

## **PROGETTAZIONE E IMPLEMENTAZIONE DI UN SISTEMA INFORMATIVO DI SUPPORTO ALLE ATTIVITÀ DI GESTIONE DELLE EMERGENZE A SEGUITO DI EVENTI DI TIPO NON PREVEDIBILI**

Maria IOANNILLI (\*), Simone MELEO (\*\*), Francesco MARTOCCHIA (\*\*),  
Alessandro PAREGIANI (\*\*)

Università di Roma Tor Vergata, Dipartimento Ingegneria Civile, Via del Politecnico, 1  
(\* ) 0672597086, ioannill@ing.uniroma2.it  
(\*\* ) 0672597296, info.intime.srl@gmail.com

### **Abstract**

Le tematiche relative alle emergenze scaturite da eventi non prevedibili costituiscono uno degli aspetti più critici nella gestione e organizzazione degli interventi da parte delle Autorità Preposte, a causa dell'impossibilità di potersi riferire ad un Modello di Intervento predefinito.

Gli eventi non prevedibili sono quelli per cui siano noti i fattori causali ma tali fattori non siano sottoponibili ad analisi e simulazione. L'evento è quindi determinabile in senso generale ma non in termini di probabilità (tempo) e localizzazione (spazio) di accadimento. Ciò impedisce, nell'approccio corrente, di formulare qualsiasi ipotesi di previsione, prevenzione e di redigere un Piano di Emergenza.

Il lavoro presenta un Sistema Informativo Territoriale progettato ed implementato per fornire, in tempo reale, tutte le informazioni necessarie alla modellazione dello scenario incidentale scaturito da un evento non prevedibile e l'ottimizzazione nella gestione dell'emergenza che ne deriva. Il sistema è stato implementato in ambiente ARCGis.

### **Abstract**

Emergencies arising from unpredictable events constitute one of the most critical aspects in the management and organisation of interventions by the Authorities due to an inability to refer to an existing Intervention Model. The unpredictable events are those for which are known causal factors but these factors are not analysable and predictable. Therefore, the event is determined in a general sense but not in terms of probability (time) and location (space) of occurrence.

This work presents a Spatial Information System developed with the aim to provide all real-time information necessary for modeling incidental scenarios arising from unpredictable events and optimising the management of the connected emergency.

The System has been developed in ARCGis Environment.

### **Introduzione**

La **pianificazione di emergenza** rappresenta, oggi, il modo più evoluto di gestione degli eventi calamitosi che si manifestano sul territorio. Essa si basa su una pianificazione concertata in tempo di pace per poter disporre, nel momento in cui si verifichi un evento rilevante, di un progetto di tutte le attività coordinate e di tutte le procedure che dovranno essere adottate per fronteggiare tale evento, in modo da garantire l'effettivo ed immediato impiego delle risorse necessarie al superamento dell'emergenza ed il ritorno alle normali condizioni di vita.

Di fondamentale e prioritaria importanza nell'ambito della pianificazione è la fase di **previsione** della quale fanno parte tutte quelle attività dirette allo studio delle cause dei fenomeni calamitosi,

alla determinazione della probabilità che un determinato evento si manifesti con una data intensità, alla identificazione degli elementi vulnerabili presenti nel territorio in esame ed alla individuazione degli scenari di rischio. Non tutti gli eventi calamitosi possono però essere sottoposti ad analisi preventiva; i cosiddetti eventi non prevedibili, infatti, sfuggono all'approccio canonico della previsione e prevenzione, non potendosi per essi determinare e sottoporre ad analisi i fattori causali. Tuttavia tali eventi non possono essere ignorati e, in una logica di analisi preventiva, occorre pensare per essi a nuovi metodi di analisi in grado di:

- fornire, ove possibile, indicazione di maggiore o minore potenziale probabilità di accadimento; è questo il caso di incidenti rilevanti legati al trasporto di sostanze pericolose i quali potrebbero essere qualificati, in termini di probabilità di accadimento, in funzione dei livelli di incidentalità delle strade;
- produrre quadri informativi, in relazione ad un accadimento, in grado di delineare la più coerente risposta in termini di gestione dell'evento.

Su questa ultima tematica l'Università di Roma "Tor Vergata" è da tempo impegnata in una attività di ricerca applicata che ha portato al disegno ed alla sperimentazione di alcuni tools, basati su strumenti di analisi geografica, di supporto alla gestione di eventi non prevedibili.

