

# **Rischio idrogeologico: applicazione di ArcView™ GIS per la pianificazione territoriale**

Paola ALLEGRA, Filomena CRISTALDI, Giorgio LOLLINO, Guido NIGRELLI

CNR – IRPI Sezione di Torino. Strada delle Cacce, 73 – 10135 TORINO, tel: 0113977411, fax: 011343574,  
e-mail: g.lollino@irpi.to.cnr.it

## **Riassunto**

Il presente lavoro descrive una nuova metodologia per la gestione integrata di informazioni riguardanti eventi, fenomeni e danni causati da attività fluviale, torrentizia e dinamica di versante, ai fini di una pianificazione territoriale in funzione del rischio idrogeologico, mediante l'utilizzo del software *ArcView™ GIS*.

Le informazioni provenienti dallo studio retrospettivo dei casi rilevati, con particolare riferimento alla tipologia del fenomeno, alle opere danneggiate ed agli interventi previsti e/o realizzati per la difesa del territorio e la salvaguardia delle infrastrutture, vengono inserite in un sistema informativo geografico integrato da un'estensione aggiuntiva appositamente realizzata, costituita da un *database* dinamico associato ad una scheda informatizzata.

I dati inseriti in tal modo possono essere successivamente analizzati, interrogati ed interconnessi con i temi e gli elementi di base direttamente importati nel GIS anche tramite *query* pre-impostate, generando così nuova informazione.

Il prodotto sviluppato, oltre ad offrire un utilizzo come applicativo *desktop*, è stato concepito e strutturato anche per essere divulgato e consultato su rete internet/intranet (*webGIS*), ciò al fine di fornire un valido supporto tecnico agli enti preposti al governo del territorio, nonché utili indicazioni ai progettisti degli interventi di difesa per la prevenzione e la mitigazione del rischio idraulico e geologico.

## **Abstract**

The paper describes a new methodology for the integrated management of information relating to events, phenomena and damages caused by river and torrent activity and by slope dynamics. The methodology is aimed to allow, with the aid of the software *ArcView™ GIS*, a land-use planning as a function of hydrogeological hazard.

Data achieved through back analysis of documented instability events, referring in particular to process type, damages occurred and defending works planned and/or realized to protect the territory and the infrastructures, are put into a geographic information system. The GIS is integrated by a purpose-made additional extension, consisting in a dynamic database associated to an informatic card.

Data recorded in this way can be subsequently analysed, queried and interconnected, jointly with the themes directly imported into the GIS, also by mean of suitable query, so generating new information.

The developed product can be simply used as desktop application, but it has been conceived and structured also to be used by mean of internet/intranet systems (*webGIS*). The aim was to give an effective technical support to the institutions charged with land management and to give useful indications to designers of defensive works oriented to prevent and mitigate hydraulic and geological risks.

## 1. Introduzione.

Nell'ambito delle tematiche inerenti la pianificazione territoriale viene rivolta sempre maggior attenzione ai problemi derivanti dai dissesti idrogeologici ed, in particolar modo, verso quegli aspetti strettamente legati alla messa in sicurezza delle infrastrutture antropiche. In questi casi è ormai consuetudine avvalersi dei cosiddetti GIS. Mediante questo approccio è possibile creare veri e propri Sistemi Informativi Territoriali in grado di gestire con estrema rapidità e precisione notevoli quantità di dati in forma georeferenziata, relazionandoli tra loro secondo esigenze diverse, allo scopo di generare nuove informazioni.

Nel caso le problematiche da analizzare risultino estremamente complesse, come ad esempio la pianificazione territoriale in funzione del rischio idrogeologico, può risultare utile mettere a punto metodologie appropriate ed avvalersi di software cosiddetti dedicati.

Il presente lavoro descrive una nuova metodologia per la gestione integrata di informazioni riguardanti eventi, fenomeni e danni causati da attività fluviale, torrentizia e dinamica di versante, ai fini di una pianificazione territoriale in funzione del rischio idrogeologico, mediante l'utilizzo del software ArcView™ GIS.

