

## IL SISTEMA PROTOTIPO HARIA-GIS PER LA PIANIFICAZIONE DELLE EMERGENZE

**S. Contini**, Commissione Europea, Centro Comune Ricerche, Istituto dei Sistemi, Informatica e Sicurezza, 21020 Ispra (VA), e-mail: sergio.contini@jrc.it.

**G. Giardina** Borsista CNR presso il Centro Comune Ricerche, Istituto dei Sistemi, Informatica e Sicurezza, 21020 Ispra (VA), e-mail: alda.giardina@jrc.it.

**M. Binda - F. Bellezza**, THS Informatica srl, Via Bertolotti 1, 21023 - Besozzo (VA), e-mail: THS@thsinformatica.it

### SOMMARIO

La pianificazione delle emergenze è senza dubbio un'attività di fondamentale importanza per rendere rapida ed adeguata la risposta dell'autorità pubblica a incidenti le cui conseguenze potrebbero essere catastrofiche per la popolazione e l'ambiente. Scopo della ricerca HARIA-2 è la messa a punto di una metodologia per l'analisi, la pianificazione e la gestione di emergenze esterne in impianti chimici e petrolchimici a rischio di incidente rilevante. Uno dei prodotti della ricerca è il software prototipo HARIA-GIS 1.3, basato su piattaforma SIG (Sistema Informativo Geografico), ed indirizzato in particolare alla pianificazione delle emergenze.

Oggetto della relazione è la descrizione dell'architettura del prototipo, delle principali funzionalità offerte all'utente e dell'attività tuttora in corso per il suo completamento e la validazione finale nell'area di Milazzo.

### 1. INTRODUZIONE

La ricerca nel campo della pianificazione e gestione delle emergenze, ed in particolare della messa a punto di sistemi informatici di supporto e di simulatori per l'addestramento dei responsabili della gestione delle situazioni di crisi, è molto intensa in tutti i paesi industrializzati, generalmente caratterizzati da una bassa frequenza di catastrofi.

La pianificazione è l'attività che consente ai responsabili della gestione delle emergenze di migliorare la qualità delle proprie decisioni, in condizioni di particolare stress quale quello cui essi sono sottoposti in situazioni di emergenza. La pianificazione consente, infatti, di migliorare la conoscenza del territorio e delle attività a rischio che in esso si svolgono, di valutare le conseguenze dei possibili incidenti, di stimare il numero di persone a rischio, di individuare le risorse necessarie, di valutare i tempi di intervento, ecc. Essere in grado di individuare i problemi che potrebbero verificarsi in caso di incidente e di predisporre le risorse e le procedure più adeguate per la protezione della popolazione, dei lavoratori e dell'ambiente, rappresenta l'obiettivo primario della pianificazione.

Le ricerche in corso in molti paesi industrializzati sono intense e mirate alla soluzione di problemi di diverso tipo: dall'addestramento periodico di chi ha la responsabilità della gestione dell'emergenza mediante l'uso di simulatori e discussioni di gruppo, allo studio dei possibili comportamenti della popolazione in situazioni critiche; dalla validazione di adeguati modelli per il calcolo delle conseguenze degli incidenti, allo sviluppo di sistemi di supporto per la pianificazione e la gestione delle emergenze. Per quanto concerne i sistemi di supporto, uno studio sullo stato dell'arte [1] ha messo in evidenza l'assenza di valutazioni – anche se grossolane – sui possibili comportamenti della popolazione durante l'emergenza, problema invece da considerare con molta attenzione, come mostrato da un'indagine promossa a livello europeo dal Major Accident Hazard Bureau (MAHB) del CCR Ispra [ 2 ].

La ricerca HARIA-2, iniziata nel 1997 e finanziata dal Gruppo Nazionale per la Difesa dai Rischi Chimici Industriali ed Ecologici (CNDRCIE), si pone l'obiettivo di definire un'adeguata metodologia per l'analisi, la pianificazione e la gestione delle emergenze in impianti chimici e petrolchimici a rischio di incidente rilevante [3]. Al progetto, coordinato dal Prof. Marino Mazzini del Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Nucleare e della Produzione (DIMNP) dell'Università di Pisa, partecipano, oltre all'Istituto dei Sistemi, Informatica e Sicurezza (ISIS) del Centro Comune Ricerche di Ispra, il Centro Studi Esperienze (CSE) del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, il Dipartimento di Scienze Sociali (DSS) dell'Università di Pisa, l'Istituto Internazionale di Sociologia (ISIG) di Gorizia e il Dipartimento di Scienza dell'Uomo (DSU) dell'Università di Trieste. Il coinvolgimento di questi tre ultimi istituti è dovuto proprio alla necessità di

tener conto, in fase di pianificazione, dei possibili comportamenti della popolazione durante l'emergenza e della formazione e informazione dei servizi coinvolti nell'emergenza stessa. Haria-2 cerca pertanto di integrare in un sistema di supporto gli aspetti ingegneristici e i fattori umani in situazioni di crisi.

I risultati finora ottenuti consistono essenzialmente nello sviluppo della modellistica (scenari incidentali, traffico stradale, comportamento della popolazione, allocazione delle risorse, simulazione dell'emergenza, ecc.) e di tutte le necessarie banche dati (territorio, impianti a rischio, risorse, ecc.). Allo stato attuale del progetto sono in fase avanzata di sviluppo due prodotti software, realizzati presso DIMNP e ISIS, e destinati rispettivamente alla gestione e alla pianificazione delle emergenze.

Oggetto della presente relazione è la descrizione delle caratteristiche dell'attuale versione del prototipo per la pianificazione delle emergenze, denominato HARIA-GIS versione 1.3. Dopo una sintetica descrizione dell'architettura del sistema, delle caratteristiche delle banche dati e della modellistica sviluppata ad Ispra per la simulazione delle emergenze, vengono descritte le fasi attraverso le quali si articola una simulazione di emergenza, dal caricamento delle mappe geografiche alla stampa della documentazione finale. L'attuale versione del prototipo richiede, per il suo completamento, una serie di attività software relative al miglioramento di alcuni modelli e all'integrazione dei moduli sviluppati dagli altri partners (DIMNP, DSS e ISIG-DSU). L'applicazione del prototipo per la validazione finale della metodologia HARIA-2 sarà eseguita sull'area di Milazzo grazie all'interesse mostrato dalla Prefettura di Messina.

