

LA GESTIONE DELL'EMERGENZA IN IMPIANTI RIR: SPUNTI PER UN APPROCCIO SISTEMISTICO

Geri, F.¹, Luccone, L.G.², Spasiano, A.³, Polizzi, G.⁴ e Monaco, S.⁵

¹Dipartimento della Protezione Civile, Roma

²Dipartimento di Chimica, Università di Roma La Sapienza

³Consulente Ministero Interno Dipartimento P.S. , Roma

⁴Amministratore Delegato Sintel Italia SpA, Pomezia, Roma

⁵Dipartimento di Informatica e Sistemistica, Università di Roma La Sapienza

SOMMARIO

I processi di gestione dell'emergenza sono caratterizzati dalla interazione di valutazioni, decisioni e interventi in diversi comparti con forti interazioni ed effetti a volte di difficile previsione. A partire da un'analisi di dati relativi ad incidenti in impianti a rischio di incidente rilevante (RIR) con particolare attenzione alla tempistica di intervento, risulta che per far fronte in tempo reale a scenari di eventi – dai fattori predisponenti, a quelli scatenanti, fino ai danni – è necessario impiegare tecnologie avanzate per la localizzazione e la trasmissione di dati e video, predisporre alcuni miglioramenti nella gestione della sala operativa e attivare una unità di crisi interna a più funzioni. È opinione degli autori, poi, che in tale contesto i paradigmi della teoria dei sistemi complessi possano fornire importanti spunti per un approccio metodologico alla gestione dell'emergenza in impianti RIR e che questa prima indagine che, sulla base dell'analisi dei report dalla banca dati MARS e dati del TNO, abbia permesso di ottenere una stima della tempistica del quadro evolutivo di un evento primario. Ciò ha portato a un'accresciuta comprensione di come l'applicazione del metodo di gestione per funzioni interne, in sinergia con l'attivazione di efficaci procedure di gestione della sala operativa interna, unitamente all'utilizzo di moderne tecnologie di localizzazione e comunicazione, possa portare alla minimizzazione della magnitudo di eventi primari, permettendo una efficace gestione sin dai primi minuti dell'evento.

1.0 INTRODUZIONE

La gestione dell'emergenza può essere schematizzata e analizzata come una complessa combinazione di valutazioni, decisioni e interventi in diversi comparti con forti interazioni ed effetti a volte di difficile previsione. Obiettivo del presente lavoro è mettere in luce un primo riscontro circa la possibilità di mutuare nell'ambito della gestione dell'emergenza alcuni principi della teoria della complessità con la finalità di:

1. Rendere disponibili metodi di gestione operativa nei diversi scenari incidentali di riferimento;
2. Realizzare processi di gestione che assicurino reattività e sincronizzazione nella risposta ad eventi di danno per le varie tipologie di eventi primari;
3. Approfondire e migliorare la conoscenza dei processi di generazione delle decisioni tramite la gestione coordinata delle varie funzioni interne al "sistema impianto".

La gestione di un'emergenza ha la finalità primaria di ridurre il danno conseguente ad un dato evento, evitando che questo si propaghi e limitando al massimo le conseguenze, e di ripristinare le condizioni preesistenti favorendo il ritorno alla normalità [1]. La molteplicità e la diversità dei componenti che interagiscono, assieme alla loro intrinseca complessità, suggeriscono di guardare alla gestione delle emergenze, mutuando le metodologie ormai consolidate nella Teoria dei sistemi, come a sistemi dinamici complessi.

Un impianto a rischio di incidente rilevante è caratterizzato, a livello di complessità, da due aspetti peculiari: la complessità intrinseca dei componenti (impianti, processi, strutture) e quella collegata alle dimensioni. Sulla base di queste considerazioni, viene sviluppata una prima indagine che conduce a comprendere come l'applicazione del metodo di gestione dell'emergenza per funzioni interne allo stabilimento, in sinergia con l'attivazione delle procedure di intervento gestite da un'efficiente sala operativa interna all'impianto in cui un ruolo fondamentale è rivestito dalle nuove tecnologie di localizzazione e comunicazione, possa ridurre il tempo di risposta e di conseguenza la magnitudo

connessa all'evento primario. Ciò assume particolare importanza in presenza di scenari che si sviluppano in breve tempo (ordine dei minuti) e per i quali la magnitudo degli effetti è elevata, come risulta dall'analisi delle banche dati degli incidenti. Le principali caratteristiche connesse alla complessità nella gestione delle emergenze degli impianti RIR sono:

- ❑ La presenza di numerosi elementi interagenti;
- ❑ La complessità intrinseca dei processi e delle lavorazioni;
- ❑ La scarsa conoscenza della correlazione tra eventi primari, scenari di danno e loro localizzazione in impianto;
- ❑ La rapida evoluzione degli eventi primari nei casi di incidenti con livello degli effetti "alto";
- ❑ La difficoltà ad attivare comunicazioni rapide ed esaustive dall'area di localizzazione dell'evento all'area deputata al coordinamento dell'emergenza e all'interfaccia operativa con le strutture esterne all'impianto.

Nel presente lavoro, a partire da dati statistici su incidenti reali e da report degli incidenti stessi, vengono individuate alcune soluzioni per ridurre il tempo di risposta; ciò è conseguenza di tre tipi di interventi:

- Miglioramento dell'efficienza nella gestione della sala operativa interna dello stabilimento;
- Miglioramento del sistema decisionale interno tramite un approccio multifunzionale;
- Miglioramento dell'interfaccia con le strutture operative esterne mediante sistemi di comunicazione e trasmissione dati di nuova generazione.

