

*CNR CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE*  
*GRUPPO NAZIONALE PER LA DIFESA DALLE CATASTOFI*  
*IDROGEOLOGICHE*

Linea2

Previsione e Prevenzione di Eventi Franosi a Grande Rischio

**Progetto Esecutivo 1999**

Responsabile P. Canuti

Dipartimento Scienze della Terra – Università di Firenze

## **LINEA DI RICERCA 2**

### **PREVISIONE E PREVENZIONE EVENTI FRANOSI A GRANDE RISCHIO**

---

#### **1. PREMESSA**

L'attività della Linea 2 per il 1999 si svolgerà, come di consueto, curando gli aspetti scientifici e metodologici dello studio di eventi franosi, nell'ambito sia di progetti di ricerca di pertinenza della Linea così come delineati nell'Allegato Tecnico Triennale 1999-2001.

A fianco della attività di ricerca così programmate, proseguirà la attività di consulenza tecnico-scientifica per il Dipartimento della Protezione Civile sulla valutazione delle situazioni di pericolo incombente per la pubblica incolumità, attività svolta fin dalla nascita del Gruppo dai responsabili e dai collaboratori delle varie Unità Operative.

#### **2. GENERALITÀ**

Il Programma di ricerca della Linea 2 rappresenta per il 1999 la continuità sostanziale con quello elaborato per il periodo precedente, ma indirizza con una maggior finalizzazione ai problemi di prevenzione e di emergenza l'attività delle Unità Operative afferenti. Questo naturalmente sulla base delle esperienze del passato triennio e precedenti, che hanno visto l'attività della Linea impegnata in numerose situazioni di emergenza: Piemonte meridionale, Versilia, Appennino Emiliano, regione salernitana.

Parimenti risente di questa accentuazione dell'attività in funzione della prevenzione e dell'emergenza il riunire tematismi che abbiano funzionali connessioni disciplinari, quali ad esempio la modellazione geotecnica ed il monitoraggio per l'emergenza, ritenendo con ciò che una visione esplicita dell'obiettivo da perseguire in condizioni di emergenza debba condizionare le azioni di ricerca e di controllo da svolgere (Progetto MOGEM). Dello stesso tipo è la riunione del rilevamento delle condizioni di instabilità nei centri abitati e lungo le vie di comunicazione, come indispensabile scenario entro cui impostare i provvedimenti di emergenza da prendere quando eventi disastrosi colpiscono centri abitati e/o viabilità (Progetto CIVIC).

Parimenti, con una connessione allargata ai problemi della dinamica fluviale e conseguenti eventi di esondazione e quindi in raccordo con le Linee ad indirizzo idraulico – idrologico, è stato considerato il programma relativo a flussi detritici rapidi e frane lungo le aste fluviali (Progetto CODAC) e quello comprendente le frane di sbarramento come potenziali sorgenti di rischio indotto (Progetto PRERIF).

Oltre queste considerazioni, va ricordato il fatto che l'attività di ricerca di numerose Unità Operative presenta sviluppo geografico regionale, in funzione del rilevamento degli eventi, e anche partecipazione ad un non unico programma di ricerca. Questo deriva anche dall'interconnessione dei problemi che nella specifica realtà si presentano, ma è comunque obiettivo della Linea specializzare dette attività e tendere quindi a ridurre all'indispensabile tali partecipazioni, per rendere più efficace il contributo cui una U.O. può essere chiamata a fornire quando condizioni critiche conseguenti a fenomeni franosi si sviluppano nel nostro paese. Sembra opportuno ribadire che se la convivenza con eventi disastrosi di frana sia una necessità ineludibile in Italia, altrettanto deve essere, in corrispondenza di quelle, disponibile la capacità tecnico – scientifica delle UU.OO. ad operare.

### 3. DELINEAZIONE DEI PROGETTI

PROGETTO FIST – FENOMENI D'INSTABILITÀ E STRUTTURE TETTONICHE

Sottoprogetto FRASIS – FRANE SISMO-INDOTTE

Sottoprogetto DEMAL – DEFORMAZIONI PRE-ROTTURA DI MASSE LAPIDEE

## Sottoprogetto FRASIS

### 1. OBIETTIVI

Poiché le frane costituiscono una parte fondamentale dell'evoluzione dei versanti naturali, è comprensibile come in un qualsiasi momento esisteranno versanti in condizioni variabili da stabili a marginalmente stabili, sino ad instabili. In occasione di terremoti, gli effetti dello scuotimento indotto sono spesso sufficienti a causare la rottura di versanti precedentemente da marginalmente a moderatamente stabili, con danni che possono essere insignificanti o catastrofici a seconda delle caratteristiche geometriche del versante stesso e di quelle del materiale che lo costituisce. In ogni caso le perdite ed i danni causati da fenomeni franosi sismicamente indotti sono stati estremamente rilevanti nel mondo intero: il 56% dei danni causati dal terremoto di Anchorage (1964) è stato imputato alle frane sismo-indotte (Wilson e Keefer, 1985); in Giappone più della metà delle morti causate da terremoti di magnitudo maggiore di 6.9 tra il 1964 ed il 1980 è stato causato dalle frane (Kobayashi, 1981); il terremoto di Haiyuan in Cina (1920) ha provocato centinaia di frane direttamente responsabili della morte di più di 100.000 persone (Close e McCormick, 1922). Gli stessi terremoti che hanno interessato le regioni italiane confermano questo stato di fatto e, dall'altro, mettono in evidenza la particolare fragilità del territorio italiano quale conseguenza della storia geologica e delle caratteristiche fisiche e meccaniche delle formazioni affioranti. Tra i tanti si possono riportare, solo negli ultimi due secoli, i terremoti della Calabria (1783, 1905, 1908), di Avezzano (1915), dell'Irpinia (1930, 1980), della Garfagnana (1920), del Friuli (1976) ed il recente terremoto dell'Umbria-Marche (1997). Dal catalogo nazionale risulta che i terremoti che hanno interessato l'Italia con magnitudo superiori a 6.5 sono 30 nell'ultimo millennio. L'importanza sociale ed economica degli effetti di superficie indotti dai sismi e delle loro conseguenze non può e non deve essere sottovalutata. Tuttavia, la natura e l'entità dei danni causati in particolare dai fenomeni franosi sono complesse e variabili in conseguenza dei molti fattori coinvolti e tra loro interagenti: la valutazione razionale delle conseguenze di una frana, che comprende la determinazione dei percorsi potenziali, la distribuzione spaziale e temporale della popolazione vulnerabile, la potenziale perdita di vite umane e di beni, etc., è allo stato attuale molto rara e le conseguenze delle frane sono stabilite sulla base di giudizi personali del tutto qualitativi.

La valutazione delle condizioni di stabilità dei versanti in condizioni statiche e delle loro modificazioni a seguito di eventi sismici, insieme alla determinazione del rischio connesso, risulta pertanto di grande rilevanza ai fini della Protezione Civile.

### 2. STATO DELL'ARTE E PROBLEMI APERTI

Le conoscenze del problema in oggetto e le ricerche portate avanti, nel mondo come in Italia, possono essere schematizzate nel modo seguente per quel che riguarda gli aspetti più strettamente analitici.

- Le caratteristiche delle frane sismo-indotte risultano essere influenzate dalle condizioni geologiche, topografiche, idrogeologiche, climatiche, di alterazione e di uso del suolo. Da questo

- punto di vista, esse vengono distinte in tre categorie principali: scorrimenti destrutturati (disrupted slides) e crolli; scorrimenti in blocco, espansioni laterali (lateral spreads) e colate.
- L'analisi dei dati storici permette una stima sia della magnitudo minima richiesta per causare i differenti tipi di frane sia della massima distanza che possono raggiungere i differenti tipi di frane in occasione di terremoti di diversa intensità.
  - Le analisi di stabilità costituiscono solo una parte, pur se rilevante, della valutazione complessiva delle condizioni di stabilità dei versanti: l'accuratezza dell'analisi dipende infatti dall'accuratezza e dal dettaglio dei dati e delle informazioni raccolte per la definizione dei modelli di partenza (geologico, idrogeologico, topografico e geometrico, geotecnico/geomeccanico).
  - Le sollecitazioni dinamiche prodotte dallo scuotimento sismico costituiscono un incremento dello stato tensionale esistente e/o influenzano la resistenza ed il comportamento del materiale geologico che costituisce il versante: i fenomeni di instabilità in condizioni sismiche sono raggruppati in due categorie sulla base di quale dei due precedenti effetti risulti predominante. Le instabilità inerziali sono quelle in cui la resistenza al taglio del mezzo geologico rimane praticamente invariata e le deformazioni del versante sono determinate dal loro temporaneo superamento da parte delle sollecitazioni dinamiche. Le instabilità per indebolimento si hanno quando il terremoto comporta una diminuzione delle resistenze del mezzo geologico tale da indurre l'instabilità sotto le stesse sollecitazioni cicliche indotte dal sisma.
  - Le instabilità inerziali sono generalmente studiate con analisi pseudo-statiche, tensio-deformative, di Newmark (sliding block) o di Makdisi-Seed (modifica del metodo di Newmark).
  - Le analisi pseudostatiche non risultano appropriate in presenza di elevati incrementi delle pressioni interstiziali o di importanti decrementi delle resistenze per effetto sismico; inoltre, la scelta di un affidabile valore dell'accelerazione pseudostatica richiede grande attenzione.
  - Se le accelerazioni indotte dal sisma in un versante superano momentaneamente il valore dell'accelerazione di soglia dello stesso versante (definita come l'accelerazione pseudostatica necessaria per portare il versante in condizioni di equilibrio limite), la massa instabile accelererà momentaneamente rispetto al materiale sottostante ed analisi come quella di Newmark possono essere utilizzate per calcolare lo spostamento occorso. Lo spostamento totale dipende dall'entità del superamento dell'accelerazione di soglia (funzione dell'ampiezza del moto del terreno), dal tempo in cui l'accelerazione di soglia è superata (funzione del contenuto in frequenza del moto del terreno) e dal numero di volte che l'accelerazione di soglia è superata (funzione della durata del moto del terreno). In considerazione della natura estremamente variabile delle caratteristiche del moto del terreno, i valori calcolati di spostamento possono essere anche notevolmente differenti.
  - Le analisi di tipo tensio-deformativo vengono utilizzate per stimare, pur se in modo alquanto approssimativo, le deformazioni permanenti causate dalle instabilità inerziali. Valutazioni più rigorose vengono ottenute utilizzando tecniche non lineari agli elementi finiti, tecniche che trovano oggi una più ampia utilizzazione in relazione alla maggiore accuratezza dei modelli costitutivi stabiliti per i mezzi geologici.
  - Le instabilità da indebolimento sono classificate come flow failures o deformation failures a seconda che la resistenza finale ridotta per effetto del sisma sia maggiore o minore di quella richiesta per mantenere condizioni di equilibrio statico.
  - Instabilità tipo flow failures vengono in genere analizzate con metodi all'equilibrio limite applicando valori di resistenza residui a quelle parti della superficie di rottura che passa attraverso i suoli liquefatti. Analisi all'equilibrio limite in combinazione con condizioni di volume costante danno anche una stima delle distanze percorribili da questo tipo di instabilità. Sono anche utilizzati modelli derivati dalla meccanica dei fluidi ed analisi dinamiche non lineari che consentono grandi deformazioni.
  - Gli effetti delle deformation failures vengono generalmente espressi in termini di deformazioni del versante. Gli spostamenti prodotti sono stimati con vari metodi da quello puramente empirico a quello basato sul metodo di Newmark.

