulica, posta a protezione del circuito, con il conseguente invio in atmosfera del prodotto clorurato allo stato liquido attraverso un camino, la cui bocca d'uscita è posta a 145 m d'altezza.

Non era previsto il funzionamento della torcia posta sul camino, in quanto la combustione di prodotti clorurati - com'è noto - può dare origine a sostanze tossiche o corrosive, ovvero a microinquinanti.

Nella figura 5 è riportato lo schema del sistema di convogliamento degli *scarichi di emergenza* provenienti dai dischi di rottura (PSD) e dalle valvole di sicurezza (PSV), posti a protezione delle apparecchiature contenenti prodotti clorurati dell'impianto in cui si è verificato l'incidente.

Durante la marcia normale dell'impianto gli *sfiati di reazione* - provenienti dalle operazioni di processo, dalle operazioni discontinue e saltuarie di bonifica e/o degasaggio delle apparecchiature e/o dalla polmonazione dei serbatoi – sono inviate al *termocombustore* tramite apposito *collettore vent-gas*.

Nel caso in cui si verifichi l'apertura dei dispositivi di sicurezza (PSD e/o PSV), i relativi scarichi di emergenza sono convogliati nel collettore DN1000 (avente capacità geometrica di alcune centinaia di metri cubi), per poi essere inviati al *termocombustore* tramite una *pompa ad anello liquido* (compressore).

Inoltre, un allarme PA segnala l'aumento di pressione nel collettore degli scarichi di emergenza per effetto dell'apertura dei suddetti dispositivi di sicurezza.

Qualora la portata del collettore degli scarichi di emergenza superi quella della pompa ad anello liquido, la pressione nel collettore aumenterà fino allo sfondamento della guardia idraulica tarata a circa 0,5 kg/cm<sup>2</sup>, il che è segnalato dall'allarme LIA relativo al livello del liquido di tenuta.

Nel caso in cui si verifichi lo sfondamento della guardia idraulica, il prodotto viene emesso dal camino avente una altezza di circa 150 m.

Le emergenze considerate per il sistema di convogliamento degli scarichi di emergenza sono state le seguenti:

- 1) errori di manovra dovuti a:
  - a) chiusura impropria di una valvola automatica e/o manuale all'uscita di un recipiente in pressione;
  - b) intercettazione di scambiatori e successiva espansione termica;
- 2) mancanza di servizi quali:
  - a) acqua di raffreddamento agli scambiatori e condensatori con riduzione o azzeramento della condensazione;
  - b) energia elettrica con fermata dei ventilatori dei condensatori ad aria (air cooler) con riduzione della condensazione;
- 3) rottura dei tubi degli scambiatori del tipo a tubi e mantello per corrosione, erosione, vibrazioni o shock termico, con possibilità di aumento della pressione nel mantello dato che generalmente il flusso ad alta pressione circola nei tubi.
- 4) incendio esterno dovuto a perdite di sostanze infiammabili dalle apparecchiature, con successivo o contemporaneo innesco. L'incendio interessa generalmente le apparecchiature presenti in un'area di fuoco delimitata da pendenze (per il collettamento delle perdite o dell'acqua in un idoneo sistema fognario) e/o dalle cordolature aventi un'altezza di circa 15 cm. Di massima le aree di fuoco non superano i 400 m<sup>2</sup>, mentre le apparecchiature considerate sono quelle relative ad una singola area in quanto nel caso di incendio interessante un'area di fuoco superiore il cedimento strutturale del piping e/o delle apparecchiature consente uno scarico addizionale delle pressioni dei recipienti coinvolti. Le aree di fuoco sono collegate ad un sistema fognario di recupero, dotato di una vasca di accumulo e di rilancio del prodotto al sistema di trattamento chimico-fisico e biologico.

Dall'analisi effettuata, a seguito dell'incidente, su tutte le valvole di sicurezza (in particolare) e per ogni emergenza sopra considerata, sono state individuate le valvole di sicurezza che danno il maggior contributo come portata scaricata, riportate nella tabella 1 con i relativi interventi per esse previste.