2.0 ANALISI STATISTICA DEI TEMPI DI RISPOSTA ALL'EVENTO

L'approccio sistemico alla gestione dell'emergenza degli impianti RIR ha reso necessaria un'analisi delle banche dati incidentali che mettesse in evidenza le tempistiche di risposta del sistema di interventi. Questa interpretazione cronoriferita (tabella 3) sarà il fulcro su cui verrà costruito il sistema di intervento. Di seguito è riportata una statistica sulla tempistica di sviluppo e gestione di incidenti in impianti RIR dalla quale si evince l'importanza strategica della capacità di intervento del "sistema impianto" visto come sistema complesso, con riferimento particolare alla capacità di gestione da parte della sala operativa interna all'impianto. La statistica deriva dall'analisi degli eventi riportati nel sistema informatico MARS con il duplice scopo di raccogliere i dati forniti dagli Stati Membri sugli incidenti cosiddetti "rilevanti" e di realizzare un sistema di scambio informativo/formativo tra di essi. In base all'analisi dei tempi, considerando la seguente scala degli effetti (tabella 1):

Tabella 1. Livello degli effetti

livello effetto	Criterio di valutazione
Basso	nessuna o piccole ferite, nessun fuori servizio
Medio	feriti senza effetti permanenti prevedibili e fuori servizio senza effetti a lungo termine
Alto	possibili morti o effetti a lungo termine su uomo o ambiente

e considerando tre diversi range per la scala dei tempi è possibile riorganizzare i parametri così:

Tabella 2. Risultati della correlazione tra scala degli effetti e range dei tempi

Range dei tempi	Scala degli effetti		
	Alto	Medio	Basso
0-10'	8	/	/
10' - 30'	2	3	2
30' - 120'	/	3	4

Pur nei limiti dell'analisi, effettuata comunque su basi di dati di incidenti reali, si nota un risultato interessante: gli incidenti più gravi (grado degli effetti "alto") derivano da tempi di sviluppo dell'evento primario bassi, inferiori ai 10'. Inoltre, non risultano gradi di effetti "alto" per tempi di sviluppo dell'evento primario maggiori di 30'.

Tabella 3. Sintesi dell'analisi degli incidenti da banca dati MARS

Cod. rif	Tipo di industria	Dinamica evento	Tempi di accadimento	Magnitudo effetti
201	Petrolchimico – di processo	Incidente durante travaso di acetilene	Operazioni iniziano alle ore 7:00. Prima esplosione ore 9.10 seconda esplosione dopo 15 secondi. 2 ore 10'	6 feriti Danni per 6 MECU
202	Fabbricazione carta	Decomposizione rapida di 22 ton di acido sulfonico con formazione di nube di SO ₂	Dalle 14.45 alle 16.15. 1 ora e 30'	1 ferito non grave Danni per 0,5 MECU
212	Petrolchimico	Esplosione di propilene e dopo 25' seconda esplosione innescata dal primo incendio	25'	Danni gravi al piping
216	Petrolchimico	L'innesco e l'esplosione di una nube di etilene hanno causato il rilascio di acido nitrico	20'	4 feriti Danni agli impianti
227	Chimico-farmaceutico	Fuoriuscita da una centrifuga del prodotto e successiva esplosione	5'	Danni per 0,006 MECU
234	Stoccaggio di LPG	Esplosione di un serbatoio e fuoriuscita di una nube contenente acido nitrico	Dalle 7.55 in pochi minuti	4 morti ed 1 ferito Distruzione di parte dell'impianto
235	Chimica	Incidente in un reattore di sintesi dell'ammoniaca	Circa 20'	1 morto e 4 feriti Seri danni all'impianto
236	Chimica farmaceutica	Una nube è fuoriuscita da un contenitore e successivamente si è sviluppato un incendio ed una esplosione	6-7'	163 intossicati Danni non elevati all'impianto
237	Chimica	Fuoriuscita di soluzione contenente ammoniaca da serbatoi	Dalle 4.30 alle 6.30 Circa due ore	Danni all'ambiente
241	Chimica organica	Rilascio di isobutilacetato con incendio	Circa 60 minuti	Danni all'impianto
265	Chimica organica	Reazione fuggitiva in due reattori	Dalle 7.15 alle 8.20 Circa 65 minuti	30 persone ospedalizzate
266	Stoccaggio imbottigliamento LPG	Incidente in un deposito di idrocarburi	Dalle 13.05 alle 9 del giorno dopo. Entro i primi 10 minuti flash fire ed esplosione del primo serbatoio	2 morti e 8 feriti Gravi danni all'impianto
267	Stoccaggio e distribuzione di composti fertilizzanti	Decomposizione di un fertilizzante con fuoriuscita di nube tossica	Dalle 9.15 è stato notato del fumo alle 11.15 fuoriesce la nube tossica e viene evacuata un'area di circa 15 km ² . Alle 17.20 evento sotto controllo	29 feriti Danni all'impianto
269	Chimica	Rilascio di idrogeno e sodio idrato con esplosione a seguito di un processo di emulsione tra olio ed acqua con aggiunta di tensioattivi. Successiva formazione di nube	La prima chiamata alle 3.07. Alle 3.20 arrivano i primi soccorsi. Alle 8.30 la nube si è dissolta	Feriti per esplosione. Danni all'impianto
275	Petrolchimica	Fuoriuscita da una pompa di un prodotto misto (dicloroetano, cloruro di vinile, hydrogen chloride)	Alle 11.50 è avvenuto un rilascio con successivo incendio. L'incendio è stato estinto dopo 13 ore.	Un ospedalizzato per shock. Danni all'impianto

