

ANALISI DI AFFIDABILITÀ DEI SISTEMI DI BLOCCO VOLTA ALLA MITIGAZIONE DELLE POSSIBILI EMISSIONI DAL CIRCUITO DI TORCIA DI UNA RAFFINERIA

Neil Manning, Marcello Giovani, Fabrizio Bucci

Icaro srl, Vicolo Boni, 7 – 52044 Cortona (AR)

n.manning@icarocortona.it

SOMMARIO

La rete di Blow Down e torcia è un complesso sistema di sicurezza fondamentale e insostituibile per un impianto chimico ed in particolare per una raffineria ove sono processati rilevanti quantitativi di sostanze infiammabili. Nell'ottica del continuo miglioramento e rispetto dei vincoli ambientali, è sempre più ricercata nell'ambito del sistema di gestione della sicurezza e dell'ambiente, l'ottimizzazione della gestione della rete al fine di minimizzare le emissioni non strettamente indispensabili. A tal fine è stata messa a punto una specifica metodologia di verifica della riduzione del potenziale carico sulla torcia derivante dallo scatto di valvole di sicurezza in impianti di processo.

L'analisi sistematica degli schemi di processo ha consentito di identificare oltre 60 circuiti critici in termini di impatto sulla rete di torcia. Per ciascuno di essi si è proceduto alla stima della frequenza attesa di scatto, mediante la tecnica dell'albero dei guasti, congiuntamente ad una valutazione dell'affidabilità dei sistemi di blocco disponibili nel circuito. Sulla base del quadro complessivo identificato, si è proceduto alla formulazione di misure di miglioramento, per ciascuna delle quali è stato valutato l'effettivo impatto in termini di riduzione di impatto sulla torcia. L'utilizzo di un approccio sistematico ha consentito di categorizzare, secondo una logica di criticità, i diversi interventi proposti, allo scopo di pervenire ad una configurazione finale dell'intero circuito, ritenuta più accettabile in termini di sicurezza e di impatto sull'ambiente.

1. PREMESSA E SCOPO

La Raffineria è una attività industriale costituita da una serie di impianti che a partire dal frazionamento del petrolio grezzo, conducono alla produzione di una serie di carburanti e prodotti combustibili. In relazione alla manipolazione e stoccaggio di elevati quantitativi di sostanze facilmente infiammabili, l'attività è a rischio di incidente rilevante.

Il sistema di sicurezza principale per il convogliamento e la messa in sicurezza di eventuali sovrappressione in apparecchiature contenenti sostanze infiammabili è costituito dal circuito di Blow Down e di torcia. Tale sistema, fondamentale e insostituibile, prevede comunque una emissione continua in atmosfera di prodotti di combustione.

Nell'ottica del continuo miglioramento, è sempre più ricercata nell'ambito del sistema di gestione della sicurezza e dell'ambiente, l'ottimizzazione della gestione della rete al fine di minimizzare le emissioni non strettamente indispensabili. A tal fine è stata messa a punto una specifica metodologia di verifica della riduzione del potenziale carico sulla torcia derivante dallo scatto di valvole di sicurezza in impianti che processano significative quantità di sostanze facilmente infiammabili.

Allo scopo di testare l'efficacia della metodologia, sono stati selezionati 4 impianti campione; tali impianti processano elevati volumi di prodotti idrocarburi assimilabili a GPL, che potenzialmente costituiscono l'impegno più consistente per la rete della torcia in caso di intervento delle valvole di sicurezza.

2. METODOLOGIA DI LAVORO

Nell'ottica di mantenere fede agli obiettivi indicati nella premessa, è stata sviluppata una metodologia di studio, in accordo alle seguenti fasi:

1. Individuazione delle valvole di sicurezza che possono determinare significativi carichi sulla rete di torcia.

2. Analisi della configurazione dei sistemi di controllo e di blocco esistenti in relazione alle anomalie che possono determinare lo scatto della valvola di sicurezza.
3. Classificazione della criticità in termini di frequenza e di conseguenze dei sistemi analizzati.
4. Individuazione delle azioni necessarie ai fini del miglioramento del livello di sicurezza.
5. Confronto tra la frequenza attesa di scatto della valvola di sicurezza nella configurazione attuale ed in quella futura.
6. Riclassificazione della criticità dei sistemi a seguito della installazione delle misure proposte (configurazione futura).

Di seguito si riportano in maniera dettagliati tutti gli aspetti operativi inerenti ciascuna delle fasi che concorrono alla definizione della metodologia.

2.1 Individuazione delle valvole di sicurezza che possono determinare significativi carichi sulla rete di torcia

Si è proceduto, congiuntamente ai tecnici di stabilimento e di impianto, alla analisi degli schemi meccanici (P&ID) delle sezioni degli impianti allo studio, con l'obiettivo di identificare le informazioni di base inerenti le valvole di sicurezza:

- cause dimensionanti;
- portata di scarico;
- stato fisico dell'efflusso previsto.

