

Principali aspetti del contributo del CSE-CNVVF allo sviluppo del sistema Haria2. Georeferenziazione ARIR: un'applicazione operativa

Ing. – M. Marchini Ing. F. Materazzi – Ing. M. Serpieri – Ing. P. Simonetti .
Centro Studi ed Esperienze del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, Piazza Scilla 2, - 00178 Roma -

Sommario:

Il CSE partecipa dal 1997 al progetto finalizzato CNR denominato Haria2 nel settore dei rischi rilevanti. A tale scopo si è costituito presso il CSE un gruppo di lavoro composto dagli autori di questo documento.

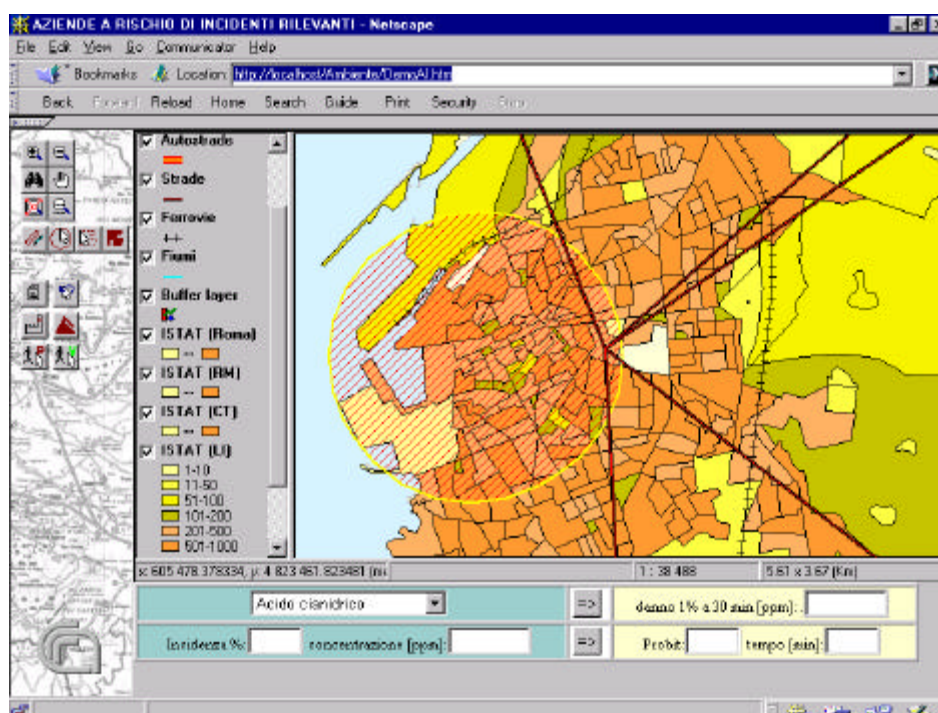
Haria2 ha come obiettivo la realizzazione di un pacchetto informatico volto prevalentemente alla “pianificazione” dell'emergenza. Il Contributo del CSE ad Haria2, in questa fase, è illustrato al paragrafo 3.

Essendo il CSE una struttura di studio e ricerca del C.N.VV.F., si propone inoltre un'applicazione in rete per la gestione in tempo reale della emergenza realizzata nell'ambito del progetto ARIR. I dati mostrati sono relativi a tutte le industrie soggette a notifica ed aggiornati al maggio 1998.

Una parte di tali dati è stata utilizzata anche in Haria2 per la modellazione di alcuni siti campione.

Gli elementi chiave dell'applicazione che viene illustrata nel seguito sono essenzialmente quattro:

1. Banche dati
2. Architettura dell'applicazione ARIR
3. Analisi di vulnerabilità per rilasci sostanze tossiche
4. Modellistica semplificata



Si ringrazia per la continuativa disponibilità e la collaborazione prestata nel reperimento dati cartografici il Dott. Pierluigi Soddu del Servizio Sismico Nazionale – Dipartimento Servizi Tecnici Nazionali.

Si ringrazia la Divisione Rischio Industriale del Servizio Inquinamento Atmosferico, Acustico e delle Industrie a rischio del Ministero dell'Ambiente per il materiale fornito ed in particolare l'Ing. Rita Caroselli e lo staff del Consorzio Sistema Città Territorio operante presso il Servizio I.A.R., nelle persone del Dr. Sergio Bellagamba, Dr. Paolo Ceci, Dr. Antonio Fardelli.

1. BANCHE DATI



Nell'applicazione che viene mostrata, sono state implementate tutte le banche dati raccolte sino a questo momento dal CSE. Si tratta di dati georeferenziati che sono stati organizzati in un database relazionale.

L'organizzazione dell'archivio dati fa riferimento agli "user requirements" indicati dall'ICR-ISPRA nell'ambito del progetto Haria2.

Come si osserva, benché Haria2 sia limitato ad un numero discreto di siti campione in corrispondenza dei quali viene sperimentata la modellistica incidentale, mentre ARIR mette insieme tutte le aziende soggette a notifica presenti sul territorio nazionale facendo uso per ora di sola modellistica semplificata, esiste comunque una continua osmosi di dati e di procedure tra i due progetti.

La banca dati territoriale implementata in ARIR comprende:

- ✎ reticolo autostradale nazionale (scala di acquisizione 1:250.000);
- ✎ reticolo stradale nazionale (SS e SP – scala di acquisizione 1:250.000);
- ✎ reticolo ferroviario nazionale (scala di acquisizione 1:250.000);
- ✎ idrografia (scala di acquisizione 1:250.000);
- ✎ confini amministrativi regionali;
- ✎ confini amministrativi provinciali;
- ✎ confini amministrativi comunali;
- ✎ distribuzione della popolazione (sezioni censuarie ISTAT);
- ✎ aeroporti;
- ✎ industrie soggette a notifica.

Si prevede di integrare con l'acquisizione di un grafo stradale dettagliato ed interconnesso per lo sviluppo di modelli di traffico e viabilità'.

E' inoltre possibile dettagliare le zone di maggior interesse acquisendo in Autocad il catastale vettoriale dal formato NTF.

Fig.1 – Legenda informativa layers cartografici finestra client

E' necessario acquisire anche i dati riguardanti l'altimetria del territorio nazionale secondo una mesh sufficientemente dettagliata. Cio' permetterebbe di implementare algoritmi che tengano conto dell'orografia del territorio quali algoritmi di diffusione tipo Haria2.

