

ANALISI COMPARATA DI MODELLI DI SIMULAZIONE

F. Antonello - F. Zenier - ARTES Via C. Battisti 2/A 30035 Mirano (VE)

R. Morandi - Regione Veneto - Direzione Tutela dell'Ambiente - Calle Priuli 99 - 30131 Venezia

R. Sammuri - PROME.TEC - V.le I Maggio 100 - 56038 Ponsacco (PI)

S. Grillo - V. Montegrappa 3, 20010 Arluno (MI)

1. SOMMARIO

L'analisi del rischio di incidente in attività industriali o connesse è ormai una prassi consolidata che prevede l'utilizzo di metodologie e strumenti anche sofisticati, tra cui i modelli matematici di simulazione degli effetti di fenomeni chimico-fisici.

Nell'Europa verso la quale ci stiamo avviando, ma anche in altri paesi sviluppati, i risultati forniti da questi strumenti, oltre a fornire utili indicazioni per i progettisti nell'adozione di misure di prevenzione e protezione, sono anche utilizzati per la zonizzazione del territorio e per la pianificazione di emergenza.

Pur se disponibili in molteplici versioni, questi strumenti risultano tuttavia non ancora sufficienti per fornire indicazioni abbastanza precise, data anche l'estrema varietà di fenomeni e scenari possibili di incidente, per cui si richiedono spesso innumerevoli dati di input.

L'utilizzo di strumenti semplificati, quali nomogrammi o matrici, viene spesso giustificato da queste carenze e difficoltà, ma mentre per i modelli si richiedono validazioni e fondamenti scientifici, accade non raramente che tali strumenti semplificati vengano diffusi ed applicati privi di riferimenti bibliografici, senza un'analisi e comparazione dei risultati con teorie scientifiche o con altre tecniche analoghe.

Un esame dei risultati forniti dall'applicazione di diversi strumenti di simulazione è stato effettuato utilizzando programmi informatizzati (quali EFFECTS2, STAR3, Archie), metodi semplificati (UNEP-IAEA Manual for the classification and prioritization of risk ..) e nomogrammi vari (appendice III al D.M.A. 15/5/96).

I risultati mostrano che solo con una ponderazione dei dati forniti dai vari strumenti è possibile ottenere una certa uniformità di conclusioni.

2. INDIVIDUAZIONE DEGLI SCENARI

Per l'applicazione si sono scelti scenari abbastanza comuni, riscontrabili anche nella pratica dei rapporti di sicurezza o di studi di rischio, anche al fine di avere ulteriori indicazioni e raffronti. Le caratteristiche ed i principali dati per l'applicazione dei modelli sono sintetizzate nella tabella seguente.

sostanza:	NH3	GPL	HF
pressione (bar a)	9	8	2
temperatura iniziale della sostanza (K)	293	293	303
temperatura ambiente e del terreno (K)	295	293	303
diametro del foro (m)	0,05	0,05	0,016
velocità del vento (m/s)	1,5	2	5
stabilità atmosferica	F	F	C
rugosità (m)	0,7	0,5	0,5
umidità (%)	70	70	70
diametro serbatoio/tubaz. (m)	0,05	0,1	3
lunghezza serbatoio (m)			10
battente liquido (m)			2,6
lunghezza totale tubazione (m)	50	50	
lunghezza tratto a monte foro (m)	25	5	
durata rilascio iniziale (s)	300	30	600
dimensioni pozza (m)	10x10	10x10	diam. 8 m
tempo per media concentrazione (minuti)	30	5	30
quantità in gioco (t)	45 t (1 FC)	120 t	45 t (1 FC)

La descrizione sintetica degli scenari considerati fornisce ulteriori indicazioni per la simulazione.

Lo scenario 1 considera un rilascio da una tubazione di collegamento tra un punto di scarico ferrocisterna ed uno stoccaggio; si ipotizza che la rottura avvenga ad una distanza di ca 25 m dalla cisterna sotto scarico e che consista in una lacerazione sulla tubazione. La quantità in gioco viene assunta pari a quella della ferrocisterna, supponendo che possano non funzionare i sistemi di intercetto rapido. Le dimensioni di un'eventuale pozza sono delimitate da pendenze o cordolature. Considerando un travaso con compressore o per pressione di fluido inerte, uno scenario analogo potrebbe essere quello di rottura sulla manichetta o braccio di travaso, con la sola differenza della minore distanza del foro rispetto al punto ove viene applicata la pressione.

Lo scenario 2 descrive l'ipotesi di rottura sulla tubazione di fondo di un serbatoio di GPL contenente 120 t di gas liquefatto, con intervento di sistemi di blocco comandati da rilevatori di gas che comandano tempestivamente la chiusura delle valvole di blocco.

Lo scenario 3 fa riferimento ad una perdita per foratura su una tubazione di impianto, le cui dimensioni sono assunte più contenute che nei casi precedenti per ricomprendere anche ipotesi di trafilamenti o rilasci da macchine, tenute, ecc. che appaiono essere eventi non infrequenti. Data la minore portata di efflusso si assume che il tempo di rilevazione e di sezionamento sia dell'ordine di 10-20 minuti, quindi collochi lo scenario nel campo dei rilasci continui.

3. DESCRIZIONE MODELLI ADOTTATI

Uno dei problemi che più frequentemente si riscontrano nella pratica è connesso con le differenti assunzioni che stanno alla base dei modelli, alle quali corrispondono diversità anche notevoli nei dati di input e nella rappresentazione dei risultati.

Ciò si traduce spesso in risultati anche molto differenti e comporta difficoltà all'utilizzatore dei modelli nella scelta dei parametri o valori delle variabili da inserire.