Per i quattro impianti selezionati, l'analisi è stata estesa a tutti i circuiti ad eccezione di quelli che processano sostanze idrocarburiche con elevate temperature di ebollizione, ritenuti meno critici. Questo criterio è stato applicato nell'ipotesi che per tali sostanze è ragionevole ipotizzare un recupero significativo del liquido eventualmente scaricato, nei sistemi di separazione ed accumulo presenti nel circuito di Blow Down, limitando in maniera considerevole l'effettivo impatto sulla torcia.

2.2 Analisi della configurazione dei sistemi di controllo e di blocco attuali in relazione alle anomalie che possono determinare lo scatto della valvola di sicurezza

Per ciascuna valvola di sicurezza selezionata, è stata sviluppata congiuntamente ai tecnici di stabilimento, una dettagliata analisi del circuito ad essa collegata, con l'obiettivo di identificare le possibili cause di sovrappressione tali da poterne richiedere lo scatto.

Le informazioni raccolte e discusse sono inserite in apposite matrici, di gestione ed elaborazione delle seguenti informazioni:

- Apparecchiature/circuito di impianto oggetto dell'analisi.
- Valvola di sicurezza posta a protezione.
- Breve descrizione del circuito in termini di sistemi di regolazione e di blocco.
- Identificazione delle possibili cause di scatto della valvola di sicurezza.
- Stima della frequenza dello scatto della valvola di sicurezza.
- Raccomandazioni volte al miglioramento del sistema.

2.3 Classificazione della criticità in termini di frequenza e di conseguenze dei sistemi analizzati

Allo scopo di analizzare in maniera sistematica e critica i vari circuiti identificati, è stata proposta una classificazione della criticità associabile alla valvola di sicurezza, in relazione alla combinazione frequenza attesa di scatto e relativo impatto in termini di portata, sulla torcia.

Il calcolo analitico è stato effettuato mediante applicazione della tecnica degli "Alberi dei guasti", sfruttando le informazioni ricavate dall'analisi degli schemi meccanici e da altri documenti di studio disponibili in Raffineria.

In particolare per il calcolo della indisponibilità di ciascun componente, si è fatto uso di ratei di guasto forniti da banche dati specializzate, utilizzando i relativi intervalli di tempi di test coerenti con le prove condotte in stabilimento.

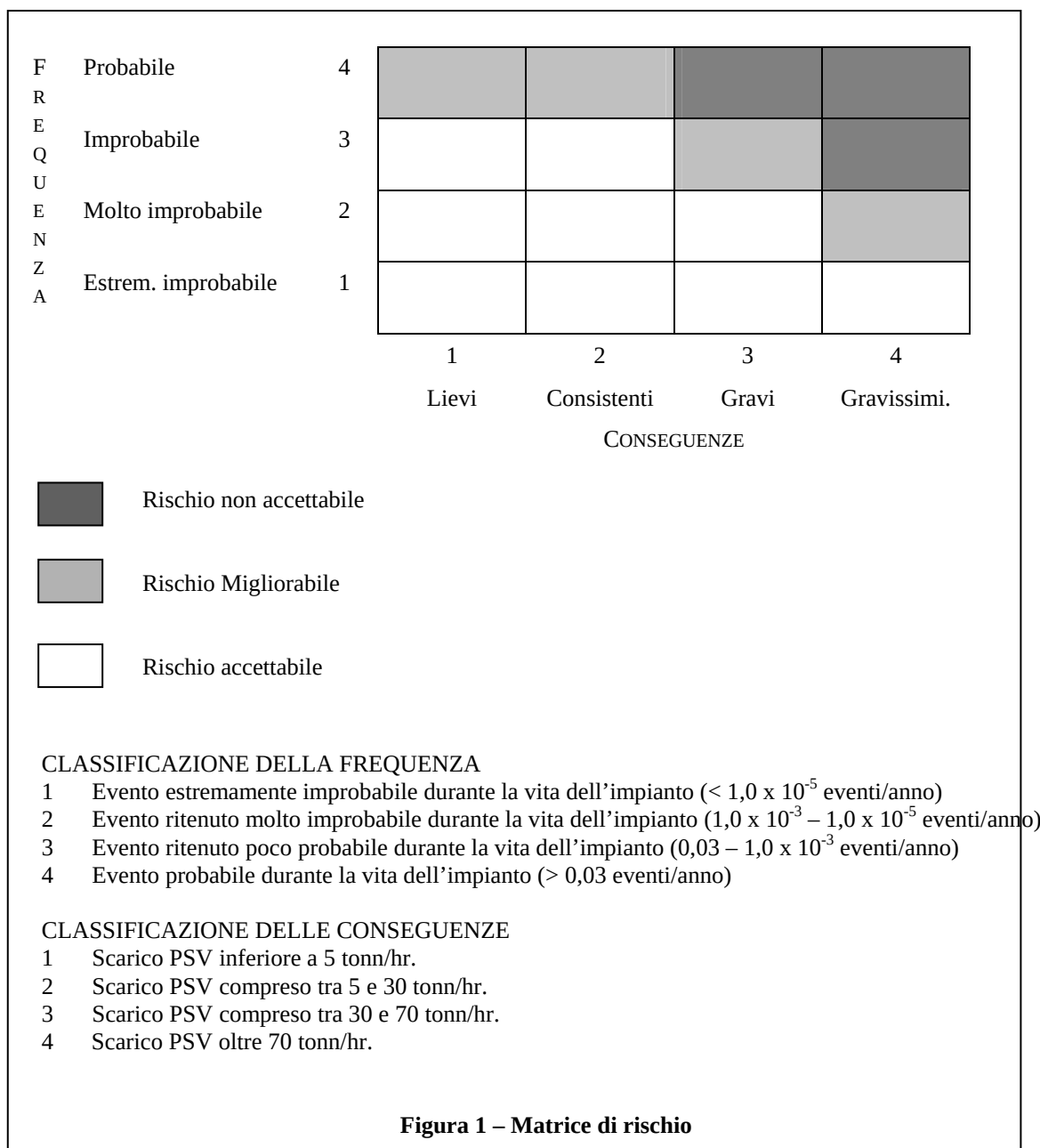
È stato deciso di adottare i ratei di guasto presenti nelle seguenti banche dati:

- "Process Equipment reliability data base" – CCPS (AIChE), 1989
- "Risk analysis of six potentially hazardous industrial objects in the Rijnmond area, a pilot study" (Cremer and Warner Report) - D.Reidel – 1981;

La prima banca data è stata utilizzata per i ratei inerenti gli elementi di processo, mentre la seconda è stata utilizzata per i ratei relativi ai possibili errori umani.

I valori relativi alle portate di scarico delle PSV, sono stati dedotti dai fogli di calcolo originali di tali organi di sicurezza.

In figura 1 si riporta la matrice di rischio proposta.



Sono state proposte 4 categorie sia in termini di frequenza attesa di scatto che in termini di portata oraria sulla rete di torcia.

Le categorie di frequenza sono state selezionate identificando come base la vita attesa di un impianto (stimata in 30-40 anni). Pertanto la classificazione parte da eventi attesi nella vita dell'impianto, fino ad eventi estremamente improbabili in tale arco di tempo.

Per quanto riguarda la portata di scarico, le categorie sono state definite in funzione delle portate di dimensionamento dalla torcia di Raffineria; il range va pertanto da portate molto ridotte che hanno un minimo impatto sulla torcia, fino a valori critici in quanto prossimi a quelli di progetto della torcia.

Nella matrice sono state rappresentate 3 distinte aree (contraddistinte da tre tonalità di grigio):

- Area con rischio non accettabile, caratterizzata da combinazione frequenza-conseguenze tale da non essere reputata in linea con le aspettative di marcia dell'impianto e del collettore di torcia e con i vincoli ambientali di emissione; misure atte alla riduzione del rischio sono indispensabili.
- Area di rischio migliorabile, nella quale il rischio è accettabile, ma misure di miglioramento sono comunque da prevedersi, per rendere il circuito più idoneo con i vincoli ambientali e di sicurezza.
- Area di rischio accettabile, caratterizzata da combinazione frequenza-conseguenze tale da essere reputata in linea con le aspettative di marcia dell'impianto e del collettore di torcia. Misure atte alla riduzione del rischio non sono indispensabili; la riduzione del rischio è comunque perseguibile.

2.4 Individuazione delle azioni necessarie ai fini del miglioramento del livello di sicurezza

Le misure di miglioramento sono emerse dalla discussione con i tecnici di stabilimento e sono state indirizzate, in particolare:

- Identificazione di ulteriori sistemi di allarme e/o blocco da inserire nel circuito con l'obiettivo di ridurre la frequenza attesa di scatto della valvola di sicurezza.
- Inserimento di elementi di ridondanza sui sistemi di blocco già esistenti.
- Potenziamento dei sistemi di diagnosi degli eventuali guasti, che possono condurre a condizioni di sovrappressione.
- Miglioramento della strategia di decisione e di intervento da parte dei sistemi automatici e degli operatori in sala controllo.

È stata inoltre prevista la classificazione delle raccomandazioni secondo ordine di priorità.

È stata inoltre prevista la classificazione delle raccomandazioni secondo ordine di priorità, rappresentata dai seguenti indici:

Priorità 1: misura di elevata importanza, perché ha efficacia notevole nella riduzione della frequenza attesa di rilascio oppure perché connessa ad una valvola che potrebbe determinare un impatto notevole sulla torcia;

Priorità 2: misura di moderata importanza; non ha efficacia notevole sulla riduzione della frequenza, l'inserimento è suggerito in quanto la riduzione del rischio è comunque significativa;

Priorità 3: misura suggerita ma non ritenuta necessaria in quanto non ha efficacia notevole nella riduzione della frequenza attesa di rilascio ed è connessa ad un circuito non particolarmente critico.

2.5 Confronto tra la frequenza attesa di scatto della valvola di sicurezza nella configurazione attuale ed in quella futura

L'applicazione della tecnica degli "Alberi dei guasti" è stata estesa anche alla configurazione impiantistica conseguente l'introduzione delle misure di miglioramento proposte. In particolare sono stati approfonditi gli aspetti di affidabilità relativi ai nuovi sistemi di allarme e blocco, valutando separatamente il contributo di ciascuno degli elementi costituenti il loop (sensore, trasmettitore, controllore, attuatore).