Se dal punto di vista analitico, che riguarda sostanzialmente il singolo versante, le ricerche sono piuttosto avanzate ed hanno dato risultati confortanti, non altrettanto può dirsi per quel che riguarda la realizzazione di carte della pericolosità e del rischio connesso con i movimenti franosi sia in condizioni statiche che dinamiche. In effetti molti metodi sistematici o formali sono stati proposti a partire da procedure semplicemente cartografiche sino a procedure che impiegano analisi di tipo decisionale, ma i risultati in genere sono espressi in termini di pericolosità relativa quasi sempre, se non sempre, descritti in termini qualitativi.

In generale la successione di informazioni da raccogliere e da riprodurre in termini cartografici, quale viene prevalentemente seguita nella preparazione delle carte della pericolosità da fenomeni franosi, è la seguente:

1. Cartografia di base (1 Livello) - Le informazioni ed i dati di base che descrivono l'ambiente fisico sono raccolti e riportati in carte specifiche quali: carte topografiche, geologiche (del basamento, strutturali, degli affioramenti), della vegetazione, idrologiche (piovosità, drenaggio), idrogeologiche, geotecniche; esse contengono inoltre profili, risultati di prove di campagna e di laboratorio, osservazioni dirette. Esse non comprendono alcuna sintesi od interpretazione delle informazioni raccolte e sono spesso riunite in una singola carta (Carta geologico-tecnica). A queste si aggiungono le carte di zonazione e microzonazione sismica e di distribuzione degli epicentri sismici nel caso di pericolosità da frane sismo-indotte. Le procedure di digitalizzazione e di trattamento dei dati offrono un'ampia gamma di possibilità per la raccolta e la rappresentazione cartografica dei dati di base e, quindi, questo tipo di cartografia risulta alquanto sviluppato.
2. Carte inventario (2 Livello) - Sono sviluppate a partire dalle carte di 1 Livello: la condizione di pericolo (frane esistenti o potenziali, ad esempio) viene identificata e descritta, il che comporta sia la raccolta di ulteriori informazioni sia la realizzazione di modelli di tipo deterministico. La valutazione della condizione di pericolo è generalmente qualitativa, venendo a mancare alcuni aspetti e dati strettamente quantitativi come ad esempio il volume, la profondità, la velocità ed i percorsi delle masse in movimento o la determinazione dell'intensità sismica e della risposta sismica locali.
3. Carte della pericolosità (3 Livello) - In queste carte l'evento potenziale (pericolo) e la sua probabilità di accadimento devono essere combinati. Tuttavia, allo stato attuale, la pericolosità viene per lo più espressa in termini qualitativi (ad esempio: nulla, bassa, alta, molto alta) e la stima della probabilità risulta essere fondamentalmente generica e soggettiva mentre dovrebbe essere definita in modo più preciso e quantitativo, possibilmente correlando le probabilità di accadimento con le reali e specifiche condizioni dell'ambiente fisico in esame (probabilità condizionali).

### 3. RISULTATI ATTESI

Le U.O. del GNDCI che si sono interessate del particolare tema inerente i rapporti tra fenomeni franosi e terremoti hanno sviluppato nel corso degli ultimi anni molti degli aspetti riguardanti lo studio del comportamento in condizioni sismiche di singoli versanti costituiti da differenti mezzi geologici con risultati che possono essere considerati anche statisticamente significativi. Sono ancora invece in corso studi e ricerche sui metodi e le procedure da adottare per la realizzazione di carte della pericolosità, in particolare da fenomeni di instabilità sismo-indotti: esse dovrebbero delineare le aree caratterizzate da differenti valori della probabilità di accadimento dell'evento, ma in pratica sono realizzate per zone specifiche ed utilizzando metodi soggettivi con il risultato che esse forniscono effettivamente indicazioni qualitative sulla pericolosità relativa della zona esaminata. D'altro canto, queste carte e le correlate carte del rischio, che tengono conto delle potenziali conseguenze (ad esempio in termini di perdite di vite umane e/o di beni), costituiscono la base indispensabile per la pianificazione territoriale e per la gestione delle situazioni di emergenza da parte della Protezione Civile. In effetti, le società sviluppate richiedono un sempre maggior livello di previsione e protezione rispetto ai rischi naturali e solo una consistente politica di prevenzione del rischio può dare una risposta soddisfacente in termini di sicurezza pubblica e di

sviluppo territoriale, politica che comporta: i) la valutazione del rischio; ii) la definizione e l'implementazione di misure per la riduzione del rischio sia preventive che di preparazione e di gestione delle situazioni di crisi.

Per quel che riguarda i fenomeni di instabilità sismo-indotti la ricerca dovrà indirizzarsi con particolare riguardo alla valutazione quantitativa della pericolosità ed alla realizzazione di carte dell'intensità dei fenomeni franosi sismo-indotti, per entrambe le quali è necessario sviluppare ed approfondire i seguenti aspetti:

- la valutazione probabilistica dei futuri terremoti in termini di magnitudo e di frequenza;
- la definizione di intensità del fenomeno franoso sismo-indotto;
- l'espressione dell'intensità del fenomeno franoso sismo-indotto in funzione della magnitudo e della distanza per una certa condizione dell'area in esame;
- la misura della suscettibilità dell'area in esame.

La ricerca dovrà pertanto indirizzarsi alla realizzazione di carte a piccola scala dell'intensità dei fenomeni franosi sismo-indotti ed i principali temi possono esser individuati principalmente nei seguenti:

1. riconoscimento e definizione dei processi di degradazione delle resistenze disponibili in conseguenza di sollecitazioni cicliche;
2. analisi statistica degli eventi storici: incidenza, intesa come localizzazione e frequenza, ed intensità storiche dell'evento sismico e franoso;
3. definizione e misura dell'intensità dell'evento franoso sismo-indotto (volume coinvolto, superficie interessata, percorso e/o distanza raggiunta dalla massa in movimento, numero di frane in un certo sito, etc.);
4. generalizzazione spaziale delle intensità storiche;
5. localizzazione e determinazione delle aree potenzialmente instabili tramite analisi probabilistiche, utilizzando ad esempio la probabilità di superamento di un certo valore di intensità come mezzo per tener conto dei differenti tempi di ritorno di eventi di diversa intensità in modo che quelli meno frequenti diminuiscano la pericolosità;
6. inserimento dei meccanismi di innesco in condizioni statiche o dinamiche, la cui conoscenza porta alla comprensione della componente temporale e conseguentemente alla costruzione di modelli probabilistici utili a: i) definire una funzione di distribuzione nel tempo dei probabili fenomeni; ii) descrivere nello spazio e nel tempo i fenomeni che generano la pericolosità; iii) gestire le situazioni di crisi e sviluppare modelli di previsione o di pre-allerta dell'accadimento di un certo fenomeno;
7. determinazione e caratterizzazione delle probabili traiettorie delle masse in movimento, cioè della propagazione spaziale dell'evento franoso, determinando le leggi di comportamento in condizioni dinamiche e preparando database relativi agli eventi storici;
8. utilizzazione di metodi di indagine e di analisi bi- e tridimensionali;
9. metodi di strutturazione dei dati alle differenti scale per fornire risposte operative ai problemi della gestione del territorio, di preparazione e gestione delle crisi e di informazione preventiva;
10. utilizzazione dei moderni mezzi di gestione e di scambio dei dati e delle informazioni per renderli facilmente disponibili (GIS, Internet, etc.).

## Sottoprogetto DEMAL

### 1. OBIETTIVI, PROBLEMI APERTI, STATO DELL'ARTE, RISULTATI ATTESI

Con l'espressione "Deformazioni Gravitative Profonde di Versante" (Deep-Seated Gravitational Slope Deformations – Malgot, 1977) si indicano, a partire dagli anni '70, movimenti di versante coinvolgenti grandi masse di roccia in grandi catene montuose, già in precedenza segnalati da numerosi autori (ad es. Von Engelen, 1963; Jahn, 1964; Zischinsky, 1969), non facilmente inquadrabili fra le comuni frane e in massima parte interpretabili come risultato di deformazioni viscosi (depth creep, Ter-Stepanian, 1974; gravitational creep, Voight, 1978).