Alcune di queste difficoltà emergono dalla presente applicazione e vengono illustrate nel corso dell'esposizione e dell'analisi dei risultati. I modelli o programmi applicati sono di seguito brevemente citati in ordine alfabetico.

ARCHIE (Automated Resource for Chemical Hazard Incident Evaluation - Federal Emergency Management Agency, U.S. DOT, U.S.EPA) è un sistema concepito per la simulazione di incidenti ai fini dell'applicazione del piano di emergenza, quindi è articolato in una serie di programmi semplici basati su un numero non esteso di variabili in entrata (input), allo scopo di ridurre l'impegno di tempo necessario per avere i risultati. Simile è il programma SIGEM-SIMMA utilizzato dal Corpo nazionale VVF, del quale tuttavia sono disponibili solo alcuni dati che non permettono una comparazione completa. In ARCHIE, comunque, non sono utilizzati molti parametri e non è prevista una banca dati

DEGADIS 2.1 (DENSE GAs DISPersion - U.S. Coast Guard, G.R.I.&A.P.I.) è un modello per la simulazione della dispersione di gas pesanti distribuito dall'ente federale statunitense EPA.

EFFECTS2© del TNO olandese è concepito sia per la predisposizione dei Rapporti di Sicurezza ai fini del DPR 175/88, sia per la definizione delle zone di impatto in caso di incidente. Per il numero dei parametri richiesti come input ed anche per alcune modalità di utilizzo risulta simile allo STAR, anche se il numero di modelli presenti, quindi di scenari simulabili, è minore. Alcuni dati sono assunti come default (velocità di fiamma, caratteristiche del suolo ed altri).

HGSYSTEM 3.0© è un sistema di modelli sviluppato dalla Shell (Centro Ricerche di Thornton) su sponsorizzazione e con la partecipazione di esperti dell'American Petroleum Institute. Nella versione distribuita da A.P.I. (Pubbl. 4636 - 1995) il programma è articolato in vari moduli collegati tra loro mediante una routine interattiva di input/output. Sono disponibili due opzioni: una che permette l'inserimento guidato delle variabili di input ed un concatenamento automatico dei modelli a partire dalla portata di rilascio, la seconda che lascia all'utente la scelta del modello e l'inserimento degli input. Nella prima opzione, in funzione del tipo di rilascio prescelto (da tubazione o da serbatoio) sono anche definite le variabili da inserire e, nel caso di rilascio da serbatoio pressurizzato, viene applicata una routine di calcolo automatico dei parametri termodinamici, quindi delle condizioni di temperatura e pressione, del regime della portata di efflusso e dell'eventuale formazione di aerosol. Nel caso di rilascio non in pressione il programma prevede invece la simulazione dell'evaporazione da pozza. Per l'acido fluoridrico il programma è dotato di apposita routine che considera il comportamento specifico della sostanza. Ad una buona flessibilità del programma, che consente di simulare una certa varietà di scenari, corrisponde anche una serie di dati da inserire.

STAR 3© (Safety Techniques for Assessment of Risk) permette di simulare molteplici tipologie di scenari, ma richiede un numero notevole di dati di input o informazioni sulla situazione dell'impianto, oltre alle caratteristiche della sostanza ed alla possibilità di inserire informazioni sull'orografia. Pur se il programma è dotato di una banca dati di oltre 150 sostanze, si richiede un certo impegno per la ricerca o inserimento dei dati, al quale comunque corrisponde una buona flessibilità nella descrizione dei fenomeni, quindi una minore approssimazione dei risultati delle simulazioni. Il sistema è infatti concepito anche per la progettazione e l'analisi predittiva, oltre che per la pianificazione e lo studio preventivo o analisi dei rischi.

Per la comparazione si sono utilizzati anche due strumenti semplificati, ufficializzati in tempi recenti come metodi di verifica o di stima provvisoria. Si tratta dei grafici, nomogrammi e tabelle forniti dalle seguenti pubblicazioni:

- Linee guida per la pianificazione di emergenza esterna per impianti industriali a rischio di incidente rilevante - Presidenza del Consiglio Ministri - Dipartimento della Protezione Civile - gennaio 1994;
- Decreto del Ministero Ambiente 15 maggio 1996 - Criteri di analisi e valutazione dei rapporti di sicurezza relativi ai depositi di gas e petrolio liquefatto (G.P.L.).

4. CRITERI APPLICATIVI

L'applicazione dei modelli e metodi di valutazione è stata effettuata partendo dalle medesime considerazioni e coordinando l'applicazione dei modelli al fine di evitare interpretazioni o stime di dati o di condizioni al contorno che spesso possono influire anche pesantemente sui risultati. Non raramente, infatti, si rilevano differenze sui risultati imputabili ad approssimazioni eccessive dei dati di input od all'uso esagerato dei valori di default, o anche ad un non corretto utilizzo dei modelli.

Pur individuando varie aree di miglioramento per tutti i sistemi utilizzati, si sono così rilevati alcuni aspetti peculiari dei sistemi utilizzati che hanno comportato un trattamento particolare dei dati.

ARCHIE

Il programma fornisce una sequenza di calcolo guidata basata su alcune condizioni predefinite: l'utente può scegliere di effettuare una singola simulazione oppure una serie di valutazioni iniziando dalla determinazione della portata di rilascio. Il programma, in funzione del risultato del modello precedentemente applicato, avvisa l'utente nella successiva scelta per guidarlo ad un'applicazione congruente con le caratteristiche della sostanza e dello scenario.

Consente la simulazione di rilasci da recipienti o da tubazioni con sostanze in equilibrio o pressurizzate. Le condizioni predefinite, tuttavia, sono fisse e non lasciano flessibilità per lo studio di scenari non previsti, per cui nell'applicazione effettuata si sono dovute approssimare alcune condizioni, quali la durata del rilascio, la lunghezza della tubazione, ecc.

