

Pericolosità e rischio idrogeologico: il contributo della conoscenza geologica

*Natural hazard and risk assessment:
geological knowledge support*

FORLATI F. (*)

ABSTRACT – The assessment and prevention of risks inherent to natural phenomena is one of topical interest to the scientific community and various other authorities dealing with territorial management. The historical analysis concerning the consequences of such hydro geological risks underlines how the amount of damage is constantly increasing. This can be partly explained by an increase in readily accessible information and awareness of the problem, but it is also due to the consistent expansion of urbanized areas at the deprivation of areas that are essential to the natural modelling processes of the territory. The damage resulting from hydro geological instability is therefore often associated with incompatible territorial decisions. The prevention program adopted by Arpa Piemonte with the objective of minimising the effects of geological risk in terms of safeguarding human life and property, focusing on non-structural measures based on the detailed knowledge and understanding of the natural phenomena and of geological territorial asset. Each field of action of Arpa Piemonte's studies and research in the fields of geology, geomorphology, geotechnics, and more specifically in hazards and risk assessment is based on a widespread use of GIS technologies beginning with the collection phase and the analyses phase and then on to the dissemination and diffusion phases.

National projects coordinated by Italian Environmental Protection Agency (ISPRA), like IFFI (Inventory of Landslide Phenomena in Italy) or CARG (Geological Map of Italy) have produced substantial geographical data bases on a detailed scale (1:10,000–1:25,000) in Geographic Information System logic.

This allows us to go beyond the traditional scheme of thematic cartography to that of the *geographic data bank*, where

the geographic and topological components are integrated with alpha-numerical and descriptive ones, opening numerous perspectives for subsequent study and re-elaboration of the data, beginning with the knowledge inventory itself. Examples of such analyses include the re-elaboration of different type of information in order to create a multi-thematic base of knowledge as supports for hazard and risk assessment. Particular mention is given about a CARG project devoted to 1:50,000 landslide hazard map assessment (sheet Deago) using multivariate statistical analysis technique (planar block slides) and physically based deterministic approach (shallow landslides).

PAROLE CHIAVE: Cartografia tematica, Pericolosità, Prevenzione, Rischio, Sistemi informativi.

KEY WORDS: Geographic information system, Geo-thematic mapping, Hazard, Prevention, Risk assessment.

1. - PREMESSA

La valutazione e la prevenzione dei rischi inerenti i fenomeni naturali è uno degli obiettivi principali che è stato perseguito negli ultimi anni dalla comunità scientifica e da coloro che, a vario titolo, si occupano della gestione territoriale. L'analisi storica, sugli effetti conseguenti il cosiddetto rischio idrogeologico pone in evidenza come il numero di danni sia in costante aumento.

(*) Centro Regionale per le Ricerche Territoriali e Geologiche, Arpa Piemonte

Ciò trova spiegazione da una parte nella maggiore disponibilità di fonti di informazione e di sensibilizzazione al problema, dall'altra nel consistente ampliamento delle aree urbanizzate a scapito di aree di naturale pertinenza dei processi di modellamento naturale del territorio. I danni derivanti dal dissesto idrogeologico si rivelano quindi molto spesso associati a scelte territoriali non compatibili e, in prospettiva, rischiano di crescere fortemente, provocando una continua e ripetuta distruzione di ricchezza, solo in parte rinnovabile, a fronte di costi e sforzi superiori a quelli che sarebbero necessari per intraprendere la strada della prevenzione e del riassetto.

In tale contesto, si è sviluppata l'azione del Centro regionale per le Ricerche Territoriali e geologiche di Arpa Piemonte che ha da tempo impostato la strategia della prevenzione scegliendo di sviluppare il campo degli interventi non strutturali per la loro immediata applicabilità ed efficacia.

La conoscenza del territorio nella sua globalità, sia in termini degli aspetti fisico-ambientali del contesto geologico e geomorfologico, sia in termini della compatibilità tra questi e le potenziali trasformazioni di utilizzo del suolo, rappresenta quindi uno strumento indispensabile per la gestione del delicato equilibrio ambientale.

La fase conoscitiva che prelude alla previsione comporta un notevole impegno poiché si basa su attività ed azioni sistematiche protratte nel tempo; presuppone dettagliati studi di rilevamento, valutazione, elaborazione ed analisi di numerose informazioni indispensabili per l'organica strutturazione di un patrimonio conoscitivo di supporto ad ogni iniziativa, intervento e azione mirata alla salvaguardia ambientale e ad assicurare la pubblica incolumità nella lotta contro gli effetti delle calamità naturali.