## 2. DESCRIZIONE DEL PROTOTIPO HARIA-GIS 1.3

La ricerca HARIA-2 prevedeva l'implementazione della metodologia sviluppata in un sistema prototipo di supporto che consentisse all'utente di:

- descrivere rapidamente il territorio e le attività produttive a rischio di incidente rilevante;
- prendere coscienza dei potenziali incidenti e dell'estensione delle relative aree di danno;
- valutare i possibili effetti domino;
- valutare l'adeguatezza della distribuzione delle risorse disponibili;
- valutare l'evoluzione del traffico a seguito di blocchi stradali, lavori in corso, ecc.;
- valutare la rapidità di intervento delle risorse al variare delle condizioni di agibilità stradale e di traffico;
- analizzare le fasi di allarme e informazione al pubblico.
- valutare e confrontare le azioni di rifugio ed evacuazione;
- confrontare diverse strategie di intervento;
- esaminare gli effetti sull'emergenza dei possibili comportamenti della popolazione;
- produrre la documentazione sul piano di emergenza e facilitarne l'aggiornamento.

La necessità di elaborare informazioni georeferenziate, di rendere il sistema prototipo di semplice uso per l'utente finale e di concentrare le risorse disponibili sugli aspetti metodologici piuttosto che informatici, hanno portato alla scelta di un ambiente di sviluppo basato su di un sistema informativo geografico (SIG) di basso costo ma sufficientemente potente. L'esperienza ISIS nello sviluppo di sistemi informativi geografici ha suggerito l'uso di ArcView 3.2 per Windows 98/NT, utilizzabile, con opportuna estensione, anche in configurazione client-server in ambiente Unix (<http://www.esri.com>).

Dal punto di vista funzionale il prototipo HARIA-GIS 1.3 [4] può essere rappresentato come in figura 1, ossia composto dai seguenti principali sottosistemi:

- le basi di dati;
- la modellistica off-line e on-line;
- i collegamenti con l'esterno;
- l'interfaccia utente.

Altri moduli, già previsti in fase di analisi, non sono stati considerati nel prototipo perché non di interesse metodologico. Si tratta dei moduli di **procedure, legislazione, documentazione e help in linea** che non presentano neppure problemi implementativi.

### 2.1 Le basi di dati

Le informazioni necessarie per la pianificazione dell'emergenza sono organizzate in basi di dati interne ed esterne. Le prime, contenenti dati georeferenziate, sono state sviluppate in Avenue, il linguaggio di

programmazione di ArcView; le altre, esterne all'ambiente GIS e in parte utilizzate dai moduli di analisi off-line, sono accessibili dall'interfaccia GIS tramite semplici comandi.

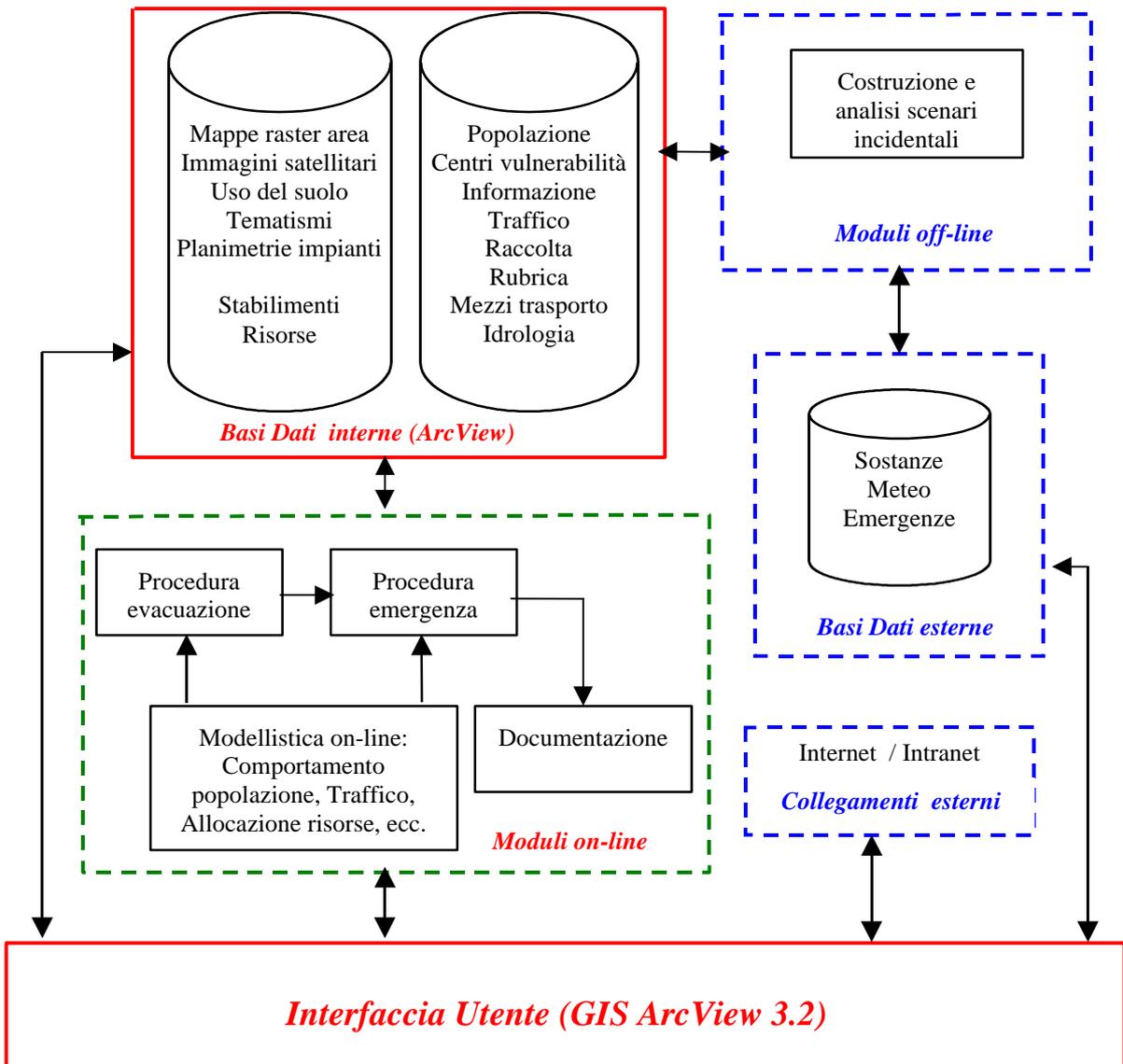


Figura 1. Schema semplificato dell'architettura di HARIA-GIS 1.3

Le **Basi di Dati Interne (BDI)**, alcune molto semplici, altre più complesse, sono le seguenti.

