

INTHSE: Software integrato per l'analisi di rischio e le attività HSE

Ing. Roberto Fiore, Ing. Arnaldo Evangelista, Ing. Livio Colombo

Snamprogetti S.p.A., Servizio Salute, Sicurezza, Ambiente e Qualità (HSEQ)
Viale De Gasperi, 16 – 20097 San Donato Milanese (MI)

Eventuali comunicazioni possono essere indirizzate a Roberto Fiore:
e-mail: roberto.fiore@snamprogetti.eni.it
tel. +39 0252053441
fax +39 0252053745

Sommario

La memoria presenta le caratteristiche del programma **INTHSE (Integrated Health Safety Environment)**, un sistema informatico sviluppato con l'obiettivo di fornire un ambiente modulare integrato che consenta una gestione efficiente delle principali problematiche di sicurezza e ambientali connesse alla realizzazione di impianti chimici.

Il s/w INTHSE è costituito da un ambiente modulare supportato da un database centrale Oracle.

I moduli sviluppati coprono alcune tipiche attività HSE quali l'Hazop, l'Analisi di Sicurezza, l'Analisi di Rischio e la Valutazione di Impatto Ambientale.

Attraverso un'interfaccia grafica è possibile definire la struttura del progetto da analizzare e accedere alle informazioni e ai programmi di calcolo specifici di ciascun'attività.

I software integrati nell'ambiente comprendono, tra gli altri:

- Programmi per lo studio dell'affidabilità dei sistemi impiantistici.
- Programmi di simulazione delle conseguenze degli scenari incidentali.
- Programmi per la valutazione del livello di rischio connesso al progetto base e alle sue varianti.
- Programmi di simulazione di processo, di ausilio allo studio dei transitori derivanti da possibili deviazioni di processo.

I risultati delle valutazioni effettuate sono archiviati nel database centrale, da cui possono essere rapidamente recuperati per la visualizzazione in ambiente GIS e inseriti nei documenti prodotti per le Autorità (Rapporto di Sicurezza, Studio di Impatto Ambientale).

Il codice INTHSE è stato sviluppato con il contributo del MIUR (Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca) nell'ambito del PNR per la Chimica 2 – Tema 1 “Metodologie Innovative e Codici di Calcolo per la Progettazione di Impianti Produttivi ad Elevato Livello di Sicurezza Attiva e Passiva per l'Industria Chimica”.

Introduzione

INTHSE è un software sviluppato per l'analisi e la documentazione dei principali aspetti di Sicurezza e Impatto Ambientale relativi alla progettazione e all'esercizio di impianti chimici continui e discontinui.

Il software è il risultato del progetto di ricerca PNR per la Chimica 2 - Tema 1.

Il programma INTHSE mette a disposizione in forma integrata strumenti software, funzionalità e informazioni con cui effettuare le principali attività connesse alla realizzazione di un'ANALISI DI RISCHIO, di uno STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE e, in generale, per effettuare una progettazione d'impianto in accordo con i requisiti normativi e di buona ingegneria.

Il programma è concepito come una struttura modulare costituita da:

- Una serie di moduli periferici dedicati ad attività specifiche (Simulazione stazionaria e dinamica di processo, Hazop, Analisi di Sicurezza, Layout impianto, Standard di progettazione, Sistemi di controllo, Piani di emergenza, Documentazione per autorità, Valutazione di impatto ambientale)
- Un modulo centrale con funzioni di data base e di integrazione delle informazioni scambiate coi moduli periferici (Calcolo del rischio, Rappresentazione dei risultati in ambiente GIS)
- Banche dati esterne di supporto (Legislazione, Casistiche incidenti, Dati sostanze pericolose)

La realizzazione del software ha comportato l'integrazione di componenti sviluppati ex-novo per il progetto, programmi o banche dati commerciali e programmi proprietari Snamprogetti.

Nel seguito verranno brevemente indicati i contenuti dei vari moduli del programma INTHSE e illustrati in qualche dettaglio, a titolo di esempio, alcuni dei principali aspetti e funzionalità relativi all'analisi di sicurezza e di rischio.

- *Moduli di Simulazione stazionaria e dinamica di Processo*

Il modulo contiene un s/w commerciale che consente di effettuare la simulazione stazionaria e dinamica delle principali operazioni unitarie di processo. Nell'ambito del progetto è stata verificata la possibilità di personalizzare l'ambiente di simulazione, sviluppando e integrando i modelli dettagliati di alcuni particolari reattori di sintesi.

- *Modulo Hazop*

Il modulo contiene un s/w commerciale specializzato per la registrazione delle sessioni di Hazop. I file di output del programma sono stati trattati per l'estrazione e l'importazione automatica dei Top Events e per la gestione delle action dell'Hazop follow up.