## 2. Metodologia.

Le linee guida adottate per lo svolgimento del lavoro hanno avuto come principale obiettivo la realizzazione di un prodotto che potesse essere agevolmente gestito da un utente tecnico, aggiornabile in qualsiasi momento e in grado di dare molteplici sviluppi applicativi; pertanto non solamente uno strumento per il censimento dei siti a rischio ma anche un valido supporto da utilizzare per la pianificazione territoriale. Per l'impostazione e la messa a punto dell'intera metodologia sono stati scelti alcuni bacini idrografici del Piemonte occidentale, che per diverse caratteristiche territoriali-ambientali ben si prestavano a raccogliere una casistica sufficientemente ampia di tipologie di fenomeni di instabilità.

Lo studio per la messa in sicurezza delle infrastrutture, o quanto meno la riduzione in termini accettabili delle situazioni di pericolosità, necessita di un approccio multidisciplinare da applicarsi secondo una procedura plurifase, ciò risulta necessario soprattutto durante le analisi relative alle situazioni pre e post evento, per poter rilevare nel dettaglio le principali interazioni esistenti fra evento pluviometrico, fenomeno di instabilità e infrastrutture coinvolte. A tale proposito, le indagini hanno riguardato tutto il territorio in esame, con particolare riferimento alle zone di fondovalle caratterizzate da elevato impatto antropico.

Innanzitutto si sono individuate le diverse tipologie di informazioni utili in funzione degli obiettivi prefissati. Nel caso specifico, alcune di queste possono essere direttamente importate nel GIS sottoforma di immagini oppure di *shapefiles*, mentre altre ed in particolar modo quelle di maggiore importanza provenienti dall'analisi dei dati storici, devono essere inserite all'interno dell'applicativo mediante apposita estensione aggiuntiva, che risulta essere il vero elemento innovativo dell'intero sistema. Infatti solo in questo modo è possibile gestire le notevoli quantità di informazioni provenienti dagli archivi storici, di georeferenziarle e di correlarle alle altre, direttamente inserite nel GIS.

Nella Figura 1 è possibile osservare i vari flussi informativi, nonché la procedura adottata. Gli elementi riportati alla sinistra del diagramma a blocchi sono quelli che, per poter essere utilizzati all'interno del GIS, devono essere inseriti mediante l'estensione aggiuntiva implementata, costituita dalla "SCHEDA EVENTO", mentre gli elementi riportati alla destra, direttamente importabili, costituiscono i temi di base del sistema informativo. In questi ultimi vi è anche il pacchetto di informazioni "CNR TOOL", cioè il *database (dbf)* contenente le varie voci automaticamente caricate dalla scheda evento ed utilizzate dall'utente per l'inserimento e la classificazione dei dati nella stessa. Il complesso e delicato lavoro di lettura dei documenti d'archivio, risulta essere la fase più delicata, ma per certi aspetti anche una delle più affascinanti dell'intera procedura. In questo

passaggio obbligato che l'utente deve affrontare, la scheda evento svolge un ruolo determinante. Infatti, la semplicità di compilazione, associata all'apposito pacchetto CNR Tool, permette una migliore individuazione, valutazione ed interpretazione dei fenomeni, dei danni e delle opere da segnalare.