- **Stabilimenti**, contenente i dati sugli stabilimenti industriali, sugli impianti, sulle principali apparecchiature, sulle sostanze chimiche utilizzate, sugli incidenti ipotizzati nel rapporto di sicurezza o nel rapporto sul piano di emergenza esterna, possibili effetti domino, ecc. Da questo data base è possibile accedere direttamente alla BDI Rubrica e a basi di dati esterne sulle sostanze chimiche, installate sullo stesso disco fisso del sistema o disponibili su reti Intranet e Internet.
- **Risorse**, contenente la descrizione delle risorse dislocate sul territorio (interne ed esterne alle aziende) e utilizzabili nel corso di un'emergenza. Ogni risorsa fa riferimento a un responsabile; poiché una stessa persona può essere detentore di più risorse, i dati di tutti i detentori sono contenuti nella BD Rubrica.
- **Popolazione**, contenente la distribuzione spaziale della popolazione nell'area di interesse e la distribuzione della stessa all'istante dell'incidente ipotizzato.
- **Centri Vulnerabilità**, contenente le informazioni sui Centri di Vulnerabilità (CV), nei quali vi può essere una concentrazione sensibile di persone, quali ad esempio stadi, chiese, supermercati, scuole, ospedali, ecc..

- **Informazione Preventiva**, contenente la descrizione dell'informazione preventivamente fornita alla popolazione, delle modalità adottate per la diffusione della stessa e dell'area geografica considerata.
- **Informazione Emergenza**, contenente la descrizione dell'informazione fornita alla popolazione durante l'emergenza, delle modalità adottate per la diffusione della stessa e dell'area geografica considerata.
- **Traffico stradale**, contenente la descrizione della rete stradale e della distribuzione spaziale e temporale del traffico veicolare.
- **Traffico ferroviario**, per la descrizione della rete ferroviaria e della frequenza di transito dei treni; i depositi ferroviari possono essere considerati allo stesso modo degli stabilimenti se in essi stazionano vagoni ferroviari contenenti sostanze pericolose.
- **Punti Raccolta**, contiene i dati che caratterizzano, in caso di evacuazione, i diversi punti di raccolta della popolazione, sia distribuita sia concentrata nei CV.
- **Idrologia**, contiene alcuni dati sui corsi d'acqua, inclusa la frequenza di esondazione.
- **Rubrica**, contenente i dati di tutte le persone di riferimento per l'accesso alle risorse interne ed esterne, e che pertanto possono essere coinvolte per fronteggiare l'emergenza.
- **Mezzi Trasporto**, contiene i dati necessari per caratterizzare i mezzi di trasporto utilizzabili per l'evacuazione della popolazione.

Ciascuna BDI contiene gli attributi associati agli elementi grafici rappresentati nei corrispondenti tematismi; in altri termini esse contengono dati rappresentati con linee, poligoni o icone sulla cartografia dell'area di interesse.

Le **Basi di Dati Esterne (BDE)** possono essere installate e configurate direttamente dall'utente sul disco fisso del sistema. Nell'attuale versione sono disponibili le seguenti BDE:

- **Sostanze**, contenente i dati fisico-chimici e tossicologici delle sostanze chimiche pericolose [5]
- **Meteo**, contenente i dati meteorologici di interesse per il calcolo delle conseguenze di dispersioni di nubi tossiche/infiammabili.
- **Sistema Gestione Emergenza**, modulo sviluppato da DSS-Pisa e descritto in [6]

Altre BDE disponibili sulle sostanze pericolose sono ad esempio IUCLID del CCR Ispra (<http://ecb.ei.jrc.it/existing-chemicals/>) e SIGEM-SIMMA sviluppato dalla Tema.

## 2.2 La modellistica off-line e on-line

Analogamente alle basi di dati, anche i moduli di calcolo sviluppati nell'ambito del progetto possono essere suddivisi tra off-line e on-line.

I **modelli off-line** servono per alimentare le basi di dati prima della simulazione dell'emergenza e fanno parte del modulo **Scenari incidentali e conseguenze**, sviluppato da DIMNP in collaborazione con ISIS.

I **modelli on-line** sono invece utilizzati direttamente all'interno del ciclo di simulazione, sono alimentati dalle BDI e/o dall'utente ed i risultati sono generalmente rappresentati in forma grafica. Di seguito sono brevemente descritte le caratteristiche principali dei modelli on-line sviluppati da ISIS [4].

- **Distribuzione della popolazione all'istante dell'incidente.** La popolazione può essere sia distribuita sul territorio (in zone residenziali, agricole, industriali, sulla rete stradale, ecc.) sia concentrata nei Centri di Vulnerabilità. In HARIA-GIS il territorio è suddiviso in poligoni a densità costante all'interno dei quali la popolazione distribuita è suddivisa in categorie (residenti, lavoratori non residenti, residenti pendolari e turisti) e secondo l'età, la scolarità e l'autonomia di movimento. Fissata l'ora dell'incidente e il giorno (lavorativo/festivo) viene calcolata la distribuzione spaziale di ciascuna categoria di popolazione. Questi dati, insieme alla descrizione delle zone all'interno delle quali la popolazione riceve lo stesso tipo di informazione (preventiva e in emergenza), alimentano sia il modello comportamentale [7] sia il modello per il calcolo del numero di persone a rischio in funzione del tempo.
- **Traffico stradale.** Il modello di traffico è stato realizzato in versione semplificata per permettere di sviluppare e testare efficacemente il modulo di simulazione dell'emergenza, in attesa che sia completato da DIMNP il modulo software basato su un modello più preciso [8]. La formulazione del modello presenta pertanto un certo numero di ipotesi semplificative (es.: veicoli identici, assenza di sorpassi, assenza di perditempo).

Data la rappresentazione grafica della rete stradale in termini di archi (strade) e nodi (incroci, deviazioni), con indicazione della velocità massima ammessa per ogni arco, la presenza di semafori e diritti di precedenza, il modello fornisce, per ciascun arco:

- la densità media dei veicoli;
- la densità di punta dei veicoli;
- il rapporto tra densità di punta e densità massima ammissibile;
- il tempo di percorrenza.