- *Modulo Analisi di Sicurezza e Rischio*

Contiene le funzionalità e i modelli di calcolo per la definizione degli scenari incidentali e la loro caratterizzazione in termini di probabilità di accadimento, estensione delle conseguenze e rischio

- *Moduli Layout di Impianto, Standard di Progettazione e Sistemi di Controllo*

Si tratta essenzialmente di moduli organizzati a ipertesto e integrati con banche dati, volti al recupero dei principali criteri, contenuti in standard normativi o linee guide, per la definizione del layout di impianto, dei sistemi di controllo e in generale per assicurare che i componenti di impianto siano progettati e installati in modo da garantire la sicurezza delle operazioni.

- *Modulo Valutazione di Impatto Ambientale*

Il modulo è sviluppato come ipertesto che guida l'analista a prendere sistematicamente in esame tutti gli aspetti che concorrono alla redazione di uno Studio di Impatto Ambientale. A supporto del lavoro è fornita una ricca rete di rimandi a materiale informativo e la possibilità di effettuare simulazioni e mappature di inquinanti atmosferici e di rumore.

- *Moduli Documentazione per Autorità e Piani di Emergenza*

I moduli contengono funzioni per il recupero, e l’inserimento automatico in documenti, di informazioni di dettaglio e sintesi derivanti dalle analisi condotte (ad es. lista degli scenari incidentali, mappe di conseguenze, mappe di rischio ecc.).

I moduli rendono disponibili *template* di documenti tipo (Rapporto di Sicurezza, Studio di Impatto Ambientale, Piano di Emergenza Interno) parzialmente precompilati con contenuti standard, in modo da uniformare e sveltire la redazione dei documenti finali.

Sono presenti poi estesi link con i testi normativi di settore.