### **Oggetto**

La tematica affrontata in questo documento concerne le problematiche relative alla pianificazione dell'intervento in emergenza nel caso di incidenti legati al trasporto di sostanze pericolose.

Tale evento è tipicamente di tipo non prevedibile e l'intervento in emergenza presenta diversi elementi di criticità sia dal punto di vista dell'intervento in quanto tale, sia da quello della gestione del contesto all'interno del quale l'evento si verifica (ad esempio gestione dei flussi di mobilità).

Per quanto attiene la pianificazione dell'intervento, la maggiore criticità si manifesta in relazione alla non conoscenza, da parte dei Vigili del Fuoco (soggetti operativi), delle condizioni locali nelle quali si dovrà operare. In particolare sfugge alla conoscenza la presenza e la caratterizzazione degli elementi vulnerabili potenzialmente coinvolti (popolazione, strutture sensibili etc.), così come la presenza di fattori di potenziale amplificazione dell'evento (ad esempio, nel caso di incidenti che coinvolgano sostanze infiammabili, presenza corpi boscati o installazioni "pericolose" come distributori di carburante, industrie etc.).

In relazione alla gestione del contesto, invece, sembra essere particolarmente critica la possibilità di pervenire in tempi rapidi ad una riorganizzazione dei flussi di traffico coinvolti nell'area incidentata. Il corpo dei Vigili del Fuoco dispone, allo stato attuale, di uno strumento di supporto alla gestione dell'intervento, denominato SIGEM SIMMA. All'interno di tale strumento è contenuto un rilevante database contenente tutte le sostanze pericolose, annoverate dalla legge 334/99, con le relative caratteristiche fisico-chimiche, nonché gli algoritmi per la determinazione delle dimensioni degli areali di danno relativi a ciascuna sostanza in relazione a diverse classi di incidenti. Esso è pertanto in grado di produrre delle modellazioni di scenari derivanti da incidenti da trasporto di merci pericolose, con il limite però che tali scenari sono descritti solo in termini alfanumerici e quindi totalmente decontestualizzati rispetto all'ambito di accadimento dell'evento.

Allo scopo di risolvere i problemi precedenti è stato progettato ed implementato un Sistema che, utilizzando le risorse di calcolo messa a disposizione dal SIGEM:

- traspone in geografia i risultati delle modellazioni teoriche relative agli areali di danno;
- analizza le interazioni spaziali tra areali di danno e contesto geografico coinvolto fornendo una sintesi relativa sia agli elementi vulnerabili coinvolti nello scenario di intervento che alla presenza di eventuali fattori di amplificazione del rischio;
- produce in maniera automatica una pianificazione dell'uso della rete viabilistica identificando, in particolare, i punti di chiusura degli accessi alla rete stradale coinvolta nell'evento, gli archi di ridirezionamento dei flussi, la localizzazione di eventuali pannelli informativi.

