

**PIANO DI MIGLIORAMENTO NELL'AMBITO DEL SISTEMA DI GESTIONE DELLA
SICUREZZA (D.Lgs. 17 agosto 1999 n.334 e D.M. 9 agosto 2000)**

Giovanni Pinetti (*), Alessandro Meloni (*), Monica Locatelli (*), Cinzia Gaslini (*)

(*)TRR S.r.l., Piazza Giovanni XXIII n.2 - 24046 OSIO SOTTO (BG)

Abstract

Il piano di miglioramento rappresenta uno strumento dinamico nel quale si definiscono, a seguito dell'analisi di rischio, interventi impiantistici, procedurali e gestionali, atti a ridurre il livello del rischio dell'attività esaminata.

Nella presente relazione si indicheranno alcuni criteri che possono essere adottati per identificare tali interventi migliorativi.

1. OBIETTIVO DEL PIANO DI MIGLIORAMENTO

Obiettivo del piano di miglioramento è l'individuazione degli interventi impiantistici e/o gestionali che permettono di aumentare il livello di sicurezza degli impianti.

L'impegno rivolto al raggiungimento dell'obiettivo prefissato è pertanto funzione, sia delle frequenze di accadimento sia dell'estensione delle aree di danno, che si identificano nelle superfici di territorio interessate da possibili danni all'uomo e all'ambiente a seguito dell'accadimento di un incidente rilevante.

La soglia di riferimento di danno è quella relativa a "lesioni reversibili" riferita alla colonna 4 della tabella 2 del D.M. 9 maggio 2001 che si riporta di seguito.

TAB. 1 VALORI DI SOGLIA INDICANTI NELLA TABELLA 2 DEL D.M. 9 MAGGIO 2001					
Scenario incidentale	SOGLIE DI DANNO A PERSONE E STRUTTURE				
	Elevata letalità	Inizio lesioni	Lesioni irreversibili	Lesioni reversibili	Danni alle strutture Effetti domino
Incendio (radiazione termica stazionaria)	12,5 kW/m ²	7 kW/m ²	5 kW/m ²	3 kW/m ²	12,5 kW/m ²
BLEVE/Fireball (radiazione termica variabile)	raggio fireball	350 kJ/m ²	200 kJ/m ²	125 kJ/m ²	200 – 800 (secondo la tipologia del serbatoio)
Flash-fire (radiazione termica istantanea)	LFL	½ LFL	--	--	--
UVCE (sovrapressione di picco)	0,3 bar (0,6 bar per spazi aperti)	0,14 bar	0,07 bar	0,03 bar	0,3 bar
Rilascio tossico (dose assorbita)	LC ₅₀ (30 min/uomo)	--	IDLH	--	--

2. TECNICHE DI ANALISI DI RISCHIO UTILIZZATE PER L'INDIVIDUAZIONE E LA DETERMINAZIONE DELLE FREQUENZE DI ACCADIMENTO DELLE IPOTESI INCIDENTALI

Per ogni impianto si procede all'analisi delle ipotesi incidentali concentrando l'attenzione sulla frequenza di accadimento e l'estensione delle aree di danno degli scenari incidentali corrispondenti.

Nel seguito si riportano le modalità di conduzione dell'analisi di rischio.

2.1 Analisi di operabilità e quantificazione delle frequenze di accadimento

Analisi di operabilità

L'analisi di operabilità, effettuata in collaborazione con i responsabili della conduzione dell'impianto, viene effettuata per identificare i rischi legati al processo. Il metodo implica un esame sistematico, per ogni sezione del processo, delle possibili deviazioni dalle condizioni di regime di funzionamento, individuando le cause iniziatrici e le mancate protezioni che, concatenate fra loro, possono portare all'accadimento di un'ipotesi incidentale.

In particolare le schede hazop (analisi di operabilità), nelle quali sono riportate le parole guida, le deviazioni delle variabili di processo (es. temperatura, pressione, ecc...), le cause, le conseguenze, le protezioni e gli interventi, sono redatte per tutte le sezioni in cui sono presenti sostanze pericolose o vi sono particolari condizioni operative. Pertanto:

- sezioni in cui sono presenti apparecchiature ritenute particolarmente "pericolose": quali reattori, colonne di distillazione, colonne di stripping e di assorbimento;
- sezioni in cui le condizioni operative sono maggiormente critiche: elevate temperature, elevate pressioni, presenza di sostanze pericolose.