Al fine di poter gestire in modo congruente e costruttivo i vincoli di natura fisica, geologica e ambientale del territorio è necessario disporre di una strutturazione logica delle informazioni in modo da consentire la facile reperibilità, confrontabilità ed aggiornamento di ogni singolo dato.

2. - LA STRUTTURAZIONE DELLA CONOSCENZA

La creazione di un Sistema Informativo prevenzione rischi naturali fa parte del programma di prevenzione territoriale finalizzata ad attuare una coerente pianificazione dell'attività antropica ed una concreta azione di salvaguardia del territorio.

Da anni perciò è stata intrapresa una sistematica raccolta e valutazione del dato storico,

accompagnata da studi diretti dei processi morfodinamici finalizzata alla valutazione quantitativa e qualitativa delle condizioni di pericolo a cui è soggetto il del territorio.

I Sistemi Informativi Geografici rappresentano oggi uno dei principali strumenti di gestione, elaborazione ed analisi delle conoscenze in campo ambientale/territoriale grazie alla loro specifica capacità di rappresentare e modellare nello spazio fenomeni naturali complessi. Non vi è campo delle discipline tecniche e scientifiche che non ne adotti i principi e le tecnologie: dall'ecologia alla gestione delle infrastrutture tecnologiche, dall'agricoltura alla pianificazione territoriale, dal *marketing* alla difesa militare solo per citare alcuni esempi.

La loro graduale affermazione in tutti i settori della gestione del territorio ha indotto innumerevoli vantaggi tecnici ed economici e comportato profondi mutamenti nella logica stessa della creazione del dato e nella gestione della conoscenza, introducendo da un lato nuovi modelli interpretativi, dall'altro richiedendo l'adeguamento a nuovi modelli organizzativi e livelli di competenza e professionalità. L'evoluzione degli strumenti Gis verso una sempre maggiore integrazione delle tecnologie di rete attraverso il concetto di servizi informativi Web-gis consente di fornire un contributo significativo al processo di diffusione e condivisione dell'informazione geo-ambientale (fig. 1).

Progetti nazionali coordinati da ISPRA quali IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia) o CARG (Carta Geologica d'Italia) hanno prodotto consistenti basi dati geografiche a scale di dettaglio (1:10.000 – 1:25.000) in logica di Sistema Informativo Geografico. Ciò ha consentito di superare lo schema della tradizionale cartografia



Fig. 1 – Servizio Web-gis di consultazione, condivisione e scarico dei dati geotecnici (rocce e terreni) contenuti nel sotto sistema geotecnica.
- WebGIS service: consultation, sharing and download of geotechnical data.

tematica a favore di quello di banca dati geografica in cui le componenti geografiche e topologiche si integrano con quelle alfa-numeriche e descrittive, aprendo innumerevoli prospettive di studio e rielaborazione successive dei dati a partire dagli stessi inventari conoscitivi (fig. 2).



Fig. 2 – Simulazione tridimensionale dei campi di inondazione del Fiume Po indotti nell'area metropolitana casalese (Casale Monferrato) dall'evento alluvionale del novembre 1994.
- 3D simulation of the Po river flooding (november 1994) in the urban area of Casale Monferrato.

Il notevole patrimonio informativo dei dati prodotti dal progetto di cartografia geologica volto alla conoscenza fisica e geologica del territorio nelle sue espressioni superficiali e sotterranee trova particolare valorizzazione se integrato con una serie cospicua di dati ancillari attinenti i processi morfodinamici modellanti l'ambiente (movimenti franosi e processi fluvio-torrentizi), il quadro del dissesto, i sistemi di controllo e monitoraggio le caratteristiche fisico-meccaniche dei suoli e delle rocce, ecc.

Esempi di analisi territoriali derivanti dalla mutua integrazione di più basi dati sono costituiti dalla rielaborazione della cartografia geologica in ottica di valutazione delle rocce potenzialmente contenenti minerali asbestiformi, dall'individuazione e zonizzazione dei fattori predisponenti specifiche tipologie di fenomeni franosi, dall'analisi di pericolosità e vulnerabilità, dagli studi per la sicurezza della rete viaria per fenomeni da crolli in roccia (fig. 3), ecc.

Il sistema informativo SIGeo struttura di servizio in grado di produrre, con tempestività e precisione, informazioni e dati nel campo della previsione e prevenzione dei rischi naturali è logicamente strutturato in più componenti specialistiche (sottosistemi) tra loro interagenti qui di seguito esposti.