Per l'uso in HARIA-GIS è anche prevista l'esecuzione off-line del modello per il calcolo della distribuzione media del traffico di giorno (ore di punta e non) e di notte e della memorizzazione dei risultati su file. Per la simulazione dell'emergenza, in funzione dell'istante dell'incidente, questi risultati rappresentano le condizioni iniziali per il modello di traffico.

Durante la simulazione il modello consente di calcolare l'evoluzione del traffico in funzione anche di eventuali interruzioni della viabilità (es. per blocco stradale, ingorgo, lavori in corso, ecc.) decisi dall'utente.

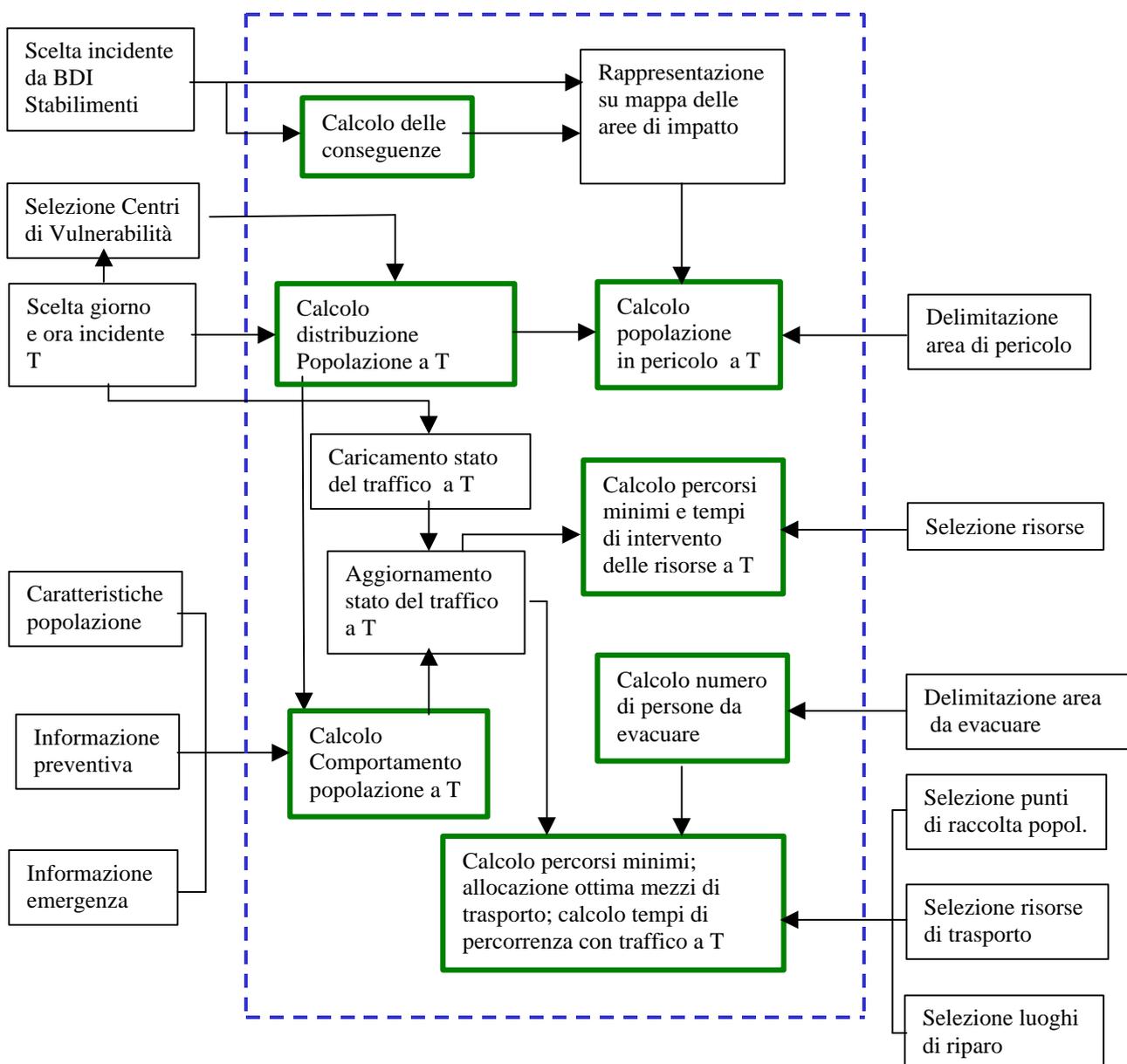
- **Percorso a costo minimo.** In fase di pianificazione dell'emergenza è importante essere in grado di calcolare i tempi medi di percorrenza fra due punti qualsiasi all'interno dell'area di interesse (es.: caserma pompieri - luogo dell'incidente; polizia - punto in cui deve essere bloccata la circolazione; risorse di trasporto - centro di vulnerabilità da evacuare; ecc.) tenendo conto delle variazioni nel traffico stradale. Il costo associabile a ciascuna tratta della rete stradale può essere di diverso tipo: distanza, tempo di percorrenza, tempo di esposizione a sostanze tossiche. Si potrebbe anche pensare in futuro a costi combinati, ad esempio scelta del percorso a minor tempo di percorrenza fra quelli a esposizione minima.
- **Allocazione ottima delle risorse di trasporto.** In caso di evacuazione della popolazione da una predefinita area geografica a rischio o da uno o più centri di vulnerabilità occorre individuare le risorse di trasporto necessarie, assegnare tali risorse ai diversi punti di raccolta e da questi ultimi alle aree di riparo, il tutto con l'obiettivo di massimizzare l'uso delle risorse stesse e minimizzare i tempi di presenza della popolazione nell'area a rischio. È questo il compito del modello di allocazione delle risorse, basato sugli efficienti algoritmi della Ricerca Operativa. Data la descrizione dei mezzi di trasporto e la loro posizione geografica (ipotizzata) all'istante dell'incidente, i punti di raccolta all'interno dell'area da evacuare e le aree di riparo, il modello fornisce, per ogni mezzo, il percorso che minimizza il costo prescelto.
- **Numero di persone a rischio.** Questo modello calcola, e rappresenta su grafico, il numero di persone  $N(t)$  presenti in una determinata area geografica in funzione del tempo a partire dal numero di persone  $N(0)$  all'istante dell'incidente.  $N(t)$  è calcolato in base ai seguenti contributi:
  - $N_a(t)$ , numero di persone che si allontanano dall'area utilizzando mezzi propri (fuga spontanea);
  - $N_b(t)$ , numero di persone che si allontanano utilizzando mezzi esterni (allontanamento guidato);
  - $N_c(t)$ , numero di persone che si trovano sulla rete stradale e vengono convogliate verso l'esterno dell'area a seguito dei posti di blocco definiti dall'utente.Infine, dal grafico di  $N(t)$  è possibile ottenere la durata dell'evacuazione totale o parziale in funzione dei mezzi disponibili.