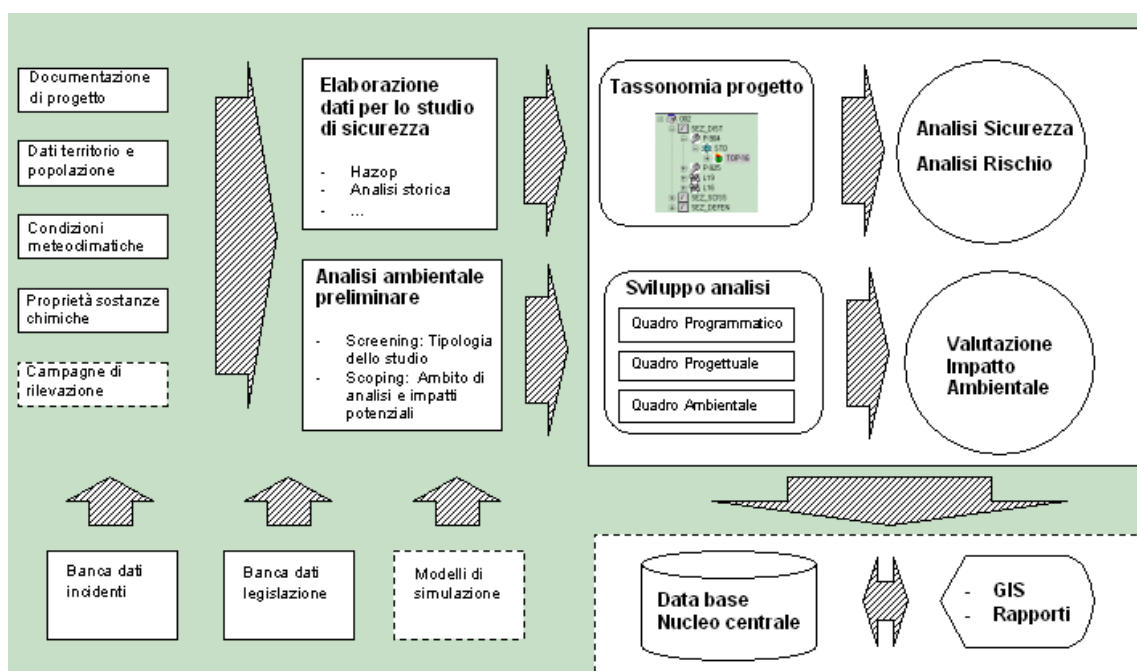


Fig. 1: INTHE – Schema dei processi di lavoro e del flusso di informazioni

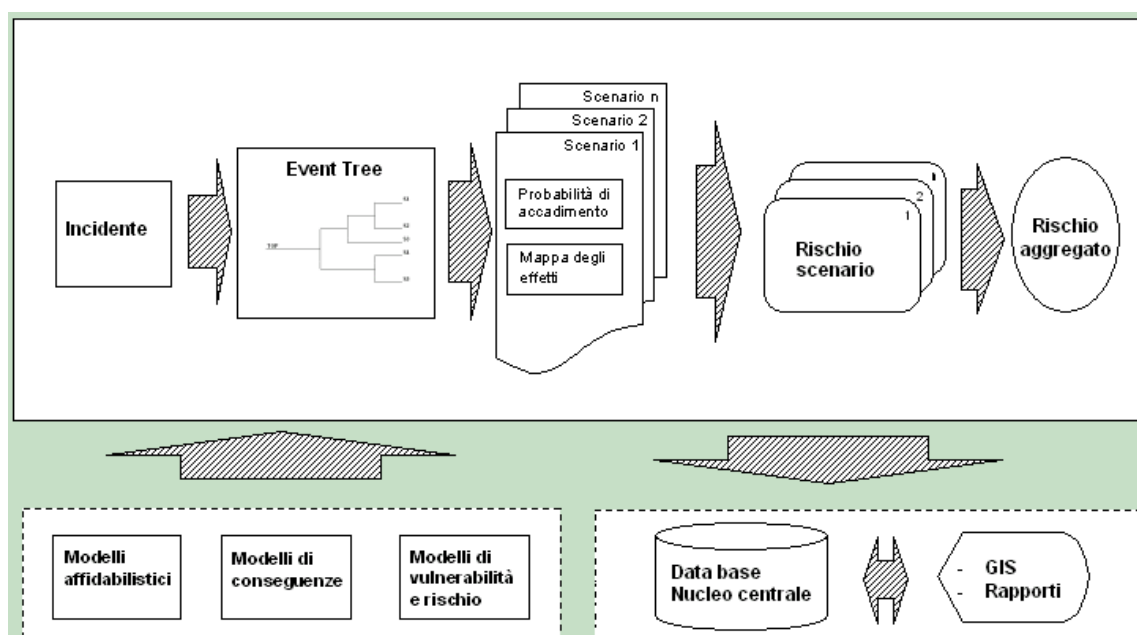


Fig. 2: INTHE – Gestione degli aspetti di sicurezza

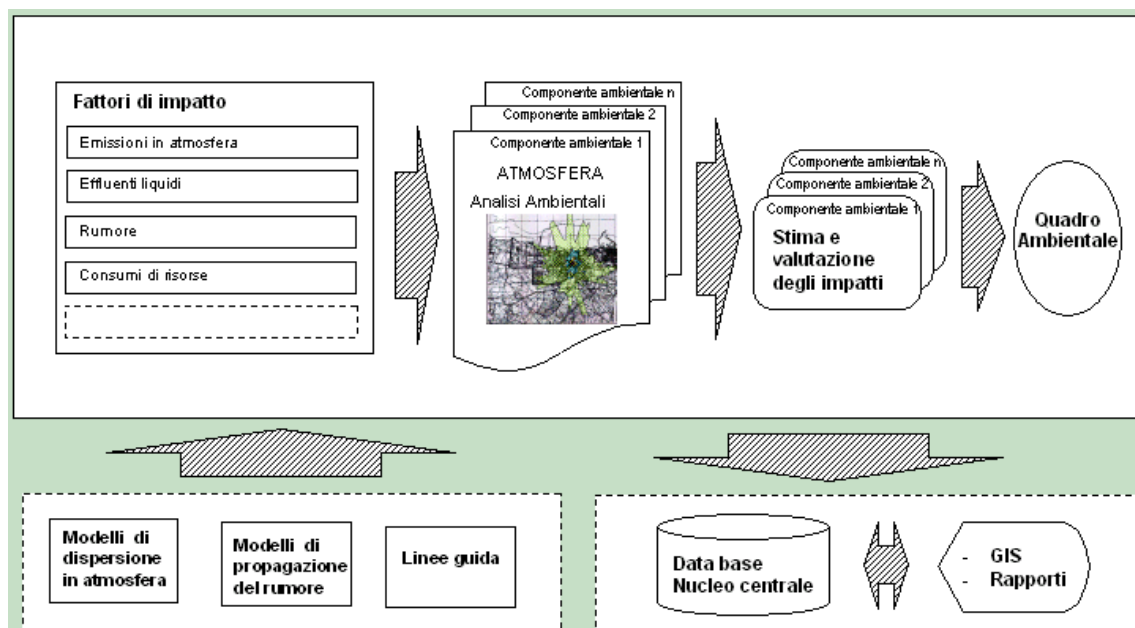


Fig. 3: INTHSE – Gestione delle problematiche ambientali

Definizione e caratterizzazione degli elementi del progetto

L'interfaccia grafica del programma INTHSE si presenta con uno spazio di lavoro suddiviso in due finestre: in quella di sinistra compare la struttura del progetto, così come viene costruita interattivamente durante le sessioni di lavoro, in quella di destra compaiono i dialoghi di input/output dati.

Sotto la radice del progetto è possibile inserire, secondo una struttura gerarchica (tassonomia), gli 'oggetti' che schematizzano l'impianto in esame per quanto riguarda le problematiche di sicurezza e impatto ambientale.