La riduzione analitica della frequenza attesa di guasto, consente di fornire un elemento di valutazione molto preciso in merito all'effettivo beneficio della misura proposta.

2.6 Riclassificazione della criticità dei sistemi a seguito della installazione delle misure proposte (configurazione futura).

In accordo agli esiti della quantificazione della riduzione del rischio sviluppata nel punto 2.5, si è proceduto alla verifica di accettabilità della nuova configurazione, sempre in accordo ai criteri fissati dalla matrice di cui alla figura 1.

Il confronto tra la situazione attuale e quella futura, basata sulle proposte di miglioramento, ha consentito di evidenziare in maniera chiara ed immediata, l'effetto delle raccomandazioni identificate dal team di lavoro.

3. SESSIONI DI ANALISI

Per ciascuno dei circuiti identificati, si è proceduto alla esecuzione di una analisi specifiche dei sistemi ad essi collegati. Le sessioni, guidate da un esperto di affidabilità e sicurezza, sono state condotte presso la Raffineria ed hanno coinvolto personale di stabilimento delle seguenti funzioni:

- sicurezza;
- tecnologia;
- strumentazione elettrica;
- esercizio;
- manutenzione (su chiamata).

Lo sviluppo dell'analisi è stato riportato in alcuni documenti di sintesi:

- 1) analisi critica del circuito per l'individuazione delle condizioni che possono portare a sovrappressione (formato analogo a HAZOP worksheet);
- 2) elenco delle raccomandazioni identificate, suddivise per priorità in relazione al rischio associato;
- 3) alberi dei guasti per la rappresentazione logica dei percorsi che portano alla condizione di sovrappressione;
- 4) matrici di classificazione dei rischi associati a ciascun circuito.

4. VALUTAZIONE DEI RISULTATI

4.1 Individuazione delle valvole di sicurezza che possono determinare significativi carichi sulla rete di torcia

I circuiti analizzati per i diversi impianti presi in considerazione sono indicati nella tabella 1.

IMPIANTO	NUMERO CIRCUITI
Impianto 1	21
Impianto 2	7
Impianto 3	16
Impianto 4	17
TOTALE	61

Tabella 1 – Circuiti analizzati per ciascun impianto

Le portate di scarico vanno da un minimo di 3 tonnellate/ora ad un massimo di 254 tonnellate/ora.

4.2 Classificazione della criticità in termini di frequenza e di conseguenze dei sistemi analizzati

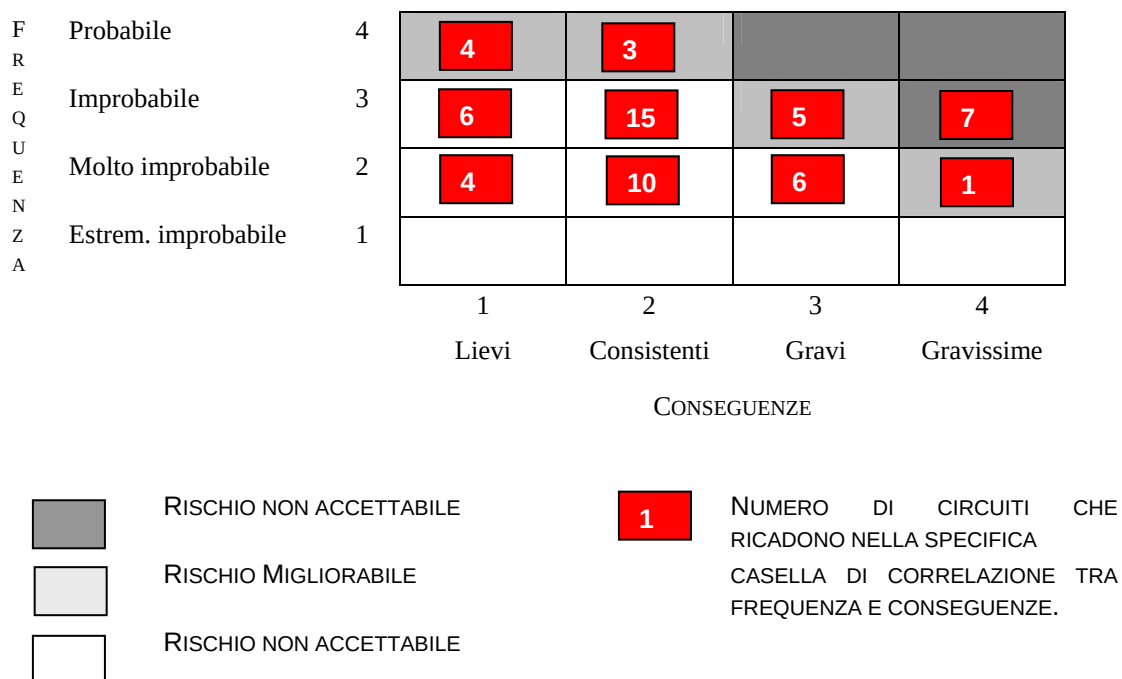
Per tutti i circuiti, si è proceduto alla valutazione della frequenza attesa di scatto della Valvola di sicurezza.