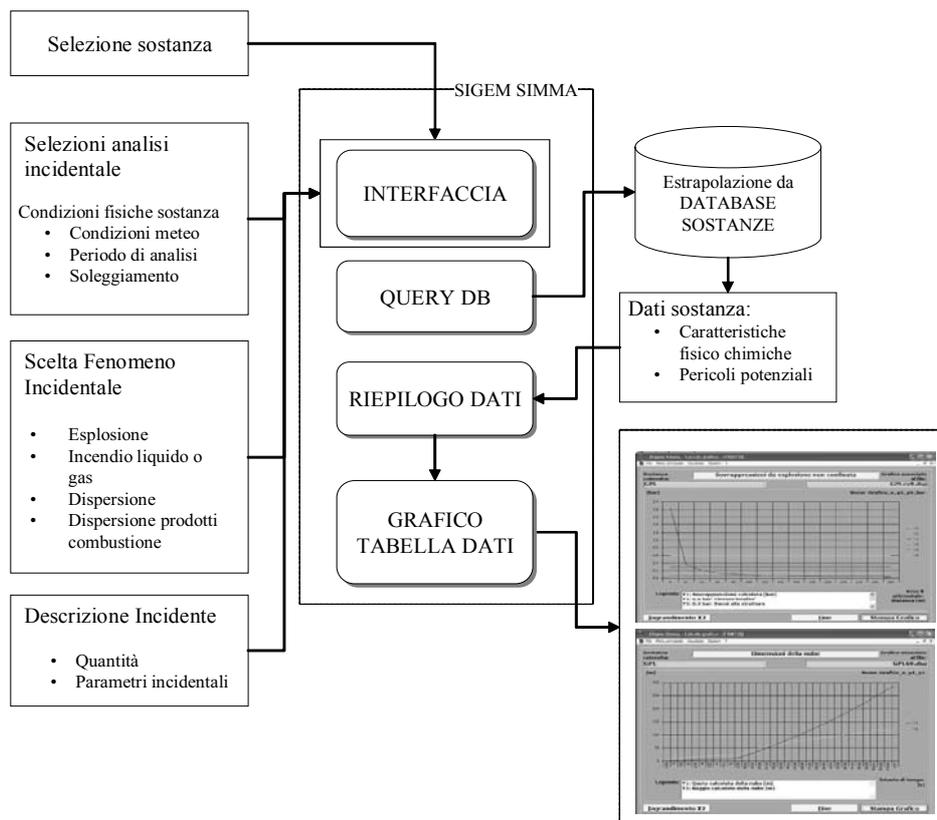


Figura 1 - Flusso operativo ed outputs del SIGEM SIMMA

## Il Sistema

Il Sistema si basa sull'utilizzo degli algoritmi implementati dal SIGEM per l'elaborazione degli areali di danno relativi a ciascuna sostanza pericolosa. Essa nei fatti realizza una emulazione di questo strumento, all'interno di una architettura operativa più complessa rispetto a quella del SIGEM stesso.

L'intero Sistema si appoggia ad un Geodatabase, nel quale sono inserite:

- le tabelle descrittive di tutte le sostanze prese in considerazione, con le relative caratteristiche fisico-chimiche;
- le tabelle che descrivono le geometrie di tutti i possibili scenari sviluppabili per ciascuna sostanza;
- le tabelle in cui sono descritte le variabili utilizzabili per costruire lo scenario meteorologico relativo all'evento;
- i dati geografici relativi alla rete di trasporto;
- i dati geografici relativi agli elementi vulnerabili presenti sul territorio e agli elementi di potenziale amplificazione degli eventi.

Il Sistema è articolato in una serie di tools, il primo dei quali assicura la possibilità di georiferire la localizzazione dell'evento a seguito del ricevimento di una segnalazione. Con questo primo tool viene anche effettuato il collegamento, attraverso la scrittura di codice in linguaggio VB, con il Geodatabase da cui poi verranno acquisite tutte le informazioni necessarie per l'elaborazione degli areali di danno. Dopo aver confermato le coordinate ottenute, l'applicazione provvede a fornire una maschera per interrogare il Geodatabase, nella quale l'utente deve inserire: la data, la sostanza coinvolta, le quantità relative e i dati meteo conosciuti riguardo all'evento incidentale.

A chiusura di questa fase di *input*, il Sistema invoca automaticamente un secondo tool mediante il quale è pronta per costruire gli areali di danno attesi per l'evento in input.

Gli algoritmi presenti nel SIGEM sono stati riformulati in ambiente ARCGis (sviluppati in linguaggio Visual Basic) in modo da garantire una maggiore adattabilità alle esigenze del Sistema ed un maggior numero di alternative per lo sviluppo di areali; essi costituiscono quindi parte integrante del Sistema.