Come si osserva il materiale raccolto non puo' che considerarsi incompleto. Infatti anche se l'applicazione gestisce già oggi un database di circa 10 Mb ed una cartografia di 120 Mb, e' evidente che troppe sono le informazioni mancanti perché non disponibili, non corrette, non georeferenziate, o non ancora implementate.

Si elencano di seguito le principali:

DATABASE RISORSE
Strutture periferiche del Corpo Nazionale (Comandi e distaccamenti)
Servizi di pronto intervento
Strutture sanitarie pubbliche e private (posti letto, attrezzature, etc)
Strutture di Protezione Civile e Volontariato (disponibilità di mezzi, materiali, etc.)
Servizi specialistici di supporto (strumenti di misura, consulenza, etc)

Per quanto riguarda la banca dati sostanze e' stata verificata la possibilità di realizzare un collegamento funzionale con archivi comprendenti complessivamente oltre 2000 prodotti già in possesso del C.N.VV.F. Tale banca dati comprende comunque i soli prodotti principali e deve necessariamente essere integrata dalle schede rilevate direttamente dai Rapporti di Sicurezza.

La realizzazione della banca dati industrie soggette a notifica ai sensi dell'art.4 del D.P.R. 175/88 e' stata curata in modo particolare. Il Centro Studi Esperienze ha predisposto ed inviato presso gli Ispettorati Regionali ed Interregionali del C.N.VV.F. una propria scheda di rilevamento per acquisizione dati di dettaglio sugli stabilimenti. Tale scheda e' stata suddivisa in due sezioni:

1. rilevamento dati impianti e depositi soggetti a notifica (art.4 D.P.R. 175/88)
2. rilevamento dati eventi incidentali occorsi.

Successivamente, tutte le informazioni sono state verificate con la basi dati del Servizio I.A.R. del Ministero dell'Ambiente e raccolte in un database relazionale che ha la seguente struttura:

INDUSTRIE	IMPIANTI	SOSTANZE STOCCATE E/O LAVORATE	TOP EVENTS
COD SCHEDA REGIONE RAGIONE SOCIALE INDIRIZZO TELEFONO CODICE FISCALE STABILIMENTO INDIRIZZO TELEFONO SUPERFICIE LATITUDINE LONGITUDINE NUMERO DIPENDENTI LEGALE RESP. RESP. STABILIMENTO RESP. SICUREZZA ESECUTORE R. di S. DESCRIZIONE SETTORE	SCHEDA DENOMINAZIONE IMPIANTO DI PROCESSO DEPOSITO	SCHEDA ID SOSTANZA QUANTITA' UNITA' DI MISURA	SCHEDA NOTE TOP EVENTS

Fig.2 – Struttura del database Industrie

Il database e' stato dotato di opportuni campi indicizzati allineati a quelli presenti presso il ministero dell'Ambiente in modo da poter effettuare in futuro un veloce aggiornamento dei dati.

Si e' giunti alla convinzione, in base all'esperienza maturata, che tale archivio informatizzato delle industrie soggette a notifica richieda un aggiornamento continuo dei dati in ragione dei frequenti mutamenti dello scenario normativo e della realta' industriale. In ogni caso i dati presentati corrispondono alla situazione di fatto del maggio dell'anno corrente.

In aggiunta alle banche dati elencate sinora si sta valutando l'opportunita' di realizzare un archivio di disegni Autocad che contengano il layout degli impianti (serbatoi, vasche di contenimento, impianti antincendio, etc.) in modo da individuare i punti di maggior pericolo e di poter pianificare al meglio un eventuale intervento dei vigili del fuoco.

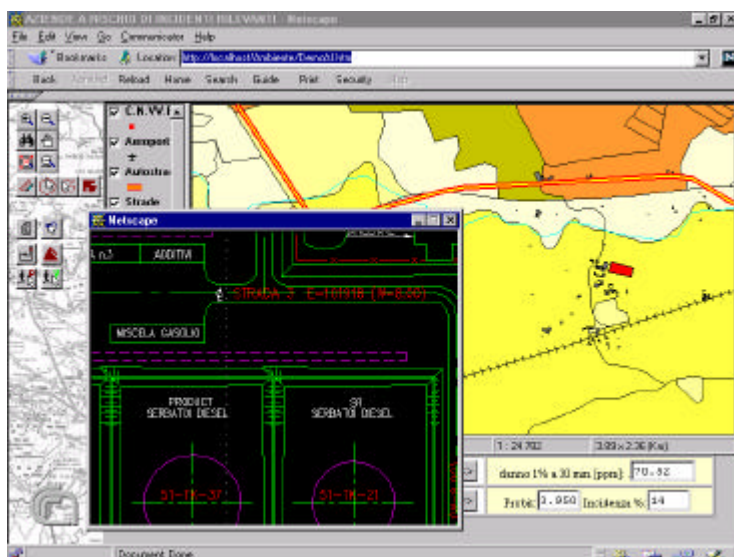


Fig.3 – Cliccando sul poligono rosso che costituisce il confine di stabilimento, il database restituisce il disegno dettagliato degli impianti suddiviso anch'esso per categorie tematiche: percorsi di sicurezza, serbatoi di stoccaggio, impianti antincendio, pipelines, posizionamento idranti, etc.

2. ARCHITETTURA DELL'APPLICAZIONE ARIR

L'applicazione presentata si configura come un sistema informativo in rete di supporto a chi, all'interno delle PP.AA., opera nel settore della sicurezza al rischio industriale. Un solo server costituito da un PC pentium 200 Mhz con 128 Mb di RAM consente la consultazione contemporanea di almeno 40 utenti con tempi di risposta di qualche secondo. In ogni caso, trattandosi di un'architettura multi-server, e' possibile permettere un numero grande quanto si vuole di accessi contemporanei affiancando piu' servers.

Specifiche tecniche dell'applicazione **parte server**:

- ☞ Windows NT Server: sistema operativo;
- ☞ Autodesk MapGuide server: gestione della cartografia vettoriale ed eventualmente raster;
- ☞ Microsoft Active Server Pages per quanto riguarda la parte di database management;
- ☞ Il database, attualmente di piccole dimensioni, e' gestito da Microsoft Access. Tuttavia i dati possono migrare verso Microsoft SQL Server, Oracle od altri sistemi senza pregiudizio per l'applicazione e con la semplice sostituzione di un driver ODBC.