I modelli on-line, il contenuto delle BDI e altre funzioni a disposizione dell'utente sono utilizzate nell'ambito delle procedure di simulazione dell'emergenza e di evacuazione della popolazione. Queste due procedure sono state implementate sotto forma di *Wizard* allo scopo di fornire all'utente una guida all'uso rapida ed efficace.

L'utilizzo delle procedure di simulazione richiede il preventivo caricamento della mappa georeferenziata dell'area (scala 1:25.000 o 1:10.000 in base alla disponibilità) e la costruzione dei tematismi per la descrizione degli aspetti territoriali di interesse utilizzando come sfondo la stessa mappa. Per quanto riguarda gli stabilimenti industriali occorre caricare le planimetrie (scala 1: 2000 – 1:500) ad un livello di dettaglio adeguato agli obiettivi della pianificazione. La descrizione dei tematismi grafici può essere eseguita molto rapidamente con il semplice uso del mouse. Infine, per tutti i tematismi, occorre procedere al caricamento nelle basi di dati associate. Questa fase preliminare richiede un'attività di censimento la cui complessità dipende dagli obiettivi dell'analisi, in quanto una pianificazione può essere eseguita a diversi livelli di dettaglio in funzione anche delle caratteristiche del territorio e degli stabilimenti industriali.

- La **procedura di pianificazione dell'emergenza** si articola in tre fasi principali:
  - Inizializzazione
  - Simulazione
  - Documentazione

Nella **fase di inizializzazione** l'utente definisce il valore di tutte le grandezze necessarie per la pianificazione dell'emergenza, come schematicamente descritto in figura 2, nella quale i blocchi esterni alla zona tratteggiata rappresentano i dati di input.



**Figura 2.** Schema flusso della fase di inizializzazione della procedura di simulazione

Inizialmente l'utente seleziona dalla BDI Stabilimenti l'incidente considerato significativo per la pianificazione (incidente più credibile, più grave, ecc.). Per la rappresentazione delle zone di danno sulla mappa dell'area sono a disposizione tre alternative. L'utente può rappresentare direttamente quelle memorizzate nella BDI Stabilimenti (estratte dal rapporto di sicurezza), oppure calcolate mediante il metodo

Speditivo proposto dalla Protezione Civile o, in futuro, calcolate mediante il modulo off-line di costruzione e analisi degli scenari sviluppato da DIMNP con la collaborazione di ISIS-Ispra. In quest'ultimo caso, se viene scelta l'opzione "scenario dinamico", ossia con modifica dei contorni delle aree di impatto in funzione del tempo, i risultati intermedi del modello devono essere memorizzati su file a intervalli di tempo  $\Delta t$  uguale all'intervallo di simulazione che si intende adottare.

Note le zone di impatto, l'utente può tracciare direttamente sullo schermo l'area di pericolo oggetto della pianificazione.

Con la definizione dell'istante dell'incidente (T) l'utente può selezionare i Centri di Vulnerabilità nei quali egli presume possa essere concentrata parte della popolazione (un centro può essere incluso o escluso in base alla presenza o assenza ipotizzata di persone), il sistema quindi calcola dapprima la distribuzione spaziale della popolazione e successivamente il numero di persone all'interno dell'area di pericolo e delle diverse zone di impatto.

La conoscenza dell'istante dell'incidente è necessaria anche per il caricamento da file dello stato del traffico (precalcolato).

Nel caso l'utente non desideri considerare il comportamento della popolazione, le informazioni finora fornite consentono di calcolare, dopo la selezione delle risorse utilizzabili, i percorsi a costo minimo ed i tempi di intervento delle risorse. In caso contrario, per tener conto del comportamento della popolazione occorre calcolare tale comportamento in funzione delle caratteristiche e della distribuzione spaziale della popolazione stessa, dell'informazione preventiva e di quella che presumibilmente si ritiene possa essere diffusa durante l'emergenza. Il risultato del modello comportamentale viene quindi utilizzato per aggiornare lo stato del traffico a T, ossia per tener conto della fuga spontanea e dei comportamenti random (L'esecuzione del modello comportamentale non genera risultati dipendenti dal tempo e quindi è stato inserito al di fuori del loop di simulazione).

Infine, se nella simulazione dell'emergenza si intende considerare anche l'evacuazione della popolazione (da una particolare zona o da uno o più centri di vulnerabilità), occorre eseguire le seguenti operazioni: delimitare l'area da evacuare (tracciatura sulla mappa di tale area); calcolare il numero di persone da evacuare; selezionare i punti di raccolta della popolazione, le risorse di trasporto e i luoghi di riparo (anche per queste risorse, come per i centri di vulnerabilità, è possibile attivarle in funzione del loro possibile utilizzo). Con questi dati il sistema esegue, in base allo stato del traffico all'istante dell'incidente T, il calcolo dei percorsi a costo minimo, i tempi di percorrenza e l'allocazione ottima delle risorse, con l'obiettivo di massimizzare l'utilizzo di queste ultime e minimizzare i tempi di permanenza della popolazione nell'area da evacuare.

Al termine della fase di inizializzazione l'utente può richiedere la stampa dei rapporti di configurazione e/o di inizializzazione i cui contenuti sono brevemente descritti nel paragrafo dedicato alla documentazione.

Nel **ciclo di simulazione** i modelli inizializzati nella precedente fase sono sincronizzati e messi in esecuzione all'inizio di ogni intervallo di simulazione  $\Delta t$  definibile dall'utente. La procedura di simulazione è schematizzata in figura 3.

Ad ogni step l'utente può decidere varie azioni, come ad esempio modificare la rete stradale (blocco strade, apertura nuove strade), richiedere l'intervento di risorse esterne (VVF, ambulanze, ecc.) o interne ad altri stabilimenti; richiedere l'evacuazione di uno o più centri di vulnerabilità o di zone abitate; continuare la simulazione modificando uno o più parametri, interromperla, ritornare ad uno step precedente, eccetera.

I modelli di traffico e di evacuazione forniscono i dati necessari per il calcolo, ad ogni step di simulazione, della variazione della distribuzione della popolazione nell'area a rischio. La visualizzazione di questi risultati in forma grafica consente di esaminare più attentamente l'evoluzione dell'emergenza e gli effetti delle azioni intraprese.