In particolare, i primi livelli della tassonomia sono rappresentati dagli oggetti fisici di impianto e dalle loro caratteristiche di funzionamento.

E' quindi possibile introdurre i dati relativi a:

- Impianto
- Unità
- Apparecchiature e Linee
- Condizioni Operative

Ad ogni oggetto inserito nella tassonomia di progetto corrisponde una finestra di dialogo per l'inserimento delle proprietà che lo caratterizzano, quali: campi descrittivi, dimensioni geometriche, localizzazione planimetrica, condizioni di progetto, punti in cui si ipotizza un eventuale rilascio accidentale.

Alcune dati, relativi alla caratterizzazione dei punti di rilascio (pressione, temperatura, sostanza, hold up), sono raccolti in una cartella denominata Condizioni Operative.

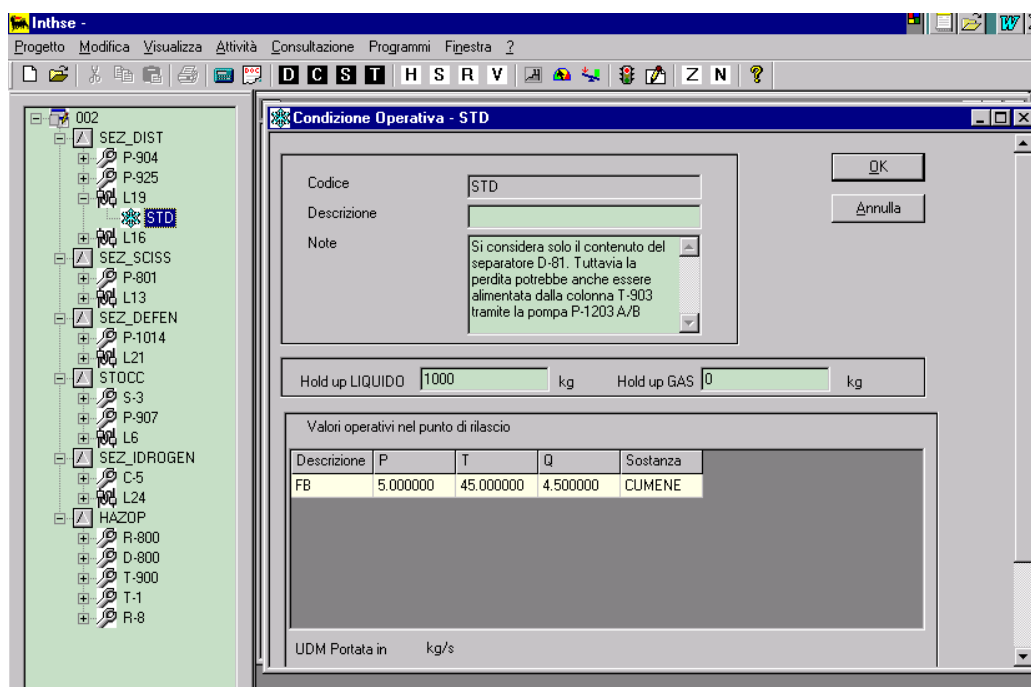


Fig. 4: Interfaccia del s/w INTHSE-Tassonomia di progetto

Identificazione degli Incidenti

Alla base di ogni Analisi di Rischio sta l'individuazione di una serie sufficientemente completa di incidenti 'credibili', in grado cioè di prefigurare l'intero spettro di situazioni anomale e pericolose che possono ragionevolmente verificarsi durante l'esercizio dell'attività.

Gli incidenti ipotizzabili appartengono essenzialmente a due categorie:

- Incidenti derivanti da deviazioni di processo, identificati tramite l'attività di Hazop;
- Incidenti attribuibili a 'rotture casuali', non legate cioè a specifici malfunzionamenti del processo, caratterizzati in base all'analisi della casistica storica.

INTHSE comprende funzionalità e modelli di calcolo per:

- Estrarre dal file dell'Hazop Report gli incidenti individuati (Top Events) e importarli nella tassonomia di progetto;
- Effettuare il calcolo delle frequenze di rilascio dovute a rotture casuali;
- Effettuare il calcolo dei Fault Tree ed analisi di affidabilità e disponibilità di sistemi.

La consultazione della banca dati incidenti (The Accident Database-IchemE) consente inoltre di evidenziare la casistica incidentale pertinente all'impianto in esame.

Per ogni Incidente possono essere definiti più casi di simulazione; ogni caso di simulazione comprende una serie di scenari incidentali compatibili con l'incidente iniziatore; ogni scenario è analizzato con gli strumenti dell'analisi di conseguenze e di rischio.