Quantificazione della frequenza di accadimento

- Quantificazione della frequenza di accadimento delle ipotesi incidentali mediante la tecnica degli alberi di guasto.
La quantificazione della frequenza di accadimento (espressa in occasioni all'anno) delle ipotesi incidentali, individuate dall'analisi operativa, è condotta avvalendosi della tecnica degli alberi di guasto.
La frequenza di accadimento di guasto di uno strumento o di un sistema di controllo è funzione anche della periodicità dei test di controllo di funzionalità. Si veda a tal proposito quanto riportato nel paragrafo 3.3.
- Quantificazione della frequenza di accadimento degli scenari incidentali mediante la tecnica degli alberi degli eventi.
Al fine di caratterizzare la frequenza di accadimento degli scenari incidentali (espressa in occasioni all'anno) è applicata la tecnica degli alberi degli eventi. Tale tecnica si basa sulla rappresentazione grafica di un modello logico che identifica e quantifica l'evoluzione dell'ipotesi incidentale.

2.2 Analisi di tipo storico-statistico

La tecnica di tipo storico-statistico permette un'analisi macroscopica degli eventi incidentali caratteristici delle apparecchiature di un impianto. Tale analisi, non approfondisce la sequenza logica che porta al verificarsi della causa iniziatrice, tuttavia determina i punti critici delle installazioni esaminate.

La validità di tale metodologia è pertanto limitata ad installazioni particolarmente semplici laddove le conseguenze delle deviazioni di processo sono facilmente prevedibili sulla base della sola esperienza.

Le ipotesi incidentali così individuate possono essere:

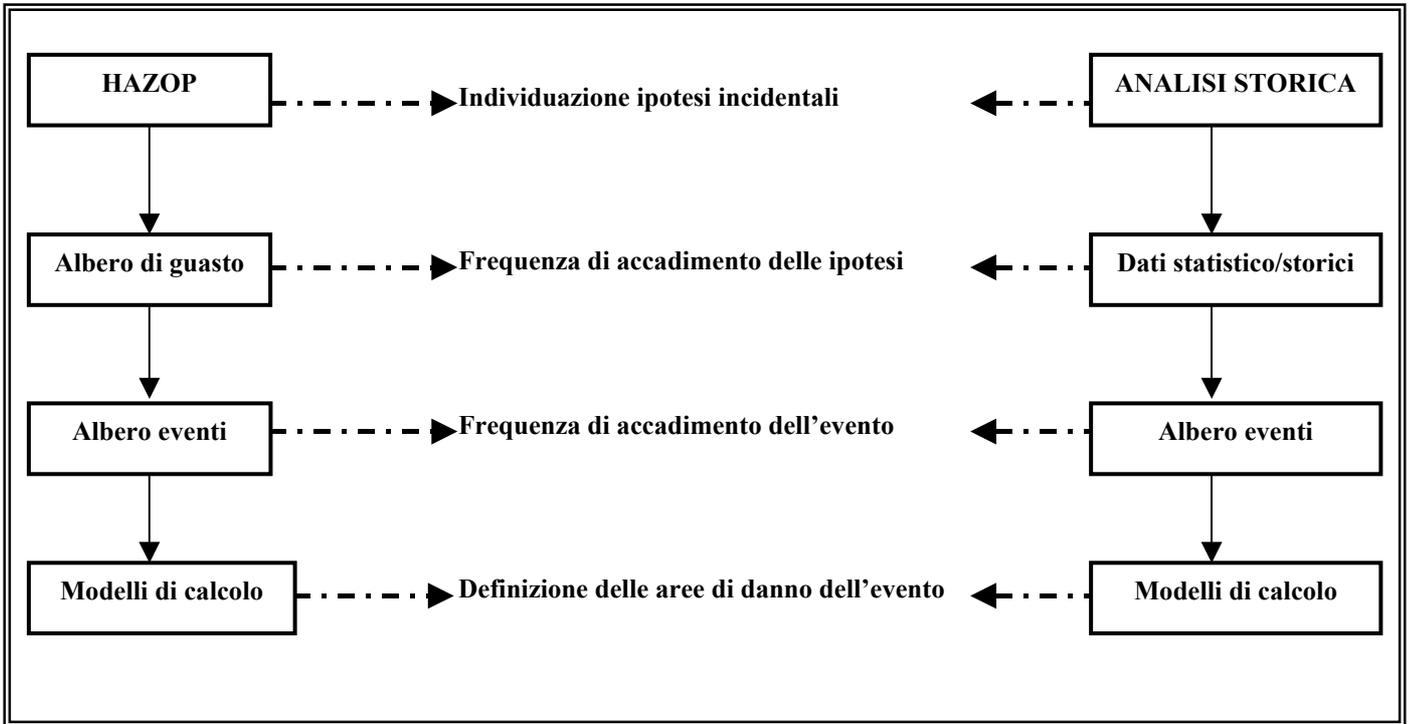
1. fuoriuscita di sostanze pericolose per rottura della tenuta delle pompe;
2. cedimento della guarnizione delle flange;
3. fuoriuscita di sostanze pericolose per rottura tubazioni;
4. fuoriuscita di sostanze da manichette flessibili o da bracci metallici utilizzati per il carico/scarico di ferrocisterne e/o autobotti.