Numerosi esempi di manifestazioni di questo tipo sono stati segnalati dalla letteratura internazionale (che non si riporta per brevità) nelle principali catene dell'orogenesi alpina (Alpi, Carpazi, Caucaso, Himalaya, Montagne Rocciose, Ande e sistemi montuosi circumpacifici, come Giappone e Nuova Zelanda). Anche se alcune delle citazioni si possono in realtà ricondurre alle tradizionali classificazioni delle frane (ad es. Varnes, 1978), rimangono da considerare numerosi fenomeni di deformazioni gravitative a grande scala, secondo meccanismi differenti e per i quali non sempre è identificabile una compiuta superficie di scorrimento (per raggiunte condizioni di equilibrio plastico limite).

In particolare, sono da intendersi come Deformazioni Gravitative Profonde di Versante (DGPV) tutti quei fenomeni caratterizzati da:

coinvolgimento di volumi rocciosi a scala di versante (per uno spessore rilevante rispetto all'altezza del pendio), con spostamenti modesti rispetto allo spessore coinvolto (Crescenti et al., 1994);

formazione alla sommità del pendio di trincee, in molti casi con sdoppiamento della cresta (von Engelen, 1963; Sackungen, Zischinsky, 1969; Ter-Stepanian, 1974; Savage & Varnes, 1987), a seguito di raggiunte condizioni di equilibrio limite della zona attiva;

deformazioni per incurvamento degli strati (fauchage degli autori francesi) e rigonfiamento alla base del versante (valley cambering; valley-bottom bulging) anche in assenza di vere e proprie rotture nella parte inferiore del pendio (spesso non direttamente osservate, oppure mal interpretate in letteratura); in questi casi si può ammettere che la resistenza della massa rocciosa sia interamente mobilitata solo nella porzione superiore del versante, mentre nella parte rimanente della potenziale superficie di scorrimento il grado di mobilitazione della resistenza è ancora inferiore all'unità e si dovrebbe più correttamente parlare di deformazioni pre-rottura.

A tali tipologie (classiche DGPV) si possono aggiungere:

- i fenomeni di espansione laterale delle creste, in assenza di una superficie di scorrimento alla base (Jahn, 1964);
- tutti quei fenomeni a cinematismo complesso e composito, a prevalente espansione laterale (Cancelli & Pellegrini, 1987; Cancelli et al., 1992), in gran parte associati ad ammassi rocciosi formati da litotipi a differente competenza (Canuti et al., 1990; Cancelli & Casagli, 1995), per i quali non è possibile riconoscere una vera propria superficie di scorrimento, ma una complessa banda di deformazioni plastiche nei litotipi pelitici basali.

In Italia, le DGPV formano oggetto di studio da parte di numerosi ricercatori. In massima parte riuniti nel Gruppo Informale CNR Deformazioni Gravitative Profonde di Versante, che si riunisce periodicamente per seminari di studio con pubblicazione di volumi (Sorriso-Valvo, 1984, 1987, 1989; Crescenti & Sorriso-Valvo, 1995) ed escursioni scientifiche. Il gruppo ha anche pubblicato un volume, presentato in occasione della 7<sup>th</sup> International Conference IAEG (Lisbona, 1994), contenente un'ampia raccolta bibliografica corredata da case-histories, estesa all'intero territorio nazionale. L'indagine ha preso in esame:

i fenomeni di DGPV (definiti come in precedenza);

frane vere e proprie, ma di grandi dimensioni, caratterizzate da elevate deformazioni e dalla presenza di una ben definita superficie di scorrimento, la cui dinamica (talvolta con evoluzione catastrofica) si giustifica tenendo conto dell'effetto scala e di una rilevante riduzione dell'attrito apparente (Crescenti et al., 1994).

Entrambe le categorie di fenomeni sono ben rappresentate nel territorio nazionale (Arco alpino, Appennino settentrionale, centrale e meridionale, Sicilia ed anche Sardegna).

Per quanto riguarda il grado di pericolosità geologica ed il conseguente rischio per la popolazione, per le infrastrutture e per i beni esposti al rischio, si può affermare quanto segue:

- in generale, le aree sede di DGPV sono interessate da movimenti a velocità assai ridotta (in fase di creep primario) o addirittura non valutabile alla scala di una generazione umana;
- per le DGPV vere e proprie, la velocità di deformazione è funzione del grado di mobilitazione della resistenza lungo la superficie di scorrimento potenziale; per elevati valori del grado di mobilitazione non si può escludere che talune situazioni possano subire un'evoluzione in fase di creep terziario ed arrivare ad una rottura generalizzata, come dimostrato dall'esistenza (in regioni alpine ed anche appenniniche) di grandi ammassi di frana originatisi per evoluzione di

antiche DGPV in frane a carattere catastrofiche; tali fenomeni possono comportare anche perdite di vite umane;

- i fenomeni complessi e compositi a prevalente meccanismo di espansione laterale sono generalmente soggetti a riattivazioni parziali, per ribaltamento o per scorrimento dei blocchi di roccia competente sul substrato pelitico; tali riattivazioni, a cinematismo generalmente lento, possono comportare conseguenze soprattutto per le infrastrutture e per la capacità d'uso del territorio.

In tutti i casi di temuta evoluzione negativa di una DGPV, la valutazione del grado di pericolosità. Della possibile magnitudo e del conseguente rischio richiederà:

- monitoraggio (topografico dei movimenti del versante);
- indagini geologiche, idrogeologiche, geotecniche e geomeccaniche;
- analisi di stabilità, in particolare con metodi che tengano conto dei legami costitutivi e delle deformazioni.

## 2. BIBLIOGRAFIA

- Cancelli, A. & Casagli N. (1995) Classificazione e modellazione di fenomeni di instabilità in ammassi rocciosi sovrapposti ad argilliti o argille sovraconsolidate. Atti del IV Seminario Deformazioni Gravitative Profonde di Versante, Chiusi della Verna (AR), Maggio 1993, Mem. Soc. Geol. Ital., vol. 50, 83-100
- Cancelli, A. & Pellegrini, M. (1987). Deep-seated gravitational deformations in the Northern Apennines, Italy. Proc. 5<sup>th</sup> ICFL, Australia & New Zealand, Aug. 1987, 1, 8
- Cancelli, A., Chinaglia, N. & Mazzoccola, D. (1992) Fenomeni di espansione laterale nell'Appennino Settentrionale. Seminari su Movimenti Franosi e metodi di stabilizzazione, Università della Basilicata, Potenza, Gennaio-Marzo 1991, CNR-GNDCl, Pubbl. n. 481, 43-68.
- Canuti, P., Casagli, N., Garzonio, C.A. & Vannocci, P. (1990) Lateral spreads and landslide hazards in the Northern Apennine: the example of Mt. Fumaiolo (Emilia Romagna) and Chiusi della Verna (Tuscany). Proc. 6<sup>th</sup> Intern. Congr. IAEG, Amsterdam, Aug. 1990, vol. 3, 1525-1533
- Crescenti, U. & Sorriso-Valvo, M, eds. (1995) Atti del IV Seminario del Gruppo Informale CNR Deformazioni Gravitative Profonde di Versante, Mem. Soc. Geol. Ital., vol. 50
- Crescenti, U., Dramis, F., Prestininzi, A. & Sorriso-Valvo, M., eds. (1994) Deep-seated Gravitational Slope Deformations and Large-scale Landslides in Italy. Gruppo Informale CNR Deformazioni Gravitative Profonde di Versante e Università G. D'Annunzio, Pescara, 71 pp.
- Engelen, von G.B. (1963) Gravity tectonics in the North-Western Dolomites (North Italy). Geologica Ultraiectina, vol. 13, 1-92
- Jahn, A. (1964) Slopes morphological features resulting from gravitation. Zeitschrift fur Geomorphologie. Supp Band 5, 59-72
- Malgot J. (1977) Deep-seated gravitatioonal slope deformation in neovolcanic mountain ridges of Slovakia. Bull. IAEG, 16, 106-109

## PROGETTO COST – VULNERABILITÀ DELLE AREE COSTIERE

### 1. OBIETTIVI

Secondo il Ministero dei Lavori Pubblici (1982), su di un totale di 3263 km di spiagge, 1387 erano in erosione; secondo uno studio di poco più recente (La Monica e Landini 1983) il 5% delle spiagge italiane è in accrescimento, il 45% in netto arretramento ed il restante 50% stabile, ma a seguito di interventi di difesa operati a mare. Ancora più recentemente (1990) Dal Cin ipotizzava che l' 80-90% delle spiagge alluvionali fosse in arretramento, o che lo fossero state in tempi recenti, prima degli estesi e massicci interventi di difesa.

In questa condizione di generalizzato stato di arretramento e di altrettanto generalizzati interventi di difesa al di fuori di un piano organico, e spesso eseguiti sotto la spinta di comunità locali più che per reale ed accertata necessità, diviene fondamentale definire quali siano i tratti di litorali



realmente a rischio, sia per la elevata pericolosità che per la vulnerabilità; e a tal fine è indispensabile la collaborazione tra Ingegneria (idraulica, costruzioni marittime, civile) e Geologia (sedimentologia, geomorfologia, geomeccanica se si prendono in considerazione anche le coste alte). Il livello di rischio, infatti, può essere determinato soltanto se si considera l'entità dell'erosione costiera, la variazione del livello marino, la possibilità di episodiche inondazioni, l'assetto morfologico della spiaggia (ampiezza ed altezza della spiaggia; presenza, altezza ed ampiezza della fascia dunare), ecc...

In definitiva è necessario stabilire i diversi gradi di pericolosità e di vulnerabilità di singoli litorali o tratti di litorale sulla base di molti dati che consentano di stabilire l'evoluzione futura del litorale (avanzamento/arretramento, innalzamento/abbassamento).

Una volta definiti i tratti, un secondo obiettivo (da perseguire congiuntamente fra geologi e ingegneri delle costruzioni marittime) sarà quello di individuare le opere più idonee ad abbassare il livello di rischio nel rispetto, per quanto possibile, dell'ambiente e della fruibilità dei litorali a fini sociali.

Raggiunta una reale conoscenza della vulnerabilità locale e dell'entità degli interventi atti a mitigarla, sarà anche possibile valutare se non sia preferibile, ove possibile, un trasferimento in altra sede degli elementi a rischio (ad esempio vie di comunicazione).