Archiviazione e recupero dei dati relativi al processo, alle sostanze chimiche e al territorio

La funzione 'Documenti' del programma INTHSE consente di tenere traccia dei documenti utilizzati durante l'analisi del progetto: schemi e descrizioni di processo, dati di base, bilanci di materia e energia, planimetrie di impianto e cartografie del territorio.

Ogni documento può essere corredato da una serie di informazioni che ne facilitino l'identificazione univoca e il recupero.

La funzione ‘Condizione Ambientale’ consente l’immissione dei dati meteo-ambientali utilizzati nei calcoli di Analisi delle Conseguenze (Umidità, Temperatura, Rugosità terreno, Classe di Stabilità, Velocità del vento) e nei calcoli di Analisi di Rischio (direzioni prevalenti del vento, inserite come probabilità della rosa dei venti).

La funzione ‘Sostanza Chimica’ consente di richiamare dal database del nucleo centrale le proprietà delle sostanze da utilizzare nei calcoli per il progetto in esame; i dati chimico-fisici sono ottenuti dal database DIPPR dell’ AICHE.

Le proprietà di pericolosità delle sostanze possono essere desunte dal database di schede di sicurezza.

Analisi di Sicurezza

Il punto di partenza della macrofunzione Analisi di Sicurezza è la definizione di un Caso di Simulazione, o di più casi quando si voglia effettuare una Analisi di Sensitività.

Le funzioni del modulo Analisi di Sicurezza comprendono:

- Costruzione dell’Albero degli Eventi e definizione degli scenari terminali (dispersioni, incendi, esplosioni)
- Valutazione della probabilità di accadimento degli eventi
- Valutazione delle conseguenze (modelli per la simulazione di efflusso, dispersione di sostanze tossiche e infiammabili, generazione di campi di irraggiamento e sovrappressione)
- Analisi di sensitività
- Rappresentazione delle mappe di estensione degli effetti fisici sulla planimetria del sito (GIS)

Costruzione dell’Event Tree

Ogni Caso di Simulazione è associato ad un Albero degli Eventi (Event Tree, ET) che viene costruito tramite una procedura guidata ed ha lo scopo di identificare e caratterizzare le possibili evoluzioni di un incidente.

Il primo passo della procedura consiste nella visualizzazione di una sintesi delle informazioni introdotte per l’incidente (TOP) in esame. In particolare è mostrata la lista dei possibili *punti di rilascio* caratterizzati per: coordinate, pressione, temperatura, portata (nel caso di linee), sostanza e comportamento al rilascio (efflusso tutto liquido, efflusso tutto gas, efflusso di una miscela bifase).

Il secondo passo è la definizione delle *dimensioni* del rilascio (diametri di rottura), con associata probabilità. Il sistema dispone ora di tutte le informazioni per effettuare la stima del termine sorgente, ovvero delle caratteristiche di portata, durata e temperatura per ogni diametro di rilascio definito.

I passi successivi dipendono dal tipo di rilascio che si sta considerando.

In particolare, se la sostanza è infiammabile, viene proposta una finestra di dialogo per l’inserimento delle *caratteristiche di innesco* e dell’ambiente di sviluppo della nube infiammabile (innesco immediato o ritardato; formazione di nube all’aperto o al chiuso, presenza di ostacoli e confinamento tali da favorire la generazione di onde d’urto).

Un altro sviluppo possibile riguarda la caratterizzazione dei rilasci gassosi o bifase ad alta velocità, nei quali la direzione di fuoriuscita del getto è un parametro importante per definire lo sviluppo dell’incidente.

Al termine della procedura il sistema presenta una sintesi della tipologia di scenari individuati attraverso le informazioni via via inserite dall’utente.

Le tipologie possibili sono:

- Dispersione continua (plume jet dispersion)
- Evaporazione e dispersione da pozza
- Rilascio istantaneo (puff dispersion)
- Jet fire
- Pool fire
- Flash fire
- Fireball

- Esplosioni (Vapour Cloud Explosion)

Per completare la caratterizzazione dello sviluppo dell'incidente tramite Event Tree, l'utente ha a disposizione ancora 3 nodi relativi alla possibilità di corretto intervento di sistemi di protezione:

- Sistema Antincendio, con riduzione dell'esposizione delle apparecchiature ad elevati livelli di irraggiamento e quindi ridotta probabilità di escalation dell'incidente
- Sezionamento di linee tramite chiusura di Valvole di Intercettazione, con riduzione della durata del rilascio e quindi del danno potenziale
- Sistemi di mitigazione che consentano un risultato equiparabile alla riduzione della portata di efflusso o della portata di evaporazione da pozza.

Ogni Event Tree, una volta che è stato creato e salvato nel nucleo centrale, può essere visualizzato, modificato e copiato.