La determinazione delle frequenze di accadimento delle ipotesi incidentali sopra riportate viene effettuata utilizzando dati storico/statistici riportati in letteratura.

Nella tabella seguente si riportano alcune ipotesi incidentali e i rispettivi valori di frequenza di accadimento.

TAB. 2 FREQUENZA DI ACCADIMENTO			
IPOTESI		FREQUENZA occasioni/ora	FONTE BIBLIOGRAFICA
Rilascio da manichetta flessibile utilizzata per il carico/scarico di ferrocisterne e/o autobotti		4,0 ·10⁻⁶	“Risk analysis of six potenzial hazardous industrial objects in the Rijnmond Area” Dordrecht, Holland, 1982
Rilascio da braccio metallico utilizzato per il carico/scarico di ferrocisterne e/o autobotti		3,0 ·10⁻⁸	
Rottura della guarnizione di un accoppiamento flangiato		5,0 ·10⁻⁸	
Rottura di tubazioni per metro	Diametro (mm) < 50	1,0 ·10⁻⁹	
	50÷150	6,4 ·10⁻¹⁰	
	> 150	3,0 ·10⁻¹⁰	
Rottura della tenuta meccanica della pompa		7,0 ·10⁻⁶	“Loss prevention in process industries. Hazard identification assessment and control” Frank T. Lees

SCHEMA DI FLUSSO RELATIVO ALLE IPOTESI INCIDENTALI



3. SISTEMI ATTI A RIDURRE LE FREQUENZE DI ACCADIMENTO DELLE IPOTESI INCIDENTALI

Nel presente paragrafo sono esposte le metodologie applicate per individuare e proporre interventi al fine di ridurre la frequenza di accadimento delle ipotesi incidentali.

3.1 Ipotesi incidentali desunte dall'analisi di operabilità

Le aree di indagine in cui si possono individuare eventuali soluzioni migliorative delle frequenze di accadimento sono:

1. installazione di sistemi di controllo (allarmi e blocchi) del processo la cui adozione può determinare la riduzione delle frequenze di accadimento dimostrabile con l'utilizzo della tecnica degli alberi di guasto;
2. formazione, informazione ed addestramento delle diverse funzioni coinvolte direttamente nell'attività di esercizio/manutenzione dell'impianto;
3. periodicità di controllo della strumentazione installata.

3.2 Ipotesi incidentali desunte da analisi tipo storico-statistica

Di seguito sono riportati i parametri di valutazione per le seguenti ipotesi:

- Rottura significativa di tubazioni per metro.
- Rottura della manichetta flessibile o del braccio metallico utilizzato per il carico/scarico delle ferrocisterne e/o autobotti.
- Rottura della guarnizione di un accoppiamento flangiato.
- Rottura della tenuta meccanica della pompa.

1 Rottura di tubazioni

La probabilità di rottura di una linea può ragionevolmente dipendere:

- a. dalle condizioni interne della tubazione (ad esempio le condizioni di processo e le caratteristiche chimico-fisiche delle sostanze);
- b. dalle condizioni esterne alla tubazione;
- c. da difetti del materiale della tubazione.