2.1. - SOTTOSISTEMA PROCESSI ED EFFETTI

Si compone di strumenti finalizzati alla gestione delle informazioni inerenti i processi di versante, fluviali e torrentizi che interessano, o hanno interessato, il territorio piemontese in termini tipologici, di effetti e danni indotti. I dati sono tratti sia da fonti specialistiche, sia da pubblicazioni, perizie tecniche in senso lato (provenienti dall'attività ordinaria del Centro e di altri Enti), articoli di giornale, cronache locali, documentazione archivistica, sia dal rilevamento e dalle osservazioni dirette dei processi di instabilità naturali in atto. L'integrazione dei dati storici con quelli derivanti da studi ed osservazioni effettuati in sito rende possibile ricavare informazioni essenziali per una zonizzazione del territorio in funzione delle fenomenologie più ricorrenti. Gli archivi contengono al momento attuale oltre 30.000 singole segnalazioni (fig. 4).

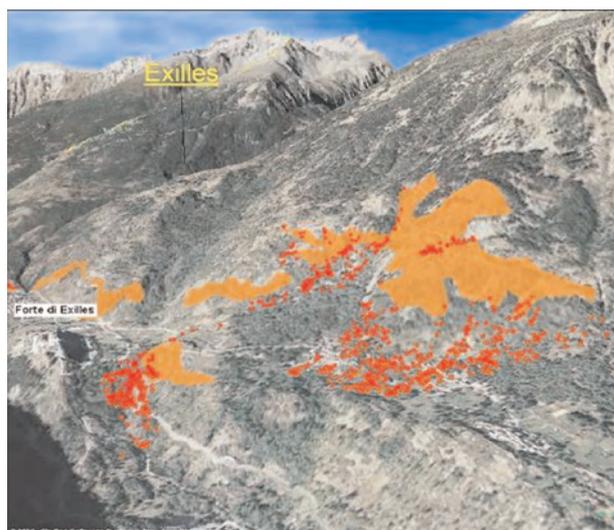


Fig. 3 – Simulazione tridimensionale delle aree suscettibile a fenomeni di caduta massi mediante l'impiego di un modello calcolo di tipo probabilistico.
- 3D simulation of rockfall susceptibility area derived from probabilistic method.

2.2. - SOTTOSISTEMA FONTI E DOCUMENTAZIONE

Vengono ordinate le informazioni tratte da studi di carattere geologico-morfologico e geologico-tecnico che riguardano il territorio regionale: pubblicazioni scientifiche, monografie, studi per grandi opere, piani di bacino, studi territoriali a carattere ambientale, relazioni tecniche, fotografie aeree o altro, in grado di fornire informazioni utili nella caratterizzazione e conoscenza geologica e nell'analisi dei processi di instabilità. In quest'ottica risulta perciò trasversale rispetto agli altri sottosistemi.

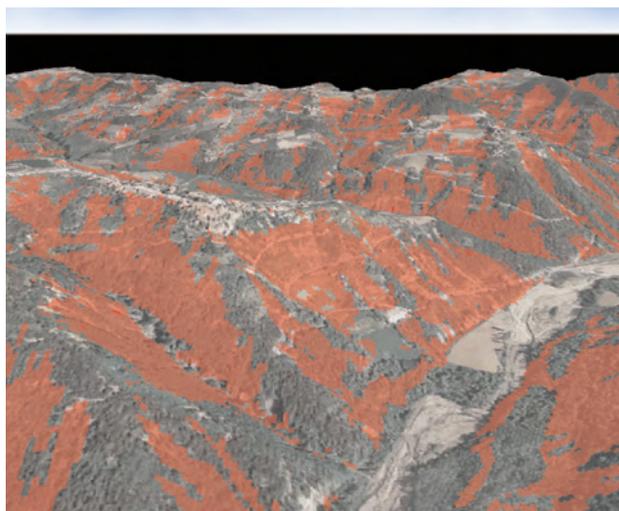


Fig. 4 – Applicazione di un modello fisicamente basato (meccanico-idrologico) per la simulazione degli effetti conseguenti la distribuzione areale delle frane superficiali in relazione a un determinato precursore meteorologico (pioggia cumulata sulle 24 h).