Specifiche tecniche dell'applicazione **parte client**:

- ☞ Un browser Internet (Netscape Navigator oppure Microsoft Explorer a partire dalle versioni 3.0);
- ☞ Autodesk MapGuide plug-in oppure ActiveX secondo il browser per la parte GIS;
- ☞ Autodesk Whip plug-in oppure ActiveX per la consultazione dei disegni Autocad degli impianti;

Specifiche tecniche della **rete**:

- ☞ Il sistema richiede una normale linea telefonica che colleghi il server con tutti gli utenti.
- ☞ La rete puo' considerarsi come provinciale, regionale o nazionale. Potrebbe trattarsi altresì di reti differenziate ma interconnesse. In tal modo ogni Amministrazione locale potrebbe curare l'aggiornamento dei dati di sua pertinenza e rendere consultabili tali archivi o solo parte di essi a livello nazionale per pubblica utilita' (sale operative, etc).
- ☞ I dati sono facilmente partizionabili sia per quanto riguarda l'archivio alfanumerico sia per quanto riguarda i layers cartografici. In pratica e' possibile impostare privilegi di accesso sia sui campi di database sia sui layers di cartografia.
- ☞ L'accesso in rete puo' essere pertanto differenziato per utenze (es. il Comando provinciale avra' un login ed una password e potra' accedere ai soli dati di pertinenza della sua provincia e non a tutto il database nazionale).

Formato dei **dati**:

- ☞ I database alfanumerici, anche se dotati di collegamento funzionale agli archivi grafici e geografici vengono gestiti interamente via ODBC. Cio' significa che qualsiasi formato e' compatibile con il sistema:
 - Oracle
 - Microsoft Access
 - Paradox
 - Sybase
 - DBIII
- Il sistema puo' gestire anche piu' di un database contemporaneamente anche se residenti su differenti servers
- ☞ Anche per quanto riguarda i dati di cartografia si ha piena compatibilita' con i principali formati standard:
 - ArcInfo coverages
 - ArcView shape files
 - MapInfo Mid/Mif
 - Microstation DGN
 - Autocad dwg/dxf

In particolare la cartografia mostrata nella demo e' una cartografia creata con ArcInfo.

Tempi di realizzazione ed altre considerazioni:

- ☞ La realizzazione dell'applicativo mostrato ha richiesto 70 gg lavorativi.
- ☞ i linguaggi di programmazione usati per la personalizzazione delle applicazioni (modello speditivo, analisi di Probit, interrogazioni databases relazionali, etc) sono essenzialmente due:
Javascript e Java applets per quanto riguarda la gestione delle finestre browser e per i programmi di calcolo quindi in pratica per la personalizzazione dell'interfaccia utente;
Vbscript per quanto riguarda tutte le interrogazioni SQL sul server.
- ☞ L'aspetto piu' interessante, dal punto di vista tecnico informatico, ma estremamente qualificante per l'applicazione e per le possibilita' applicative connesse e' il seguente:
nella demo mostrata e' stato possibile contenere il flusso di dati per ogni richiesta del client e per ogni invio del server sempre al di sotto di 80k. Cio' equivale ad un documento di testo di qualche pagina, ovvero il volume medio di una pagina web. Pertanto la velocita' dell'applicazione in rete su linea telefonica a 64 k puo' ritenersi accettabile.

La scelta di un'applicazione in rete in luogo di applicazioni in locale presenta alcuni non trascurabili vantaggi:

1. l'analista di rischio della P.A. spesso non e' un esperto informatico ne' tantomeno un esperto di GIS. L'uso di un sistema come quello proposto metterebbe a disposizione dell'operatore pubblico del settore una grande quantita' di dati senza nessun onere di tipo "sistemistico". E' sufficiente un browser internet, un modem ed un collegamento in rete;
2. l'adozione di un'interfaccia unica quale un browser internet semplifica notevolmente la consultazione. Per lo sviluppo avuto dalla rete negli ultimi anni, si tratta infatti di un'interfaccia diffusissima e quindi oramai "user friendly";
3. lo sviluppo degli applicativi, la manutenzione dei server, l'aggiornamento dei dati puo' essere effettuato da un numero ridotto di personale purché qualificato. In tal modo un numero limitato di unita' di personale sara' sufficiente ad aggiornare con continuita' ed in modo omogeneo il contenuto informativo del sistema;
4. e' altresì possibile abilitare gli utenti in periferia (client) ad effettuare con continuita' l'aggiornamento dei dati da remoto sul server. Cio' potrebbe avvenire ad esempio per quanto riguarda lo stato della viabilita', le condizioni meteo, la disponibilita' di mezzi di soccorso, la disponibilita' di posti letto, etc;
5. ad aggiornamento effettuato l'informazione sarà fruibile in tempo reale a tutti gli utenti della rete;
6. l'aggiornamento dei dati puo' avvenire semplicemente digitando in una form di inserimento, svincolando da qualsiasi conoscenza sistemistica il personale abilitato all'inserimento dati;
7. tuttavia, poiché l'accesso in rete puo' avvenire unicamente attraverso login e password, tale personale deve essere fortemente responsabilizzato per quanto riguarda la validazione e la frequenza di aggiornamento dei dati immessi;
8. il sistema permette anche di gestire real time la messaggistica per via E-mail potendo quindi sostituirsi al fax ed al telefono.

E' auspicabile infine una maggiore collaborazione di tutte le componenti indicate dalla legge (Vigili del Fuoco, Prefetture, Enti Locali, Amministrazioni centrali, sanita', mondo scientifico ed universitario, etc) i cui dati e le cui specifiche competenze verrebbero a confluire in un unico sistema informativo al servizio di tutti per il conseguimento degli attesi obiettivi di **sicurezza** nel settore del rischio industriale.