Cod. rif	Tipo di industria	Dinamica evento	Tempi di accadimento	Magnitudo effetti
276	Petrolchimico	Rottura di pipeline con fuoriuscita di prodotto e incendio (jet fire)	Incendio estinto dopo 4 ore circa	1 ferito grave per ustione. 3 feriti meno gravi. Danni alle attrezzature
277	Stoccaggio idrocarburi	Incendio e successiva esplosione	11.10 inizio di incendio in tubazioni sotterranee. Alle 15.20 si verifica un'esplosione. Incendio estinto alle 15.40 (circa 4,5 ore dopo)	15 feriti per ustioni. Danni ad attrezzature
278	Stoccaggio idrocarburi	Una perdita di petrolio ha generato una nube di vapori innescata da un automezzo	Alle 4.00 circa inizia la perdita. Alla 4.20 c'è una violenta esplosione. Alle 12.17 è stato estinto l'incendio	5 feriti dall'esplosione Danni ai serbatoi
281	Chimico	Sviluppo di una nube contenente acido cloridrico e SO ₂ a causa di una reazione con acqua ed i prodotti contenenti cloruro di zolfo ed altri composti corrosivi.	Alle 13.30 inizia ingresso acqua nel serbatoio. Dopo un minuto inizia la reazione con i prodotti clorurati e sviluppo di nube tossica. È stato interrotto subito il flusso d'acqua. La produzione di vapori è cessata dopo 5 minuti. Alle 14.20 cessa il pericolo.	24 bambini intossicati
280	Petrolchimico	Grande perdita di gas, successiva esplosione e grande incendio	5.20 inizia la perdita di gas e velocemente si innesca con esplosione. Ore 6: arriva la prima squadra di intervento. Seguono incendi alla prima esplosione. Il management emergenza pienamente operativo tra le 7 e le 9:45. Alle 13.00 tutti gli incendi sono sotto controllo.	6 operatori morti, 1 gravemente ferito. Gravi danni all'impianto
279	Chimico	Incidente in una unità di produzione di perossido di idrogeno.	22.15: mancato funzionamento di alcuni sistemi di controllo automatico. 22.19 operatori non seguono corrette procedure di ripristino e alcune valvole rimangono aperte provocando flusso anomalo e pressurizzazione (23.09) e rottura del piping in 5°. Immediatamente segue l'incendio. 23.30 arrivo dei soccorritori e 1.29 incendio estinto.	1 operatore morto e 2 feriti. Danni ingenti alle strutture.
417	Stoccaggio di LNG	Rilascio di LNG e formazione di nube che evapora	Rilascio vari m ³ di LNG e formazione di nube che non si è innescata in 17 minuti	Perdita di materia
420	Petrolchimico	Rilascio e formazione di nube di ossido di etilene	Formazione di una nube di ossido di etilene per malfunzionamento di valvola di nono ritorno.	1 persona ferita
425	Chimico	Errore operativo in fase di connessione di tubazioni	Incendio a seguito di errato collegamento tubazioni. In pochi minuti.	1 persona ferita
431	Chimico-pesticidi	Incidente nel magazzino di stoccaggio materie prime-prodotti finiti di varia natura	Incendio partito nel settore di deposito dei materiali ossidanti. Tempi molto rapidi	5 feriti e 3000 evacuati Gravi danni all'impianto
432	Petrolchimico	Sistema di ricircolo del propano	Grande quantità di propano fuoriuscita, per due ore	Nessun ferito Nessun danno
433	Chimico	Incidente in una installazione per iniezione di ammoniaca in un impianto di produzione di urea. Rilascio di ammoniaca	10 tonnellate di ammoniaca entro i primi 3 minuti, il resto nei rimanenti 40 minuti. Concentrazione di 150 ppm nei primi 10 minuti in un raggio di 3,5 km	2 operatori morti immediatamente. 5 operatori feriti. 3000 persone esposte
437	Petrolchimico	Incidente in unità di alchilazione di una raffineria	Si sono verificate due perdite di isobutano con formazione di nube e innesco con flash fire. La perdita è stata individuata in 2' ed il tutto è stato risolto in 25'	3 persone ferite Danni all'impianto
439	Chimico	Incidente in impianto di BPA	Sviluppo di vapori di toluene da serbatoio che non hanno trovato innesco. Circa 15'	Nessun ferito nessun danno

3.0 ALCUNE CONSIDERAZIONI STATISTICHE SUGLI INCIDENTI IN IMPIANTI RIR APPARTENENTI AL SETTORE DELLA CHIMICA FINE

Nella tabella 4 è stata riportata, per tipo di evento, la distribuzione percentuale degli incidenti. Per una corretta lettura si nota che per gli incidenti che presentano più di una tipologia di accadimento si è considerato solo l'evento che ha causato i danni maggiori, ciò a fini di normalizzazione; inoltre si è ritenuto opportuno riportare le frequenze, rispetto alla totalità degli incidenti in cui sia stato registrato almeno un decesso.

Tabella 4. Distribuzioni del tipo di incidenti con conseguenze mortali

Tipo di incidente	% numero incidenti totale	% numero incidenti con morti
Rilascio tossico	37	21
Rilascio corrosivo	10	0
Implosione	0	0
Incendio	17	4
Esplosione confinata	27	54
Esplosione non confinata	5	18
Esplosione di polveri	0	0
Condizione anomala	4	3

I valori percentuali sopra citati rappresentano, rispettivamente:

colonna 2: % relativa al numero totale degli incidenti;

colonna 3: % relativa al numero di incidenti con morti.