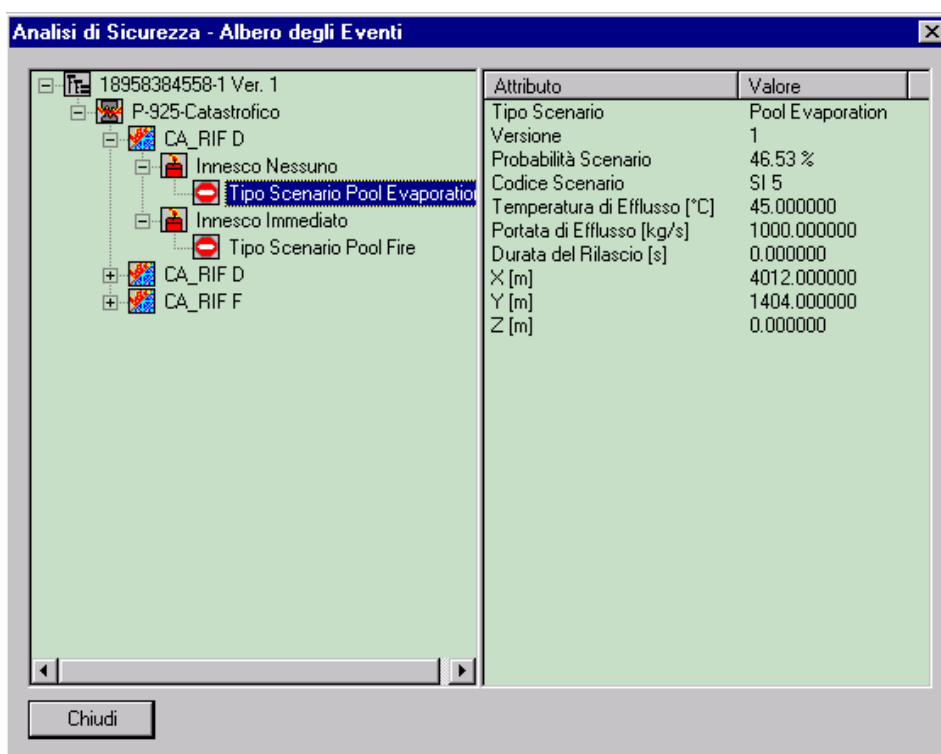


Fig. 5: Albero degli eventi

Calcolo delle Conseguenze degli scenari incidentali

Una volta definiti gli Event Tree per tutti gli incidenti identificati per il progetto, è possibile avviare il calcolo delle conseguenze, al fine di ottenere informazioni sugli effetti degli scenari, cioè sulle distanze a cui possono aversi valori critici di concentrazione tossica, irraggiamento o sovrappressione.

Il processo di calcolo delle conseguenze può essere completamente trasparente all'utente; questo significa che è il sistema a prendersi completamente carico di tutte le operazioni necessarie per associare agli scenari i modelli di pertinenza, costruire i file di input e output, effettuare il link nel caso di modelli sequenziali (ad esempio: evaporazione+dispersione+esplosione), realizzare il trasferimento dei risultati nel database del nucleo centrale.

In alternativa, l'utente ha la facoltà di avviare il calcolo in modalità interattiva, tramite la quale può verificare ogni singolo passo della procedura di calcolo ed eventualmente effettuare modifiche e salvataggi intermedi.

Visualizzazione dei risultati

Il programma INTHSE sfrutta estensivamente l'ambiente GIS (Geographical Information System) per realizzare le funzioni di visualizzazione dei risultati dei calcoli di conseguenze e di rischio sulle mappe dell'impianto e del territorio.

L'utente sceglie quali scenari visualizzare e che tipo di mappe produrre. La scelta è tra la rappresentazione a cerchi di isoeffetto, che tiene conto solo della massima distanza a cui si raggiunge una soglia prefissata, e la rappresentazione a isoplete, che tiene conto della eventuale direzionalità del fenomeno e riproduce, ad esempio, i valori di concentrazione in un plume di dispersione. Nel caso di fenomeni non stazionari è possibile scegliere l'istante a cui riferire la rappresentazione.

I valori di soglia da rappresentare in mappa nei casi di dispersione, incendio od esplosione sono definiti dall'utente a livello di impostazioni di progetto.