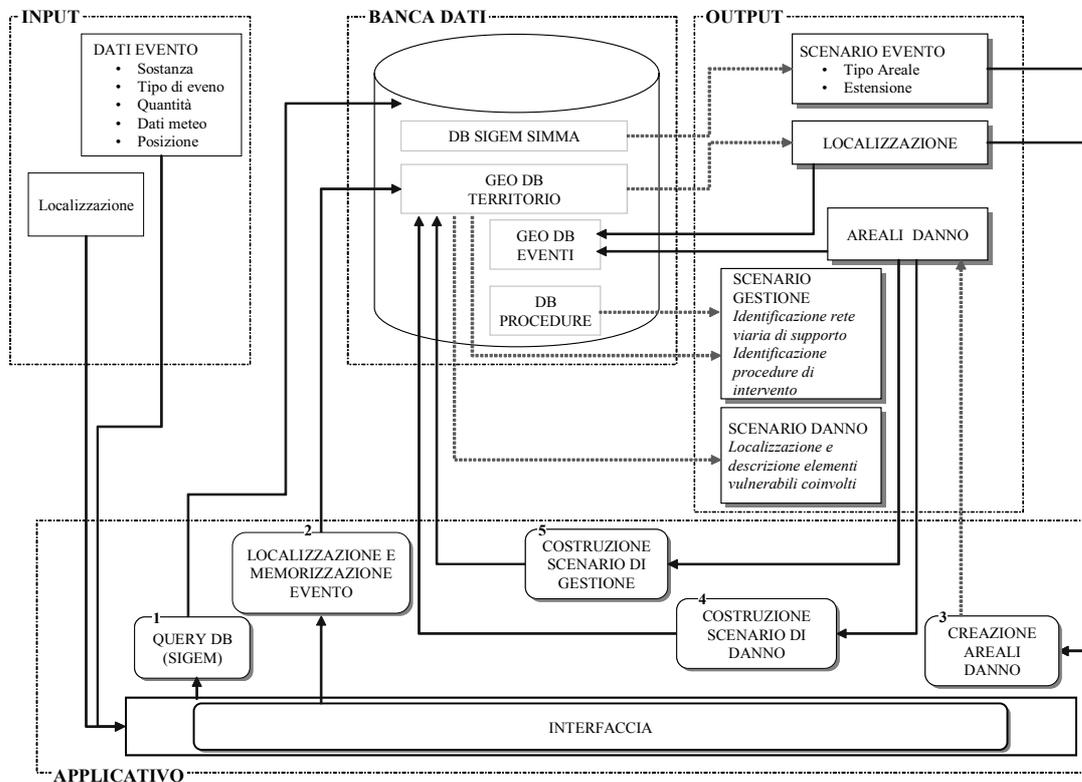


Figura 2 - Flusso operativo dell'Applicazione

Il numero e il tipo di areali che vengono creati dipende dal tipo di sostanza coinvolta e dal tipo di scenario sviluppato. A prescindere da questo, la zona interessata dall'emergenza viene comunque suddivisa in tre fasce :

- Zona 1, di sicuro impatto;
- Zona 2, di danno;
- Zona 3, di attenzione.

Per ciascun areale di danno viene quindi eseguita una analisi degli elementi vulnerabili contenuti all'interno dello stesso, secondo un criterio di pericolosità crescente. Viene quindi tracciato il primo areale corrispondente alla Zona 3, quella di attenzione, e vengono individuati tutti gli elementi vulnerabili presenti all'interno della zona, selezionati ed evidenziati nelle tabelle di appartenenza. Terminata questa operazione, il Sistema passa automaticamente alla creazione dell'areale successivo, concentrico rispetto al precedente, e all'analisi delle vulnerabilità che questo individua al suo interno. Gli elementi colpiti che ricadono in più di un areale verranno associati a quello col raggio inferiore, relativo quindi alla pericolosità maggiore.

Tutti gli elementi coinvolti vengono selezionati ed evidenziati all'interno delle rispettive tabelle di appartenenza, e vengono associati all'evento in analisi ed all'areale di appartenenza attraverso due codici specifici, che sono quindi trascritti automaticamente nella tabella di storicizzazione degli eventi ("Tabella Eventi Progressi") con funzione di archivio degli eventi incidentali e degli elementi vulnerabili coinvolti.