A parte l'uso di unità di misura angloamericane, un'altra difficoltà riscontrata nell'utilizzo si ritrova nella lettura dei risultati che, essendo concepiti per l'utilizzo in condizioni di urgenza sono spesso semplificati e ridotti all'essenzialità (estensione delle aree da evacuare o delle zone di pericolo riferite a soglie prefissate o passo di calcolo della distanza non regolare e predefinito dal programma, ecc.).

La simulazione è stata eseguita scegliendo l'opzione di rilascio da tubazione di lunghezza maggiore di 4 ft (l'alternativa è tubazione di lunghezza minore). Il regime di flusso determinato dal modello è stato per tutti tre i casi di tipo bifase per cui veniva sconsigliato l'uso di modelli di evaporazione per assumere che tutta la portata di rilascio partecipasse alla dispersione.

DEGADIS

Trattandosi di un modello che simula solo il fenomeno della dispersione è stato necessario utilizzare altri programmi per la determinazione dei parametri di sorgente, quindi i risultati sono in qualche modo influenzati anche da tali valutazioni, soprattutto per quanto riguarda la dimensione della sorgente, che il modello assume sempre come una pozza. Permette la simulazione di jet e di rilasci istantanei o brevi.

Si sono adottate condizioni di sorgente analoghe a quelle fornite dal programma HGSystem.

EFFECTS2

La definizione delle condizioni di sorgente ha presentato qualche difficoltà, dato che il programma è concepito per scenari prefissati: nel caso di rilascio di gas liquefatti in pressione, piccole variazioni nella quota del punto di efflusso influiscono significativamente sulla quantità di vapori e sulla formazione di spray. Ad esempio ipotizzando un rilascio alla quota del terreno (0 m), nei tre casi presi a riferimento si forma sempre una pozza di liquido a terra e la portata di vapori iniziali (vapori + spray) è molto bassa. Assumendo invece una quota di 0,5 m in tutti e tre i casi i modelli utilizzati indicano che non ricade liquido a terra e tutta

la quantità fuoriuscita dalla tubazione va a formare la nube (vapori + spray). Queste differenze influenzano enormemente la portata che va a formare la nube e conseguentemente anche le aree interessate.

Tale risultato, che può apparire razionale per alcuni scenari e con gas liquefatti quali l'ammoniaca o il GPL, non sembra molto congruente nel caso dell'acido fluoridrico ed è comunque indice di una non larga flessibilità del modello.

HGSystem

Nell'applicazione oggetto del presente studio si sono seguite le due opzioni consentite dal programma, cioè la scelta guidata, che partendo dalla determinazione della portata di rilascio e sulla base delle condizioni di sorgente, indirizza l'utente alle scelte successive (identificata con il nome del modello Aeroplume nei grafici successivi), e la scelta di inserire dati e tipo di modello da usare da parte dell'utente (si è scelto il modello Hegadas per gas pesanti considerando la densità iniziale della nube di ammoniaca, identificato con la sigla HGSystem nei grafici). Nel caso del primo scenario la simulazione con la prima opzione scelta (inserimento input guidato) ha fornito l'indicazione di flusso bifase e di formazione di aerosol, eseguendo una trattazione teorica diversa dalla scelta operata nel secondo caso.

Nel caso dello scenario 2 si è scelta l'opzione istantanea per un confronto più omogeneo con gli altri modelli, anche se il programma può simulare transitori con portata variabile nel tempo.

Il terzo scenario è stato simulato utilizzando la trattazione specifica per HF.

STAR3

L'applicazione del programma è stata effettuata nell'opzione di calcolo automatico, che prevede il concatenamento automatico dei modelli, a partire da quello della portata di efflusso, sulla base dei risultati di ciascun modello. I dati forniti dal calcolo vengono infatti utilizzati come input per la simulazione del successivo fenomeno. Sulla scorta della durata di rilascio inserita dall'utente il programma determina se trattare lo scenario come un rilascio istantaneo o continuo, computando nel primo caso la massa di sostanza che fuoriesce nell'intervallo di tempo predefinito, calcolando la frazione di vapori ed aerosol che si forma in funzione del tipo di efflusso (bifase o liquido), quindi simulando la dispersione con un modello per rilasci di gas pesanti o neutri a seconda delle condizioni di sorgente e della sostanza (contiene anche una routine che tiene conto del comportamento del HF). Per gli infiammabili il programma simula l'incendio di pozza o, se si tratta di gas, l'irraggiamento dal jet e, in funzione della massa in campo di infiammabilità, l'eventuale flash fire o esplosione.

METODO SPEDITIVO e DMA 15/5/96

Queste metodologie, basate soprattutto sulla quantità in gioco o su criteri semplificati di stima, sono state applicate solo per avere indicazioni sull'eventuale scostamento dei risultati, rispetto ai vari modelli adottati, anche se la comparazione può fornire interessanti spunti riguardo al quadro dei rischi che ne scaturisce.