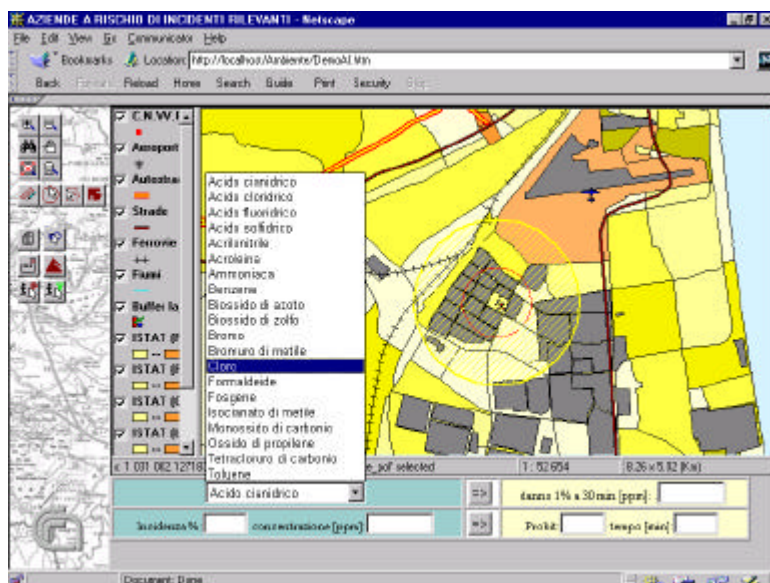


Fig.4 – modellazione speditiva in rete secondo il modello del Dipartimento di Protezione Civile. Il sistema restituisce l'area di inizio letalita' ed elevata letalita' con possibilita' di interrogazione SQL associata a tutti gli oggetti grafici contenuti all'interno delle due aree: viabilita', edificato, sezioni censuarie, etc.

3. VALUTAZIONE DELLE CONSEGUENZE DEI RILASCI DI SOSTANZE TOSSICHE: MODELLI E CRITERI DI VULNERABILITA'

Si intende fornire, nell'ambito della valutazione delle conseguenze di scenari incidentali, alcune indicazioni sulla vulnerabilità dei potenziali bersagli agli effetti fisici associati al rilascio di sostanze tossiche. In particolare, si intendono presentare alcuni valori deterministici e dei metodi probabilistici che consentono di valutare gli effetti per la popolazione e l'ambiente a seguito dell'ipotesi incidentale considerata.

La conoscenza della vulnerabilità ambientale può risultare utile ai fini di una pianificazione delle emergenze esterne alle attività a rischio di incidente rilevante, intesa come individuazione delle distanze di sicurezza e delle misure di mitigazione più appropriate.

In quest'ambito si suppone che, attraverso l'utilizzo di appropriati algoritmi di calcolo, sia stata individuata la concentrazione (mg/m^3) in funzione della distanza dal luogo del rilascio; tale grandezza, insieme al tempo di esposizione, consente di valutare la **"dose assorbita"** e quindi il danno conseguente all'incidente considerato. La dose termica è usualmente definita in termini di concentrazione elevata ad una potenza e moltiplicata per la durata dell'esposizione ($C^n t$). In caso di rilasci continui di sostanze tossiche la dose potrà calcolarsi direttamente; per rilasci variabili nel tempo (puff) essa sarà valutata per integrazione del prodotto $C^n t$ per tutta la durata dell'esposizione.

Con tali dati di ingresso attraverso i diversi criteri e/o modelli di vulnerabilità esistenti si possono valutare, a seguito di un rilascio di sostanze tossiche, i danni causati sull'uomo.

Come detto, nella presente relazione verrà fornita una rassegna dei diversi **valori di soglia** (a carattere empirico) che forniscono il tipo di danno che un determinato bersaglio può subire per effetto di una certa dose assorbita, e di ciò che essi rappresentano.

La trattazione che seguirà sarà basata in particolare sull'illustrazione di modelli in grado di esprimere il danno in termini probabilistici. Il metodo statistico maggiormente usato in questo senso è il metodo probit descritto da Finney che introduce un utile legame per alcune variabili i cui risultati in termini probabilistici possono essere definiti attraverso una distribuzione normale (di tipo Gaussiano). In tal modo questo metodo può essere usato per valutare alcuni effetti attraverso una correlazione statistica tra la **"dose assorbita"** e la percentuale di persone che hanno subito un determinato grado di danno (generalmente morte). Allo scopo quindi verranno fornite alcune **funzioni probit (probability unit)**, ricavate dal TNO e dall'AIChE, che permettono di stabilire la distribuzione della percentuale di persone soggette ad un determinato danno in un'area specifica intorno alla sorgente del rilascio.

3.1. VULNERABILITA' UMANA A GAS TOSSICI

In caso di rilascio accidentale, le vie di assorbimento di una sostanza tossica da parte dell'organismo - di interesse nelle analisi di rischio - sono le seguenti:

- Per **inalazione**, processo per cui sostanze irritanti e tossine penetrano nel corpo attraverso i polmoni durante la respirazione;
- Per **contatto diretto** con la pelle o con gli occhi.

Le sostanze tossiche, in base alle lesioni che procurano, vengono classificate come irritanti, asfissianti, anestetici e narcotici, veleni sistemici, sensibilizzanti, mutageni, e/o sostanze teratogene. I veleni sistemici possono essere ulteriormente suddivisi in agenti epatotossici, neurotossici, nefrotossici, agenti che agiscono sul sangue o sul sistema emopoietico, ed agenti che danneggiano i polmoni.

Per valutare le conseguenze finali di un rilascio tossico occorre conoscere gli effetti sulle persone colpite in funzione della **dose assorbita**, la cui stima presenta tuttavia notevoli difficoltà. Infatti, il tasso di penetrazione del contaminante nel corpo per inalazione è funzione non solo della sua concentrazione nell'aria respirata, ma anche nel modo di respirare, del tempo di permanenza all'interno del volume contaminato (possibilità di fuga o di riparo); gli effetti tossici potenziali attraverso assorbimento cutaneo dipendono dall'ammontare e dalle caratteristiche della sostanza tossica in contatto con il corpo e dal tempo di esposizione al contatto. In genere la popolazione più vulnerabile è costituita da anziani, bambini e persone con disturbi respiratori o cardio-vascolari.

Di molte sostanze pericolose non si conoscono gli effetti tossici sulla salute umana. ***Spesso gli unici dati disponibili per stabilire la pericolosità delle sostanze sono quelli ricavati da esperimenti condotti su animali di laboratorio ed adattati agli esseri umani.***

In questa trattazione non verranno considerati i composti chimici ma rilasci di sole sostanze tossiche pure.

I metodi applicabili per la stima delle conseguenze sull'uomo in caso di rilasci tossici sono classificabili in due categorie:

- **limiti di esposizione;**
- **funzioni probit.**

I **limiti di esposizione** sono le soglie minime al di sopra delle quali una certa percentuale di persone (es. 50%) subisce un danno ben definito (es. morte). Esistono diversi criteri di tossicità per una grande moltitudine di sostanze.

Le **funzioni probit** mettono invece in relazione la probabilità di morte con la dose assorbita [1].