I dati di frequenza riportati in tabella 2 si riferiscono a condizioni in cui non c'è vibrazione, né corrosione o erosione e vi è assenza di cicli termici stressanti.

Per la definizione del corretto valore di magnitudo della frequenza si devono anche considerare altri fattori, quali la frequenza delle ispezioni e relativi piani, materiale di costruzione e condizioni di processo.

A seguito di tale analisi la frequenza di accadimento può scostarsi dal dato storico di più o meno un ordine di grandezza. Si veda a tal proposito quanto riportato nel paragrafo 3.3.

2 Rottura della manichetta flessibile o del braccio metallico utilizzato per il carico/scarico di ferrocisterne e/o autobotti

La frequenza di accadimento relativa al rilascio dai sistemi mobili di trasferimento è riconducibile alle seguenti cause:

- a. cedimento per fatica della manichetta;
- b. movimento dell'autocisterna ancora collegata;
- c. manichetta/braccio non collegato correttamente;
- d. manichetta/braccio scollegato prima di avere ultimato la fase di carico/scarico.

Come anticipato relativamente all'ipotesi di rottura della tubazioni, anche la frequenza di accadimento della rottura dei sistemi mobili di trasferimento può scostarsi dal dato storico di più o meno un ordine di grandezza (si veda a tal proposito quanto riportato nel paragrafo 3.3). Il valore è infatti influenzato dalla frequenza di ispezione, dalla modalità con cui sono custodite e maneggiate le manichette/bracci metallici.

3 Rottura della guarnizione di un accoppiamento flangiato

Questo tipo di perdite si verifica specialmente sulle tubazioni dei prodotti liquidi di notevole lunghezza.

La causa più frequente di tali perdite è rappresentata dal cedimento delle guarnizioni delle flange, sollecitate in modo anomalo per:

- a. tensioni termiche (thermal stress);
- b. colpi d'ariete;
- c. assenza di valvole;
- d. vibrazioni.

L'uso limitato delle flange in corrispondenza di valvole o ai punti terminale delle tubazioni riduce la frequenza di accadimento di perdite da accoppiamento flangiato.

Una possibile modalità di ispezione applicabile è quella di verificare lo stato di usura/invecchiamento della guarnizione dell'accoppiamento flangiato, attraverso la verifica della pressione esercitata sulle flange mediante un dinamometro.

4 Rottura della tenuta meccanica della pompa

Il cedimento meccanico della tenuta può essere casuale (difetto intrinseco) o provocato dalle vibrazioni e dal surriscaldamento conseguente a disallineamento o disfunzioni dovute ad esempio, alla cavitazione della pompa.

Possibili accorgimenti che riducono la frequenza di accadimento della fuoriuscita di una sostanza che a seguito del cedimento della guarnizione della pompa sono i seguenti:

- installazione di una tenuta doppia;
- installazione di una tenuta doppia con fluido di sbarramento;
- l'utilizzo di pompe a trascinamento magnetico, qualora possibile l'utilizzo, eviterebbe il rilascio di sostanze pericolose.

Facendo riferimento a quanto riportato si deduce che un attento esame degli eventi incidentali non può prescindere dalla conoscenza delle metodologie e procedure di ispezione e controlli delle apparecchiature e delle linee.

3.3 Piano e attività di ispezione

Quanto riportato nei paragrafi precedenti evidenzia l'importanza del "controllo operativo" al fine di monitorare i parametri e i dispositivi ritenuti critici, nonché lo stato di efficienza delle linee e delle apparecchiature.

Il Sistema di Gestione della Sicurezza (SGS) si occupa anche del controllo operativo. In particolare tale sistema stabilisce i criteri e le procedure di manutenzione, ispezione e verifica in modo da garantire l'affidabilità e la disponibilità per ogni parte dell'impianto, rilevante ai fini della sicurezza.

Le valutazioni del Piano di Miglioramento si fondano sulla valutazione dei pericoli rilevanti effettuata in occasione della presentazione del RdS alle Autorità e delle procedure applicate per dare vita al SGS.

Le valutazioni che saranno effettuate partiranno dall'approfondimento delle procedure di seguito riportate.