5. ANALISI DEI RISULTATI

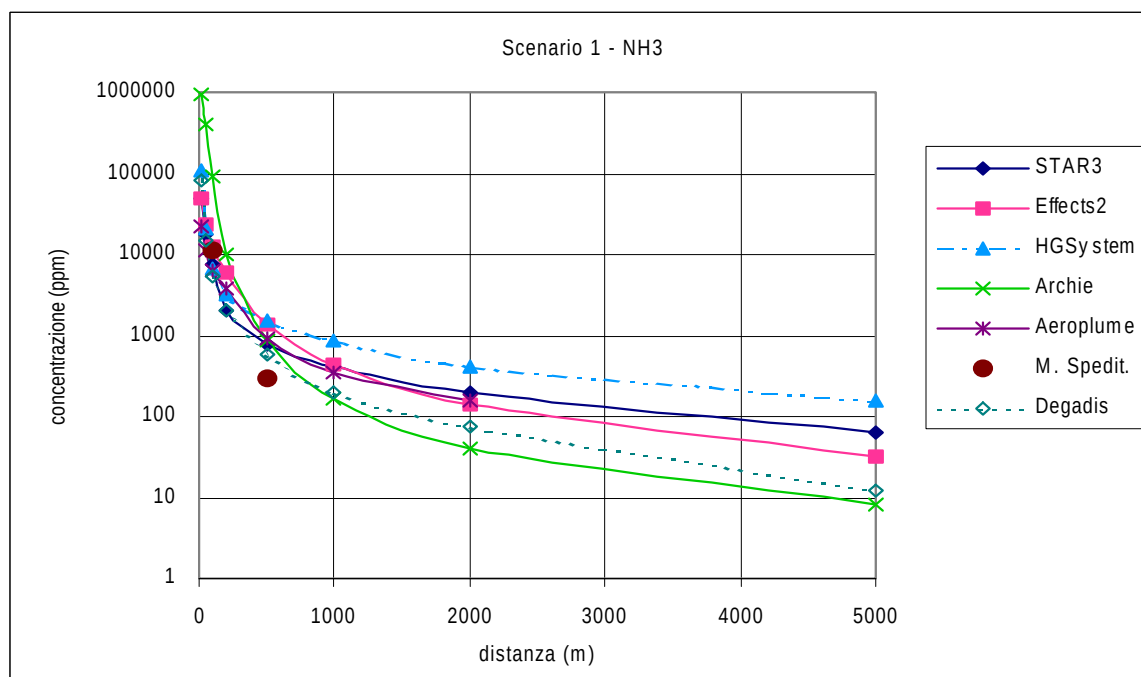
Nei casi esaminati si sono riscontrate varie difficoltà che vengono di seguito esplicitate esaminando l'evoluzione dei fenomeni simulata per ciascuno degli scenari ipotizzati.

Lo scenario 1 si riferisce ad un rilascio da tubazione in mandata di una pompa od anche connessa ad un serbatoio, quindi sono da considerare sia la lunghezza della tubazione, al fine di determinare eventuali perdite di carico e/o formazione di flusso bifase, sia le condizioni della sostanza che non necessariamente si trova in equilibrio.

Per quasi tutti i modelli applicati, fatta eccezione per STAR, non è possibile tener conto in modo abbastanza preciso della configurazione della sorgente (lunghezza tubazione, eventuali perdite di carico, ecc.), quindi appaiono abbastanza giustificate alcune differenze nei risultati, alle quali contribuisce anche la diversa trattazione del calcolo del flusso bifase.

Nel caso di un rilascio di ammoniaca anidra, inoltre, occorre tener conto del particolare comportamento della nube, che inizialmente è formata da una miscela di aerosol e gas con densità intorno a $1,4 \text{ kg/m}^3$, quindi più pesante dell'aria, mentre in seguito, diluendosi gradualmente nell'atmosfera e riscaldandosi, torna alla densità dell'ammoniaca gas alla temperatura ambiente (circa $0,77 \text{ kg/m}^3$, quindi inferiore all'aria). La trattazione completa di questi fenomeni viene fatta solo nei modelli DEGADIS, HGSystem e STAR, anche se con teorie, quindi algoritmi differenti.

Le risultanze delle valutazioni sono sintetizzate di seguito con riferimento alla concentrazione presente sottovento al rilascio; il metodo speditivo è stato applicato interpolando i dati per ottenere la distanza relativa alla soglia IDLH attuale dell'ammoniaca.



Dalla comparazione si vede che nella fase iniziale (entro i 100 m circa) si hanno risultati abbastanza omogenei, mentre in seguito le differenze tra i modelli appaiono divergere anche di un ordine di grandezza. Gli estremi sono dati dalle simulazioni eseguite con ARCHIE e da quelle fornite dall'applicazione non guidata di HGSystem. Singolare appare che un metodo come quello speditivo, concepito per la pianificazione di emergenza, fornisca risultati meno cautelativi di tutti i modelli applicati per la seconda soglia (IDLH) pur se il valore di riferimento è ridotto dalle 500 ppm originali alle attuali 300 ppm (soglia NIOSH dal 1994).

Lo scenario 2 considera un rilascio molto breve, ipotizzando una situazione in cui la presenza di sistemi di blocco automatici permette il sezionamento in tempi di 30 secondi. Ciò allo scopo di simulare eventi che nella pratica risultano più frequenti, stante il fatto che con sistemi di sicurezza ridondanti si abbassa la frequenza attesa dell'evento, ovvero si minimizzano le probabilità di rilascio rilevante.

A questa situazione corrisponde anche la formazione di una nube di vapori in un tempo ridotto, anche se non si tratta di un rilascio propriamente istantaneo (puff); si prospetta quindi l'esigenza di ottenere dalla simulazione sia le distanze a cui possono essere presenti le concentrazioni di pericolo (LFL e $\frac{1}{2}$ LFL), sia la quantità di gas combustibile che può partecipare ad eventuali fenomeni di combustione.