Da tutto quanto sopra consegue che gli interventi potranno essere concentrati nelle zone effettivamente a rischio (con notevole risparmio di costi) e saranno, inoltre, quelli più idonei per la specifica zona o lo specifico problema. Tenderanno così a scomparire i così detti "interventi tampone", spesso più dannosi che efficaci e la cui messa in opera è chiaramente dovuta alla non conoscenza dei luoghi e degli eventi capaci di produrre determinati effetti.

La conoscenza delle caratteristiche di vulnerabilità di ciascun tratto, infine, consentirà di programmare con maggior grado di affidabilità la gestione della fasce costiere, in particolare per quanto concerne la loro urbanizzazione e la ubicazione di grandi opere a mare quali porti e pontili di carico e scarico.

Lo studio integrato, la gestione oculata basata sulla conoscenza delle situazioni reali e gli interventi coordinati avranno come ovvia conseguenza un aumento della sicurezza di tutti gli elementi che sul litorale trovano posto (centri abitati, vie di comunicazione, grandi impianti di produzione) e quindi una diminuzione della frequenza e della rilevanza delle emergenze.

## 2. STATO DELL'ARTE E PROBLEMI APERTI

Nei secoli XIX i litorali erano poco antropizzati, coperti da boschi e solcati da fiumi dal libero decorso; di conseguenza le ingressioni marine non portavano alcun danno e quindi erano praticamente inavvertite. Con l'inizio del XX secolo prende l'avvio una radicale trasformazione di queste zone a seguito dello sviluppo del sistema di comunicazione, delle bonifiche, dell'estensione delle colture e, con il miglioramento delle condizioni economiche, della nascita dell'industria turistica.

Proprio il turismo di massa è stato uno dei fattori che più incisivamente hanno trasformato le pianure costiere italiane nell'ultimo cinquantennio; nell'ultimo trentennio tale attività ha comportato la costruzione di nuovi insediamenti sempre più verso mare, sino ad interessare la fascia più prossima alla linea di riva (i cordoni dunari), e talora perfino il retrospiaggia.

All'inizio del '900 l'1,5% dell'intero litorale italiano risultava urbanizzato, a metà del secolo tale percentuale si portava al 15% ed attualmente può essere stimata al 40%. All'urbanizzazione si accompagna, in particolare, un grande sviluppo delle vie di comunicazione. Solo per citare un esempio, le linee ferroviarie di collegamento fra nord e sud del paese corrono tutte lungo le spiagge (spesso sulle spiagge), specialmente in regioni quali le Marche, l'Abruzzo e la Calabria; ciò si traduce in un irrigidimento di tutto il sistema spiaggia e toglie libertà all'ingresso marina sulla spiaggia in occasione di violente mareggiate. Negli ultimi trent'anni alle ferrovie si sono sempre più affiancate strade, autostrade, superstrade e passeggiate varie, con grande sviluppo di stabilimenti balneari e relativi parcheggi. La cementificazione ha comportato necessità di materiale lapideo, che sovente è stato estratto dagli alvei fluviali (in prossimità della foce), quando non direttamente dagli

arenili. Quindi, da una parte si è sottratta al mare libertà di movimenti (anche modesti), dall'altra si è privata la spiaggia del suo naturale nutrimento, ossia i detriti solidi grossolani riversati dai fiumi. Le cause di certi fenomeni vanno quindi ricercate anche a monte e non ci si può limitare all'analisi di parametri puramente costieri.

Da un recente studio (Paskoff 1985) risulta che circa il 70% dei litorali sabbiosi del mondo è in riduzione e solo il 10% può considerarsi in ampliamento.

Ciò evidenzia una tendenza evolutiva generale legata a fenomeni che si manifestano su scala globale, talora ineluttabili, le cui conseguenze sono spesso accentuate da situazioni locali prodotte dall'uomo. Tra i fenomeni generali basta ricordare l'innalzamento del livello medio del mare e le variazioni del regime meteomarinico (aumento della frequenza e/o dell'intensità delle mareggiate). A questi si può aggiungere l'ipotizzato innalzamento della temperatura media del pianeta (con conseguente variazione della dinamica atmosferica); già nella metà dell'800 tale fenomeno determinò una variazione della piovosità e quindi della quantità e qualità dei carichi solidi riversati a mare dai fiumi.

Alla globalità del problema dell'erosione delle spiagge fa riscontro una globalità di attività e tutti i paesi – in particolare quelli del mondo occidentale, ma non solo – si stanno adoperando al fine di individuare le cause "vere" di sofferenza dei diversi tratti di litorale, le linee di azione per una corretta gestione delle fasce costiere, atte ad abbassare il livello di rischio, gli interventi più idonei per la salvaguardia dei beni ubicati nelle zone costiere e della stessa vita umana.

Così, solo per citare due esempi, il Giappone spende in un solo anno 2.400 miliardi per ricerche, salvaguardia e protezione dei litorali e la Spagna ha varato un piano quinquennale stanziando 1.000 miliardi per le sole attività di ricerca. Gli studi sono fondamentalmente diretti in due direzioni: da una parte la corretta gestione (non solo dei litorali, ma anche dei bacini adduttori) per diminuire i fattori di rischio, dall'altra la determinazione delle condizioni meteomarine e le opere più idonee per intervenire nelle zone ove più elevato è il rischio.

Dopo un intenso periodo di attività che risale al primo trentennio del secolo ed un periodo di stasi che è perdurato (con qualche eccezione) per quarant'anni, le ricerche sullo stato e sulla dinamica della fasce litoranee hanno registrato un nuovo sviluppo a partire dal 1970. Contemporaneamente si è passati da analisi fondamentalmente geografico-naturalistiche (comunque di importanza fondamentale per gli studi successivi) ad analisi geologico-idrauliche che cercavano, oltre che di stabilire lo stato dei litorali, di individuarne la tendenza evolutiva e di identificarne le cause, naturali e antropiche, responsabili di tale tendenza. Hanno visto così la luce pubblicazioni, spesso a carattere multidisciplinare, e l'Atlante delle spiagge italiane.

Con l'inizio degli anni '90 si è manifestata la netta percezione che gli studi sino ad allora effettuati presentavano alcune lacune e peccavano di eccessiva teoria, o meglio della mancanza di una ben individuata finalizzazione. Le lacune maggiori stanno nell'aver trascurato i tratti costieri caratterizzati da coste alte a parete subverticale (agli inizi del 1970 il problema della riduzione dei litorali era visto in chiave turistico-balneare e delle vie di comunicazione); la mancata finalizzazione evidenziava semplicemente la carenza di studi di base e, se si vuole teorici, indispensabili per qualsivoglia successiva finalizzazione, ove si presentino condizioni di instabilità il cui rilevamento è particolarmente problematico.

Per quanto riguarda l'attività all'interno del GNDCI, nel passato triennio, nell'ambito della Linea 2, sono state attive 3 Unità operative, di cui una "idraulica", una "geologica" (con lo scopo specifico dell'analisi di situazioni connesse alla presenza di centri abitati sulle coste alte) ed una "geomorfologico-sedimentologica", che raggruppava sedi universitarie sparse su tutto il territorio nazionale e che costituiva la prosecuzione storica degli studi condotti negli anni precedenti.

Dopo un inizio difficile (la normale inerzia di tutte le attività che devono affrontare tematiche e problemi nuovi), nel tempo si è manifestato un netto miglioramento, pur persistendo innegabili difficoltà, in particolare burocratico-amministrative, connesse all'accorpamento di diverse sedi in poche U.O. Poiché le norme amministrative di Istituti e Dipartimenti diversi non sono affatto omogenee, questo ha comportato una certa difficoltà a spendere i contributi assegnati ed in particolare a spenderli con la sufficiente velocità che oggi richiede la trasformazione dei contributi in contratti a scadenza annuale.

Ciononostante diverso lavoro è stato compiuto al fine di raggiungere, nel tempo, gli obiettivi precedentemente delineati. Sono state edite alcune pubblicazioni sulle condizioni meteorologiche in alcune località e su ipotesi metodologiche per la determinazione della vulnerabilità. E' in fase di avanzata elaborazione un modello per la quantificazione dell'ingressione marina prevedibile a seguito dell'innalzamento accentuato del livello del mare; sono a buon punto le indagini tese a valutare fino a che punto un ripascimento con sedimenti grossolani possa sostituire, almeno in certe situazioni, le barriere in massi i cui effetti secondari dannosi sono tutt'altro che trascurabili.

Per l'autunno si prevede di presentare una prima bozza, a scala notevolmente ridotta e del tutto preliminare, di una carta che, unendo le conoscenze idrauliche, geologiche e delle costruzioni marittime, delinea la situazione di vulnerabilità se non di tutta la costa nazionale, quantomeno di buona parte di essa. Tale cartografia, caratterizzata da una leggenda assai semplice e snella, non sarà certo conclusiva, ma vuole rappresentare un primo passo su cui lavorare (e dettagliare) ed un primo ausilio a chi è preposto a definire priorità di interventi, valutando le emergenze.

Il panorama nazionale delle ricerche in questo campo è completato dall'attività di ricerca sui litorali che si svolge fundamentalmente presso alcune sedi storiche nate nel 1970 nell'ambito del Programma Speciale CNR "Conservazione del suolo" e quindi sviluppatesi, come esperienza e come numero, nell'ambito dei P.F. Conservazione del suolo – S.P. "Dinamica dei litorali" e dei Progetti CUN di interesse nazionale (ex 40%).

Tali sedi sono i Dipartimenti di Scienze della Terra dell'Università di: Genova, Trieste, Ferrara, Firenze, Roma, Napoli, Bari, Catania e presso il Dipartimento di Geografia dell'Università di Padova. Più recentemente hanno iniziato a lavorare e sono in pieno sviluppo unità di ricerca presso i Dipartimenti di Scienze della Terra dell'Università di Cagliari e Chieti.