Tale valore è stato combinato con la portata di scarico associata alla medesima valvola, al fine di rappresentare in maniera univoca il rischio.

Nella matrice di Tabella 2, è riportata la sintesi delle classificazioni ottenute per l'intero insieme di casi analizzati. In particolare, la rappresentazione riporta il numero di circuiti che ricadono, in termini di rischio, in ciascuna delle caselle che compongono la matrice.

Ad esempio, la matrice indica che ci sono 4 circuiti che ricadono nella classificazione di rischio 4_1 (frequenza = probabile; conseguenza = lievi), mentre ci sono 10 circuiti che ricadono nella classe di rischio 2_2 (frequenza = molto improbabile; conseguenza = consistenti).

La rappresentazione complessiva del rischio in forma di matrice, è riportata in figura 2.



CLASSIFICAZIONE DELLA FREQUENZA

- 1 Evento estremamente improbabile durante la vita dell'impianto ($< 1,0 \times 10^{-5}$ eventi/anno)
- 2 Evento ritenuto molto improbabile durante la vita dell'impianto ($1,0 \times 10^{-3} - 1,0 \times 10^{-5}$ eventi/anno)
- 3 Evento ritenuto poco probabile durante la vita dell'impianto ($0,03 - 1,0 \times 10^{-3}$ eventi/anno)
- 4 Evento probabile durante la vita dell'impianto ($> 0,03$ eventi/anno)

CLASSIFICAZIONE DELLE CONSEGUENZE

- 1 Scarico PSV inferiore a 5 tonn/hr.
- 2 Scarico PSV compreso tra 5 e 30 tonn/hr.
- 3 Scarico PSV compreso tra 30 e 70 tonn/hr.
- 4 Scarico PSV oltre 70 tonn/hr.

Tabella 2 – Quadro del rischio complessivo per impianti analizzati

Pertanto, la configurazione di rischio è la seguente:

Condizioni di rischio Accettabile: 40 circuiti
 Condizioni di rischio Migliorabile: 14 circuiti
 Condizioni di rischio non accettabili: 7 circuiti

Dall'analisi della matrice di rischio si evince come i casi più critici (non accettabili secondo la matrice proposta) siano associati all'apertura di valvole di sicurezza caratterizzate da elevate portate di scarico. Per tali casi, l'obiettivo di accettabilità richiede frequenze di accadimento inferiori a $1,0 \times 10^{-3}$ eventi/anno, che in relazione ai sistemi di protezione disponibili nella configurazione esistente, non sono stati raggiunti.

Sono inoltre presenti una serie di circuiti migliorabili, rappresentati mediante differenti combinazioni frequenza-conseguenze.

4.3 Individuazione delle azioni necessarie ai fini del miglioramento del livello di sicurezza

La ricerca di misure di miglioramento si è sviluppata in maniera sistematica su tutti i circuiti analizzati. Sono emerse oltre 100 raccomandazioni, di cui 38 di priorità 1.

Le raccomandazioni possono essere ulteriormente suddivisibili tra quelle a carattere generale e quelle più specifiche. In termini di raccomandazioni a carattere generale è opportuno sottolineare i seguenti elementi

- necessità di aggiornare e mantenere costantemente aggiornata la documentazione tecnica dell'impianto (schemi di flusso, P&ID, descrizione delle logiche di blocco, fogli di calcolo delle PSV); questa raccomandazione è requisito necessario per una corretta gestione in sicurezza dell'impianto, volta a minimizzare gli errori umani;
- necessità di migliorare la gestione dei sistemi di sezionamento azionabili da DCS; l'eccessiva facilità con la quale è possibile azionare la chiusura di valvole in impianto, potrebbe condurre ad errore di manovra da parte dell'operatore in sala controllo;
- ulteriore approfondimento in merito ai collegamenti tra la rete di fuel gas e la rete di torcia onde analizzare le eventuali interazioni che potrebbero mettere in crisi il circuito di torcia.

Per quanto riguarda le misure tecniche specifiche, è possibile evidenziare le categorie più diffuse:

- Installazioni di un elemento di ridondanza nel sistema di misura delle variabili di processo critiche per il circuito analizzato.
- Installazioni di un elemento di ridondanza nel sistema di attuazione del blocco, con particolare riferimento all'utilizzo di valvole di blocco on-off indipendenti e distinte dalle valvole di regolazione.
- Installazione di pressostati indipendenti sulle colonne di distillazione con azionamento in chiusura delle valvole sulla linea di alimentazione di calore al ribollitore.
- Installazione di misuratori di posizione (o segnalatori di fine corsa in alternativa) per alcune valvole la cui posizione è critica ai fini dello sviluppo di sovrappressioni o comunque dello scarico in rete di torcia.

4.4 Confronto tra la frequenza attesa di scatto della valvola di sicurezza nella configurazione attuale ed in quella futura

Per ciascuna situazione analizzata, si è proceduto allo sviluppo dell'albero dei guasti sia nella configurazione attuale che in quella conseguente alla installazione delle misure di miglioramento proposte.