L'analisi sintetica dei dati statistici individuati suggerisce le seguenti considerazioni:

- la maggior parte degli eventi incidentali con almeno un morto, in termini sia assoluti che relativi, si riscontra in conseguenza di esplosioni confinate (va ricordato come lo scenario incidentale relativo a tale tipologia sia caratterizzato da rilasci di infiammabili in ambienti chiusi o semiconfinati e da sovra-pressioni interne in recipienti o reattori);
- la più elevata mortalità si riscontra in esplosioni non confinate (nel 50% dei casi hanno provocato almeno un morto); tale caratteristica può essere dovuta al fatto che ai fini dell'innesco esplosivo di una nube non confinata occorre superare quantitativamente una massa critica minima per la propagazione dell'onda, già comunque in grado di provocare danni gravi nel breve raggio.

Nella successiva tabella è riportato il risultato di un'analisi statistica considerando la distribuzione degli incidenti per fase operativa dell'attività, ottenendo il seguente prospetto:

Tabella 5. Distribuzione statistica incidenti per fase operativa

Tipo di fase operativa	% incidenti
Processo	47
Stoccaggio	24
Movimentazione prodotti	13
Manutenzione impianti	13
Trattamento reflui	3

A supporto della lettura:

- "Processo" tipizza eventi insorti durante fasi di processo in impianto;
- "Stoccaggio" tipizza eventi insorti in aree di stoccaggio;
- "Movimentazione" tipizza eventi insorti durante operazioni di movimentazione del prodotto (escludendo i casi di carica o drenaggio del reattore, casi che sono stati considerati come accaduti in fasi di processo); nelle pagine successive tale voce è stata analizzata con maggior dettaglio rispetto ai tipi di movimentazione;
- "Manutenzione" tipizza eventi insorti durante operazioni di manutenzione in impianto.

È interessante notare che quel 50% di incidenti che sono accaduti in fasi di processo sono stati provocati principalmente dalla mancanza di un'adeguata conoscenza del processo dal punto di vista chimico, chimico-fisico, termodinamico e cinetico, e dalla inosservanza delle procedure operative. Un'analisi più dettagliata degli incidenti in fase di movimentazione conduce ai dati della tabella 6.

Tabella 6. Distribuzione statistica incidenti nella fase di movimentazione

Tipo di movimentazione prodotto	%
Trasporto	12
Travaso	69
Trasferimento via condotta	19

In questa tabella: “trasporto” tipizza gli incidenti occorsi durante il trasferimento di prodotto attraverso serbatoi mobili (all'interno dell'azienda); “travaso”, gli incidenti accaduti in fase di carico/scarico del prodotto nelle apposite aree di travaso, “trasferimento via condotta”, gli incidenti che si sono verificati nelle linee di collegamento tra impianti di produzione e aree di stoccaggio del prodotto (quasi sempre causati da rotture di tubazioni). Come si può notare molti incidenti sono accaduti in fase di travaso del prodotto; questo si può spiegare considerando che le fasi di carico o scarico richiedono un maggior numero di operazioni manuali con conseguenti errori umani per inosservanza delle procedure.

4.0 ANALISI DEGLI INCIDENTI IN DEPOSITI DI GPL

Nella trattazione che segue sono stati analizzati i dati di alcuni tra gli incidenti più rilevanti provocati da incendi e scoppi di GPL prevalentemente in impianti e depositi fissi. Questa analisi è giustificata dal fatto che il GPL risulta essere una delle sostanze a più alto rischio dal momento che gli incidenti sono piuttosto frequenti e la magnitudo dei danni è elevata. Un altro dato interessante è che si tratta di impianti con tecnologie e procedure gestionali consolidate. I dati sono stati dedotti dalle tabelle pubblicate dal TNO (The Netherlands Organization, dossier n. 8727-13325).

Dall'analisi effettuata risulta che:

- a) Gran parte degli incidenti si è originata con una perdita di GPL dovuta a guasti e incidenti con la conseguente formazione di una nube di vapore che nella maggioranza dei casi si è accesa entro una distanza di 150-200 m dal punto di rilascio;
- b) Non sono stati registrati effetti consistenti di onda d'urto da esplosione di nubi di vapore all'aria aperta (tranne rottura di vetri), mentre sono riportati effetti di sovrappressione su edifici le cui mura sono state abbattute a causa di esplosioni all'interno degli stessi. La nube di vapori infiammabili si è insinuata all'interno delle abitazioni;
- c) Sono stati registrati seri danni per l'onda d'urto verificatasi, a seguito di Bleve, sulle sfere e sui sigari spostati dai loro sostegni o colpiti da frammenti dei contenitori scoppiati;
- d) In molti casi le sfere non sono esplose violentemente, ma si sono spaccate nella sommità;
- e) Si sono verificate differenze significative sui tempi intercorsi tra l'accensione della nube di vapore e il Bleve dei contenitori: i tempi vanno da 3-10 minuti a 30 minuti. Probabilmente nel caso di tempi minori, le fiamme dell'incendio sono state a diretto contatto della parte superiore del mantello del serbatoio occupato dal vapore. Infatti, essendo il vapore un cattivo conduttore del calore a differenza della fase liquida le lamiere hanno subito una rapida degradazione della loro resistenza meccanica che non ha potuto adeguatamente opporsi all'aumento di pressione interna.

Oltre a ciò va detto che in base all'analisi statistica effettuata si può riscontrare che il 72% dei Bleve ha luogo come 3° evento di una catena incidentale e che il 28% dei Bleve ha luogo come 4° evento. Inoltre, per quanto riguarda i tempi di svolgimento rispetto all'innesco dell'evento primo della sequenza incidentale, si ha la tabella 7:

Tabella 7. Analisi dei tempi di evoluzione dei BLEVE

Evento 3	Tempi dall'inizio della sequenza (minuti)	Evento 4	Tempi dall'inizio della sequenza (minuti)
BLEVE 1	18		
BLEVE 2	40		
BLEVE 3	18		
BLEVE 4	20		
		BLEVE 5	100
		BLEVE 6	40
BLEVE 7	10		
BLEVE 8	60		
		BLEVE 9	90
BLEVE 10	20		
BLEVE 11	20		
Media tempo Bleve evento 3	25	Media tempo Bleve evento 4	75

La tabella 7 mostra che, se opportunamente studiati, sono possibili interventi efficaci anche a seguito di rilasci di GPL. È possibile, cioè, mettere in atto una serie di interventi procedurali e impiantistici che permettano di gestire l'emergenza rilascio. Anche la prontezza dell'intervento in sicurezza diventa un fattore critico. Nel paragrafo 5 verrà evidenziato come la conoscenza del processo, la organizzazione delle procedure di intervento e le esercitazioni costituiscano l'elemento fondamentale nella gestione delle emergenze.