- a. **Piani di ispezione e verifica di apparecchiature e linee critiche:** lo scopo è quello di assicurare l'integrità delle attrezzature, degli impianti e delle linee, pianificando l'attività di manutenzione preventiva.
- b. **Piani di ispezione e verifica dei parametri operativi critici (temperatura, pressione, livello, ecc...) e dei relativi limiti operativi:** lo scopo è di assicurare che le condizioni operative degli impianti e delle attrezzature siano mantenuti entro i limiti operativi di progetto per garantire la sicurezza e l'efficienza degli impianti ed attrezzature.
- c. **Piano di ispezione e verifica dei dispositivi critici (PSV, DR, sistemi di blocco di emergenza, rilevatori di fiamma, ecc...):** lo scopo è la verifica del corretto funzionamento dei dispositivi prevedendo una pianificazione dell'attività di manutenzione preventiva.

Le procedure che regolamentano i piani ispettivi di cui sopra devono contemplare almeno i punti di seguito elencati.

1. Analisi preliminare realizzata da adeguato personale ed effettuata per ogni impianto e linea dello Stabilimento al fine di individuare le criticità (in funzione delle caratteristiche chimico-fisico-tossicologiche delle sostanze, delle condizioni di processo, del lay-out, analisi storica, ecc...).
2. Caratterizzazione dei livelli di criticità.
3. Programmazione delle verifiche e controlli in funzione dei livelli di criticità definiti, dai risultati di ispezioni precedenti, nonché degli adempimenti legislativi.
4. Raccolta dei risultati delle ispezioni e definizione di indici di valutazione (tasso di corrosione, campionamento, ecc...).
5. Gestione della documentazione al fine di permetterne la diffusione, l'aggiornamento e la conservazione.

Nei paragrafi seguenti si propone una modalità di calcolo del fattore correttivo da applicare alle frequenze da dati storico-statistici.

Rottura di tubazioni dipendente dalle condizioni interne della tubazione

In questo paragrafo si espone la modalità di determinazione del fattore correttivo *k* da applicare per il calcolo del corretto valore della frequenza di accadimento dell'ipotesi incidentale *F'*, nell'ipotesi di corrosione interna.

$$F' = F_{storica} * k$$

La determinazione del fattore correttivo *k* è funzione di 2 parametri: il livello di criticità e l'intervallo di ispezione della tubazione.

I livelli di criticità di una linea sono funzione del tasso corrosione:

- | | | |
|------------|-----------------|------------------------------------|
| livello 1: | criticità alta | corrosione superiore a 1 mm/anno |
| livello 2 | criticità media | corrosione superiore a 0,5 mm/anno |
| livello 3 | criticità bassa | corrosione inferiore a 0,5 mm/anno |

Nella tabella 3 è riportata la matrice per la determinazione del fattore correttivo *k*. Conoscendo il livello di criticità della linea e l'intervallo di ispezione è determinabile il fattore correttivo.

TAB. 3 MATRICE DI DETERMINAZIONE FATTORE <i>k</i>			
LIVELLO DI CRITICITÀ	INTERVALLO DI ISPEZIONE ESPRESSO IN ANNI		
1	>5	3÷5	<3
2	>8	5÷8	<5
3	>10	6÷10	<6
	10	1	10⁻¹
FATTORE <i>k</i>			