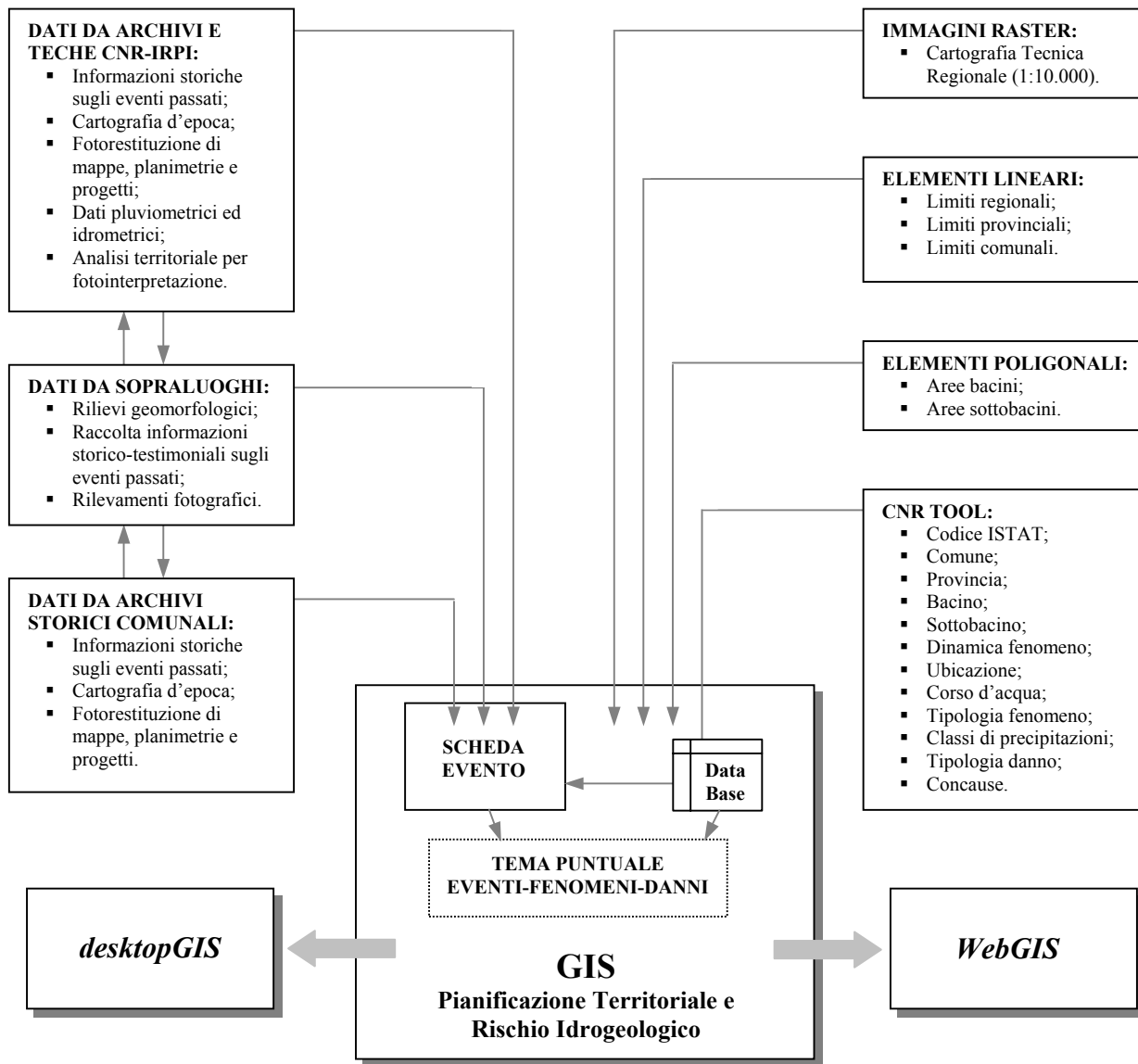


Figura 1 – Diagramma dei flussi informativi.

### 3. Caratteristiche dell'estensione aggiuntiva sviluppata e implementata al GIS.

Il Sistema Informativo integrato, composto da ArcView e dall'estensione aggiuntiva sviluppata, costituisce lo strumento informatico per una più avanzata pianificazione territoriale in funzione del rischio idrogeologico. Come già accennato precedentemente, allo scopo di inserire le informazioni specifiche provenienti dall'analisi retrospettiva degli eventi naturali di nostro interesse è stata realizzata in ArcView™ GIS un'estensione apposita, costituita da una scheda informatizzata, denominata "scheda evento" ed un database specifici (sviluppati nell'ambito di un Contratto di Ricerca fra la Regione Piemonte-Direzione Difesa del Suolo ed il CNR-IRPI Sezione di Torino). L'obiettivo principale è quello di ottenere uno strumento di facile utilizzo, aggiornabile e che possa successivamente integrare anche informazioni provenienti da altri applicativi mediante collegamenti ipertestuali.