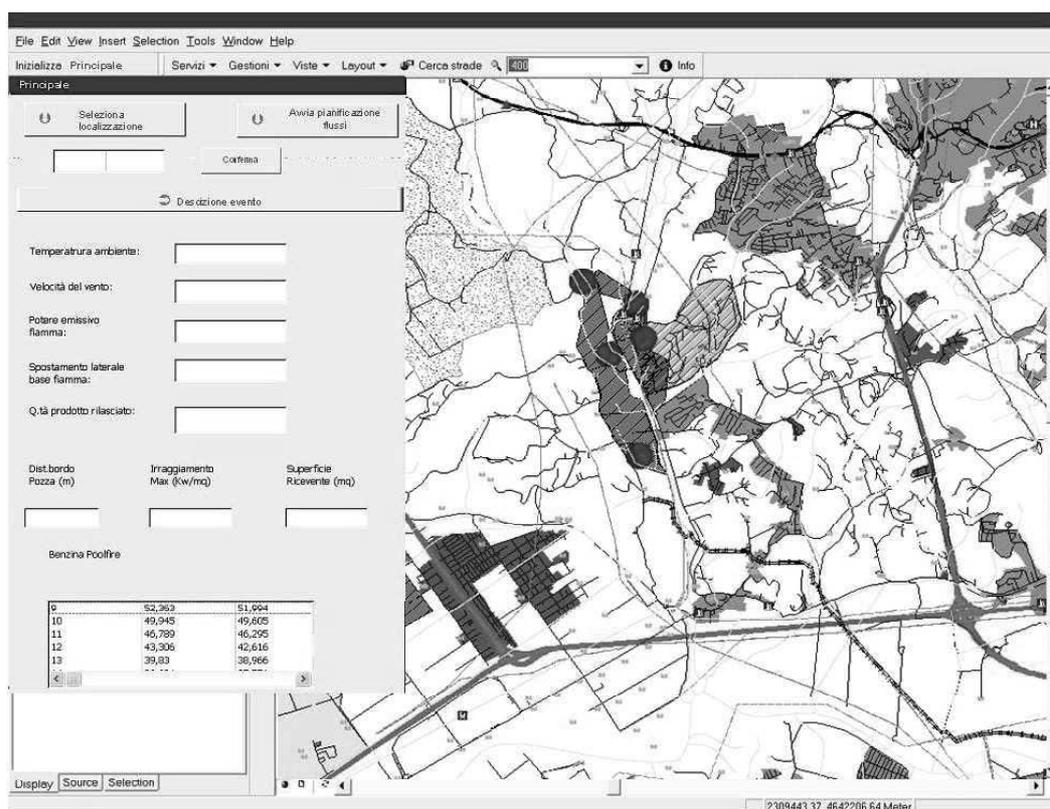
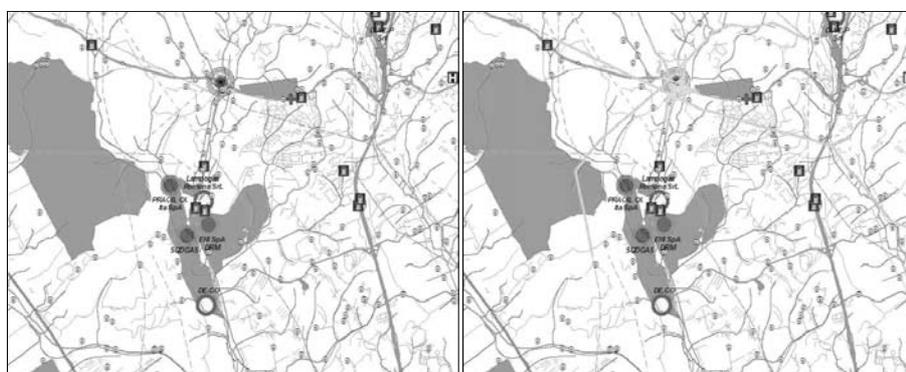


Figura 3 - *Interfaccia grafica*



ID_EVENTO	EFFETTO	SHAPEFILE	TIPOLOGIA	NOME
1	Danni reversibili	Polyline	Estrodotto	
1	Danni reversibili	Polyline	Estrodotto	
1	Danni reversibili	Polyline	Estrodotto	
1	Contatto diretto	Polyline	Idrografia	
1	Danni reversibili	Polyline	Idrografia	Fosso Galena
1	Danni reversibili	Polyline	Idrografia	
1	Danni reversibili	Polyline	Idrografia	
1	Inizio letalità	Polyline	Idrografia	Canalotto di Malagrotta
1	Contatto diretto	Polyline	Idrografia	
1	Danni reversibili	Polyline	Idrografia	
1	Danni reversibili	Polyline	Rete Stradale	Via Aurelia
1	Danni reversibili	Polyline	Rete Stradale	Via Aurelia
1	Danni reversibili	Polyline	Rete Stradale	Via Aurelia
1	Danni reversibili	Polyline	Rete Stradale	Via Aurelia
1	Danni reversibili	Polyline	Rete Stradale	Via Aurelia
1	Danni reversibili	Polyline	Rete Stradale	Via Aurelia
1	Danni reversibili	Polyline	Rete Stradale	Via di Casal Selva
1	Inizio letalità	Polyline	Rete Stradale	Via di Ulagrotta
1	Danni reversibili	Polyline	Rete Stradale	Via Aurelia
1	Inizio letalità	Polyline	Rete Stradale	Via di Ulagrotta
1	Elavato letalità	Polyline	Rete Stradale	Via Aurelia
1	Inizio letalità	Polyline	Rete Stradale	Via della Muratella Mezzano
1	Inizio letalità	Polyline	Rete Stradale	Via della Muratella Mezzano
1	Danni reversibili	Polyline	Rete Stradale	Complesso di Malagrotta
1	Inizio letalità	Puntuali	Bani Culturali	Complesso di Malagrotta

Figura 4 - *Output dell'applicazione*

Una volta che si sia conclusa questa fase di analisi è possibile avviare il tool relativo alla gestione della viabilità; esso permette di simulare come il traffico debba essere redistribuito sulla rete stradale in seguito all'interruzione di uno o più archi della rete stessa conseguente ad un evento incidentale.