In campo internazionale, la situazione vede la maggior parte delle nazioni costiere europee ancora oggi prive di un programma nazionale (o statale/federale o regionale) per la gestione della fascia costiera; i diversi aspetti sono gestiti da leggi settoriali ed organismi diversi.

L'unica nazione organizzata sono gli U.S.A. con un organismo federale che detta le linee guida ed agenzie statali e locali strutturate in una sorta di assetto piramidale. Tra gli altri vanno segnalati: la California Coastal Zone Conservation Commission (responsabile per il Californian Coastal Plan) e organismi simili per altri stati rivieraschi, il Coastal Engineering Research Center del Department of the Army che fissa le linee guida generali, essenzialmente per la realizzazione di opere di protezione, il Federal Office of Coastal Zone Management (U.S. Department of Commerce) e l'U.S. Coastal Guard.

Come detto, in altre nazioni il panorama è assai composito.

In Danimarca, le autorità regionali (14 contee) sono per legge responsabili della pianificazione e gestione di fasce costiere ed acque interne. In Germania vi è una organizzazione più che altro scientifica: la German Organization for the Advancement of Interdisciplinary Coastal Science. In Spagna, il problema coste è gestito dal Ministero LL.PP. tramite un'apposita struttura che effettua e commissiona studi e ricerche: tale Ministero ha varato il recente "Piano coste" in atto. In Francia, il problema è gestito dal Ministero dell'Ambiente tramite l'Agence du Litorale, non operante direttamente, ma che propone attività ed interventi da finanziare con fondi ministeriali. In Giappone, è intenzione del Governo lanciare un piano nazionale di zonazione costiera per uno sviluppo sostenibile ed armonico; il controllo del rispetto del piano sarebbe poi affidato ad autorità locali. Al 1996 tuttavia, non se ne era fatto nulla e le competenze erano assai suddivise. In Olanda il tutto è affidato al Dutch Public Works che nel 1970 lanciò il programma "Coastal Research Programme" e nel 1982 un nuovo Programma chiamato "Coastal genesis". In Svezia è attivo lo Swedish Marine Resources Commission, che tuttavia si interessa piuttosto del mare aperto che dei problemi costieri. In Gran Bretagna, le competenze sono suddivise tra l'Agenzia per l'ambiente (manutenzione di opere eseguite), il Ministero Agricoltura, Foreste, Pesca (pianificazione e finanziamento tramite un'apposita sezione) e le autorità locali. In Portogallo esiste un Istituto per la Conservazione della Natura, che si occupa essenzialmente di riserve naturali, mentre la competenza specifica sui problemi costieri è divisa in vari Ministeri.

### **3. RISULTATI ATTESI**

Accertamento dello stato attuale delle conoscenze attraverso l'inventario di:

- a) dati ondametrici per distinti tratti di litorale;
- b) opere di difesa distinte per tipologia e con accertamento degli effetti prodotti;
- c) stato di erosione delle spiagge e dei tratti di costa alta e quantificazione degli arretramenti.

## PROGETTO CIVIC – CONDIZIONI DI INSTABILITÀ LUNGO LE VIE DI COMUNICAZIONE E NEI CENTRI ABITATI

### 1. OBIETTIVI

L'obiettivo del Tema/progetto consiste nell'inventario e nell'analisi delle condizioni di instabilità dei versanti che coinvolgono il sistema antropico, nei suoi elementi a più elevata esposizione, quali le vie di comunicazione ed i centri abitati.

### 2. STATO DELL'ARTE E PROBLEMI APERTI

In altri paesi, europei ed extra-europei, esistono diversi esempi di iniziative analoghe a quella proposta, sia portate avanti in modo autonomo da singoli istituti di ricerca, che patrocinate da organizzazioni ministeriali.

In Francia è ben noto il Progetto PER (Plan d'Exposition aux Risques) (DRM, 1985), che ha continuato l'attività del precedente Progetto ZERMOS (Zones Exposées à des Risques liés aux Mouvements du Sol et du sous-sol) (HUMBERT, 1976; ANTOINE, 1977). Il Progetto prende in considerazione diversi tipi di rischio geologico, frane, valanghe, esondazioni e terremoti. Per quanto riguarda i fenomeni franosi il Progetto prevede il censimento dei movimenti di versante, il loro inserimento in banche dati e la redazione di una serie di documenti cartografici, a diversa scala, per la valutazione delle condizioni di pericolosità e di rischio. Lo scopo finale del Progetto è la stesura di Carte del Rischio a grande scala (1:10000 - 1:5000) che vengono utilizzate dagli amministratori del territorio per la preparazione del Piano di Esposizione al Rischio (PER); quest'ultimo è parte integrante dei documenti di Pianificazione Urbanistica e regola l'uso del territorio.

In Gran Bretagna gli organismi di pianificazione del territorio del Ministero dell'Ambiente (British Planning System) ha promosso un progetto di ricerca sull'incidenza dei fenomeni di instabilità dei versanti sulla pianificazione urbanistica e sugli aspetti legali ed economici ad essi connessi (GSL, 1987; BROOK, 1991). Il Ministero dell'Ambiente ha inoltre commissionato un censimento dei fenomeni franosi a livello nazionale finalizzato allo studio della distribuzione dei fenomeni, alla individuazione di situazioni di pericolo imminente e alla scelta dei criteri di intervento.

In Svezia lo Swedish Geotechnical Institute (SGI) e lo Swedish Council for Building Research hanno promosso la costituzione di una Commissione sui Fenomeni Franosi sotto il patrocinio della Accademia Svedese delle Scienze (VIBERG, 1988). Tale commissione è incaricata del coordinamento delle ricerche sui fenomeni franosi e dell'elaborazione di adeguati sistemi informativi per la raccolta e l'elaborazione dei dati ed il trasferimento delle conoscenze. Il Governo svedese ha inoltre stanziato fondi per la salvaguardia di centri abitati instabili ed istituito un Servizio Nazionale di Protezione Civile (Rescue Service) per l'intervento in situazioni di pericolo imminente (AHLBERG et alii, 1988). Le normative nazionali per l'Edificabilità e la Pianificazione del Territorio (Planning & Building Act) prevedono la redazione di carte della pericolosità per quanto riguarda i fenomeni franosi.

In Svizzera non è presente un Progetto a livello nazionale, ma sono state intraprese diverse iniziative da singoli istituti di ricerca, come il Progetto DUTI (Detection et Utilisation des Terrains Instables) del Politecnico di Losanna (DUTI, 1983).

Negli Stati Uniti lo studio delle catastrofi naturali in generale, e dei fenomeni franosi in particolare, è competenza del U.S. Geological Survey, il quale agisce attraverso commissioni e working groups, che prendono in considerazione i diversi aspetti del rischio geologico. Per quanto riguarda le frane l'U.S. Geological Survey ha elaborato proprie metodologie per la valutazione della pericolosità (BRABB, 1984; USGS, 1982), ha sviluppato le conoscenze sullo studio di dettaglio, geomorfologico

e geotecnico, dei fenomeni, ed ha intrapreso la sistematica raccolta dei dati per la costituzione di una banca dati nazionale (National Landslide Information Center).

Il Giappone sono stati attivati diversi centri di ricerca sulle catastrofi naturali, quali il DPRI (Disaster Prevention Research Institute), la JSL (Japan Society of Landslides) o la NCLC (National Conference of Landslide Control). L'attività di tali centri si è concentrata soprattutto allo studio delle relazioni fra fenomeni franosi ed attività sismica e sui meccanismi di innesco e propagazione di fenomeni franosi a cinematica rapida.

Per quanto riguarda progetti sovra-nazionali la 42<sup>a</sup> Assemblea Generale della Nazioni Unite ha designato l'ultimo decennio del secolo (1990-2000) come Decennio Internazionale per la Riduzione dei Disastri Naturali. In questo contesto è stata costituita nell'ambito dell'UNESCO una Commissione delle Società Geotecniche Internazionali per il censimento mondiale dei fenomeni franosi (Working Party on World Landslide Inventory WP/WLI) (CRUDEN & DE LUGT, 1990). La Commissione è stata inizialmente formata dalla "Commissione Frane" della International Association of Engineering Geologists (IAEG), dal "Comitato tecnico sulle Frane" della International Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering (ISSMFE) e da membri della International Society of Rock Mechanics (ISRM). Con la costituzione dell'International Union of Geological Sciences il WP/WLI è confluito nel Working Group on Landslide (IUGS/WGL).

Il WP/WLI ha come obiettivo la creazione di una banca dati mondiale delle frane storiche che dovrà costituire la base di riferimento per l'analisi della distribuzione della frane da parte delle strutture delle Nazioni Unite. L'attività del WP/WLI ha condotto alla preparazione di "Metodi Raccomandati" (WP/WLI, 1990) per la descrizione della frane e di "Schede" per l'introduzione nella banca-dati mondiale (CRUDEN & DE LUGT, 1990). Inoltre il WP/WLI prima, e l'IUGS/WGL poi, si sono articolati in diversi comitati per suggerire metodi di classificazione dei diversi aspetti dei movimenti franosi (morfologia, cinematica del movimento, velocità, cause, condizioni geologiche, attività). In particolare recentemente il è stato costituito un comitato sulla "Valutazione del Rischio" (Committee on Risk Assessment).

In Italia le ricerche sull'inventario dei dissesti coinvolgenti il sistema antropico sono state condotte nell'ambito del GNDCI, in stretto rapporto con il Dipartimento della Protezione Civile, e si sono articolate nell'ambito dei due Progetti speciali AVI (Aree Vulnerate Italiane) e SCAI (Studio dei Centri Abitati Instabili). I dati raccolti nell'ambito del primo progetto, derivati sostanzialmente da notizie riportate sui mezzi di comunicazione di massa, sono utilizzabili per scopi statistici sulla distribuzione dei dissesti dei danni sul territorio nazionale. I dati raccolti del progetto SCAI, in parte pubblicati in forma di Atlanti, sono utilizzabili per scopi di Protezione Civile per la previsione e prevenzione dei rischi, in quanto comprendono mappe di dettaglio delle aree instabili nei centri abitati corredate di dati sintetici sulla tipologia del dissesto, sul contesto geologico e geomorfologico, sulle cause del dissesto e sugli interventi di mitigazione del rischio.