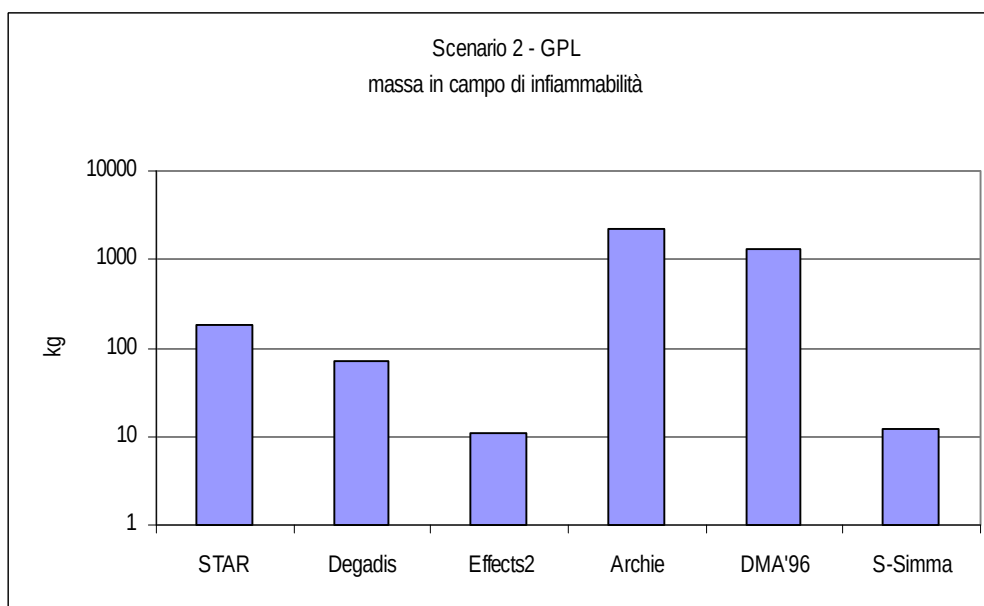
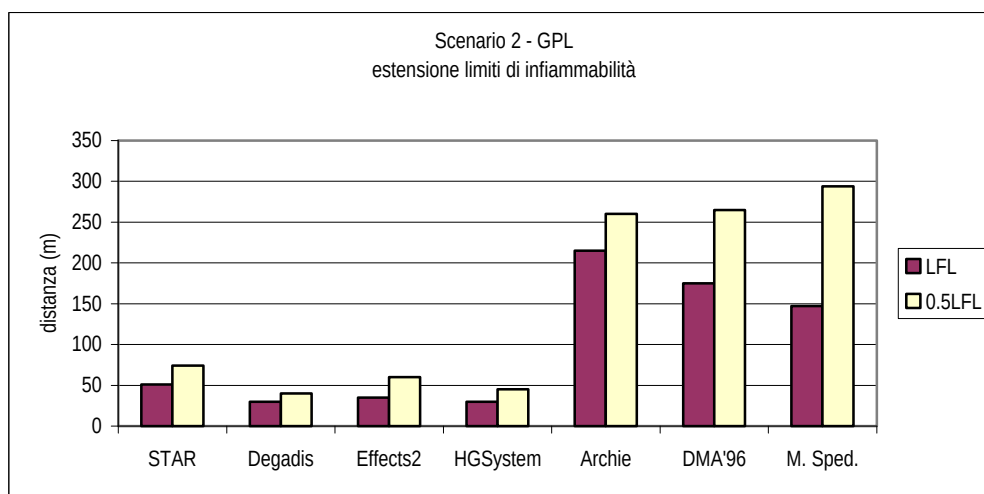
Trattandosi di GPL, sostanza piuttosto diffusa nella realtà industriale e commerciale, si sono comparati anche altri modelli o risultati di studi con analogo scenario, pur se non tutti hanno la possibilità di fornire i parametri di interesse.

La quantità di gas compresa entro il campo di infiammabilità risulta infatti fornita solo da alcuni programmi, mentre quasi tutti permettono di stimare, o forniscono direttamente le distanze a cui si trovano i limiti di infiammabilità. Nella seguente tabella sono riportati i valori della portata di efflusso, mentre nei grafici che seguono sono illustrati i risultati relativi agli altri parametri.

modello	portata di efflusso kg/s
STAR	9,9
Effects2	5,73
HGSystem	4,5
Archie	73,0
DMA'96	15,0
Sigem-Simma	10,7

Da rilevare che la durata assunta per il rilascio (30 secondi) comporta qualche difficoltà di trattazione in alcune applicazioni o metodi, dato che non si tratta di un evento istantaneo, ma non è neanche un rilascio di tipo continuo.

Le distanze fornite per la presenza di concentrazioni pari al LFL ed al 50% del LFL e la massa di gas compresa in campo di infiammabilità sono illustrate nei due grafici di seguito riportati.



I risultati appaiono suddivisi in due campi abbastanza ben delineati: quello correlato ai modelli concepiti per la trattazione e l'analisi specifica, che sono caratterizzati da una certa complessità teorica, e quello relativo ai metodi più semplici concepiti per la stima ai fini dell'emergenza, che forniscono risultati più conservativi, mediamente di un ordine di grandezza maggiore.

Confrontando gli stessi modelli, più il programma Sigem-Simma, per quanto riguarda la stima della quantità di gas compresa nel campo di infiammabilità si possono formulare conclusioni analoghe.

Particolarmente importante appare comunque l'indicazione della quantità di gas compresa entro il campo di infiammabilità; infatti, senza entrare in dettagli quali la distribuzione della concentrazione nella nube, ma riferendosi solo ad indicazioni fornite nel D.M.A. del 15/5/96, tale parametro assume rilevanza in quanto può consentire o meno di considerare marginale il rischio di esplosione della nube.

Considerando, per esempio, la soglia di 1500 kg fornita nel citato D.M.A. come quantità al di sotto della quale ed in ambienti semiconfinati il rischio di esplosione può essere ritenuto marginale, si vede come solo i risultati del modello ARCHIE ed, in misura leggermente minore, quelli del metodo di verifica fornito nel citato DMA, comportino o suggeriscano di considerare l'ipotesi di UVCE.