5.0 ALCUNI SPUNTI PER IL MIGLIORAMENTO DELLA GESTIONE OPERATIVA INTERNA ALL'IMPIANTO

Nell'ambito dei processi di gestione della sala operativa interna all'impianto, particolare enfasi va posta sulla conoscenza da parte degli operatori di sala delle modalità di identificazione e di valutazione dei pericoli di incidenti rilevanti per uso di sostanze pericolose.

Appare importante sottolineare l'importanza di una approfondita conoscenza delle modalità di valutazione e dei risultati finali della valutazione stessa, sia dagli operatori di sala operativa di stabilimento sia dai referenti delle funzioni interne che costituiscono l'unità di crisi.

Per ogni attività critica dell'impianto, l'operatore di sala operativa, unitamente ai referenti delle funzioni interne che fanno parte dell'unità di crisi, debbono conoscere i dati relativi all'analisi preliminare dei pericoli e dei rischi secondo i campi di seguito riportati:

- ❑ **Attività:** l'attività coinvolta nell'analisi;
- ❑ **Locale/deposito:** il locale o deposito o reparto oggetto dell'analisi;
- ❑ **Sostanza Chiave:** la sostanza pericolosa, rientrante nel campo di applicazione del D.Lgs. 238/05, che caratterizza l'impianto / macchinario come attività a pericolo di incidente rilevante;
- ❑ **Quantità:** la massima quantità, in tonnellate, della sostanza chiave che può essere presente (ad es. volume totale per un serbatoio o quantitativo autorizzato nel caso di esplosivi);
- ❑ **Impianto/macchinario:** l'impianto/l'apparecchiatura coinvolta;
- ❑ **Dispositivi di sicurezza:** se presenti dispositivi di sicurezza attivi (sprinkler, allarmi con blocco, ecc.) o passivi (antincendio con estintori, ecc.);
- ❑ **Pericolo:** la tipologia di pericolo sulla base della attività analizzata e delle caratteristiche della sostanza chiave;
- ❑ **Procedure di sicurezza:** presenza di procedure di sicurezza con indicazione di quelle presenti.

L'operatore di sala operativa interna all'impianto deve inoltre conoscere i risultati della valutazione qualitativa e quantitativa del pericolo dovuto a possibile incidente rilevante; risultati definiti in termini di effetti, severità e probabilità relativi all'incidente ipotizzato per ogni attività individuata.

Il livello di severità viene valutato in maniera differente se trattasi di:

- a) verifica in fase di introduzione SGS e in fase di revisione completa del Rapporto di Sicurezza;
- b) modifiche all'attività esistente.

La tabella 8 mostra un esempio di criterio di valutazione per sostanze infiammabili. Criteri di questo tipo devono essere individuati per classi di sostanze. Per sostanze tossiche ci si può riferire oltre che alle frasi di rischio anche all'LC₅₀ o all'IDLH.

Tabella 8. Criteri di valutazione del livello di severità per sostanze infiammabili R11

livello severità	Criterio di valutazione in fase di introduzione SGS e in fase di revisione completa del RdS
Bassa	quantità di sostanza chiave < 1 tonnellata
Media	quantità di sostanza chiave comprese tra 1 tonnellata e 8 tonnellate
Alta	quantità di sostanza chiave > 8 tonnellate
livello severità	Criterio di valutazione in fase di modifiche all'attività esistente
Bassa	quantità di sostanza chiave < 5% quantitativo esistente in stabilimento
Media	quantità di Sostanza Chiave compreso tra il 5% ed il 20% del quantitativo esistente in stabilimento
Alta	quantità di Sostanza Chiave > del 20% del quantitativo esistente in stabilimento

Tabella 9. Criterio di valutazione del livello di probabilità

livello di probabilità	Valore	Criterio di valutazione
Bassa	< 0,001 eventi/anno	improbabile durante la vita prevista di funzionamento dell'impianto
Media	0,001-0,03 eventi/anno	possibile durante la vita prevista di funzionamento dell'impianto
Alta	0,03-1 eventi / anno	probabile durante la vita prevista di funzionamento dell'impianto

È fondamentale la conoscenza dell'ubicazione dell'unità o dell'apparecchiatura analizzata, dell'indice Generale di Rischio per Incendio ed Esplosione compensato G' così come definito dal DPCM 31.3.1989 e dai decreti applicativi per sostanze tossiche e infiammabili e per GPL, della classe di frequenza degli scenari e il livello di gravità (Lg) dello scenario in funzione dell'estensione e della localizzazione dell'area di danno, secondo una scala decrescente di gravità:

- Ubicazione dello scenario ed estensione della relativa area di danno tale che risultano coinvolte zone al di fuori dello stabilimento;
- Ubicazione dello scenario ed estensione della relativa area di danno tale che risultano coinvolte più zone/impianti dello stabilimento;
- Ubicazione dello scenario ed estensione della relativa area di danno;
- Ubicazione dello scenario ed estensione della relativa area di danno tale che sono ipotizzabili solo lesioni reversibili nella zona coinvolta.