3.2 VULNERABILITA' UMANA A GAS TOSSICI _ LIMITI DI ESPOSIZIONE _

I parametri limite di esposizione rappresentano le concentrazioni al di sotto delle quali non si verificano per l'uomo effetti negativi sulla salute. Ai fini della pianificazione delle emergenze esterne saranno considerati i soli valori limite riguardanti **esposizioni brevi o acute** a sostanze pericolose presenti ad elevate concentrazioni; i criteri tossicologici considerati al riguardo sono i seguenti:

- **LC50** (Lethal Concentration Fifty) che è il livello di concentrazione al quale si determina, per un tempo predefinito, il 50% di letalità per inalazione della popolazione presente; i dati sperimentali, ricavati per diverse specie animali, sono stati adattati agli esseri umani attraverso esperimenti tossicologici. In seguito verranno elencati le concentrazioni LC50 per 30 minuti. Vale la pena di ricordare che tali criteri sono definiti per operai in buona salute ed esposti giorno dopo giorno a concentrazioni vicine ai valori limite. La popolazione è in genere più debole e quindi più vulnerabile. Ne consegue che tali valori limite dovrebbero essere modificati in caso di incidente;

- **IDLH** (Immediately Dangerous to Life and Health) che rappresenta la concentrazione massima nell'ambiente di una sostanza alla quale l'individuo sano può essere esposto per 30 minuti mantenendo la capacità di evacuare il luogo dell'incidente, senza morire, senza avere danni organici irreversibili alla salute e sintomi tali da impedire l'esecuzione delle appropriate azioni protettive. Potrebbero essere necessari comunque l'assistenza medica e/o ospedaliera. Si rammenta che i valori dell'IDLH per le diverse sostanze vengono pubblicati dal NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health); in quest'ambito **sono stati considerati i valori resi noti dal NIOSH in data 03/01/1995;**

- **LOC** (Level Of Concern) che indica la concentrazione in aria di sostanze pericolose alla quale, per una esposizione relativamente breve, possono prodursi effetti dannosi per la salute umana. Tali valori, pubblicati dall'EPA (Environmental Protection Agency) nel Technical Guidance for Hazards Analysis, hanno generalmente un valore pari a quello dell'IDLH diviso per 10 (10 come fattore di sicurezza) e potrebbero rappresentare un primo livello di attenzione per situazioni di emergenza. Si rammenta che questo è l'unico valore tra quelli considerati che risulta indipendente dal tempo di esposizione (comunque limitato).

3.3. VULNERABILITA' UMANA A GAS TOSSICI _ METODO PROBIT PER LETALITA' _

Il modello probit fornisce la probabilità di morte a seguito dell'esposizione ad una determinata concentrazione e per un certo intervallo di tempo, a sostanze aventi caratteristiche di tossicità. Va rilevato che all'interno della popolazione vi è una distribuzione di individui aventi caratteristiche di risposta diverse all'esposizione a prodotti tossici. Inoltre per la gran parte dei prodotti tossici non esistono dati riguardanti gli effetti sulla persona umana sufficienti a permettere un'analisi accurata per un'eventuale esposizione.

Il parametro più sofisticato per la definizione della tossicità dei vari composti è la **funzione probit**. Con essa è possibile valutare la probabilità di morte, espressa in termini percentuali, per ogni arbitrario valore della concentrazione e del relativo tempo di esposizione (a differenza dei parametri già visti, nei quali il tempo di esposizione è fisso); tale probabilità di letalità viene definita per un soggetto, immobile e non protetto, sottoposto ad **una esposizione dannosa (letale) a sostanze tossiche** per un determinato intervallo di tempo.

L'analisi di Probit, sviluppata inizialmente da Finney [2] ed applicata soprattutto da **Eisenberg**, è stata possibile grazie all'utilizzo dei dati ricavati con sperimentazioni condotte sugli animali riguardanti le conseguenze per inalazione di alcune sostanze tossiche (LC50) [3]; questi valori, opportunamente trasformati mediante fattori correttivi derivanti da appositi studi (che considerano le differenze in termini di capacità respiratoria ed area dei polmoni tra l'uomo e gli animali considerati, l'eventuale differenza del percorso respiratorio, la diversa sensibilità del tessuto del polmone, le condizioni di riposo degli animali sottoposti ai test e le condizioni accidentali e/o di fuga dell'uomo) sono stati poi calcolati per l'uomo per tempi di esposizione di 30 minuti rendendo possibile il calcolo del fattore "**a**" e quindi lo sviluppo di modelli di vulnerabilità per rilasci di sostanze tossiche.

Si rammenta che nell'analisi sopra citata la costante "**n**" è stata posta uguale al valore conosciuto per gli animali, per quelle sostanze in cui si avevano dati disponibili, e pari a 2 per le sostanze in cui tale valore non era noto; il valore di "**b**" invece è stato posto pari a 1,0 per tutte le sostanze (anche se in realtà varia da 1,1 a 6,1); questa assunzione, fatta per considerare la differenza in sensibilità tra esseri umani e gli animali giovani e sani utilizzati nei test (e quindi il fattore "**a**"), se la concentrazione è più bassa della concentrazione LC50, è generalmente un'ipotesi conservativa; in pratica è bene ricordare che le concentrazioni alle quali una

popolazione può essere esposta durante questo tipo di calamità sono il più delle volte inferiori ai valori LC50. **A tale scopo è bene comunque sconsigliare l'uso "improprio e non adeguato" delle funzioni probit per concentrazioni superiori ai valori LC50.**

Generalmente, per una definitiva posizione spaziale, la concentrazione è funzione del tempo C (t); in realtà occorre anche considerare la possibilità di fuga, per cui la concentrazione diventa funzione anche della distanza dal punto di rilascio. In questi casi però il calcolo della dose si complica notevolmente e la soluzione del problema richiede l'impiego di sofisticati programmi di calcolo. Visto il grado di incertezza della conoscenza degli effetti dell'assorbimento da parte dell'uomo di molte sostanze chimiche, nelle analisi di rischio si preferisce adottare un approccio conservativo e semplificato, ossia svincolati dalla dipendenza temporale della concentrazione ed applicare la relazione esplicitata di seguito, ove la concentrazione viene considerata costante.