Nell'ambito delle attività del GNDCI, oltre agli Atlanti sui centri abitati instabili, è stata pubblicata una monografia sul rischio da frana nei centri abitati della Basilicata (DEL PRETE et alii, 1992) e, in collaborazione con il Servizio Geologico Nazionale, delle "Linee guida per il censimento dei fenomeni franosi e la loro archiviazione" (AMANTI et alii, 1992)

I problemi ancora aperti sullo stato delle conoscenze del dissesto nel Paese si possono ricondurre ai seguenti:

- a) necessità di completare il Progetto SCAI per tutto il territorio nazionale;
- b) necessità di aggiornamento e di gestione dinamica delle informazioni già raccolte;
- c) miglioramento della diffusione delle informazioni.
- d) necessità di estendere il tipo di analisi già sperimentato sui centri abitati ad altri elementi ad alto rischio del sistema antropico, quali le vie di comunicazione.

### **3. RISULTATI ATTESI**

Per completare il quadro globale sui fenomeni franosi a rischio nel Paese è necessario perseguire nell'immediato futuro i seguenti obiettivi:

- a) completamento ed aggiornamento del Progetto SCAI con la pubblicazione degli Atlanti dei Centri Abitati Instabili per tutto il territorio nazionale.
- b) trasferimento delle informazioni raccolte mediante l'uso di sistemi di comunicazione di facile e rapida accessibilità, quali supporti informatici e reti telematiche.
- c) continuazione degli sforzi già intrapresi per uniformare e standardizzare la terminologia tecnica relativa ai fenomeni franosi, le modalità di rappresentazione cartografica, di censimento e di archiviazione dei dati.
- d) estensione delle indagini e del censimento ai fenomeni franosi coinvolgenti il sistema viario attraverso collaborazioni con gli Enti preposti alla sicurezza delle reti stradali e ferroviarie.

#### 4. BIBLIOGRAFIA

- AMANTI M, CASAGLI N, CATANI F, D'OREFICE M, MOTTERAN G (1996) -Guida al censimento dei fenomeni franosi e alla loro archiviazione (versione 1.0). Miscellanea 7, a cura della Presidenza del consiglio dei ministri, Dipartimento dei Servizi Tecnici Nazionali, Servizio Geologico, C.N.R.-G.N.D.C.I. Linea 2, Ist. Pol. Zecca dello Stato, Roma, 109.
- DRM- - Délégation aux Risques Majeurs (1985) - Mise en oeuvre des Plans d'Exposition aux Risques naturels prévisibles. Plan d'Exposition aux risques. Rapport Administratif et technique provisoire. Premier Ministre.
- DEL PRETE M., GIACCARI E. & TRISORIO-LIUZZI G. (1992) - Rischio da frane intermittenti a cinematica lenta nelle aree montuose e collinari urbanizzate della Basilicata. Pubbl. n.841 - GNDCI.
- HUMBERT M. (1976) - Le cartographie en France des Zones Exposées à des Risques liés aux Mouvements du Sol - Cartes ZERMOS. IAEG Bull., 16, 80-82.
- ANTOINE P. (1977) - Rêflexions sur la cartographie ZERMOS et bilan des expériences en cours. BRGM Bull., Sect.III, N.1-2, 9-20.
- BROOK D. (1991) Planning aspects of Slopes in Britain. In: R.J. Chandler (ed.) "Slope Stability Engineering", ICE, London.
- GSL- Geomorphological Service Ltd. (1987) - Review of research into landsliding in Great Britain: National summary and recommendations. Report to the UK Department of the Environment.
- BRABB E.E. (1984) - Innovative approaches to landslides hazard mapping. Proc. IV Int. Symp. on Landslides, Toronto, 307-324.
- CRUDEN D.M. & DE LUGT J. (1990) - The World Inventory of Historic Landslides. Proc. 6th IAEG Congress, Athens.
- DUTI Projet (1983) - Rapport d'activité à fin 1982. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.
- U.S. GEOLOGICAL SURVEY (1982) - Goals and tasks of the landslide part of a ground failure hazard reduction program. U.S. Geological Survey Circular 880, 49pp.
- VARNES D.J. & IAEG Commission on Landslides (1984) - Landslide Hazard Zonation - a review of principles and practice. UNESCO Paris.
- VIBERG (1988) - Inventory of the needs of research on slope stability and landslides in Sweden. Proc. V Int. Symp. on Landslides, Lausanne, 2, 1091-1096

## PROGETTO CODAC – COLATE DETRITICHE E MOVIMENTI DI MASSA LUNGO CORSI D'ACQUA

### Sottoprogetto FLUDET: INNESCO E PROPAGAZIONE DI FLUSSI DETRITICI RAPIDI

### Sottoprogetto DIFLUMM: INTERAZIONE TRA DINAMICA FLUVIALE E MOVIMENTI DI MASSA

## Sottoprogetto FLUDET

### 1. OBIETTIVI, STATO DELL'ARTE, PROBLEMI APERTI, RISULTATI ATTESI

Negli ultimi anni, le problematiche relative alle colate detritiche (debris flow) hanno incontrato un crescente interesse sia da parte di gruppi di ricerca che degli operatori preposti alla gestione del territorio. I debris flow sono, infatti, tra i processi geomorfici più frequenti e distruttivi che colpiscono le aree montane in diversi ambienti morfoclimatici ed i danni che ne derivano sono spesso molto pesanti. In relazione anche alla crescente antropizzazione delle aree montane in diversi paesi, esiste, quindi, l'esigenza di mettere a punto dei criteri di identificazione delle aree a rischio da debris flow e di definizione delle misure di difesa.

Il panorama internazionale delle ricerche sulle colate detritiche si presenta complesso e articolato, ciò è anche conseguenza delle particolari caratteristiche di questi fenomeni, che presentano caratteristiche intermedie fra le frane ed i processi di trasporto solido torrentizio.

Negli Stati Uniti l'U.S. Geological Survey sta portando avanti un progetto per la valutazione della pericolosità da debris flow su tutto il territorio nazionale sviluppando tecniche di monitoraggio real-time per la sorveglianza di aree particolarmente esposte e avere la possibilità di interrompere la circolazione lungo strade ed evacuare gli abitati più soggetti a questa tipologia di dissesto. Parallelamente viene effettuata una intensa attività di sensibilizzazione della popolazione mediante la diffusione di depliant e brochure in cui vengono evidenziati quali sono i rischi e quali i comportamenti da tenere in occasione di violenti nubifragi.

In ambito europeo sono stati attivati numerosi progetti di ricerca per indagare sui vari aspetti del problema: nell'ambito del programma Environment della CE sono stati sviluppati studi sulla reologia delle colate detritiche e sulla loro modellazione fisica e matematica (Università di Bologna, Firenze e Trento). Negli stessi progetti hanno trovato collocazione anche attività di monitoraggio delle colate detritiche in bacini alpini, ad opera dei CNR IRPI di Torino e di Padova (Torrente Moscardo, Alpi Carniche) e dell'Università di Padova in collaborazione con il CNR IRPI di Padova (Canalone di Acquabona, Dolomiti).

Anche la comunità scientifica italiana ed in particolare alcune Unità Operative del Gruppo Nazionale per la Difesa dalla Catastrofi Idrogeologiche ha condotto studi su queste fenomenologie in particolare nell'ambito delle linee 1, 2 e 3, anche attraverso un progetto interlinea (ARA-COD), che coinvolge U.O. delle linee 1 e 3. Le ricerche sulle colate detritiche svolte nell'ambito del GNDCI hanno interessato i principali aspetti di rilevanza applicativa: valutazione dell'impatto delle colate su strutture, mappatura delle zone a rischio, caratterizzazione dei fenomeni mediante rilievi di campagna, valutazione della magnitudo e della frequenza dei fenomeni mediante fotointerpretazione, analisi di documenti storici e indagini morfometriche. Si rammenta inoltre una monografia che fornisce un esauriente stato dell'arte delle ricerche sui debris flow, con particolare riguardo agli studi sviluppati in Giappone (Seminara e Tubino, 1993).

Per quanti riguarda i contributi forniti dalle U.O. della Linea 2 vi sono da segnalare i lavori condotti sul fenomeno di debris flow di Borca di Cadore in provincia di Belluno (Panizza et al. in stampa) e altre ricerche che hanno indagato le modalità di trasporto solido nelle fiumare calabre (anche se può essere discutibile chiamare quei fenomeni debris flow)(Guerricchio et al. 1995; 1996). Importanti per la comprensione delle modalità evolutive di questi fenomeni sono anche le attività



di ricerca svolte a seguito di eventi alluvionali particolarmente intensi che, specie nelle zone alpine, implicano anche l'insacco di processi di debris flow.

Per quanto attiene alla produzione scientifica nazionale su questo tema meritano menzione, tra le tante pubblicazioni, i seguenti lavori: Arattano e Savage, 1994; Arattano et al., 1997; Armanini, 1997; Deganutti e Scotton, 1997; Scotton e Armanini, 1993 Guzzetti e Cardinali, 1991.

Fra i numerosi problemi relativi allo studio delle colate detritiche che necessitano di approfondimenti, i seguenti si segnalano per i rilevanti riflessi applicativi:

- Valutazione del volume dei materiali che possono essere depositati durante un singolo evento (magnitudo) e della frequenza dei fenomeni;
- Delimitazione delle aree a rischio nelle zone di deposizione delle colate detritiche;
- Scelta e definizione delle misure strutturali e non strutturali per l'attenuazione del rischio da debris flow (Monitoraggio e contromisure).

Questi problemi, fra loro evidentemente interconnessi, sono, in parte, già oggetto di ricerca nell'ambito del GNDCI.