6.0 UNO STRUMENTO FONDAMENTALE PER LA GESTIONE DELLE EMERGENZE: LA CHECK LIST DI CORRELAZIONE EVENTI PRIMARI E SCENARI DI DANNO RELATIVI

Nella sala operativa interna dell'impianto, nonché nella sala di attivazione dell'unità di crisi, deve essere riportata e ben conosciuta dagli operatori e dai referenti delle funzioni aziendali la check list che definisce gli eventi primari possibili in impianto e la loro correlazione con i relativi scenari di danno. Gli eventi primari e i relativi scenari di danno possono essere classificati e ripartiti per settori dell'impianto. Ad esempio settore produzione e settore magazzini / depositi.

Andrebbero assegnati dei codici agli scenari incidentali connessi agli eventi primari di riferimento, nonché andrebbe evidenziata la correlazione tra i codici degli eventi primari e i codici degli scenari incidentali, e la valutazione delle frequenza (eventi /anno).

Di seguito è riportato un esempio di quadro particolareggiato di correlazione (codici eventi primari-codici scenari incidentali) che dovrebbe figurare ed essere ben conosciuto all'interno della sala operativa di stabilimento dai referenti delle funzioni interne attivate e altresì implementato nell'ambito dell'architettura del sistema di localizzazione e comunicazione afferente all'impianto.

Questo sistema che permette una rapida associazione tra tutti gli eventi incidentali analizzati nel Rapporto di sicurezza, lo scenario incidentale associato, la frequenza di accadimento e il livello di gravità atteso viene posto alla base del flusso di comunicazione di informazioni durante la gestione dell'emergenza. Grazie alle tecnologie di localizzazione e di comunicazione di ultima generazione illustrate nel paragrafo 7 sarà possibile gestire l'emergenza in maniera reattiva e predisporre materiali, mezzi e unità operative sulla base di informazioni attendibili sulla natura dell'evento incidentale. Quest'approccio riduce drasticamente i tempi di intervento e lo rende più sicuro per gli operatori.

Tabella 10. Correlazione codici eventi primari-probabilità di accadimento-livello di gravità

Parti stabilimento	Indice G'	impianto	Codice evento primario	Codice Scenario incidentale associato	Frequenza scenari	Livello di gravità degli scenari
IMPIANTI	G' (I)		EP1	S1; S2	F(S1; S2)	Lg(S1; S2)
			EP1.1-1.2-1.3	S3; S4	F(S3; S4)	Lg(S3; S4)
			EP2	S5	F(S5)	Lg(S5)
			EP3	S6; S7; S8; S15; S16; S39; S47; S52; S57; S58; S59; S60; S61; S62;	F(S6-...-S62)	Lg(S6-...-S62)
			EP4	S12	F(S12)	Lg(S12)
			EP5	S13; S14	F(S13; S14)	Lg(S13; S14)
			EP6	S9; S10; S11	F(S9-...-S11)	Lg(S9-...-S11)
			EP7	S15; S16	F(S15; S16)	Lg(S15; S16)
MAGAZZINI DEPOSITI	G' (serb. Int)	A) serbatoi interrati	EP9	S18; S19; S20; S21; S22; S23; S24; S25	F(S18 - ...-S25)	Lg(S18 - ...-S25)
			EP10	S18; S19; S20; S21; S22; S23; S24; S25	F(S18-...-S25)	Lg(S18-...-S25)
	G' (Serb. F.t.)	B) Serbatoi fuori terra	EP11	S26; S27; S28; S29; S30; S31; S32; S33; S34; S35; S36; S37; S38; S39; S40; S41; S42; S43; S44; S45	F(S26-...-S45)	Lg(S26-...-S45)
			EP12	S26; S27; S28; S29; S30; S31; S32; S33; S34; S35; S36; S37; S38; S39; S40; S41; S42; S43; S44; S45	F(S26-...-S45)	Lg(S26-...-S45)
			EP13	S26; S27; S28; S29; S30; S31; S32; S33; S34; S35; S36; S37; S38; S39; S40; S41; S42; S43; S44; S45	F(S26- ...-S45)	Lg(S26- ...-S45)
			EP14	S26; S27; S28; S29; S30; S31; S32; S33; S34; S35; S36; S37; S38; S39; S40; S41; S42; S43; S44; S45	F(S26- ...-S45)	Lg(S26- ...-S45)
	G' (mag)	C) Magazzini	EP15	S46; S47; S48; S49; S50; S51; S52; S53; S54; S55; S56; S57; S58; S59; S60	F(S46- ...-S60)	Lg(S46- ...-S60)
	G' (stoc. Amm.)	E) Stoccaggio Ammoniac	EP17	S62	F(S62)	Lg(S62)

La tabella 10 mostra pure la complessità delle catene incidentali e la conseguente stratificazione dei livelli di danno. Nella tabella 11 è esemplificata la metodologia di assegnazione dei codici a partire da determinati eventi incidentali. La procedura qui descritta può essere sviluppata su elaboratore elettronico mediante database relazionali e possono essere prodotte delle schede riepilogative per ogni unità di processo o per area; tali schede poi possono essere raggruppate per evento primario o per classi di fenomeno pericoloso (irraggiamento, onde di sovrappressione, proiezione di frammenti, rilascio di sostanze tossiche).