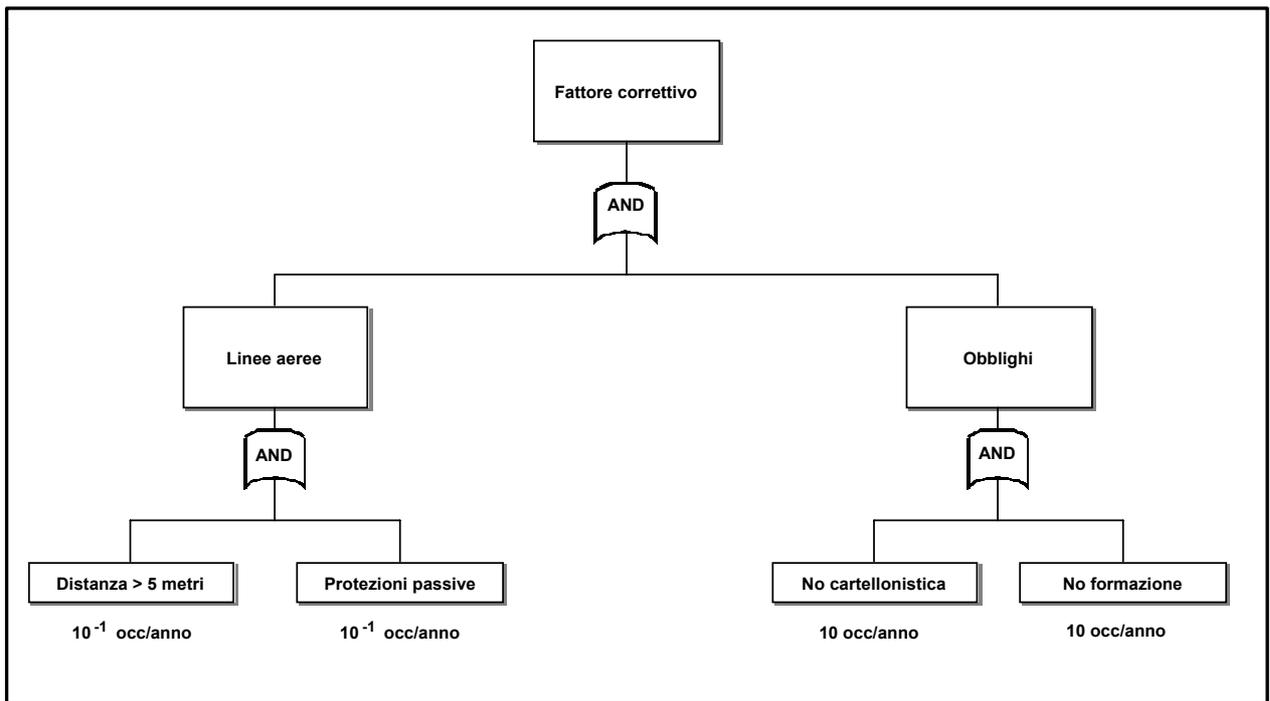
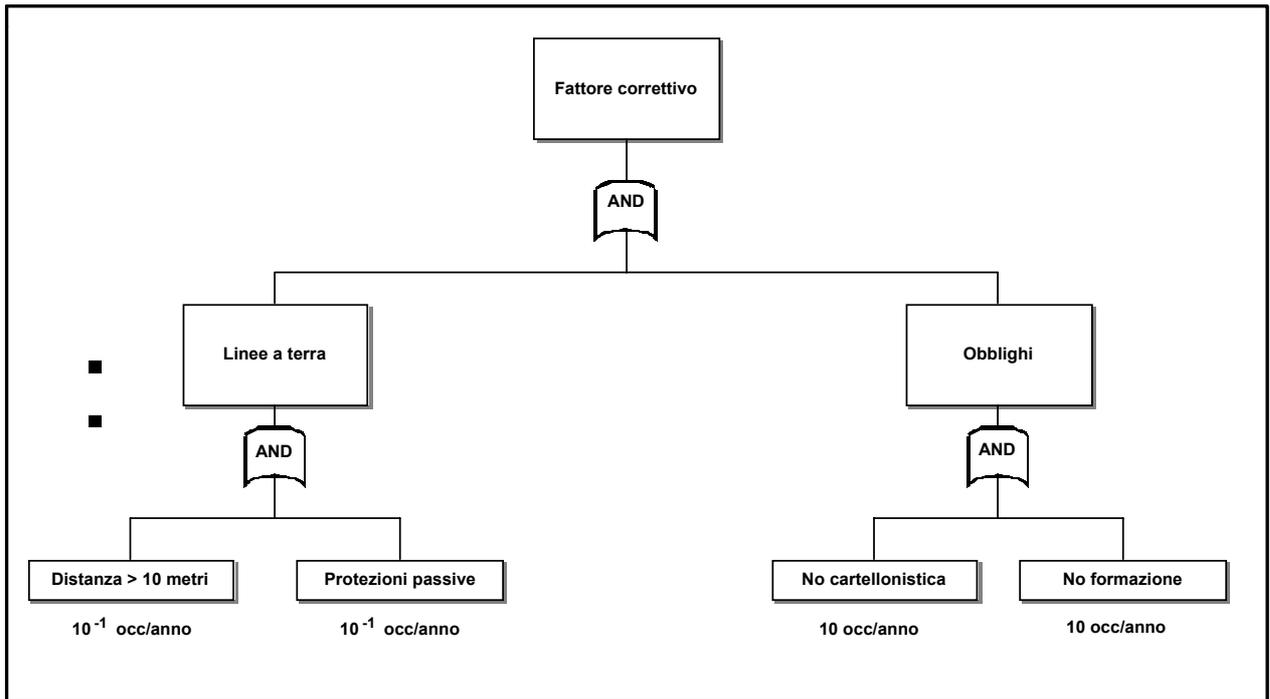
Rottura di tubazioni dipendente dalle condizioni esterne della tubazione