Per ogni valvola è stato poi verificato il grado di sovradimensionamento, cioè il rapporto tra la portata effettiva corrispondente all'orifizio scelto e quella di dimensionamento.

Quindi per ridurre il martellamento delle valvole (*chattering*) sono state proposte valvole di minore portata singola più vicina alla propria portata di dimensionamento e con valore delle pressioni di taratura scalari per quelle funzionanti in parallelo, mentre per ridurre la frequenza di scatto delle valvole di maggior dimensione sono stati proposti dei sistemi di blocco automatico per alta pressione ad alta affidabilità che agiscono intercettando il vapore ai ribollitori di fondo delle colonne e la relativa alimentazione principale.

E' stato inoltre installato sul collettore degli scarichi di emergenza un serbatoio in pressione da circa 150 m<sup>3</sup> in grado di contribuire al contenimento del prodotto clorurato in caso di emergenza, nonché previsto l'invio al termocombustore nel caso di scarichi di emergenza aventi portata e durata limitata che non comportano lo sfondamento della guardia idraulica.

Con le suddette misure il rischio di rilascio di prodotto clorurato dal camino, proveniente dello scarico delle valvole aventi maggiore portata, è ridotto, in termini di frequenza di accadimento, a valori del tutto marginali (inferiore a  $1 \times 10^{-6}$  occasioni/anno).

E' stato inoltre verificato che, nel caso di rilascio dal camino della maggiore portata prevista di prodotto clorurato, non è raggiunta la concentrazione al suolo del relativo valore IDLH nelle condizioni meteorologiche di riferimento, dimostrando altresì che in questo caso non si ha una situazione configurabile come incidente rilevante secondo la normativa vigente.

Apparecchiatura	Valvola di sicurezza	Emergenza dimensionante	Orifizio attuale	Orifizio proposto	Blocco automatico per alta pressione	Riduzione percentuale della portata max di scarico (%)	Frequenza (occasioni/anno)	
							Prima	Dopo
Colonna 1	PSV 1	Mancanza acqua raffreddamento	N° 1 T	N° 1 Q <sub>2</sub> + N° 1 M	Intercettazione alimentazione a colonna e vapore ai ribollitori	28	$3 \times 10^{-5}$	$< 1 \times 10^{-6}$
Colonna 2	PSV 2	Errore di manovra	N° 1 M	N° 1 K + N° 1 G	-	29	-	-
Accumulatore 1	PSV 3	Incendio esterno (area di fuoco A)	N° 2 N	N° 1 K <sub>2</sub>	-	70	-	(*)
Accumulatore 2	PSV 4	Incendio esterno (area di fuoco B)	N° 1 J	N° 1 F	-	74	-	(*)

(\*) Il miglioramento del sistema di cordatura e di collettamento, e l'adozione di rilevatori di esplosività consentono una rapida individuazione delle perdite e dell'eventuale incendio. In tal caso l'intervento rapido dei sistemi antincendio fissi e/o mobili consente lo spegnimento dell'incendio e/o il raffreddamento delle apparecchiature evitando lo scatto delle valvole di sicurezza.

Tabella 1. Interventi previsti per le valvole di sicurezza di maggiore dimensione.

#### 4. Conclusioni

La rilevanza dell'argomento trattato mette in luce un aspetto molto importante per la *sicurezza* degli impianti di processo, vale a dire che i singoli accessori di sicurezza (ex dispositivi di sicurezza) devono essere pensati come componenti di un *sistema di sicurezza complesso* a presidio dell'impianto di processo considerato, da rendere efficace, efficiente ed affidabile nel suo insieme con la buona pratica di ingegneria nella fase di progettazione, e con la corretta conduzione operativa.

Infatti, non è più pensabile di aver reso *sicuro* un impianto per il solo fatto di aver dimensionato ed installato degli accessori di sicurezza sulle attrezzature a pressioni che lo compongono, le quali – seppur oggetto di analisi di rischio, secondo la più recente normativa – sono comunque realizzate da fabbricanti diversi, aspetto questo che a maggior ragione dovrà essere considerato in fase di progettazione mediante un'*analisi del rischio* rivolta a tutto l'impianto nel suo complesso.