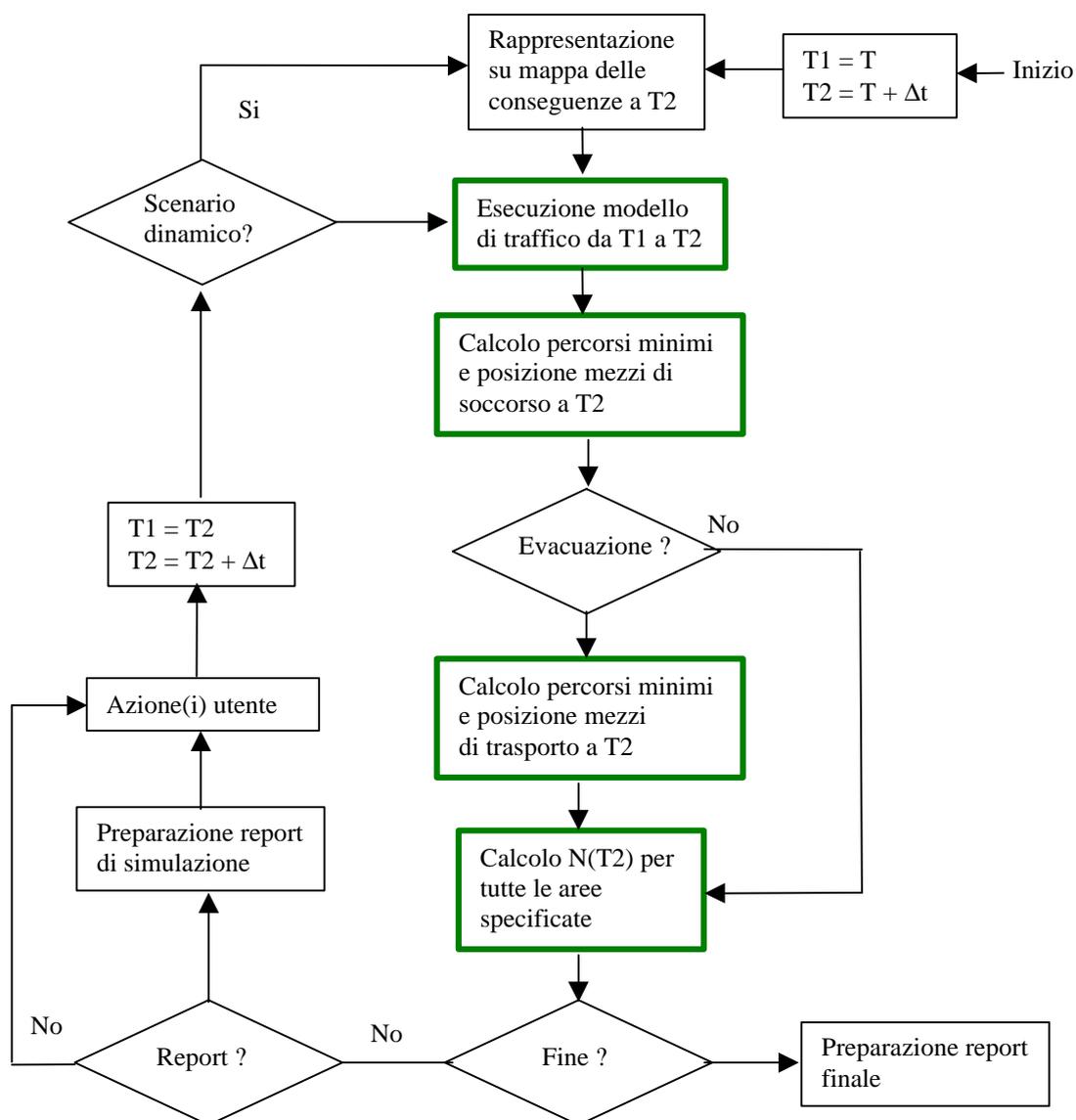
Se si considera anche l'evacuazione della popolazione il sistema esegue il calcolo e la visualizzazione su mappa della posizione dei mezzi di trasporto dall'origine ai punti di raccolta e da questi alle aree di riparo. Il tragitto ottimo di questi mezzi può essere ricalcolato, su richiesta dell'utente, per tener conto di eventuali blocchi stradali, ingorghi o forti rallentamenti della circolazione.

Al termine di ciascuno step di simulazione può essere richiesta dall'utente la stampa del rapporto di simulazione. Infine, al termine dell'intera procedura di simulazione può essere stampato il *rapporto finale*.

- La fase di **Documentazione** (solo abbozzata nella presente versione) prevede la generazione di quattro tipologie di report:
  - report di configurazione;
  - report inizio simulazione;
  - report step di simulazione;
  - report fine simulazione.

Il **Report di configurazione** può essere richiesto in qualsiasi momento dall'utente e conterrà informazioni grafiche e testuali relative alla configurazione dell'area presa in esame:

- la mappa dell'area con indicate le Industrie considerate, le aree di danno e di pericolo, l'ubicazione dei centri di vulnerabilità, delle risorse utili per l'emergenza e della distribuzione di popolazione;
- la rete stradale considerata;
- informazioni sulle industrie considerate, con evidenziato in particolare l'elenco delle sostanze pericolose lavorate e/o stoccate;
- l'elenco delle risorse;
- le caratteristiche dei centri di vulnerabilità.



**Figura 3.** Schema flusso della fase di simulazione dell'emergenza

Il **Report inizio simulazione** conterrà informazioni grafiche e testuali fornite dall'utente e generate dal sistema durante la fase di inizializzazione, con le si definisce completamente lo stato dell'area all'istante dell'incidente. Esse sono:

- la rete stradale considerata, con indicato graficamente (con appositi codici colore) il flusso presente sui vari tratti;
- la descrizione dell'incidente (data, ora, tipo, ecc.);
- nome, caratteristiche tossicologiche e materiali necessari per il pronto intervento in base alla sostanza coinvolta;
- le zone di impatto, l'area di pericolo e l'eventuale area da evacuare;
- l'elenco dei centri di vulnerabilità e il numero di persone nelle diverse aree;
- l'elenco delle risorse in ordine di rapidità di intervento e relativi percorsi consigliati;
- la descrizione del probabile comportamento della popolazione.