D'altronde, anche per tali soglie vi sono indicazioni controverse, derivanti sia da argomentazioni teoriche che dall'esperienza storica.

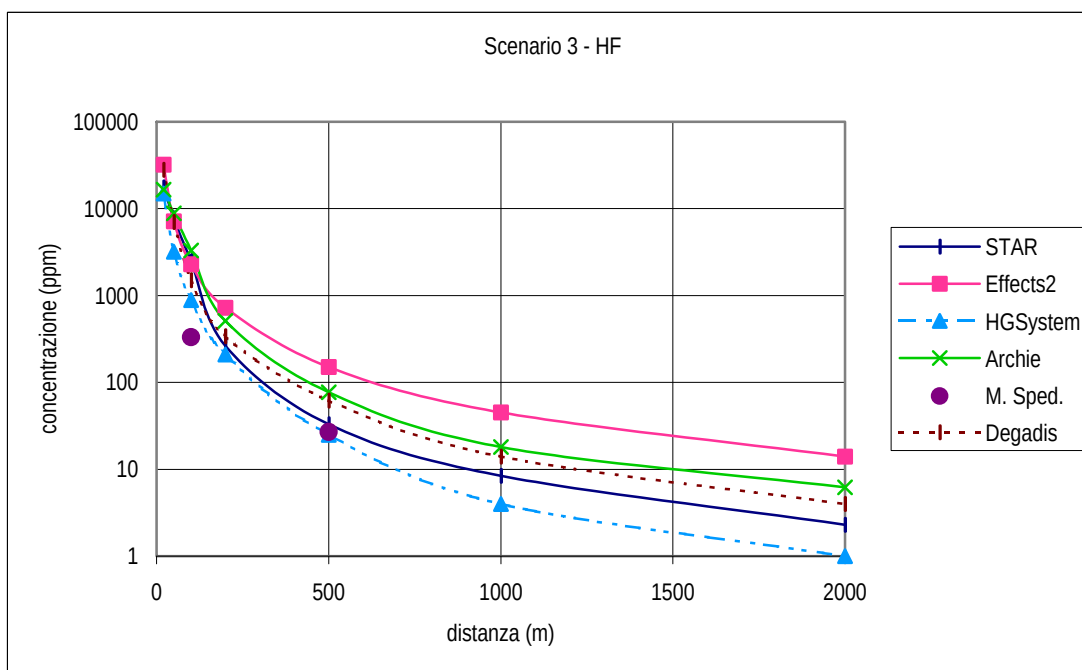
Anche per l'ipotesi di incendio di pozza possono essere tratte conclusioni divergenti: sulla base delle quantità di sostanza rilasciata, infatti, solo nel caso dei metodi semplificati si hanno quantità tali da fornire durate d'incendio apprezzabili, anche se contenute a tempi di qualche minuto.

Stimando la massa che fuoriesce nelle condizioni ipotizzate per questo scenario sulla base di una portata di efflusso stazionaria per 30 secondi si ottengono valori compresi tra 135 kg (HGSystem) e 2190 kg (ARCHIE). Calcolando il rateo di combustione (ca 0,13 kg/m²·s), con una superficie della pozza dell'ordine di 100 m² (corrispondente alle dimensioni massime assunte per lo scenario), 2190 kg di GPL bruciano completamente in meno di 3 minuti.

Lo scenario 3 descrive il rilascio di una sostanza che, nelle condizioni ipotizzate, può essere trattata come liquido surriscaldato o come gas liquefatto. Le condizioni assunte per la simulazione, pur rientrando nel quadro degli eventi ragionevolmente ipotizzabili, richiedono una certa flessibilità del modello in quanto è verosimile il formarsi di un aerosol che, proprio per le peculiarità dell'acido fluoridrico, dà luogo a fenomeni che condizionano la dispersione. È noto, infatti, che i vapori di HF anidro rilasciati in atmosfera sono soggetti ad un fenomeno di polimerizzazione e successiva depolimerizzazione, formando molecole pesanti di dimeri, tetrametri, ecc. che comportano un incremento iniziale della densità della nube. In seguito alla diluizione con l'aria e con l'umidità dell'atmosfera questi polimeri si scindono gradualmente tornando allo stato di monomero. Questi fenomeni comportano anche variazioni di entalpia e, conseguentemente, della temperatura e del calore specifico del gas, che influenzano la dispersione iniziale.

Tra i modelli adottati, solo HGSystem e STAR risultano avere routine che considerano tale comportamento, tuttavia la bassa portata di rilascio risultante per lo scenario ipotizzato, che minimizza questi fenomeni, consente di avere indicazioni utili anche dagli altri modelli.

La simulazione dello scenario 3 ha fornito i risultati sintetizzati nella tabella seguente.



Anche per questo caso, similmente allo scenario 1, i risultati forniti mostrano che nelle brevi distanze lo scostamento è minore, mentre a distanze dell'ordine di qualche migliaio di metri, con basse concentrazioni, la differenza raggiunge anche un ordine di grandezza.

Rispetto allo scenario 1 è da rilevare l'andamento dei risultati di alcuni modelli; in primo luogo HGSystem che fornisce risultati opposti: mentre nello scenario 1 risultava quello più conservativo, in questo caso appare quello che descrive una diluizione più veloce.

La curva riferita al sistema STAR risulta fornire dati leggermente più cautelativi, mentre gli altri modelli forniscono dati più cautelativi. Tale comportamento deriva verosimilmente dal fatto che HGSystem e STAR utilizzano routine specificatamente studiate per descrivere il comportamento dell'acido fluoridrico.