Le figure che seguono riportano un esempio di applicazione della tecnica ad un circuito analizzato. Per motivi di esposizione, è stato riportato uno dei casi più semplici.

In particolare, il caso analizzato prevede lo scatto di una valvola di sicurezza sulla fase liquida di un accumulatore di liquido. Il serbatoio è dotato di due livellostati indipendenti, di cui uno ha azione di allarme mentre il secondo attiva l'azione di blocco.

La frequenza di scatto della PSV nella configurazione attuale è già abbastanza remota. Trattandosi, tuttavia di uno scatto direttamente sulla fase liquida del serbatoio sovra riempito, è stato deciso di approfondire l'analisi onde identificare ulteriori misure di protezione.

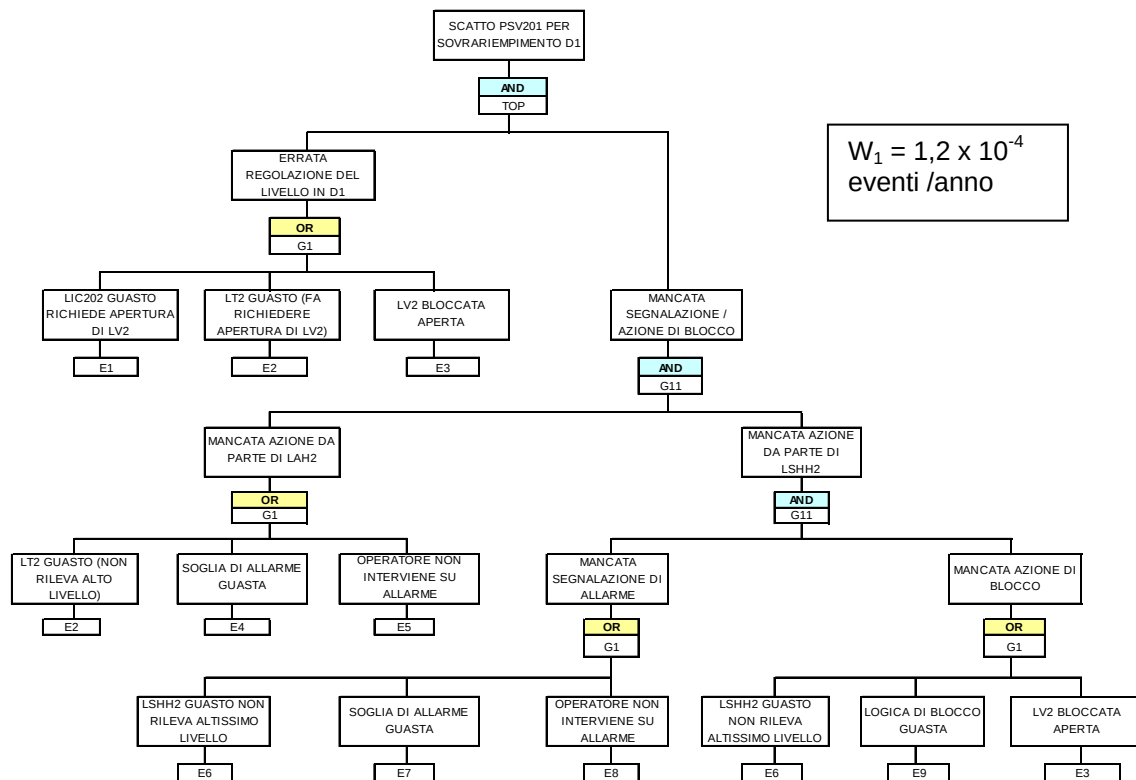


Figura 2 – Esempio di albero dei guasti in configurazione attuale

L'inserimento di un sistema di misurazione della pressione aggiuntivo consente di rendere ancora più remota la frequenza attesa di un rilascio. In particolare, il valore calcolato è tale da rendere la frequenza inferiore alla soglia di $1,0 \times 10^{-5}$ eventi/anno, che rende l'evento compatibile anche con portate di efflusso particolarmente elevata (vedi la matrice riportata in figura 1)