Le tubazioni a cui si fa riferimento sono le linee aeree e le linee in trincea.

Di seguito sono presentati due diagrammi logici per il calcolo del fattore correttivo *k* da inserire nella formula $F' = F_{storica} * k$.

Il fattore correttivo è funzione dei seguenti parametri:

- della posizione rispetto ai punti di transito degli autoveicoli o da punti critici (punti di travaso autocisterne e ferrocisterne);
- delle protezioni passive (guard rail, muri di protezione, protezione aerea antiurto, ecc...);
- della presenza di adeguata cartellonistica stradale e di procedure di controllo del rispetto dei divieti imposti;
- dall'esistenza di procedure che regolamentino e controllino l'accesso dei visitatori in Stabilimento, del personale delle imprese terze e regole per l'ingresso, l'uscita, la circolazione e la sosta di auto private all'interno dello Stabilimento. Ogni procedura deve contenere i divieti, gli obblighi, nonché le modalità di informazione a tutto il personale in ingresso allo Stabilimento.



Rottura della manichetta flessibile e/o del braccio metallico utilizzato per il carico/scarico delle ferrocisterne e/o autobotti

La determinazione del fattore k è funzione dei seguenti parametri.

1. Frequenza dei controlli e delle prove delle manichette/bracci metallici
Le operazioni di controllo delle manichette/bracci metallici deve avvenire almeno ogni 6 mesi. Devono essere previste prove di tenuta e controlli visivi.
2. Procedure sull'uso delle manichette/bracci metallici
Devono essere definite, mediante apposita procedura, le operazioni per l'uso delle manichette/bracci metallici.
3. Procedure sulla conservazione delle manichette/bracci metallici
Devono essere definite normative di carattere pratico per la conservazione delle manichette/bracci metallici.

Nel caso in cui vengano adottati tutti gli accorgimenti sopra esposti, è possibile ridurre la frequenza di accadimento dell'ipotesi in oggetto. Se non è rispettato nessuno dei tre parametri la frequenza storico-statistica viene peggiorata di un fattore 10. Nei casi intermedi viene applicato il fattore pari a 1.

Si veda quanto riportato nella tabella 4.

TAB. 4 MATRICE DI DETERMINAZIONE FATTORE <i>k</i>			
1	2	3	<i>k</i>
SI	SI	SI	10⁻¹
Altre combinazioni			1
NO	NO	NO	10

Le procedure di cui sopra devono contenere almeno quanto segue:

- definizione delle responsabilità;
- definizione delle modalità operative;
- definizione delle modalità di controllo delle operazioni;
- definizione delle modalità di effettuazione delle prove di controllo.

Rottura della guarnizione di un accoppiamento flangiato

Misure atte a limitare l'accadimento dell'ipotesi incidentale in oggetto sono:

- uso limitato delle flange;
- uso del dinamometro.

Caso per caso dovrà essere valutata la possibilità di variare le frequenza di accadimento.

È comunque consigliabile la predisposizione di procedure di ispezioni e controlli anche a fronte dell'esperienza interna dello Stabilimento.

Rottura della tenuta meccanica della pompa

L'incremento della sicurezza nelle tenute delle pompe è possibile con i mezzi di seguito elencati. Per ogni misura correttiva si riporta la corrispondente frequenza di accadimento.