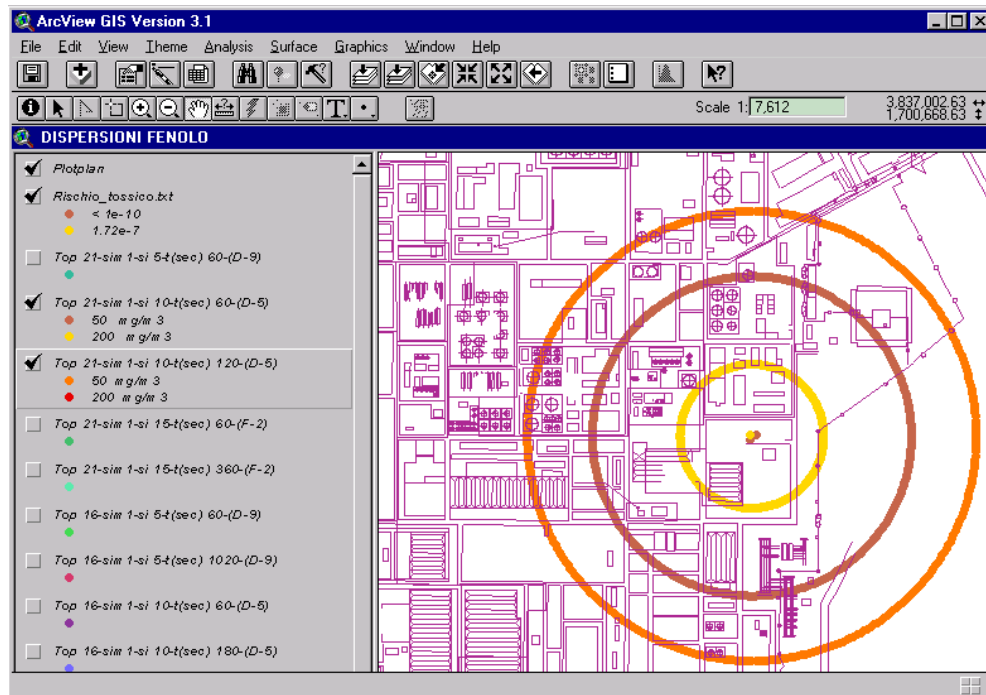


Fig. 6: Rappresentazione dei risultati nel GIS

Analisi di Rischio

Gli aspetti relativi alla probabilità e all'estensione delle conseguenze degli scenari incidentali sono sintetizzati nel concetto di rischio.

La funzione 'Analisi di Rischio' consente di calcolare gli indicatori di rischio più comunemente usati, vale a dire le curve di iso-rischio individuale e la curva FN di rischio sociale.

Le operazioni da effettuare per giungere al calcolo e alla rappresentazione del rischio comprendono:

- Inserimento dei dati relativi alla distribuzione di popolazione
- Impostazione delle modalità di calcolo del rischio
- Calcolo del rischio individuale e sociale generato dai singoli scenari
- Aggregazione del rischio per gruppi di scenari e analisi di criticità.

Inserimento dei dati di popolazione

La distribuzione di popolazione, o semplicemente la localizzazione delle zone in cui si vuole calcolare il rischio, viene inserita con riferimento al concetto di target, ovvero di elemento vulnerabile.

Un target rappresenta una schematizzazione geometrica di una porzione di territorio in cui si assume che la popolazione abbia caratteristiche uniformi. Un target può essere rappresentato da un'area poligonale, una spezzata di segmenti lineari o un punto.

Le caratteristiche di popolazione riguardano la distribuzione del numero di persone presenti nel target nell'arco del periodo d'analisi e la probabilità di presenza outdoor e indoor.

Un target è caratterizzato anche da specifiche proprietà di protezione indoor, dipendenti, ad esempio, dal numero medio di ricambi d'aria delle abitazioni e dalla resistenza delle costruzioni all'irraggiamento e alle esplosioni.

Impostazione delle modalità di calcolo del rischio

L'impostazione dei parametri di rischio consente di stabilire le assunzioni per il calcolo del rischio.

Tali parametri, distinti per i fenomeni di dispersione di sostanza tossica, incendio ed esplosione riguardano:

- Le modalità di calcolo del tempo di esposizione (costante; pari alla durata dell'incidente; considerando la possibilità di fuga del recettore)
- Il tipo di modello da usare per il calcolo della vulnerabilità (probit o soglia)
- Le modalità di calcolo della vulnerabilità indoor (attenuazione dell'effetto, della dose o della vulnerabilità outdoor)
- La scelta del livello di danno da considerare nell'analisi e dei relativi coefficienti di probit.

Calcolo del rischio dei singoli scenari e del rischio aggregato

Il calcolo del rischio, individuale e sociale, è completamente automatico e si articola nei passi:

- Calcolo della vulnerabilità, cioè della probabilità di danno a seguito della distribuzione di effetti e dell'esposizione;
- Generazione della griglia di calcolo;
- Calcolo del rischio per tutti gli scenari del progetto

I risultati di rischio sono archiviati nel database del nucleo centrale per singoli scenari.

A partire da questi valori è possibile effettuare il calcolo del rischio per sottoinsiemi significativi di tutti gli scenari del progetto (ad esempio: rischio totale dell'impianto, rischio di singole apparecchiature, rischio dovuto a una sostanza o a una tipologia di effetto, ecc.)

L'aggregazione del rischio comporta quindi solo l'impostazione del criterio di selezione del gruppo di scenari di interesse.