Nel prossimo anno appare proponibile una prosecuzione della raccolta di dati su magnitudo e frequenza delle colate detritiche in zone dove questa è già stata intrapresa (ad esempio i bacini montani dell'Italia Nord-orientale), nonché l'avvio della raccolta dati in altre regioni. Si sottolinea che l'elaborazione di tali dati storici, intrinsecamente imprecisa in quanto basata su campioni solitamente di piccole dimensioni, può fornire solo indicazioni di larga massima per la quantificazione dei fenomeni. Anche queste valutazioni approssimative appaiono comunque di notevole interesse nel guidare la scelta delle misure di attenuazione.

Per quanto attiene alle metodologie per la delimitazione delle aree a rischio nelle zone di deposizione delle colate detritiche, appare ragionevole prevedere la continuazione di quanto avviato nel progetto ARA-COD. Di particolare interesse risulta l'interfacciamento delle ricerche del GNDCI con la redazione delle carte del rischio idrogeologico iniziata o in fase di avviamento in diverse regioni.

Per quanto riguarda le misure di attenuazione, uno studio critico delle soluzioni adottate o da adottare in riferimento ad alcuni debris flow avvenuti in anni recenti, anche in bacini oggetto di misure sperimentali, potrebbe rivestire notevole interesse in vista del trasferimento delle conoscenze ad altre aree. In particolare, un tema meritevole di attenzione è costituito dai sistemi di allarme che iniziano ad essere installati ed utilizzati nella regione alpina per contribuire alla sicurezza della viabilità in corrispondenza dell'attraversamento di torrenti interessati da colate detritiche: aspetti tecnici e implicazioni gestionali meritano di essere approfonditi al fine di indirizzare e promuovere questo tipo di intervento.

Una parte del sottoprogetto sarà inoltre dedicata al tema del preannuncio delle frane ad innesco pluviale.

Molti movimenti franosi sono innescati da eventi meteorici che a seconda dei casi possono avere andamento temporale diverso. Il meccanismo di innesco dipende ovviamente da molti fattori che caratterizzano i terreni, le falde eventualmente presenti, le modalità di precipitazione: ad esempio precipitazioni di brevissima durata con intensità molto elevata possono produrre l'attivazione di soil slips di limitate dimensioni, mentre piogge persistenti con intensità modeste e comunque non diverse dal tasso di infiltrazione possono mettere in crisi versanti interessati da movimenti franosi che coinvolgono più profondi livelli stratigrafici.

La comprensione dei meccanismi che conducono all'attivazione del movimento franoso è importante non solo per predisporre le necessarie misure di consolidamento, ma anche per attivare idonei interventi di protezione civile.

La ricerca si propone di: i) modellare alla scala di versante i fenomeni che regolano l'insacco pluviale dei fenomeni franosi, considerando le diverse situazioni che possono determinarsi in ambienti geologici e climatici diversi; ii) ricostruire con il maggior dettaglio possibile eventi accaduti nel passato per verificare la plausibilità dei modelli proposti; iii) identificare legami di tipo empirico tra precipitazioni e probabilità di movimenti franosi che consentano di valutare quest'ultima grandezza solo sulla base delle piogge misurate o stimate; iv) realizzare sistemi di preannuncio dei

movimenti franosi che utilizzino in modo integrato reti di monitoraggio, modelli di preannuncio e modelli di intervento di protezione civile.

Per i temi trattati il progetto presenta forti caratteri di intersettorialità e coinvolge competenze geologiche, geotecniche, idrologiche, idrauliche.

## 2. BIBLIOGRAFIA

- Arattano M., Savage W.Z. (1994): "Modelling debris flows as kinematic waves"; Bulletin of the IAEG, no 49, 95-105.
- Arattano, M., Deganutti, A.M., Marchi, L., 1997: Debris Flow Monitoring Activities in an Instrumented Watershed of the Italian Alps. Water Resources Engineering Division / ASCE - Proceedings of the First International Conference on Debris-flow Hazard Mitigation: Mechanics, Prediction, and Assessment, San Francisco, CA, Aug. 7-9, 1997, 506-515.
- Armanini, A., 1997: On the dynamic impact of debris flows. Lecture Notes in Earth Sciences, no. 64, Armanini and Michiue, eds., Springer Verlag, Berlin, 208-226.
- Deganutti, A.M., Scotton, P., 1997: Yield stress of a granular material. Water Resources Engineering Division / ASCE - Proceedings of the First International Conference on Debris-flow Hazard Mitigation: Mechanics, Prediction, and Assessment, San Francisco, CA, Aug. 7-9, 1997, 270-278.
- Guerricchio A., Bruno F., Mastromattei R., Minasi E. e Ronconi M.L., 1995. Centri abitati instabili in Calabria-grandi frane -debris flows, fenomeni di alluvionamento ed erosione marina a Bagnara Calabra (Calabria tirrenica meridionale). Quad. Geol. Appl., 1, 205-217.
- Guerricchio A., Melidoro G. e Ronconi M.L., 1996. Sorgenti e modalità del trasporto solido negli alvei delle fiumare calabre e suo significato geologico. Mem. Soc. Geol. It., 51, 863-885.
- Scotton, P., Armanini, A., 1993. Effect of bed roughness on debris flow. XXV IAHR Congress, Tokyo, Vol. B, paper 1222.
- Seminara G, Tubino M., 1993: Debris flows: meccanica, controllo e previsione. CNR - GNDCI, 284 pp.
- Guzzetti F., Cardinali M., 1991: Debris-flow phenomena in the Central Apennines of Italy. Terra Nova, 3, 619-627.

## Sottoprogetto DIFLUMM

### 1. OBIETTIVI

La ricerca ha come oggetto in particolare lo studio dei processi gravitativi che si verificano in corrispondenza di sponde o rilevati arginali ovvero dei movimenti di massa si trovano in stretta relazione con i fenomeni della dinamica fluviale.

L'instabilità di alvei fluviali è un problema comune a molti corsi d'acqua italiani, dove diversi fattori (variazioni di uso del suolo, estrazioni di inerti, dighe) hanno causato una fase di incisione e conseguenti fenomeni di instabilità delle sponde. Questi ultimi sono responsabili di danni ad infrastrutture o perdite di terreni adiacenti agli alvei e di una conseguente alimentazione di grandi volumi di sedimenti ai tratti di valle del sistema fluviale con eventuali fenomeni di sedimentazione e pericolo di esondazione connessi.

L'instabilità delle opere di attraversamento, l'alterazione dei rapporti fiume-falda, la perdita di habitat acquatici, gli effetti negativi nei confronti del regime della vegetazione delle zone riparie, così come la caduta ed il successivo trasporto di grandi quantità di vegetazione arborea in seguito ad erosione delle sponde ed i conseguenti effetti in termini di fenomeni localizzati di esondazione, sono altre molteplici conseguenze derivanti dalle condizioni di instabilità di un sistema fluviale.

Esiste pertanto una crescente esigenza di mettere a punto metodologie per l'identificazione e l'analisi delle condizioni di instabilità, che siano in grado di individuare i tratti più instabili nel sistema fluviale, prevedere le condizioni di innesco e l'entità dei processi, le possibili tendenze

evolutive, accertare e valutare il modo in cui i fenomeni di instabilità possano interagire con infrastrutture e altre attività umane. L'attenzione crescente verso gli effetti spesso negativi ed imprevisti indotti dalle tecniche tradizionali di sistemazione idraulica sta nel frattempo portando ad un crescente interesse verso metodi alternativi di gestione e ristabilizzazione di alvei, nell'ambito dei quali un contributo fondamentale è rappresentato da un approccio basato sulla interpretazione ed analisi dei processi in atto e delle possibili tendenze evolutive.

## 2. STATO DELL'ARTE E PROBLEMI APERTI

Nei casi in cui l'allargamento dell'alveo rappresenti il tipo di variazione morfologica dominante, le condizioni di instabilità delle sponde vengono analizzate in dettaglio attraverso metodi di analisi geotecnica, in quanto l'evoluzione delle sponde si verifica principalmente attraverso movimenti di massa (THORNE, 1982). In particolare sono stati sviluppati modelli di analisi per i principali meccanismi di rottura nelle sponde quali:

scivolamenti planari e rotazionali (LOHNES & HANDY, 1968; THORNE, 1982; HUANG, 1983; OSMAN & THORNE, 1988; SIMON et alii, 1991; DARBY & THORNE, 1996)

crolli e ribaltamenti (THORNE & TOVEY, 1981; THORNE, 1982)

rotture da sifonamento (HAGERTY, 1991).

La maggior parte dei metodi di analisi di stabilità delle sponde fino ad oggi applicati sono basati sulla meccanica dei terreni saturi. Solo di recente è stato analizzato in dettaglio il ruolo delle variazioni di suzione nelle sponde e delle conseguenti variazioni di coesione apparente sulle condizioni di stabilità della sponda (CASAGLI & RINALDI, 1995; CASAGLI et alii, 1996, 1997, MASETTI, 1998; RICHARDS et alii, 1998).

Fra le attività più direttamente connesse con i problemi di Protezione Civile un ruolo particolarmente rilevante svolge il monitoraggio, inteso come controllo puntuale dell'evoluzione del dissesto nelle sponde finalizzato alla calibrazione di modelli previsionali.

Oltre ai metodi tradizionali di monitoraggio topografico sono stati proposti metodi innovativi basati su sistemi di cellule fotoelettriche per determinare l'arretramento della sponda (LAWLER, 1991, 1992) e su sensori piezo-tensiometrici e TDR per monitorare il regime delle pressioni interstiziali e le variazioni di contenuto d'acqua nella zona satura e non satura (CASAGLI et alii, 1996, 1997).

Il principale problema aperto è rappresentato dalla necessità di implementare un modello per l'analisi accoppiata idraulica-geotecnica del corso d'acqua per permettere la previsione dei dissesti spondali tenendo conto delle complesse interazioni fra livelli idrometrici, pressioni interstiziali, erosione fluviale, movimenti di massa e bilancio di sedimenti.

Nell'ambito del GNDCI le condizioni di instabilità delle sponde in alvei fluviali sono analizzate dall'U.O.2.14 trattando i seguenti aspetti.