- *Physical-based model (mechanical-hydrological) produced for the simulation of the effects deriving from the interaction between the areal distribution of landslides and a given meteorological precursor (24 hours cumulate rainfall).*

2.3. - SOTTOSISTEMA GEOTECNICA

È finalizzato alla raccolta, omogeneizzazione ed analisi delle informazioni inerenti la caratterizzazione fisico-meccanica (*in situ* e in laboratorio) dei terreni, delle rocce intatte e degli ammassi rocciosi ed è a sua volta articolato nell'Archivio Sondaggi, nell'Archivio Prove ed Indagini in Sito e in Laboratorio (terreni e rocce) e nell'Archivio Ammassi Rocciosi. Le fonti sono costituite in massima parte da relazioni tecniche di progetti. A tutt'oggi il sottosistema contiene circa 6.500 descrizioni di dettaglio delle perforazioni di sondaggio, 5.500 schede di caratterizzazione geotecnica, oltre 200 prove di compressione triassiale, 450 prove di taglio diretto, 16.000 prove eseguite in foro, 200 prove di permeabilità numerose di caratterizzazioni dell'ammasso roccioso.

2.4. - SOTTOSISTEMA MONITORAGGIO DEI FENOMENI FRANOSI

Direttamente interrelato al Sottosistema Geotecnica, di cui condivide la base dati, è finalizzato alla gestione ed analisi dei dati provenienti dalla rete di monitoraggio regionale dei movimenti franosi. L'obiettivo del sottosistema è l'archiviazione, la gestione e l'elaborazione dei dati provenienti dai sistemi di controllo dei movimenti franosi installati sul territorio regionale. Attualmente i siti sotto controllo sono oltre 300 con una dotazione complessiva di oltre 1.000 strumenti (inclinometri convenzionali e fissi, piezometri, capisal-

di con controllo tramite GPS e teodolite, clinometri, distometri a nastro, estensimetri, di profondità, multi base in foro, TDR, termometri, spie fessurimetriche, ecc.).

2.5. - SOTTOSISTEMA GEOLOGIA DEL TERRITORIO

È alimentato dalle attività svolte in seno al Progetto CARG – Rilevamento ed informatizzazione della cartografia geologica d'Italia alla scala 1:50.000 che prevede, in base a quanto stabilito dal quadro normativo nazionale (Leggi nn. 183/1989, 305/1989, 438/1995, 226/1999, 363/2000) ed a specifiche convenzioni Arpa-APAT (ora ISPRA), il rilevamento ed il completamento di 11 fogli Geologici e 4 Geotematici diversamente distribuiti sul territorio regionale (fig. 5).

3. - LA VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ

Uno dei primi passi nella strategia della prevenzione è sicuramente connesso alla valutazione della pericolosità geologica ovvero all'individuazione della probabilità che uno specifico processo calamitoso si verifichi in una determinata area, in un determinato intervallo temporale e con una determinata intensità. È evidente che la valutazione della pericolosità geologica secondo l'accezione canonica e completa del termine, implica, dal punto di vista dell'applicazione a casi reali, una serie di problemi non trascurabili, a causa della molteplicità e dell'elevato grado di indeterminazione delle variabili in gioco.

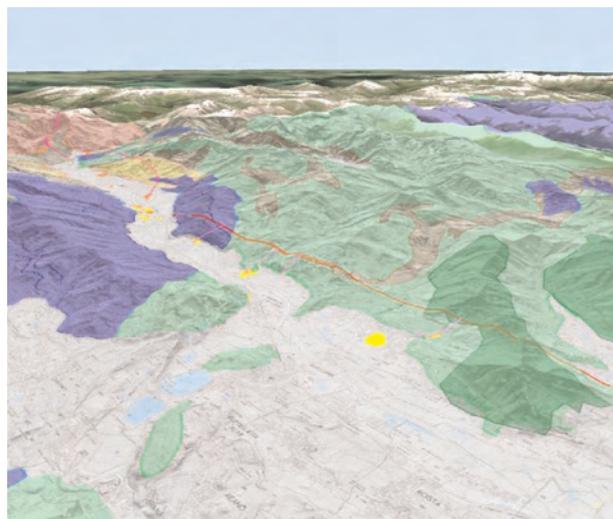


Fig. 5 – Rappresentazione tridimensionale della geologia della bassa Val Susa derivata dai rilievi effettuati per i fogli geologici 1:50.000 Susa e Torino ovest (progetto CARG).