Note le **concentrazioni del gas in funzione del tempo, la posizione e la distanza dal punto di rilascio**, è possibile individuare per **19 composti puri**, indicati nel "Green Book" del TNO, le aree interessate da concentrazioni superiori a determinati valori mediante la seguente funzione di probit:

$$Pr = a + b * \ln(c^n * t)$$

dove : **a, b, n** sono costanti caratteristiche di ciascuna sostanza;

c è la concentrazione in mg/mc ;

t è il tempo di esposizione in minuti.

Le costanti suddette per le equazioni probit, che forniscono le concentrazioni letali, sono state fornite anche dall'AICHe per **20 sostanze pure**, non coincidenti completamente con quelle del TNO) [4].

Note le costanti di cui sopra, la coppia concentrazione-durata dell'esposizione ed il legame numerico tra percentuale di mortalità e valore della funzione di probit, è possibile risalire alle conseguenze sull'uomo. Il termine logaritmico contenuto nella formulazione matematica fornisce una maggiore aderenza ai reali effetti cui è sottoposta la popolazione, composta anche da bambini, persone anziane o malate, con diversa resistenza ad una esposizione dannosa.

La dose tossica è ricavabile direttamente in caso di rilasci continui, mentre nel caso di emissioni istantanee o variabili nel tempo deve essere valutata per sommatoria o integrazione.

Il valore della funzione di probit corrispondente all'1% di letalità può rappresentare un limite minimo di letalità, nell'ambito del significato statistico, per esposizioni relative a precise concentrazioni di sostanze in aria e per tutta la durata del fenomeno.

3.4. PIANIFICAZIONE DELLE EMERGENZE ESTERNE _ IPOTESI DI VALORI DI SOGLIA PER RILASCI DI SOSTANZE TOSSICHE

Valori di soglia ed effetti caratteristici				
Paese dell' UE	Elevata probabilità di letalità		Danni gravi alla popolazione sana	
Francia	Basato sulla concentrazione letale per l'1% della popolazione e sul tempo di esposizione		Basato sull' IDLH e sul tempo di esposizione	
Italia - Dipartimento Protezione Civile ⁽¹⁾	LC50		IDLH	
Paese dell'Unione Europea	Morte / invalidità permanente	Invalità (assistenza medica e/o ospedaliera)	Disagio fisico, ansietà e leggere irritazioni	Percezione olfattiva, tattile o sensitiva della sostanza
Italia ISPESL ⁽²⁾	Probit 1%	IDLH	LOC	---

In ragione dei metodi sopra esposti, seguendo lo stesso metodo deterministico, si **propone un'ipotesi riguardante la vulnerabilità dell'uomo a seguito di rilasci di sostanze tossiche**, unitamente ad un elenco dei valori limite per alcune sostanze stoccate sul territorio nazionale (evidenziando le anomalie riscontrate):

Ipotesi di valori di soglia ed effetti caratteristici			
Elevata probabilità di letalità	Inizio letalità (1%)	Danni gravi a popolazione sana	Disagi per persone senza protezione
LC50	Probit 1%	IDLH	LOC

¹ Pianificazione di emergenza esterna per ARIR

² Metodo per la analisi e valutazione delle conseguenze di eventi incidentali connessi a determinate attività industriali (1993).

Valori limite della concentrazione per alcune sostanze				
Sostanza	LC50 per 30' (mg/m3) TNO - 1989	Probit 1% (mg/m3 per 30') TNO	IDLH per 30' (mg/m3) Niosh 3/01/95	LOC (IDLH : 10 in mg/m3)
Acido solfidrico	987	289,39	79,23	7,9
Acido cianidrico	114	43,76	55,50	5,5
Acido cloridrico	3940	391,04	74,50	7,4
Acido fluoridrico	802	166,09	24,60	2,5
Acrilonitrile	2533	425,36	184,45	18,4
Acroleina	304	29,04	4,58	0,5
Ammoniaca	6664	1871,32	210,00	21
Azinfosmetile	25	238,00	10,00	1
Biossido di azoto	235	125,14	37,60	3,8
Biossido di zolfo	5784	2198,07	262,00	26
Bromo	1075	341,86	19,62	2
Bromuro di metile	3135	392,15	970,00	97
Cloro	1017	364,85	29,00	2,9
Fosfina	67	6,48	5,56	0,6
Fosgene	14	1,08	8,10	0,8
Isocianato di metile	57	1,95	11,28	1,1
Monossido di carbonio	7949	787,45	1380,00	138
Ossido di etilene	4443	432,16	1440,00	144
Parathion	59	5,86	10,00	1

Valori limite della concentrazione per alcune sostanze				
Sostanza	LC50 per 30' (mg/m3) TNO - 1989	Probit 1% (mg/m3 per 30') AICHe	IDLH per 30' (mg/m3) Niosh 3/01/95	LOC (IDLH : 10 in mg/m3)
Acido solfidrico	987	356,41	79,23	7,9
Acido cianidrico	114	178,79	55,50	5,5
Acido cloridrico	3940	860,65	74,50	7,4
Acido fluoridrico	802	2673,40	24,60	2,5
Acrilonitrile	2533	349,52	184,45	18,4
Acroleina	304	35,57	4,58	0,5
Ammoniaca	6664	4302,93	210,00	21
Biossido di azoto	235	122,63	37,60	3,8
Biossido di zolfo	5784	542,03	262,00	26
Bromo	1075	693,30	19,62	2
Bromuro di metile	3135	10313,04	970,00	97
Cloro	1017	204,51	29,00	2,9
Fosgene	14	51,92	8,10	0,8
Isocianato di metile	57	48,99	11,28	1,1
Monossido di carbonio	7949	2264,37	1380,00	138
Ossido di etilene	4443	8718,32	1440,00	144

I valori di soglia sopra indicati, tranne il “LOC”, si riferiscono tutti alla concentrazione a cui verrebbe sottoposto un individuo stazionario all’aperto per un **tempo pari a 30 minuti**. Tale situazione dovrebbe essere considerata *mediamente, ma non sempre*(vedi il caso di formazione di pozza evaporante), come *conservativa*.

3.5. OSSERVAZIONI

Nello studio sui criteri e sui modelli di vulnerabilità presentato in questa relazione, sono stati considerati i soli effetti dovuti al rilascio di sostanze tossiche tralasciando le altre tipologie incidentali possibili. Tale ipotesi progettuale consente di ricondurre una realtà difficilmente modellabile ad una sommatoria di singoli effetti, ritenuta accettabile ai fini della pianificazione dell'emergenza.