Tabella 11. Esempi di assegnazione di codici per eventi primari e per gli scenari collegati

Evento primario		Ubicazione possibile	Cause possibili	Errori possibili	Freq e.p.	Scenari collegati	
Descrizione	Cod					Descrizione	Cod
rilascio di gas pericolosi (acido cloridrico, anidride solforosa, acido bromidrico, ossidi di azoto)	EP1	-colonne di abbattimento con soluzione sodica -sistema di blow-down (da valvola di sfiato, da disco di rottura per alta pressione nel reattore) -tubazione flessibile di collegamento HCl	-mancata neutralizzazione dei gas nelle colonne di abbattimento per aggiunta eccessiva di reagente, mancata anidrifazione, alta temperatura della miscela reagente -portata gas in colonna maggiore a quella di progetto per errata conduzione sintesi (colaggio troppo rapido di un reagente, eccessivo riscaldamento)	Errori di errata conduzione della sintesi -colaggio troppo rapido di un reagente, -malfunzionamento del sistema di refrigerazione/riscaldamento delle camicie dei reattori o nei condensatori dei vapori Errori di aggiunta reagente in eccesso (due errori in serie): -primo errore: magazzino pesa una quantità di reagente diversa da quella prevista -secondo errore: operatore deve controllare che tipo di sostanza e quantità consegnata dal magazzino sia pari a quanto indicato su foglio lavorazione	da bassa a media	Rilascio di gas pericolosi (HCl, HBr, SO₂, NO)	S1
						rilascio HCL da tubazione flessibile	S2

7.0 L'UTILITÀ DELL'APPLICAZIONE DI TECNOLOGIE DI LOCALIZZAZIONE E COMUNICAZIONE NEGLI IMPIANTI RIR

Ai fini di una corretta e rapida analisi dello scenario di evento, oltre che per la conseguente gestione dell'emergenza, può risultare assai utile il ricorso alla gamma di servizi LBS (Location Based Services), basata sulle informazioni di localizzazione, resi oggi disponibili, nell'ambito delle reti di comunicazioni mobili [3]. La combinazione tra i due aspetti di comunicazione e localizzazione nell'ambito degli impianti RIR deriva dalla complessità del sistema di gestione degli interventi:

- ❑ Notevoli difficoltà nella comunicazione d'emergenza tra squadre interne e sala operativa interna, nonché tra squadre esterne e squadre interne all'impianto in caso di evento;
- ❑ Difficoltà nel coordinamento di più squadre nell'area dell'evento;
- ❑ Severità dell'ambiente legata alla presenza di numerosi elementi (impianti, macchinari, piping).

In via preventiva, le tecnologie di localizzazione e comunicazione negli impianti RIR dovrebbero essere applicate almeno nelle parti più critiche degli stessi, là dove l'analisi di rischio, definita mediante i concetti di effetti, severità, probabilità, dovuti agli eventi primari ipotizzati per ogni attività individuata, così come precedentemente descritto, portano a definire classi di rischio "alte".

Nell'ambito delle esigenze di comunicazione, si potrebbe ricorrere al moderno sistema radiomobile privato e pubblico ad accesso multiplo denominato Tetra. Il termine è l'acronimo di "Terrestrial Trunked RAdio", ed è stato introdotto dall'European Telecommunications Standardisation Institute. Il sistema, che comporta il passaggio dal metodo analogico al metodo digitale, permette di effettuare chiamate selettive veloci ($t < 0.3$ s), comunicazioni tra gruppi (es. diverse squadre di intervento, sia interne che delle strutture operative esterne, possibilità di comunicare in modalità diretta), la trasmissione dei dati (es. mappature impianti, correlazione tra eventi primari e scenari di danno, schede di sicurezza sostanze presenti), la trasmissione video, e l'interoperabilità tra diverse reti (es. VV.F., ARPA, ASL, gestore impianto, centri operativi). Il sistema consente inoltre la gestione di priorità di comunicazione, basate ad esempio, sulla corretta codifica sia del piano di emergenza interno di stabilimento, sia del piano di emergenza esterno relativo all'impianto.

Il processo di localizzazione dell'evento e dei soccorritori può essere realizzato mediante applicazioni basate sul sistema GPS. Da questo punto di vista, appaiono ancora delle difficoltà per attivare processi di localizzazione all'interno di strutture. Tali difficoltà possono essere risolte utilizzando dei sistemi

AGPS (Assisted GPS). L'applicazione di queste tecnologie, per impianti RIR, va comunque testata rispetto alla sicurezza d'uso in ambienti in cui è possibile la presenza di nubi di vapori infiammabili.

7.1 La videoripresa georeferenziata nella prevenzione e gestione delle emergenze per impianti RIR

La tematica della gestione delle emergenze ha vissuto nel corso dell'ultimo anno e mezzo le funeste esperienze degli attentati di Londra e Madrid che hanno fornito importanti indicazioni su vari aspetti organizzativi, logistici e tecnologici. In particolare tali esperienze hanno dimostrato l'assoluta necessità di disporre con la maggiore rapidità possibile di immagini del luogo dell'evento in grado di orientare l'organizzazione dei soccorsi alle più idonee scelte d'intervento. Tale constatazione trova una speculare validità applicativa nell'ambito delle emergenze di siti industriali e/o ad alto rischio ove l'incombenza del primo intervento è demandata a squadre interne adeguatamente addestrate ed equipaggiate. È proprio tale ultimo aspetto di equipaggiamento che può trarre interessanti prospettive evolutive dalle esperienze delle emergenze terroristiche in quanto evidenzia l'utilità in scenari industriali ad alto rischio di sistemi videoripresa georeferenziata che consentano una continua connettività tra gli operatori e la sala operativa e/o una centrale di supervisione e controllo. In sostanza la sala/centrale dovrebbe essere sempre in grado di localizzare ed eventualmente visualizzare la scena in cui opera l'addetto sul campo in modo da accrescere ancor più, nell'eventualità dell'emergenza, la propria immediata capacità di conoscenza dell'evento e di reazione mirata. L'approccio è dunque quello di impostare la sorveglianza su un modello di massima efficienza che consenta di esprimere massima velocità e qualità decisionale e accresca la salvaguardia degli operatori. Tale modello contiene inoltre un'ulteriore importante valenza operativa poiché consente alla centrale di controllo di trasferire in tempo reale l'evidenza della scena anche alle squadre di soccorso esterno e di orientare l'intervento secondo una determinata preventiva valutazione dello scenario di crisi. La complementarità tra tecnologie audiovideo, localizzazione e telecomunicazione inserite in un contesto di quotidianità può dunque effettivamente consentire un importante innalzamento delle capacità decisionali, della tutela del personale, di un informato indirizzamento dei soccorsi e, da ultimo ma non meno importante, di una documentata investigazione post evento.