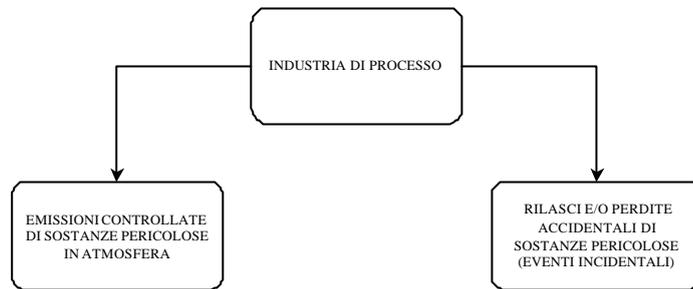


Figura 1. Fonti di emissioni controllate e di rilasci e/o perdite accidentali di sostanze pericolose

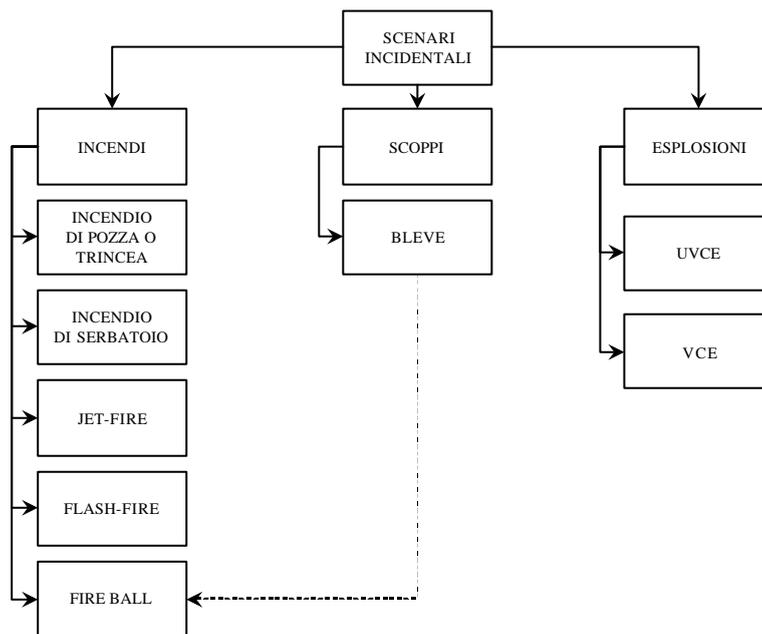


Figura 2. Schema scenari incidentali.

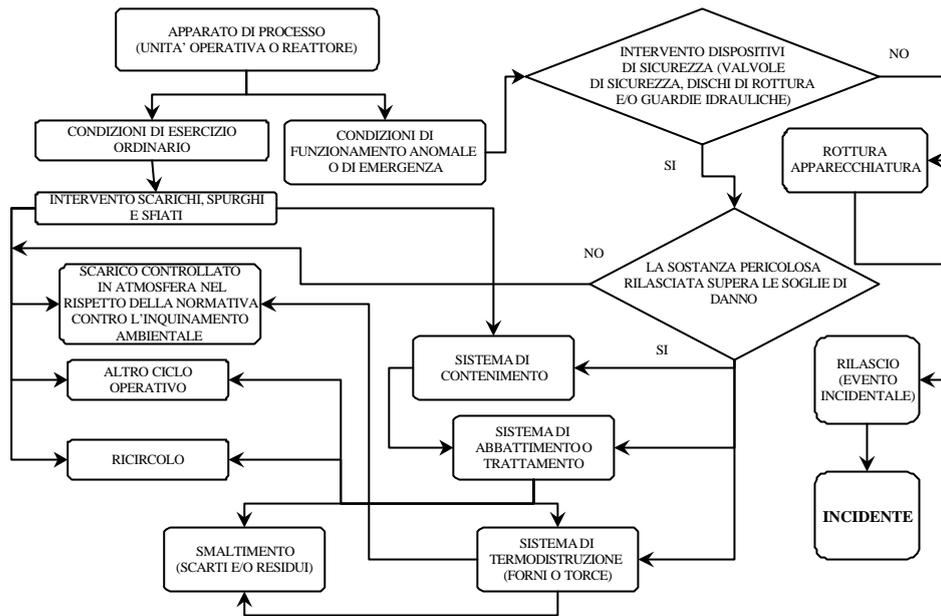


Figura 3. Schema sistemi di blow-down per il rilascio di sostanze pericolose da apparati di processo.