La scheda evento (Figura 2) è composta da due parti, la prima in cui vi è una sola sezione, sempre visibile a video e la seconda contenente tre sezioni distinte e sovrapposte:

Scheda evento I parte: Inquadramento generale

Nella prima parte sono riportati tutti i dati di carattere generale utili per l'individuazione geografico-amministrativa del sito a cui fa riferimento l'elemento puntuale ad essa associato, la dinamica del fenomeno rilevata (fluviale o di versante) e la qualità dell'ubicazione del punto sulla base cartografica di riferimento (puntuale, areale, indicativa) in funzione delle informazioni estrapolate dalla fonte dato.

Scheda evento II parte, 1° sezione: Descrizione fenomeno

In questa sezione vengono inserite le informazioni relative al tipo di fenomeno rilevato (es. alluvionamento, erosione spondale, scivolamento planare, crollo, ecc.), specifiche della tipologia del fenomeno inserita nella I parte, una descrizione dell'evento meteorologico legato al fenomeno verificatosi nonché i dati relativi alle altezze idrometriche e pluviometriche registrate in corso d'evento. Inoltre, in tutte le tre sezioni della II parte, vi è la possibilità di effettuare, ove necessario, dei collegamenti ipertestuali ad altri documenti (es. *Microsoft Word*), al fine di poter inserire in forma dettagliata cospicue parti del documento originale.

Scheda evento II parte, 2° sezione: Descrizione danno

All'interno di questa sezione vi sono i campi necessari per l'inserimento delle informazioni relative al tipo di danno, prendendo in considerazione le infrastrutture coinvolte e l'entità dello stesso (es. edificio lesionato, attività agricola compromessa, opera di attraversamento distrutta), quelle inerenti le opere esistenti e quelle relative alle opere eventualmente previste in conseguenza dei danni riscontrati. Sono inoltre presenti il campo delle concause (antropiche e/o naturali) ed il campo relativo alla fonte dati, in cui vengono riportati con esattezza la provenienza dei documenti a cui si è attinto per la compilazione della scheda.

Scheda evento II parte, 3° sezione: Immagini

Durante la consultazione dei documenti d'archivio si è riscontrata l'esistenza di considerevoli quantità di materiale relativo a mappe, cartografie, planimetrie a varia scala, oltre a foto d'epoca che risultano di notevole interesse, soprattutto ai fini di una analisi comparativa tra la situazione del territorio rilevata e quella del passato, utile in particolar modo per verificare entità ed efficacia degli interventi realizzati. Si sono così creati, all'interno della scheda, dei campi che consentono il collegamento diretto ad immagini fotorestituite su supporto informatico.

Una volta terminata la fase di inserimento delle informazioni all'interno delle schede evento relative, può iniziare la fase di elaborazione. Partendo dal tema puntuale "eventi-fenomeni-danni" l'analisi può differenziarsi in due principali settori: il confronto tra informazioni presenti all'interno del tema in questione, mediante *Legend Editor* e le *query* preimpostate ed il confronto con le informazioni presenti nei temi di base, utilizzando l'*overlay* topologico ed altre funzioni GIS.

In tal modo, grazie all'analisi retrospettiva dei dati storici, è possibile effettuare importanti correlazioni spazio-temporali fra i vari elementi considerati, evidenziando graficamente aree a diverso grado di rischio idraulico e geologico ed individuando con esattezza il numero di infrastrutture coinvolte e di interventi eseguiti ed eseguibili. Relativamente alla situazione riscontrata è possibile ipotizzare scenari di rischio diversificati e conseguentemente effettuare una mirata pianificazione territoriale in funzione di tali problematiche.