Il modello di pianificazione implementato effettua i calcoli tenendo conto unicamente delle classi funzionali degli archi della rete, ed a prescindere dai dati relativi ai reali flussi di traffico, nella ipotesi che un flusso che percorre un arco di data classe funzionale possa essere reindirizzato solo su archi stradali di classe pari o superiore.

Per l'implementazione del modello sono necessari, infatti, due soli input:

- La rete stradale, rappresentata nel Sistema dal grafo Multinet di Tele Atlas, in cui la classificazione delle otto categorie di classi stradali considerate si basa sull'importanza funzionale delle stesse: ad ogni arco è attribuito un valore numerico crescente (**FUNCRDCL**) che ne specifica le caratteristiche.

- L'area interessata dall'evento (identificata dalla massima estensione dell'areale di danno atteso). Interrompendo uno o più archi stradali, il flusso di autoveicoli che li percorreva si deve riversare sugli archi connessi di classe pari o superiore agli archi coinvolti; tali archi devono inoltre permettere il superamento dell'area coinvolta nell'evento senza permetterne l'attraversamento.

Il modello, basandosi su questa considerazione, individua un network alternativo di classe pari o superiore agli archi stradali interessati dall'evento. In questo modo, informando adeguatamente gli automobilisti è possibile reindirizzare il traffico lungo percorsi alternativi in modo da evitare congestioni di traffico e limitare i disagi per gli utenti della rete stradale.

Il modello fornisce in output le seguenti informazioni:

- Archi Coinvolti: Si tratta di tutte le strade che secondo la configurazione dell'evento sono interessate dall'evento non prevedibile;
- Area di Allerta: Intesa come area che indirettamente è interessata dall'evento preso in considerazione (area interessata dalla modifica dei flussi di traffico);
- Interdizione al traffico totale: Archi stradali sui quali apporre il divieto di accesso per impedire a qualsiasi mezzo non autorizzato il transito;
- Interdizione al traffico parziale: Archi stradali sui quali apporre il divieto di accesso ai non residenti;
- Segnaletica informativa: Archi stradali sui quali posizionare la segnaletica informativa rivolta agli utenti per illustrare loro quali siano le deviazioni che l'evento ha reso necessarie.

Terminata la fase di analisi territoriale, è possibile per l'utente elaborare un report riassuntivo in formato word in cui vengono elencati in maniera sintetica :

- La natura e l'entità dell'emergenza specificando sostanza coinvolta e tipologia dell'areale sviluppato;
- Pericoli derivati da eventuali effetti domino e interazioni con vulnerabili;
- Elementi vulnerabili colpiti;
- Archi stradali non praticabili e quelli da interrompere.

### **Considerazioni conclusive**

Il Sistema è stato progettato per essere inserito all'interno della sala operativa dei Vigili del Fuoco, dando la possibilità:

- all'operatore, una volta individuata l'emergenza, di valutarne l'entità, di individuarne il contesto, i possibili sviluppi e organizzare un intervento adeguato;
- al decisore, di valutare eventuali effetti domino, interazioni con elementi vulnerabili, interruzione di archi stradali, interessamento di corsi fluviali o falde acquifere in modo da fornire una visione del contesto più approfondita e ampia e poter valutare eventuali sviluppi dell'emergenza.

La disponibilità di tale Sistema anche a bordo dei vettori utilizzati per l'intervento, darebbe inoltre la possibilità alla squadra operativa di valutare immediatamente l'entità dell'emergenza ed eventuali sviluppi, individuare preventivamente la zona interessata dall'evento per organizzare un evento adeguato.

La modalità di archiviazione dei dati, infine, costituisce la base per la creazione di uno storico (anche territoriale) degli eventi fino ad oggi non disponibile.

Si stanno infine progettando, per il Sistema, i seguenti sviluppi:

- Interazione degli areali di danno con l'orografia del territorio;
- Integrazione del sistema di ricerca della unità di intervento più vicina con il sistema di gestione dinamica dei mezzi di soccorso;

Il core del Sistema è ovviamente utilizzabile, opportunamente integrato dal punto di vista di eventuali esigenze informative specifiche, anche nel caso di incidenti non prevedibili in area urbana (crolli, incendi etc.).