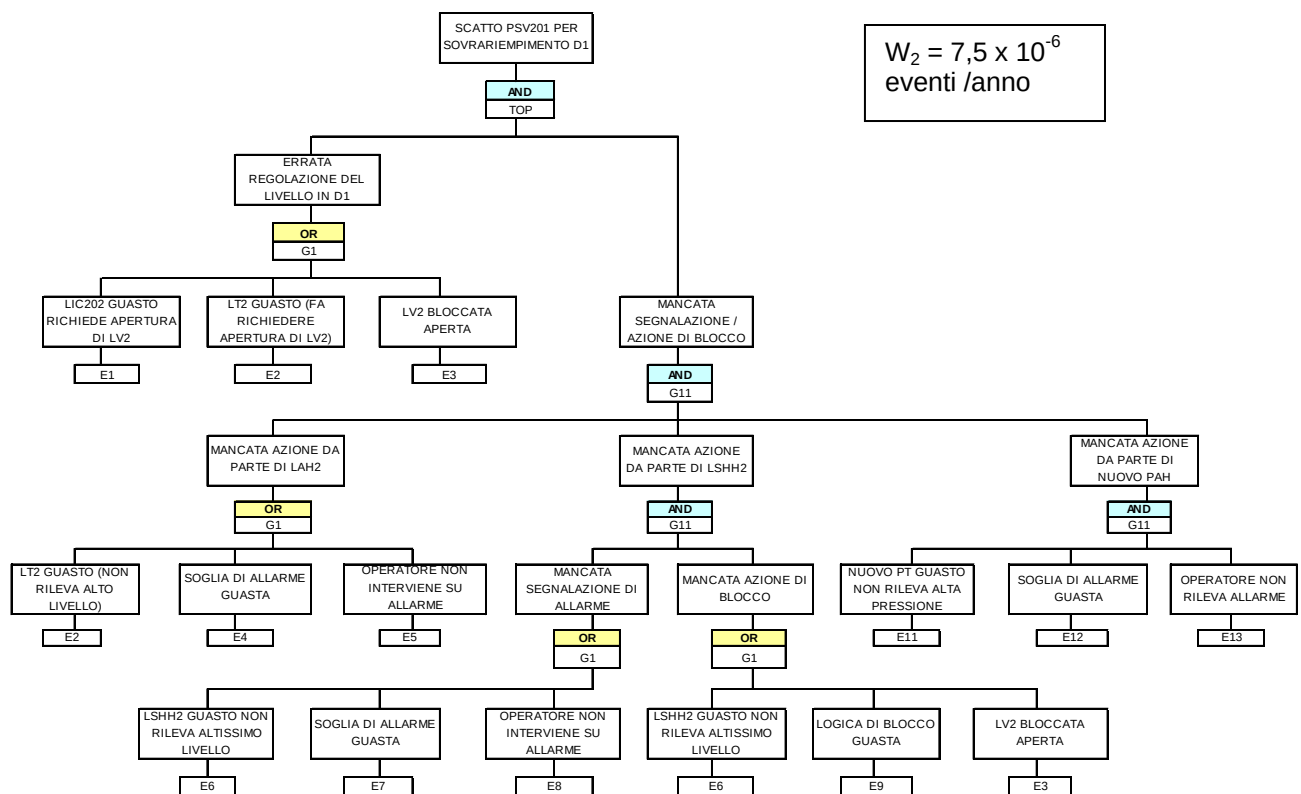


Figura 3 – Esempio di albero dei guasti per la configurazione proposta

4.5 Riclassificazione della criticità dei sistemi a seguito della installazione delle misure proposte (configurazione futura).

Le misure di miglioramento sono state individuate per tutti i circuiti analizzati; la configurazione finale, pertanto è tale da prevedere esclusivamente rischi accettabili.

Condizioni di rischio Accettabile: 61 circuiti
Condizioni di rischio Migliorabile: 0 circuiti
Condizioni di rischio non accettabili: 0 circuiti

Le misure più importanti sono state identificate per quei circuiti protetti da PSV dimensionate per elevate portate di scarico (contraddistinte in tabella nella colonna delle Conseguenze Gravissime). Data la complessità dei circuiti, il raggiungimento del richiesto livello di affidabilità, non è stato affidato all'inserimento di ulteriore strumentazione, nella considerazione che un ulteriore livello di complessità potesse rendere meno gestibile il sistema.

Nella maggior parte dei casi la raccomandazione è stata diretta all'aumento dell'affidabilità della strumentazione da inserire (tramite opportuna selezione di mercato). Altro aspetto su cui puntare è il fattore umano con l'incremento della formazione ed informazione del personale, in maniera che sia reso più remoto l'errore. In generale, comunque, tutti i sistemi critici analizzati sono protetti con almeno un livello di 3 barriere (concomitanza di tre guasti o errori per giungere al Top Event). La Tabella 3 illustra il quadro finale di rischio raggiungibile con l'installazione di tutte le misure di sicurezza identificate.

F R E Q U E N Z A	Probabile	4				
	Improbabile	3	3	10		
	Molto improbabile	2	11	16	9	
	Estrem. improbabile	1		2	2	8
			1	2	3	4
			Lievi	Consistenti	Gravi	Gravissime
CONSEGUENZE						



RISCHIO NON ACCETTABILE



RISCHIO MIGLIORABILE



RISCHIO NON ACCETTABILE



NUMERO DI CIRCUITI CHE
RICADONO NELLA SPECIFICA
CASELLA DI CORRELAZIONE
TRA FREQUENZA E
CONSEGUENZE.

CLASSIFICAZIONE DELLA FREQUENZA

- 1 Evento estremamente improbabile durante la vita dell'impianto ($< 1,0 \times 10^{-5}$ eventi/anno)
- 2 Evento ritenuto molto improbabile durante la vita dell'impianto ($1,0 \times 10^{-3} - 1,0 \times 10^{-5}$ eventi/anno)
- 3 Evento ritenuto poco probabile durante la vita dell'impianto ($0,03 - 1,0 \times 10^{-3}$ eventi/anno)
- 4 Evento probabile durante la vita dell'impianto ($> 0,03$ eventi/anno)

CLASSIFICAZIONE DELLE CONSEGUENZE

- 1 Scarico PSV inferiore a 5 tonn/hr.
- 2 Scarico PSV compreso tra 5 e 30 tonn/hr.
- 3 Scarico PSV compreso tra 30 e 70 tonn/hr.
- 4 Scarico PSV oltre 70 tonn/hr.