E' stato altresì rilevato che i criteri ed i modelli di vulnerabilità esistenti sono applicabili solo ad una **popolazione sana e che non sia in movimento**. Tale ipotesi non tiene conto della reale distribuzione degli individui aventi caratteristiche di risposta diverse ai rilasci di sostanze considerati; nei riferimenti considerati, infatti, non si possono considerare le reazioni spontanee delle persone, come la fuga, il riparo dietro ostacoli, il rifugio al chiuso, l'età e le condizioni fisiche della popolazione coinvolta. Nella maggior parte dei valori di soglia, inoltre, non si ha in genere la possibilità di caratterizzare la durata e l'andamento nel tempo dello scenario incidentale in esame, ovvero la *dose assorbita dai soggetti esposti*.

Per ciò che riguarda i valori dei criteri e modelli di vulnerabilità riscontrati, a fronte **delle 50 sostanze pure indicate nei Rapporti di Sicurezza delle ARIR** dislocate sul territorio nazionale in caso di RILASCI DI SOSTANZE TOSSICHE, si può osservare quanto segue:

a) *Le funzioni di probit ricavate dal TNO riguardano solamente 19 sostanze pure (comprese in quelle indicate nei Rapporti di Sicurezza);*

b) *Le funzioni di probit ricavate dall'AICHe sono relative a 20 sostanze pure che in alcuni casi coincidono con quelle considerate dal TNO (e comunque sono comprese nelle sostanze indicate nei Rapporti di Sicurezza);*

c) *Il rapporto tra LC50 e PR1% risulta prevalentemente variabile da 1,88 a 10 ;*

d) *Per le sostanze per le quali esistono le funzioni probit, i valori di inizio letalità forniti dall'AICHe e dal TNO sono simili o paragonabili solo in pochi casi (acido solfidrico, acrilonitrile, acroleina, biossido di azoto);*

e) *E' stato riscontrato che i valori di concentrazione forniti dal TNO per l'inizio letalità (PR1%) in alcuni casi sono minori dei corrispondenti valori dell' IDLH (acido cianidrico, azinfosmetile, bromuro di metile, fosgene, isocianato di metile, monossido di carbonio, ossido di etilene, paration);*

f) *Per determinate sostanze, i valori della concentrazione corrispondenti all'inizio letalità (PR1%) per un tempo di esposizione di 30 minuti forniti dall'AICHe sono a volte superiori al valore LC50 (uomo) fornito dal TNO [3] (acido cianidrico, acido fluoridrico, bromuro di metile, fosgene, ossido di etilene);*

g) *Per tempi di esposizione pari a 30 minuti il legame tra i valori LC50 ed i corrispondenti valori di inizio letalità PR1% forniti dal TNO può essere rappresentato con sufficiente approssimazione tramite la curva tratteggiata di seguito indicata sino a valori LC50 minori di 2500 mg/mc:*

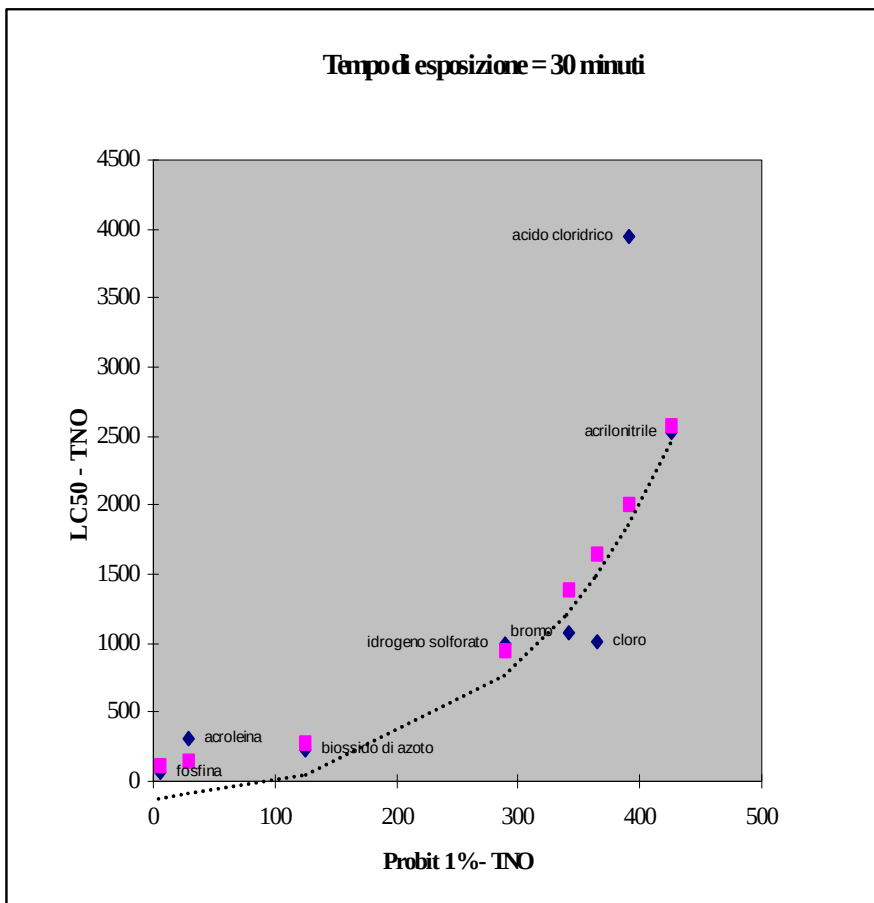


Fig.5 – Curva rappresentante il legame tra LC50 (minore di 2500 mg/mc) ed il valore PR1% del TNO, per un tempo di esposizione di 30 minuti. I rettangoli rappresentano i valori di interpolazione ed i rombi i dati sperimentali forniti dal TNO.

h) La curva sopra rappresentata risulta ben correlata con i valori sperimentali forniti dal TNO per le sostanze indicate; la correlazione è diretta ed il coefficiente di correlazione (che rappresenta il rapporto tra il valore medio del prodotto degli scarti ed il prodotto degli scarti quadratici medi) è pari a 0.825, quindi prossimo all'unità.