6. CONCLUSIONI

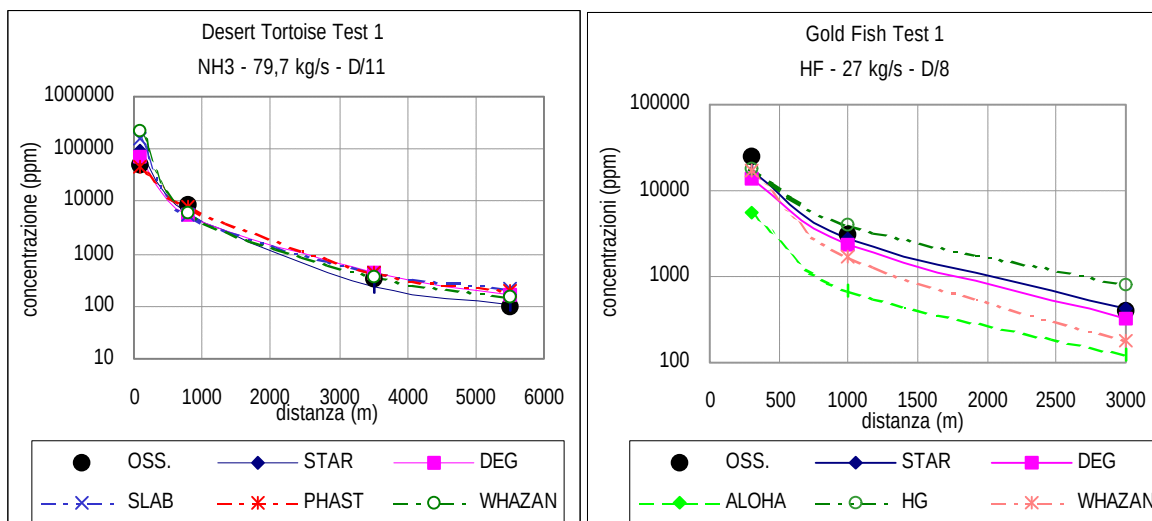
L'applicazione di vari modelli di simulazione a scenari di incidente abbastanza comuni mostra una variabilità dei risultati che spazia fino ad un ordine di grandezza, pur se l'utilizzo è stato fatto da un gruppo di lavoro coordinato in modo da minimizzare interpretazioni o stime personali delle variabili che rappresentano gli scenari.

Molteplici sono le ragioni di queste differenze, ma, oltre a quelle intrinseche alla teoria dei modelli, che non possono ancora considerarsi strumenti precisi anche in quanto non sempre validati, si ritiene determinante la capacità dell'utente di rappresentare correttamente lo scenario in funzione del sistema che ha a disposizione. La discrezionalità dell'utente è direttamente correlata alla flessibilità del programma che contiene i modelli, in quanto, per descrivere una larga varietà di scenari, occorre poter effettuare distinzioni, quindi si richiede un numero maggiore di variabili. La limitazione dei dati di input, tipica di sistemi semplificati o di programmi per la gestione di emergenze, comporta l'inserimento nel modello di variabili prefissate da parte dell'autore, il quale ovviamente sceglierà i valori più cautelativi al fine di escludere la possibilità di rivede da parte dell'utilizzatore.

Se l'aspetto connesso alla preparazione dell'utente è determinante per ottenere risultati efficienti e sfruttare correttamente le potenzialità dei modelli, è anche importante conoscere i limiti e le capacità di questi modelli, quindi poter disporre di elementi che consentano la scelta ottimale in funzione del fenomeno da simulare. Vari programmi commerciali sono corredati di comparazioni con dati sperimentali che forniscono in parte questi elementi, ma sono rare le comparazioni tra modelli, anche per la difficoltà e l'impegno richiesto. Oltre ad alcuni articoli di letteratura tecnica ed a qualche relazione di Convegni specialistici [1, 2, 3] non è disponibile molta documentazione di questo tipo.

Nell'ambito del presente lavoro, come operazione preliminare di valutazione ai fini della scelta dei modelli si sono eseguite varie comparazioni riferite sia a sperimentazioni, sia a protocolli di prova dei modelli, alcune delle quali sono riportate di seguito.