Le tecnologie *WebGIS* attualmente disponibili possono essere associate all'applicativo sviluppato dal CNR-IRPI Sezione di Torino e qui illustrato, diffondendo a scala più ampia le informazioni in esso contenute, differenziandone il tipo di utilizzo. Nel caso specifico, una struttura del tipo *Server-side* potrebbe essere più indicata per la rete internet e quindi per un utenza vasta ma con esigenze operative limitate, mentre una struttura del tipo *Client-side* risulterebbe valida nel caso si utilizzasse l'applicativo tramite reti intranet, ad esempio all'interno di enti territoriali o di studi tecnici per una più idonea applicazione alla pianificazione territoriale.

The image displays a software interface for recording flood events. The main window is titled 'SCHEDA EVENTO - REGIONE PIEMONTE - Direzione Difesa del Suolo - C.N.R. - I.R.P.I. - TO'. It contains several sections:

- Inquadramento generale:** Fields for 'Codice ISTAT' (004205), 'Codice Evento' (004205029), 'Codice Rilevatore' (guid), 'Dinamica Fenomeno' (Dinamica Fluviale), 'Comune' (Sampeyre), 'Provincia' (CN), 'Località' (Milanesio), 'Bacino' (ALTO PO - Varaita), 'Sottobacino' (1°INT. SX. VARAITA), 'Ubicazione' (puntuale), and 'Corso d'acqua' (VARAITA).
- Descrizione fenomeno:** Includes 'Descrizione fenomeno (dati storici)', 'Collegamento', 'Precipitazione totale per evento' (mm: 163.6, n° gg piovosi: 11), and 'Portate e/o Altezze idrometriche'.
- Tipo di danno:** Includes 'Tipo di danno', 'Collegamento', 'Opere esistenti', 'Opere previste', and 'Tip. danno' (1: Infrastruttura viaria distrutta).
- Note aggiuntive:** Includes 'Note aggiuntive' and 'Immagine' fields.

Arrows labeled 1, 2, and 3 point from the smaller screenshot in the bottom right to the corresponding sections in the larger screenshot on the left.

Figura 2 – Particolari della scheda evento (riquadro in basso).

#### 4. Applicazioni del Sistema Informativo integrato.

Le analisi spaziali e temporali delle informazioni inserite, consentono al Sistema Informativo integrato l'individuazione reale di diversificati e molteplici scenari di pericolosità e di rischio. Il rapporto che intercorre fra pericolosità e rischio è funzione dell'entità del danno arrecato dall'innesco di determinati processi naturali che vengono ad interferire con le infrastrutture antropiche; il valore socio-economico di queste ultime determina il grado di rischio.

Quando si vogliono applicare queste schematizzazioni a fenomeni di dissesto causati dall'attività fluviale e torrentizia e dalla franosità, sorgono notevoli difficoltà. Questi fenomeni infatti presentano caratteristiche estremamente variabili e sovente interagiscono tra loro, dando luogo a processi assai complessi, i cui parametri non sempre risultano facilmente individuabili. L'analisi dell'evoluzione spazio-temporale dell'insieme dei fenomeni in gioco (dinamica fluviale e dinamica di versante) e dei loro effetti, a fronte di determinati eventi innescanti, può essere effettuata attraverso l'utilizzo del sistema informativo integrato sopra descritto. In particolare è possibile in prima istanza effettuare le considerazioni relative a:

- Censimento e frequenza degli eventi rilevati;
- Distribuzione geografica degli eventi meteorologici rilevati, valutazione quali-quantitativa e individuazione delle zone in cui essi si esplicano con maggiore intensità e ripetitività;
- Individuazione e caratterizzazione della migrazione spazio-temporale delle aree sistematicamente interessate da elevata concentrazione di dissesti;
- Eventuale diversa influenza di uno stesso evento sulle aree coinvolte;
- Tipologia, distribuzione areale e ripetitività dei fenomeni di dissesto;
- Tipologia distribuzione areale e ripetitività dei fenomeni di danno;
- Valutazione dell'efficacia delle opere di difesa.