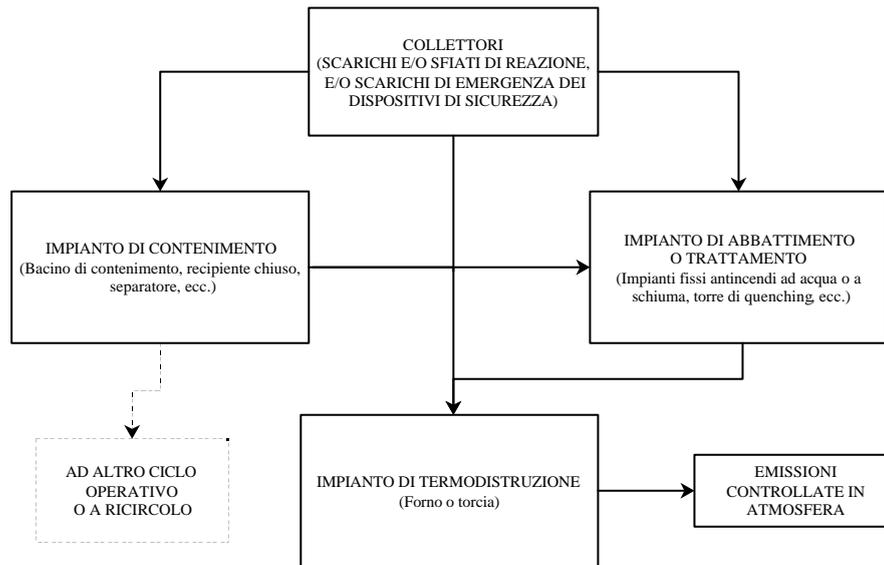


Figura 4. Schema sistema di blow-down.

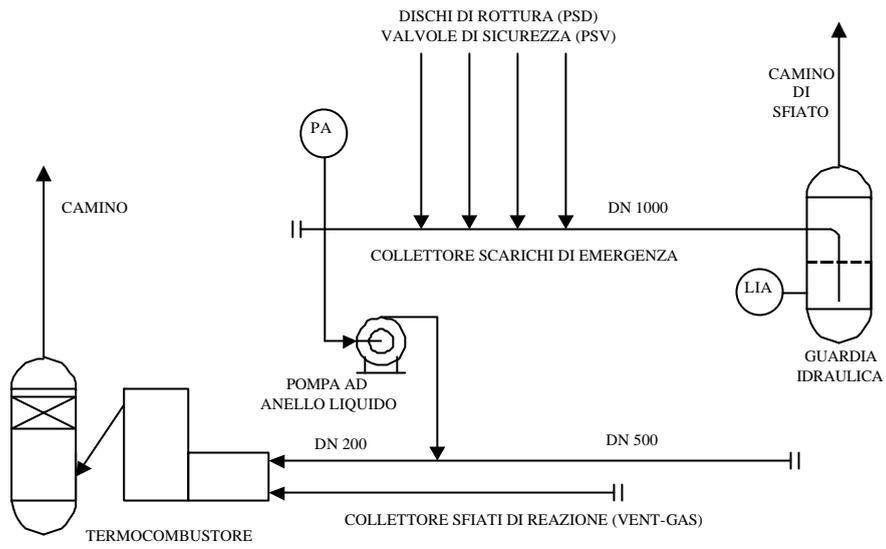


Figura 5. Schema del sistema di blow-down degli scarichi di emergenza.