Per ogni step di simulazione, il corrispondente **report step** conterrà:

- gli interventi intrapresi dall'istante dell'incidente (es. chiusura di strade, uso di nuove risorse, ecc.);
- la mappa dell'area con evidenziati tutti i tematismi che sono stati modificati a seguito degli interventi dell'utente;
- il numero di persone coinvolte nell'incidente;
- il numero di persone presenti nei centri di vulnerabilità.

La preparazione del Report non è automatica ma dovrà essere espressamente richiesta dall'utente.

Il report **fine simulazione** conterrà:

- una rappresentazione grafica e/o tabellare delle diverse decisioni;
- dati statistici, quali numero di persone evacuate, tempo di evacuazione, numero veicoli in uscita dalle aree di danno e pericolo, tempi di intervento delle risorse.

Sarà considerata in futuro anche la possibilità di preparare in automatico un report secondo le linee guida della Protezione Civile. Infatti, molte frasi da inserire nel report sono facilmente codificabili ed un opportuno modulo interattivo può guidare l'utente alla compilazione dello stesso.

### 2.3 I collegamenti con l'esterno

HARIA-GIS consente all'utente di importare dati da siti Web di interesse. Alcuni esempi:

- Chemical Abstract Service (<http://www.cas.org>);
- Centro Europeo di documentazione sul rischio industriale (CDCIR) e banca dati incidenti MARS (<http://mahbsrv.jrc.it>);
- Environmental Protection Agency (<http://www.epa.gov>);
- Federal Emergency Management Agency (<http://www.fema.org>);

Qualsiasi sito Web è accessibile semplicemente inserendo nel sistema l'indirizzo corrispondente.

Come sviluppo futuro è già stata valutata la possibilità di creare automaticamente delle pagine WEB interattive rappresentanti l'area in esame, nonché i risultati di alcune simulazioni, per fornire informazioni di interesse al Pubblico. L'utente potrà preparare, con un apposito configuratore, le pagine WEB (allo scopo si vuole sottolineare che ARC-VIEW possiede l'estensione che lo rende adatto a gestire applicativi GIS in rete). In remoto si potrà interagire soltanto in lettura, salvaguardando così l'integrità dei dati inseriti.

### 2.4 L'interfaccia utente

L'interfaccia del sistema si presenta come in figura 4 e contiene la lista dei menù, i pulsanti per i comandi più frequenti e il menù verticale dei tematismi che possono essere visualizzati nella View principale. Ai comandi propri di ArcView per la gestione di mappe e tematismi vettoriali in diversi formati, si aggiungono quelli di HARIA-GIS per la gestione delle BDI, l'esecuzione di tutti i modelli ed i collegamenti con l'esterno. Nella stessa figura è possibile notare la form con i dati identificativi dello stabilimento e l'asse dei tempi (in alto a destra) usato per la simulazione dell'emergenza.

Il sistema utilizza anche ACDSsee e Word per la visualizzazione rispettivamente di immagini e testi. Entrambi questi prodotti sono disponibili senza costi aggiuntivi. L'utente può in ogni istante sostituire questi prodotti con altri di suo gradimento semplicemente editando il file di inizializzazione.

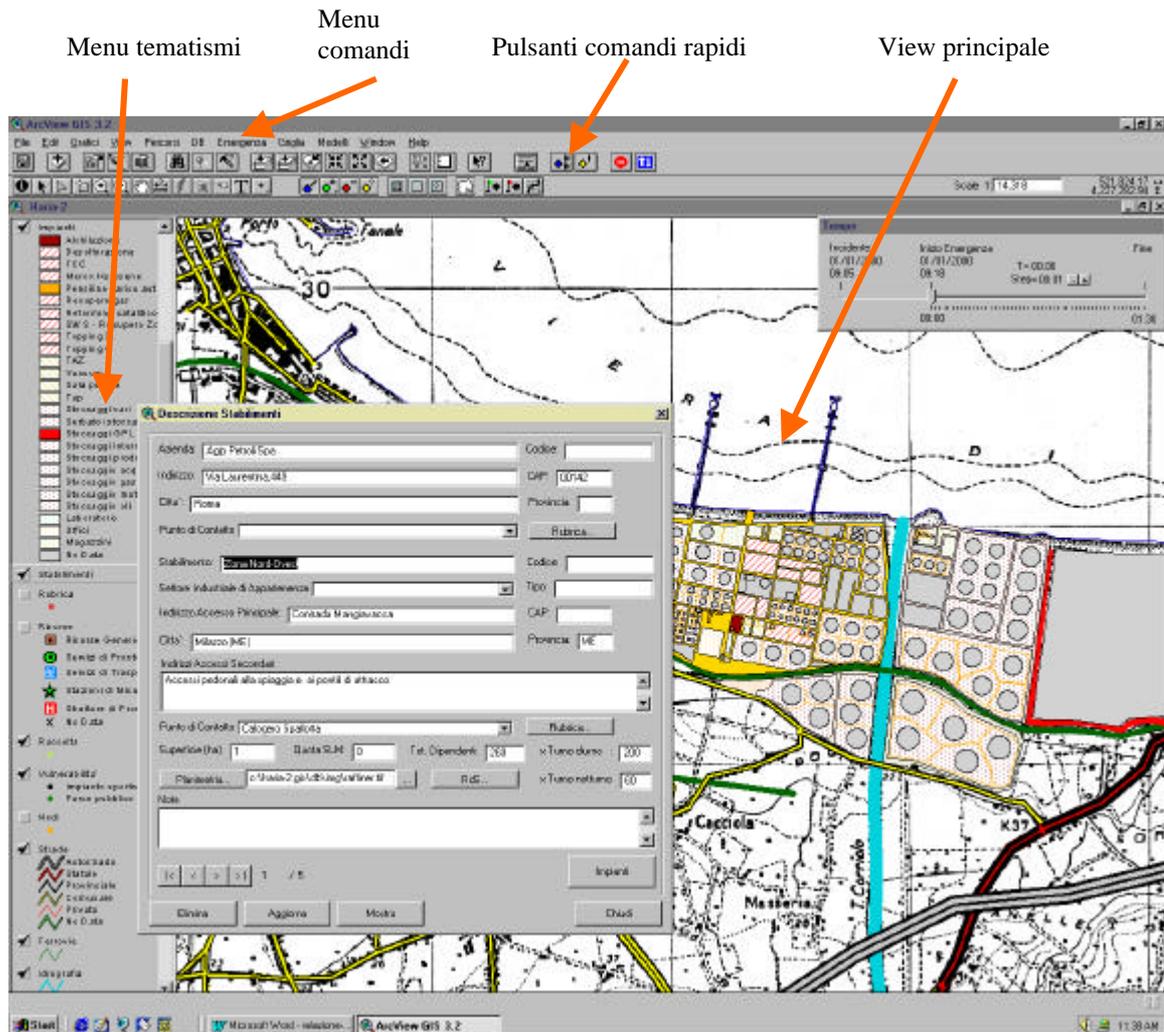


Figura 4. Esempio di schermata di HARIA-GIS 1.3 con evidenziati i principali elementi dell'interfaccia utente