4. MODELLISTICA SEMPLIFICATA - CONSIDERAZIONI SULLA VALIDAZIONE DEI MODELLI

Il Modello Speditivo, elaborato presso il Dipartimento di Protezione Civile, come strumento per la programmazione delle aree di primo e secondo allarme, è stato riversato sull'applicativo presentato quale esempio di coniugabilità dello stesso con algoritmi semplici, attese le capacità di software di maggior potenza e dettaglio analitico presenti sul mercato o reperibili nel futuro. Similmente possono essere infatti riportabili gli output grafici di altri algoritmi che possano rendersi utili in elaborazioni di pianificazione o primo approccio agli eventi incidentali che si intende contemplare nella ricerca, ovvero rilasci di energia (irraggiamenti, bleve) e rilasci di sostanze tossiche.

Si confida che la presenza di più modelli presenti sulla stessa piattaforma informatica possa fornire ausilio al critico intervento del Pianificatore dell'emergenza, del Valutatore istituzionalmente incaricato nonché del Gestore dell'emergenza. Si ritiene che modelli semplificati, ovvero statici, in ultima analisi offrenti soluzioni non direttamente collegati alla realtà fisico - geografica dei siti, indifferenti quindi agli effetti altimetrici e alle condizioni meteorologiche locali, possano (debbano) necessariamente convivere nel futuro con modelli complessi, capaci cioè, in dipendenza dei fattori trascurati dai modelli semplificati, prevedere l'evolversi nello spazio e nel tempo dei fenomeni allo studio. Ciò in ragione del fatto che la qualità dell'output è ovviamente legata alla precisione dell'input e alla disponibilità dei valori dei parametri fisici che regolano i fenomeni. In dipendenza di ciò si è posta chiara, da subito all'intero gruppo di ricerca Haria2, la necessità di creazione di una banca dati storico incidentale, cui ricorrere per la validazione dei modelli trattati. Le ricerche in corso rilevano la difficoltà di reperire dati immediatamente utili. I dati necessari a tal fine devono essere costituiti da triadi di informazioni relative a:

- I) quantità di sostanza/energia rilasciata;
- II) effetti misurati;
- III) distanze cui si misurano gli effetti.

Giovano una breve analisi delle qualità di tali elementi costitutivi dei report incidentali utilizzabili per una banca di dati storici finalizzata alla validazione dei modelli.

I) Sono trascurabili, se non lesive della generalità delle considerazioni deducibili, le ricostruzioni del dato da analisi a posteriori di sequenze di guasto incerte e complesse. Giovano particolarmente per i fini della validazione i report relativi ad un solo o a pochi tipi di sostanze semplici, attese le difficoltà di analisi degli effetti di rilasci dovuti a gran numero di reagenti e prodotti di reazione. In una virtuale classificazione della bontà del dato, immediatamente a valle della esatta determinazione della sostanza/e e delle quantità in gioco, sia come presenti sul teatro incidentale che come direttamente coinvolte, va considerata la disponibilità sulle condizioni di pressione e temperatura della sostanza coinvolta.

II) Appare evidente che gli effetti misurati ottimali siano registrazioni dirette attendibili di grandezze fisiche o di concentrazioni dell'agente tossico. In subordine alle difficoltà nel riscontrare tali dati, si ritengono comunque utili dati relativi a fenomeni da cui, tramite indicazioni fornite da letteratura, possano dedursi i valori delle grandezze fisiche primarie. Es.: in caso di esplosioni le indicazioni in merito a determinati danni permettono di avere una valutazione indiretta delle sovrappressioni verificatesi.

III) I provvedimenti e l'organizzazione generale che permette la registrazione dei dati di cui ai punti precedenti, consente ragionevolmente di ritenere acquisibile anche questo dato.

Purtroppo le più autorevoli fonti storico - tecnico disponibili, non avendo come obiettivo lo specifico della validazione di modelli di calcolo, non offrono sufficiente ricchezza di dati utili nel senso anzi indicato.

Atteso che le ricerche in merito debbano proseguire nel tempo, si auspica ai fini di poter eseguire più attendibili operazioni di convalida dei dati di calcolo, che l'azione censuaria degli incidenti occorsi possa avvenire con maggiore dettaglio, ovviamente previo pre-identificazione dei modi e degli obiettivi.

Stante le difficoltà menzionate, anche il perfezionamento dei modelli semplici tramite riscontro di dati reali certi appare obiettivo tutt'altro che trascurabile.

5. NOTE E OSSERVAZIONI IN MARGINE AL LAVORO ESPLETATO

L'intera opera di georeferenziazione fin qui eseguita consente di poter formulare ipotesi abbastanza favorevoli sugli sviluppi e sull' utilità di una estesa applicazione , reperiti e aggiornati i dati di cui si è data menzione e di quelli di cui maggiormente si ritiene necessaria un'acquisizione a breve termine. E' altresì evidente che nessuna Amministrazione Pubblica , né tanto meno operatore privato , può per conto proprio sviluppare l'intera opera. Pur prefigurandosi il sistema come passibile unicamente di una gestione centralizzata, in un sistema di livelli di accesso e di utilizzo differenziabili , in ragione dei diversi oneri e responsabilità che i vari utenti possono svolgere in fase di pianificazione che di gestione dell'emergenza , la riflessione sulla possibilità di utilizzo di banche dati già esistenti , anche a livello locale , l'integrabilità di mappe e disegni tecnici relativi a situazioni locali nei più comuni formati di grafica vettoriale - ormai disponibili presso la maggior parte degli Uffici Tecnici anche di basso profilo , consente di mitigare le perplessità relative ad un eccessivo dispendio di risorse umane pur si potrebbero prefigurare in un primissimo approccio al progetto. La fondamentale precisione del dato topografico è altresì ormai conseguibile con strumenti sempre più efficaci , economici e che non necessitano di operatori di elevatissima qualifica. Tutto ciò configura uno scenario di ampio sviluppo il cui motore principale si identifica in un efficace concerto di tutti gli Enti interessati , in un quadro di fattiva cooperazione.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] S. Contini, G. F. Francocci
CRITERI E MODELLI DI VULNERABILITA'
CCR Ispra, 1993
- [2] D.J. Finney
PROBIT ANALYSIS
Cambridge University Press, 1980 (3rd ed.)
- [3] Director - General of Labour
METHODS FOR THE DETERMINATION OF POSSIBLE DAMAGE
CPR 16E, The Hague, 1989
- [4] Centre for Chemical Process Safety
GUIDELINES FOR CHEMICAL PROCESS QUANTITATIVE RISK ANALYSIS
AIChE, New York, 1987

Si dichiara che tutto il materiale presentato nel corso del Convegno ai fini della presentazione del lavoro è stato utilizzato esclusivamente a fini di studio e ricerca.