Tabella 3 – Quadro del rischio complessivo a seguito delle misure di miglioramento proposte

È chiaro che l'analisi è stata impostata con l'obiettivo di raggiungere il massimo risultato possibile, a livello teorico, vale a dire un quadro finale di piena accettabilità del rischio.

Tuttavia, la scelta operativa può essere indirizzata verso una configurazione intermedia, in cui possano rimanere alcuni casi ancora migliorabili, sulla base di un piano di azioni più complesso che tenga conto anche delle strategie di sviluppo della Raffineria e di una valutazione di massima dei costi associati a ciascuna misura.

In generale è prevedibile la messa a punto di un piano di miglioramento che programmi nel tempo l'installazione delle misure richieste, secondo un indice di priorità.

5. CONCLUSIONI

5.1 Valutazioni di tipo generale sulla metodologia

La metodologia messa a punto ha consentito di effettuare una analisi sistematica dei sistemi di protezione contro la sovrappressione disponibili nei vari circuiti dei principali impianti di una Raffineria.

Il metodo è stato organizzato con l'applicazione concatenata di una serie di strumenti analitici molto diffusi nella pratica corrente di sviluppo dell'analisi di rischio, allo scopo di poter rendere la valutazione riproducibile ed estendibile ad altri impianti o stabilimenti.

È stato pertanto possibile identificare un numero consistente di misure di miglioramento del circuito, volte principalmente alla riduzione della frequenza attesa di scatto delle valvole di sicurezza.

Per tali misure si è proceduto alla valutazione quantitativa dell'effettivo beneficio, allo scopo di inquadrare l'impatto in maniera univoca e puntuale.

La metodologia risulta ancora migliorabile in alcuni punti, che potrebbero essere oggetto di eventuali sviluppi futuri:

- utilizzo di ratei di guasto specifici a livello di società o di stabilimento, in maniera da "personalizzare" l'analisi ed avvicinarsi maggiormente al reale livello di rischio;
- approfondimento degli aspetti legati alla gestione del rischio per migliorare la valutazione del contributo derivante dal "fattore umano" nel computo complessivo del rischio;
- estendere l'analisi inerenti le correlazioni tra il circuito di Blow Down e la rete Fuel gas in maniera da valutare le reciproche interferenze;
- utilizzo dei risultati come punto di partenza per la classificazione del SIL (Safety Integrity Level) dei sistemi di blocco degli impianti analizzati, in accordo alle linee guida delle IEC 61518 e 61511.

5.2 Valutazioni di tipo specifico sui risultati ottenuti

L'analisi di dettaglio estesa ai diversi impianti ha consentito di identificare una serie di elementi critici, che possono delineare le linee complessive di miglioramento della gestione delle valvole di sicurezza. Tra gli elementi più interessanti si sottolineano i seguenti:

- adeguamento dei sistemi di protezione allo scopo di raggiungere in tutti i casi almeno una doppia barriera di protezione (vale a dire presenza di un sistema di allarme o blocco precedente lo scatto della valvola di sicurezza);
- utilizzo di sistemi di controllo e blocco ad elevata affidabilità nella protezione dei circuiti più complessi, in alternativa alla installazione di elementi di ridondanza su altre variabili. Questa esigenza nasce dalla necessità di mantenere la complessità del sistema di protezione entro livelli facilmente gestibili da parte dell'operatore (la disponibilità di un numero eccessivo di sistemi di allarme e/o blocco rende più difficile per l'operatore distinguere i sistemi veramente critici) e meno vulnerabili alle conseguenze di un intervento spurio di un sistema di protezione;
- potenziamento del fattore umano quale elemento di protezione indispensabile ed insostituibile;
- adeguamento degli schemi tecnici disponibili alla configurazione in esercizio della Raffineria, allo scopo di avere un quadro sempre aggiornato e completo della situazione tecnica e gestionale degli impianti di processo.

6. BIBLIOGRAFIA

I riferimenti devono essere citati nel testo con numero arabico tra parentesi quadre. Elencare i riferimenti in ordine numerico usando lo stile seguente:

- [1] F.P. Lees, *Loss prevention in the process industries*, Butterworth-Heinemann, Second Edition (1996)
- [2] CCPS, *Process Equipment reliability data base*, AIChE, New York (1989).
- [3] Cremer, Warner, *Risk analysis of six potentially hazardous industrial objects in the Rijnmond area, a pilot study*, D. Reidel (1981)
- [4] Joint Research Centre, *ASTRA- Fault Tree Analysis*, Ispra (1999)
- [5] IChemE, *Hazop and multi stage hazard analysis*, Rugby, UK (1999)
- [6] Documenti tecnici di raffineria