### 3. CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

La presente versione 1.3 di HARIA-GIS è stata testata a fondo seguendo fedelmente un programma di test prestabilito. Ogni comando è stato provato separatamente su dati definiti ad hoc. Ogni modello è stato testato su un insieme abbastanza ricco di configurazioni di dati di input. L'intero sistema è stato infine collaudato, limitatamente alle funzioni sviluppate, con la simulazione di alcune ipotetiche situazioni di emergenza. Quest'ultima fase di test ha consentito di individuare le attività necessarie per il completamento del prototipo. Tali attività sono di seguito suddivise fra modellistica, software, raccolta dati e valutazione finale del sistema.

**Modellistica.** Rimozione di alcune ipotesi semplificative dai modelli di traffico ed evacuazione. Per il completamento del sistema potrebbe essere molto interessante considerare anche un modello di evacuazione da edifici.

**Sviluppo software.** Modifiche al sistema a seguito delle modifiche alla modellistica; completamento del modulo di documentazione; integrazione dei moduli Scenari, Comportamento-popolazione, Organizzazione-soccorsi) e realizzazione di pagine WEB per l'informazione al Pubblico.

**Raccolta dati per la validazione della metodologia.** La verifica della metodologia HARIA-2 e del prototipo HARIA-GIS richiede la descrizione completa di un'area geografica nella quale sia localizzata (almeno) un'industria a rischio rilevante. Uno dei siti scelti è l'area di Milazzo (Messina) nella quale è situata un'importante raffineria. Le ragioni di questa scelta sono molteplici:

- l'insieme di dati sul sito già disponibili presso gli istituti ISIS e SAI (Space Applications Institute) del CCR e raccolti in passato nell'ambito di altri progetti;

- il prezioso supporto del Prof. Maschio dell'Università di Messina, che ha fornito altre informazioni sul sito e sulle industrie in esso ubicate;
- la sensibilità mostrata dal Prefetto di Messina, Dr. Marino, alle problematiche relative al rischio chimico e l'autorizzazione concessaci per l'uso del documento sul piano provvisorio di emergenza esterna della raffineria;
- la collaborazione ricevuta dal Dott. Clini del Ministero dell'Ambiente con l'autorizzazione alla consultazione del rapporto di sicurezza della raffineria di Milazzo.

Per l'area di Milazzo è stata raccolta la cartografia IGM (1:25.000), le mappe del Piano Regolatore di Milazzo (1:5.000) e la planimetria della raffineria (1:500). Un'immagine satellitare SPOT (1:25.000) è stata utilizzata per aggiornare rapidamente la cartografia.

Successivamente sono stati costruiti i tematismi relativi a: rete stradale, rete ferroviaria, idrografia, centri di vulnerabilità, risorse, stabilimenti industriali e, limitatamente alla raffineria, impianti e componenti principali.

La descrizione completa dell'area di Milazzo richiede tuttavia la raccolta di altre informazioni, alcune facilmente reperibili presso le Autorità locali (distribuzione della popolazione, centri di vulnerabilità, punti di contatto per l'utilizzo delle risorse), altre, molto più complesse (distribuzione del traffico, spostamenti medi della popolazione), richiedono necessariamente un censimento in loco.

La **validazione finale**, che sarà svolta con la collaborazione della Prefettura di Messina e del Dipartimento di Ingegneria Chimica della locale Università, consentirà di valutare la metodologia e il software prototipo in modo completo, e quindi di ottenere utili indicazioni sull'effettivo ruolo che HARIA-GIS potrà rivestire in fase di pianificazione delle emergenze.

#### **4. RINGRAZIAMENTI**

Gli autori desiderano ringraziare il Gruppo Nazionale di Ricerca per la Difesa dai Rischi Chimici Industriali ed Ecologici (GNDRICIE) del CNR per il contributo finanziario concesso, e il Prof. M. Mazzini e l'Ing. G. Volta per l'attività di coordinamento e gestione del progetto. Un doveroso ringraziamento al Dr. Marino, al Dr. Clini e al Prof. Maschio per l'interesse mostrato e la preziosa collaborazione fornita.

#### **5. BIBLIOGRAFIA**

- [1] S. Contini. Stato dell'arte sui sistemi di supporto per la pianificazione e gestione delle emergenze, Convegno Nazionale VGR'98, Pisa, 1998.
- [2] B. De Marchi, Review of Chemical Emergencies Management in the EU Member States, EUR 16421 EN, JRC, Ispra, 1996.
- [3] M. Mazzini, G. Volta. Una metodologia per l'analisi e la gestione di emergenze tecnologiche: il sistema applicativo HARIA-2. Convegno Nazionale VGR'98, Pisa, 1998.
- [4] S. Contini, G. Giardina, F. Bellezza, M. Binda. Descrizione di HARIA-GIS 1.3, un software prototipo per la pianificazione delle emergenze tecnologiche, CCR Ispra, TN I.00.69, Maggio 2000
- [5] M. Barlettani, S. Gabrielli, M. Mazzini. Realizzazione ed implementazione del database Sostanze nel pacchetto Haria-2, Rapporto NT TH 208(98).
- [6] G. Sica, S. Demarchi. Verso una preparazione professionale integrabile del disaster Manager per e con HARIA-2, Convegno Nazionale VGR 2000, Pisa, 2000.
- [7] L. Pellizzoni, D. Ungaro. Haria 2, una metodologia per l'analisi e la gestione di emergenze tecnologiche. Terza fase. Rapporto finale DSU – ISIG, Trieste, 2000.
- [8] M. Mazzini, M. Barlettani, M. Scarselli. HARIA-2: una metodologia per la pianificazione e l'analisi di emergenze tecnologiche – sviluppo di un modello matematico per la simulazione del piano di evacuazione, Convegno Nazionale VGR 2000, Pisa, 2000.