Il risultato del calcolo del rischio individuale è un file che, analogamente a quanto visto per il calcolo delle conseguenze, può essere importato in ambiente GIS per la visualizzazione come mappa di rischio sovrapposta alla planimetria.

Il risultato del calcolo del rischio sociale è la rappresentazione di una curva F-N (curva cumulata delle frequenze F degli incidenti che provocano un numero di decessi, o altro tipo di danno, maggiore di N sul territorio coinvolto).

E' anche disponibile una funzionalità per l'analisi di criticità degli scenari tramite la quale è possibile calcolare il contributo di prefissati set di scenari al rischio totale, nelle diverse fasce di gravità della curva FN.

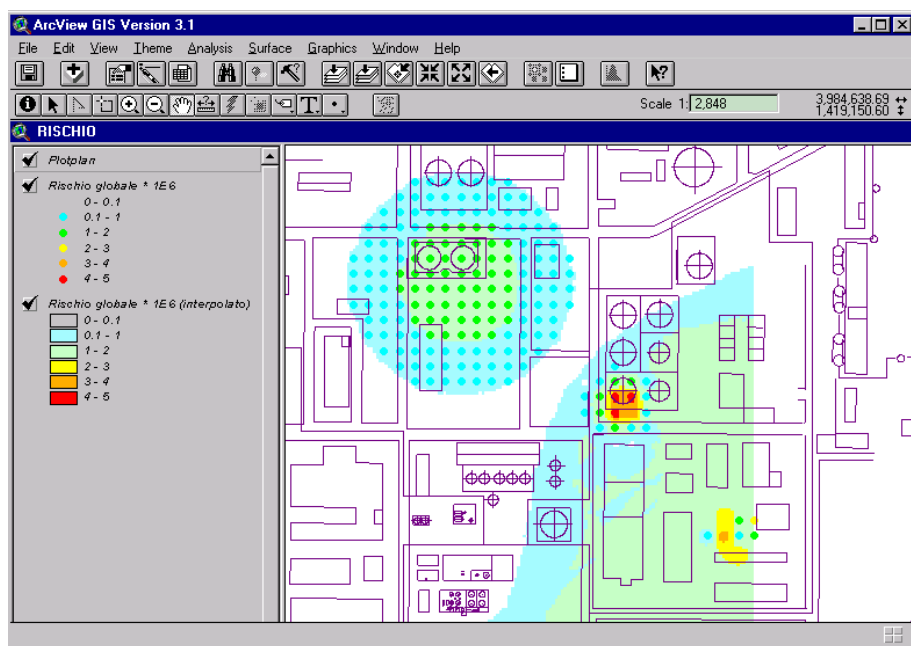


Fig. 7: Mappatura del rischio

Utilizzo dei risultati

I risultati ottenuti coi moduli di analisi di sicurezza, analisi di rischio e valutazione di impatto ambientale sono archiviati nel database centrale da cui possono essere estratti e utilizzati per la produzione di documenti per autorità, quali il Rapporto di Sicurezza e lo Studio di Impatto Ambientale, o di strumenti di gestione della sicurezza, quali il Piano di Emergenza Interno ed Esterno. L'ambiente INTHESE consente, tramite i moduli 'Documentazione per Autorità' e 'Lineamenti Piani di Emergenza e Pianificazione Territoriale', di:

- avere a disposizione gli strumenti di calcolo per effettuare le simulazioni necessarie;
- poter consultare la normativa che disciplina la stesura del documento;
- avvalersi di un modello parzialmente precompilato del documento e di istruzioni specifiche per completarlo;
- poter recuperare ed inserire agevolmente nel documento i risultati delle analisi svolte.

Conclusioni

La crescente attenzione alla sicurezza di esercizio degli impianti industriali si è tradotta, nel recente passato, nella necessità di disporre di strumenti di analisi sempre più sofisticati in grado di fornire le garanzie richieste sia in termini di precisione che di affidabilità dei risultati.

I clienti, inoltre, sono orientati al contenimento dei costi di realizzazione ed alla riduzione dei tempi di consegna.

L'insieme di questi elementi porta necessariamente ad un ripensamento di strumenti e tecniche di lavoro.

INTHESE, in relazione alle problematiche di sicurezza ed ambientali, è allineato con queste linee di tendenza consentendo, tra l'altro, la capitalizzazione dell'esperienza acquisita sulle commesse operative.

In particolare, INTHESE ha consentito di raggiungere i seguenti obiettivi:

1. Riduzione dei tempi e dei costi di esecuzione delle attività di progetto atte a garantire la sicurezza delle attività dell'industria chimica.
2. Standardizzazione delle metodologie di analisi e miglioramento della qualità.
3. Gestione centralizzata delle informazioni (norme, standard, criteri, risultati) afferenti alla sicurezza dell'impianto.

4. Raccolta e archiviazione organica degli elementi a supporto delle scelte tecniche fatte in sede progettuale.