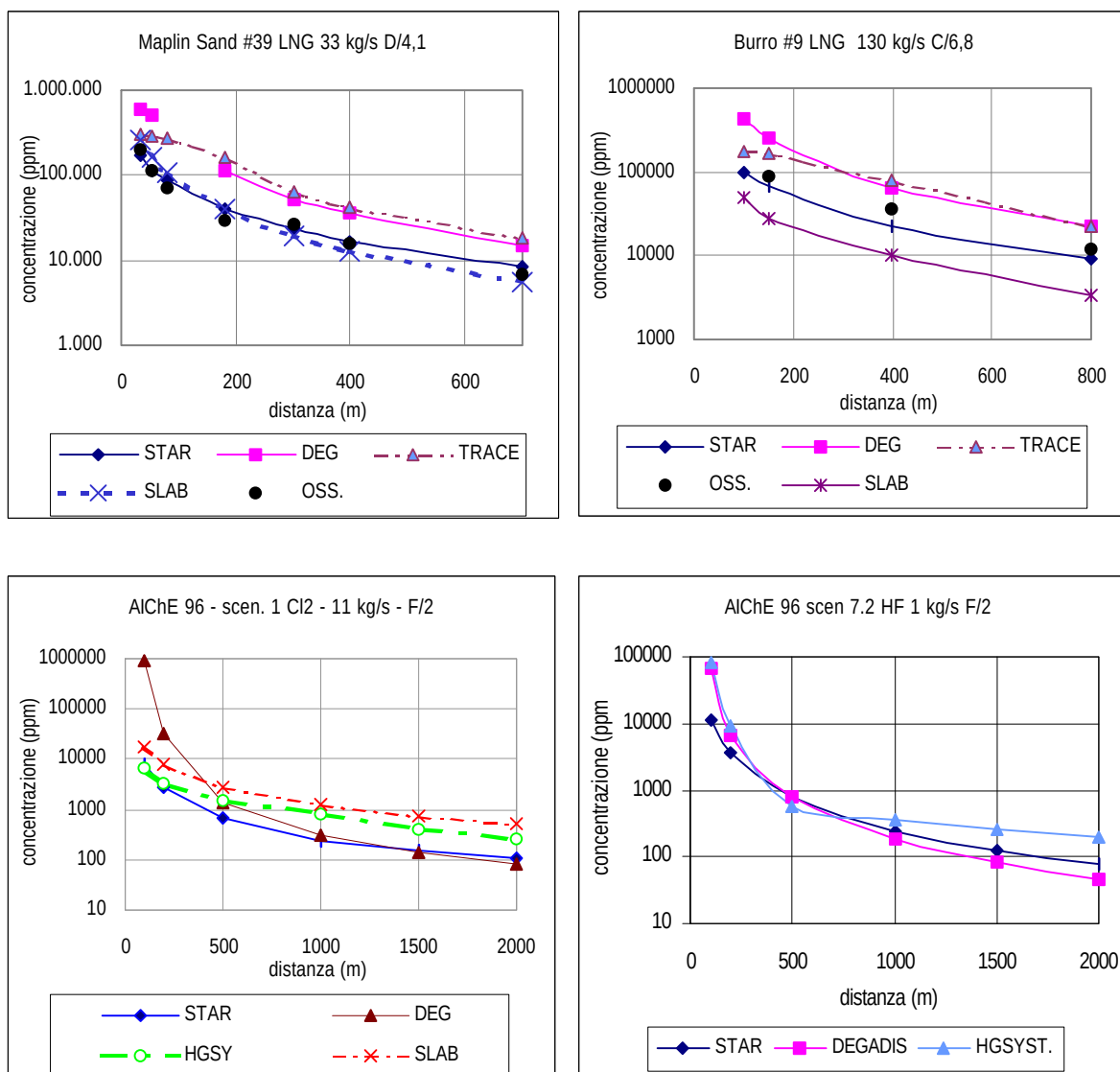
Per quanto riguarda le sperimentazioni si riportano alcuni risultati di prove eseguite nel deserto del Nevada con ammoniaca anidra, acido fluoridrico e gas naturale (LNG); i protocolli di prova sono invece tratti da recenti pubblicazioni [4, 5] che forniscono anche indicazioni per l'applicazione dei modelli e per l'analisi di rischio.



Non sarà superfluo rilevare come le sperimentazioni siano consistite in rilasci con portate dell'ordine di varie decine di kg/s. Si tratta, quindi, di prove reali che, anche se effettuate in zone particolari e con condizioni atmosferiche non sempre rappresentative di quelle in genere riscontrabili nei siti industriali, sono da ritenere significative per i risultati forniti.

I modelli messi a confronto sono tutti noti e disponibili in commercio; per alcuni si è proceduto all'applicazione nell'ambito del presente studio (DEG = Degadis, STAR, HG = HGSystem o Hegadas), per altri si sono ricavati i dati dalla letteratura [3, 4]. Per completezza di informazione, il modello siglato SLAB viene usato sia come programma indipendente (standalone), sia nell'ambito di sistemi integrati di modelli, quali l'Effects2 del TNO olandese; PHAST e WHAZAN sono programmi contenenti tutta una serie di modelli integrati distribuiti dalla DNV-Technica.

Ulteriori considerazioni possono emergere dalle seguenti comparazioni nelle quali sono riportati anche dati di altri modelli.



Ovviamente, i risultati forniti dai vari modelli sono spiegabili sotto il profilo teorico e possono essere variati, almeno entro certi limiti, modificando alcune variabili di input per adattare lo scenario rappresentato alla teoria del modello. Senza entrare nei dettagli o analizzare le varie teorie che supportano i modelli, ognuno di questi strumenti richiede una idealizzazione dello scenario reale, quindi un adattamento della realtà che può essere fatto solo conoscendo il comportamento del modello.

Comparazioni di questo appaiono pertanto necessarie per avere un quadro dell'efficienza dei modelli.

In definitiva, dai risultati del presente studio si può concludere che le indicazioni fornite dai modelli possono essere ritenute affidabili quando siano accompagnate da considerazioni che descrivono le approssimazioni effettuate in sede di definizione degli scenari, in modo da permettere un eventuale confronto con altri strumenti.

Appare inoltre confermata la necessità di utilizzare gli strumenti semplificati con cautela e solo per avere indicazioni provvisorie che dovrebbero poi essere controllate con valutazioni successive adottando strumenti più sofisticati. Non sembra invece molto razionale utilizzare i metodi semplificati come strumenti di controllo o verifica dei modelli, anche in quanto risulta dimostrato che non sempre i risultati forniscono stime cautelative.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] An evaluation of SLAB and DEGADIS heavy gas dispersion models .. - International Conference on vapor cloud modeling - Boston 1987 p.56, 64, ecc.
- [2] Uncertainties in hazardous gas model prediction - International Conference and Workshop on modeling and mitigating the consequences of accidental releases of hazardous materials - New Orleans 1991
- [3] Evaluation of fourteen hazardous gas models with ammonia and HF field data - J. of Haz. Materials 26(1991)
- [4] Workbook of Test Cases for Vapor Cloud Source Dispersion Models - CCPS - AIChE (Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers) 1996
- [5] API 1996