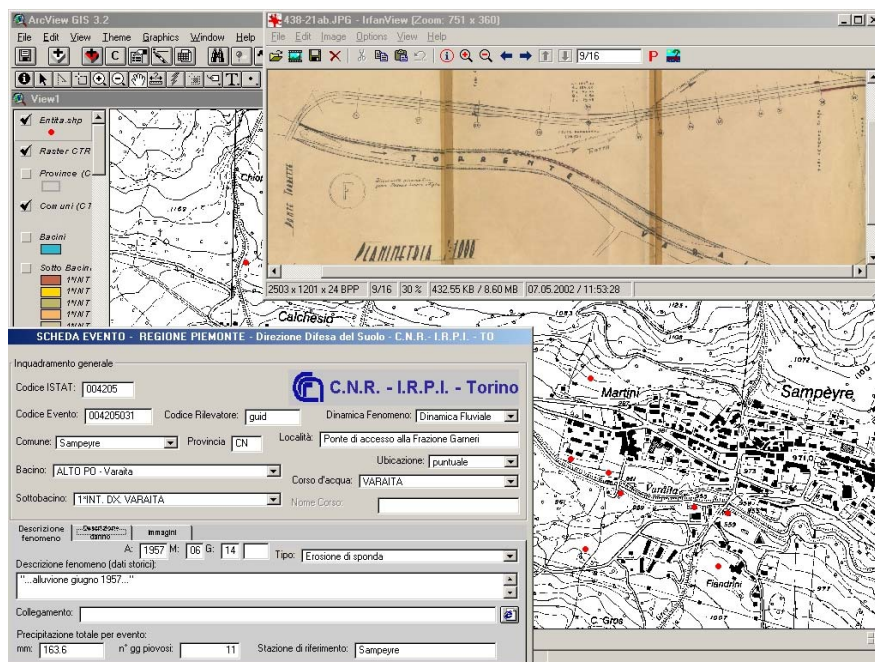


Figura 3 – Il Sistema Informativo Geografico per la pianificazione territoriale in funzione del rischio idrogeologico. In basso in primo piano una scheda evento e, in alto, un'immagine ad essa collegata. In secondo piano la vista del progetto con i vari elementi puntuali a cui sono associate altrettante schede.

## 5. Considerazioni conclusive.

I sistemi informativi geografici sono ormai diventati un valido supporto per risolvere efficacemente molte delle innumerevoli problematiche a livello territoriale-ambientale. Tali sistemi, se integrati da programmi aggiuntivi opportunamente realizzati, si rivelano un supporto indispensabile nell'affrontare argomenti ancor più specifici e complessi, come ad esempio la pianificazione territoriale in funzione del rischio idrogeologico. La metodologia ed il software ArcView™ GIS dotato di estensione aggiuntiva descritti in questa relazione, si sono dimostrati estremamente utili per tali scopi, anche in funzione di un utilizzo in ambiente internet e/o intranet.

## 6. Bibliografia.

1. AA. VV. (2002), *Landslides*, Proceedings of the First European Conference on Landslide, Prague, Czech Republic, June 24-26, A.A. Balkema Publishers
2. AA. VV. (2002), *Risk Analysis III*, Proceedings of the Third International Conference on Computer Simulation in Risk Analysis and Hazard Mitigation, Sintra, Portugal, June 19-21, Wessex Institute of Technology Press
3. Allegra P., Carboneris M., Godone F., Lollino G. (1998), "Studio della metodologia per una banca dati per i dissesti relativi alla viabilità della Provincia di Torino", Atti del Convegno su "Rischio Irogeologico, Opere di Difesa ed Uso del Territorio nel Canadese", Ivrea 8-9 maggio 1998
4. Lollino G., Allegra P., Cristaldi F., Godone F. (2002), "Hazard identification and risk management for road networks", in *Instability – Planning and Management*, Proceedings of the International Conference organised by the Centre for the Coastal Environment, Isle of Wight Council, Thomas Telford, London, 331-338
5. Longley P. A., Goodchild M. F., Maguire D. J., Rhind D. W. (1999), *Geographical Information Systems*, John Wiley & Sons, Inc., New York