- *3D geological representation of the lower Susa Valley derived from the CARG sheets (1:50,000) Susa and Torino Ovest (CARG Project).*

La stessa valutazione della pericolosità acquisisce diversa difficoltà in relazione all'estensione dell'area di riferimento. L'analisi di una limitata porzione del territorio consente una migliore definizione delle condizioni al contorno, della geometria del problema, una più dettagliata raccolta ed elaborazione degli elementi significativi, permette la conduzione contestuale di più metodi, comporta tempi e costi sufficientemente ridotti e, in conseguenza di tutte queste motivazioni, garantisce il raggiungimento di un livello di attendibilità piuttosto elevato e l'ottimizzazione dei risultati.

In contrapposizione, considerata la vastità areale, gli studi a carattere territoriale sono più difficilmente gestibili e necessitano quindi di approcci più consoni alla mole di informazioni trattate e al minor grado di dettaglio.

Si tratta in particolare, pur rimanendo in un'ottica di rigore scientifico, di introdurre alcune ipotesi semplificative in modo da poter impiegare modelli facilmente applicabili, valutandone comunque la capacità predittiva tramite confronto dei risultati ottenibili con effetti conosciuti.

I modelli impiegabili (generalmente GIS basati) debbono rispondere pertanto a requisiti di facile e snella applicazione a vasti contesti territoriali, semplicità, piena compatibilità con le condizioni al contorno, economia di gestione, affidabilità e robustezza, attendibilità dei risultati, reale e concreta possibilità di utilizzo ai fini della gestione territoriale (fig. 6).

4. - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

I Sistemi Informativi Geografici rappresentano oggi uno dei principali strumenti di gestione, elaborazione ed analisi delle conoscenze in campo geologico-ambientale grazie alla loro specifica capacità di rappresentare e modellare nello spazio fenomeni naturali complessi. Il loro utilizzo è fondamentale ed insostituibile per realizzare e gestire i livelli informativi di base, topografici e tematici, per l'analisi delle problematiche di rischio idrogeologico, per l'elaborazione delle carte numeriche di pericolosità e rischi utilizzabili ai fini della pianificazione ed il governo del territorio.

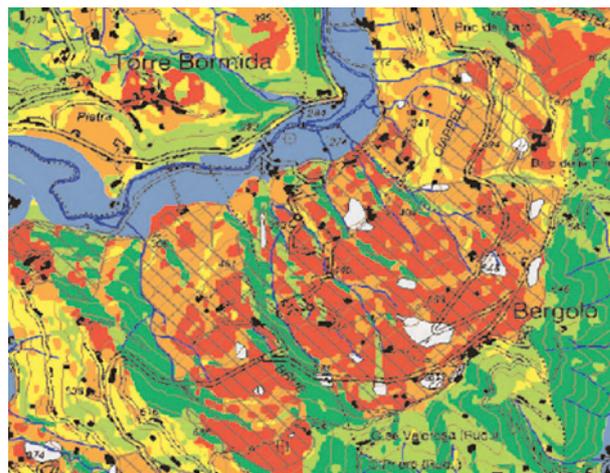


Fig. 6 – Stralcio di cartografia della pericolosità dei versanti : frane per scioglimento planare, Foglio 211 “Deگو” in scala 1:50.000 (progetto CARG). Elaborato cartografico ricavato mediante l'applicazione di tecniche di analisi statistica multivariata.

- *Landslide hazard map: translational slides, Sheet 1:50,000 “Deگو”(CARG Project). The elaboration is derived from multivariate statistical analysis techniques.*

Tutti i modelli di valutazione della pericolosità proponibili e tutti gli scenari che vengono formulati, derivando da una rappresentazione semplificata e sintetica della realtà, presentano caratteri di soggettività e devono pertanto essere letti ed interpretati tenendo conto delle ipotesi di partenza. In tale contesto si deve collocare il contributo fondamentale dell'esperto di dominio:

nel gestire l'incertezza insita nei modelli esplicitandone i limiti, i vantaggi, le problematiche e prospettandone le corrette modalità d'impiego, nel diffondere la conoscenza mediante una comunicazione: capillare, efficace, semplice, rigorosa e di qualità.

BIBLIOGRAFIA

- BONNARD C., FORLATI F. & SCAVIA C. (Eds.) 2005 – *Identification and mitigation of large landslide in Europe. Advances in risk assessment.* IMIRILAND PROJECT, European Commission, V Framework Program – Rotterdam, Balkema.
- CAMPUS S., FORLATI F. & NICOLÒ (Eds.) 2005 – *Note illustrative alla carta di pericolosità per instabilità dei versanti del Foglio 211 “Deگو”,* Arpa Piemonte, ISPRA.