8.0 ELEMENTI DI APPROCCIO EURISTICO ALLA GESTIONE DELLE EMERGENZE

Le considerazioni presentate nei paragrafi precedenti evidenziano come per costruire un sistema di gestione delle emergenza bisogna agire su questi aspetti:

- A) un'impostazione e gestione della sala operativa interna in modo che i singoli operatori di sala:
- siano a perfetta conoscenza degli scenari di danno riportati nel piano di emergenza interno;
 - siano a conoscenza degli aggiornamenti degli scenari di danno in caso di modifiche sostanziali che comportano un aggravio del preesistente livello di rischio.
- B) un'attivazione dell'unità di crisi interna allo stabilimento con un'ottica multifunzionale che coinvolga le seguenti funzioni di stabilimento:
- Funzione ingegneria;
 - Funzione produzione;
 - Funzione manutenzione;
 - Funzione R&D;
 - Funzione Sicurezza.
- C) Creare un collegamento, attraverso il Piano di emergenza esterno, con l'esterno.

Nel complesso, è possibile riportare nel quadro seguente (tabella 12), gli elementi per l'approccio euristico alla gestione dell'emergenza di impianti RIR, descritti nei paragrafi precedenti:

Tabella 12. Fasi di approccio euristico alla gestione delle emergenze in impianti RIR

Gestione dell'emergenza in impianti RIR	
Regole di approccio euristico d'emergenza come sistema complesso	Riferimento operativo
Auto-organizzazione [2]	Rapida attivazione delle funzioni interne all'impianto quali <input type="checkbox"/> <i>Funzione ingegneria</i> <input type="checkbox"/> <i>Funzione produzione</i> <input type="checkbox"/> <i>Funzione manutenzione</i> <input type="checkbox"/> <i>Funzione R&D</i> <input type="checkbox"/> <i>Funzione Sicurezza</i>
Livello decisionale	Grado di autonomia e capacità decisionale dei referenti delle funzioni interne
Condivisione	Briefing con i referenti di funzione e con gli enti componenti
Flessibilità strategica	Rimodulazione delle funzioni interne rispetto alle varie fasi di gestione dell'emergenza
Organizzazione network e interoperabilità tra gruppi e reti	Collegamenti tra sala operativa interna all'impianto e sale operative degli enti/strutture esterne Applicazione di tecnologie di localizzazione (LBS) e comunicazione/video/dati/ gruppi
Learning organization	Applicazione di metodologie di approccio all'intervento (es. ICS – incident command system) e conoscenza degli schemi di codifica tra eventi primari e scenari di riferimento e relativa localizzazione

9.0 CONCLUSIONI

Il sistema di coordinamento mediante una efficiente gestione della sala operativa interna all'impianto, unitamente alla capacità di rapida attivazione dell'unità di crisi interna multi-funzione possono permettere un miglioramento dei processi di gestione emergenza innescando processi virtuosi di auto-organizzazione.

Si tratta di una prima indagine che, sulla base dell'analisi di short-report dalla banca dati MARS, che permette di avere una stima sulla tempistica del quadro evolutivo di un evento primario, conduce a comprendere come l'applicazione del metodo di gestione per funzione interne, in sinergia con l'attivazione di efficaci procedure di gestione della sala operativa interna, unitamente all'utilizzo di moderne tecnologie di localizzazione e comunicazione, possa portare alla minimizzazione della magnitudo di eventi primari, permettendo una efficace gestione sin dai primi minuti dell'evento. Con questa prima indagine si è cercato di proporre un metodo di riferimento per la progettazione e gestione del sistema di risposta interno all'impianto RIR con riferimento particolare alla attivazione dell'unità di crisi interna e alla efficiente gestione della sala operativa interna e alla realizzazione di sistemi che consentano chiamate selettive veloci, comunicazioni per gruppi, trasmissioni dati e video, interfacciabilità con linee telefoniche e centralini, garantendo un elevato grado di interoperabilità tra diverse reti. Inoltre, l'utilizzazione della banca dati MARS, ha permesso di evidenziare che tra le informazioni obbligatoriamente facenti parte del registro europeo, tra cui si evidenziano l'analisi delle cause incidentali, gli insegnamenti tratti dagli incidenti, le misure preventive necessarie a prevenirne la ricorrenza, probabilmente sarebbe opportuno migliorare il quadro informativo relativo all'analisi dei tempi di risposta all'evento.

RIFERIMENTI

1. Geri, F., La pianificazione e la gestione dell'emergenza, Lezioni al Master in Ingegneria dell'Emergenza <http://www.dis.uniroma1.it/masteremergenza>;
2. Ashby, W.R., Principles of the Self-Organizing System. In: Principles of Self-Organization. H. Von Foerster and G.W. Zopf (Eds.), Pergamon Press 1962;
3. Verde, L., Manca, M., Gambardella, A., Giudice, L., Marzoli M. and Hirm, B., Il progetto LIAISON per la promozione di una Norma Europea sulla Localizzazione in Emergenza, Convegno scientifico nazionale "Sicurezza nei sistemi complessi, Bari 2005.