- Pompe a tenuta doppia: frequenza pari a $3,0 \cdot 10^{-3}$ occasioni/anno (8000 ore/anno di funzionamento).
- Tenuta doppia con flussaggio: il calcolo della frequenza richiede l'applicazione della tecnica dell'albero di guasto; la frequenza sarà comunque inferiore a 10^{-3} occ/anno.
- Pompe a trascinamento magnetico: l'ipotesi corrispondente (fuoriuscita di sostanza dalla tenuta dell'albero) non è credibile.

È comunque consigliabile la predisposizione di procedure di manutenzione preventiva anche alla luce degli interventi manutentivi effettuati.

4. SISTEMI ATTI A RIDURRE GLI EFFETTI DEGLI EVENTI INCIDENTALI

Al fine di limitare gli effetti derivanti dagli eventi incidentali di seguito si elencano alcune soluzioni impiantistiche in grado di soddisfare tale obiettivo:

- valvole di sezionamento con comando a distanza, al fine di ridurre i quantitativi rilasciati;
- strumentazione, quale misuratori di portata, misuratori di pressione e rilevatori di gas, al fine di ridurre i tempi di intervento e quindi di rilascio;
- aree di raccolta per rilasci liquidi tossici e/o infiammabili caratterizzate da limitate superfici, al fine di ridurre sia le portate evaporanti che gli eventuali effetti di irraggiamento derivanti da un incendio;
- sistemi di diluizione/inertizzazione/assorbimento (acqua nebulizzata, vapore, azoto) qualora abbiano a verificarsi dispersioni di vapori infiammabili e/o tossici, al fine di ridurre la probabilità di innesco in presenza di vapori infiammabili o di assorbire/abbattere eventuali vapori tossici;
- sistemi di raffreddamento e di protezioni al fuoco per strutture che potrebbero essere interessate da valori di irraggiamento tali da comportare il cedimento delle strutture stesse provocando a loro volta successivi eventi incidentali (effetto domino);
- disposizione degli impianti/apparecchiature più critiche in aree tali che qualora si verificassero eventi incidentali i relativi effetti:
 - non comportino conseguenze all'esterno dello Stabilimento;
 - non coinvolgano impianti/apparecchiature limitrofe;
 - consentano un sicuro e adeguato intervento alla Squadra di Pronto Intervento e dei Vigili del Fuoco.

5. CONCLUSIONI

Al fine di soddisfare quanto sopra risulta determinante l'attuazione del Sistema di Gestione della Sicurezza formalizzato ai sensi del D.M. 9 agosto 2000.

In particolare "lo Stabilimento deve identificare e controllare le attività, i processi e le operazioni che possono influire significativamente sulla sicurezza, in linea con la politica in materia di salute, sicurezza, ambiente e incolumità pubblica della Società e con gli obiettivi e traguardi cui si è posto.

Le attività in generale, ed in particolare quelle che hanno influenza diretta o indiretta sulla sicurezza, devono essere svolte a fronte di procedure specifiche, che garantiscano il rispetto di quanto previsto nella politica della Società e nei piani di miglioramento dello Stabilimento, al fine di prevenire le ipotesi incidentali e limitare gli eventuali effetti.

I documenti di riferimento sono:

- *ai fini dell'affidabilità dei componenti impiantistici: piani di manutenzione, piani di ispezione, piani di controllo, piani di taratura, modalità di approvvigionamento;*
- *ai fini della conduzione dell'impianto: manuali operativi, procedure o istruzioni operative, piani di emergenza;*
- *ai fini dell'adeguatezza professionale: piani di formazione/addestramento;*
- *ai fini della esposizione e della salute dei lavoratori: piani di monitoraggio ambienti di lavoro, piani di sorveglianza sanitaria."*

Per quanto riguarda i piani di miglioramento per la riduzione del rischio, essi dovranno essere redatti tenendo conto dei criteri esposti nei paragrafi precedenti e delle seguenti situazioni:

- risultanze dell'analisi di rischio;
- esperienza storica dello Stabilimento;
- riunioni periodiche a tutti i livelli operativi;
- incidenti, mancati incidenti;
- verifiche ispettive interne/esterne;
- modifiche di impianto (operative/impiantistiche);
- controlli/interventi manutentivi.

La realizzazione di quanto sopra consentirà di effettuare una reale gestione della sicurezza mirata alla continua riduzione del livello del rischio dell'attività industriale.