Applicazione di metodi di analisi geotecnica. Uno dei principali risultati di questo tipo di analisi consiste nell'ottenimento di relazioni tra altezza e pendenza delle sponde in funzione dei meccanismi di instabilità individuati. Tale analisi è stata condotta considerando le geometrie di una serie di sponde di diversi fiumi, a composizione granulometrica relativamente omogenea (sabbioso-limoso), distinte in stabili ed instabili in base alla fase di rilevamento geomorfologico e ad evidenze vegetazionali. Una stima dei parametri di resistenza al taglio per tali materiali è stata ottenuta attraverso una serie di prove in situ (BST: Borehole Shear Tests) e di laboratorio.

Monitoraggio degli effetti della suzione e dei processi di erosione. Al fine di investigare quantitativamente sugli effetti dovuti alle variazioni delle pressioni interstiziali nella porzione non satura di una sponda fluviale è stato avviato un programma di monitoraggio in corrispondenza di una sponda del Fiume Sieve (Toscana). Lo scopo generale della ricerca è quello di indagare sui vari aspetti riguardanti il ruolo delle suzioni e le complesse relazioni tra i differenti processi che contribuiscono alla instabilità di una sponda fluviale. La strumentazione adoperata finora consiste in una batteria di piezo-tensiometri ubicati a diversa profondità, un pluviometro ed un idrometro. Sono in corso di installazione dei sensori TDR (Time Domain Reflectometry), da utilizzare per la misura del contenuto d'acqua e per l'ottenimento della curva caratteristica del terreno. Le dettagliate misure tensiometriche hanno permesso di effettuare una prima analisi della stabilità

della sponda, ed in particolare di calibrare il meccanismo di rottura ed i parametri del terreno sulla base del comportamento della sponda osservato.

Analisi dell'influenza dei processi di erosione della corrente sulla stabilità delle sponde: i processi di erosione causati dalla corrente fluviale sul livello basale della sponda sono spesso la causa di movimenti di massa nella porzione superiore della sponda per un processo di scalzamento al piede. Al fine di valutare quantitativamente le relazioni fra erosione fluviale e movimenti di massa è stato attivato un programma di monitoraggio dei processi erosivi sulla sponda campione del fiume Sieve mediante le seguenti tecniche: a) rilievi della sezione topografica ripetuti nel tempo; b) infissione orizzontale di picchetti metallici; c) ciottoli marcati. I dati ottenuti sono stati utilizzati per valutare gli sforzi di taglio critici per il materiale ghiaioso alla base della sponda per la previsione dei maggiori eventi erosivi alla base della sponda.

### 3. RISULTATI ATTESI

Per quanto riguarda gli sviluppi futuri delle ricerche ed i risultati attesi è prevista la prosecuzione delle attività già in corso, soprattutto nell'ambito dell'U.O.2.14, e l'estensione della ricerca ad altri corsi d'acqua rappresentativi delle diverse condizioni geomorfologiche sul territorio nazionale. In particolare i dati raccolti durante il monitoraggio verranno utilizzati per la calibrazione di modelli per la previsione della distribuzione delle pressioni interstiziali all'interno della sponda durante gli eventi di piena.

L'applicazione di un modello idraulico-geotecnico per l'analisi accoppiata dei processi di erosione della corrente e della stabilità geotecnica della sponda permetterà di verificare le mutue interrelazioni fra i due processi di destabilizzazione.

### 4. BIBLIOGRAFIA

- CANUTI P., CASAGLI N. & RINALDI M. (1998) - Unsaturated flow and mechanisms of failure of a streambank during flow events. 8th Congress of the International Association of Engineering Geology and the Environment, Vancouver Sept. 1998. Balkema, Rotterdam.
- CASAGLI N. & RINALDI M. (1995) - Meccanismi di instabilità delle sponde nell' alveo del Fiume Sieve (Toscana). Quaderni di Geologia Applicata, Pitagora, Bologna, 1/1995, 227-236.
- CASAGLI N., CURINI A., GARGINI A., RINALDI M. & SIMON A. (1997) - Effects of pore pressure on the stability of streambanks: preliminary results from the Sieve river, Italy. Conference on Management of Landscapes Disturbed by Channel Incision. May 20-22, 1997 - Oxford, Mississippi USA. (Pubbl. CNR-GNDCI n.1572).
- CASAGLI N., CURINI A., GARGINI A., RINALDI M. (1997) - Monitoring of streambank instability processes. IV International Conference on Geomorphology. Bologna, Aug.-Sept. 1997. Submitted to "Earth Surface Processes and Landforms"
- DARBY S.E. & Thorne C.R. (1996) - 'Development and testing of river-bank stability analysis', Journal of Hydraulic Engineering, 122, 8, 443-454.
- HAGERTY D.J. (1991) - Piping/sapping erosion. I: Basic considerations. Journal of Hydraulic Engineering, 117, 8, 991-1008.
- HUANG Y.H. (1983) - Stability Analysis of Earth Slopes, Van Nostrand Reinhold Company, New York, p. 305.
- LAWLER D.M. (1991) - A new technique for the automatic monitoring of erosion and deposition rates., Water Resources Research, 27, 2125-2128.
- LAWLER D.M. (1992) - Process dominance in bank erosion systems. In: Carling, P.A., Petts, G.E. (Eds), Lowland Floodplain Rivers: Geomorphological Perspectives, Wiley, 117-143.
- LOHNES R.A. & HANDY R.L. (1968) - Slope angles in friable loess. Journal of Geology, 76, No.3, pp.247-258.
- OSMAN A.M. & THORNE C.R. (1988) - Riverbank stability analysis. Part I: Theory. Journal of the Hydraulics Division, American Society of Civil Engineers, 114, 125-150.

- RINALDI M. & CASAGLI N. (1997) – Stability of streambanks and effects of negative pore water pressures: the Sieve River (Italy). Submitted to "Geomorphology".
- SIMON A., WOLFE W.J. & MOLINAS A. (1991) - Mass-wasting algorithms in an alluvial channel model. Proceedings of the 5th Federal Interagency Sedimentation Conference, Las Vegas, Nevada, 2, 8-22 to 8-29.
- THORNE C.R. & TOVEY N.K. (1981) - Stability of composite river banks. *Earth Surface Processes and Landforms*, 6, 469-484.
- THORNE C.R. (1982) - Processes and mechanisms of river bank erosion. In R.D.Hey, J.C.Bathurst and C.R.Thorne (ed.) "Gravel-bed Rivers", Wiley, Chichester, 227-271.

PROGETTO PRERIF – CRITERI DI PREVISIONE E MISURE DI PREVENZIONE  
DEL RISCHIO DI FRANA E DEI RISCHI INDOTTI  
Sottoprogetto TEVAS – TECNICHE DI VALUTAZIONE E STRATEGIE DI  
MITIGAZIONE DEL RISCHIO DI FRANA  
Sottoprogetto RIFRAS – ANALISI DEL RISCHIO INDOTTO E SCENARI DI  
EVENTO: LE FRANE DI SBARRAMENTO

## Sottoprogetto TEVAS

### 1. OBIETTIVI

L'obiettivo del Tema/Progetto è la ricerca di criteri e metodologie standardizzate per le attività di previsione e prevenzione del rischio nonché per la gestione delle emergenze.

### 2. STATO DELL'ARTE E PROBLEMI APERTI

Un'ampia descrizione dello stato dell'arte sulla previsione e prevenzione è stata recentemente pubblicata nell'ambito del GNDCI (CANUTI & CASAGLI, 1996).

La "previsione del rischio" comprende "le attività dirette allo studio ed alla determinazione delle cause dei fenomeni calamitosi, alla identificazione dei rischi ed alla individuazione delle zone del territorio soggette ai rischi stessi" (art.3 L.225/1992).

La previsione del rischio di frana prevede di norma la realizzazione dei seguenti documenti cartografici.

- a) carta della pericolosità: in cui si realizza una zonazione completa del territorio sulla base della probabilità di occorrenza dei fenomeni franosi presenti, passati o potenziali;
- b) carta del danno potenziale: in cui si realizza una zonazione del territorio sulla base delle conseguenze potenziali dei fenomeni franosi sugli elementi a rischio tenendo conto in maniera combinata della vulnerabilità di questi ultimi e dell'intensità dell'evento temuto;
- c) carta del rischio: in cui si ottiene una zonazione del territorio sulla base delle conseguenze attese dei fenomeni franosi (danno atteso) sugli elementi a rischio.

Per un'analisi completa del rischio con costi accettabili è necessario procedere per livelli di approfondimento successivo. Ad ogni livello di indagine corrisponde una diversa scala di realizzazione della cartografia tematica ed un diverso grado di dettaglio dei dati e delle informazioni prese in esame.

Per quanto riguarda le attività di previsione, la comunità scientifica nazionale ed internazionale ha definito con sufficiente completezza i criteri ed i metodi relativi ai seguenti punti:

- a) tipologia dei dati di base sullo stato di natura che è necessario raccogliere (es. DTM, litologia, uso del suolo, idrogeologia) e sulle modalità e la scala delle rappresentazioni;
- b) previsione spaziale della pericolosità, ovvero zonazione del territorio in classi con diverso grado di pericolosità relativa sulla base dell'elaborazione cartografica dei dati raccolti nelle carte tematiche di base.

A questo proposito a livello nazionale si possono citare le "linee guida" redatte dal Gruppo Nazionale Geografia Fisica e Geomorfologia (GNGFG, 1987) e dal Servizio Geologico Nazionale (AMANTI et alii, 1992).

I problemi ancora aperti relativi alla previsione del rischio si possono ricondurre ai seguenti punti:

- a) valutazione dell'intensità degli eventi franosi, ovvero della severità geometrica e meccanica dei fenomeni attesi, e dei rapporti intensità-frequenza necessari per una completa valutazione della pericolosità e della vulnerabilità;

- b) previsione temporale della pericolosità, ovvero valutazione della ricorrenza (o del tempo di ritorno) degli eventi sulla base dell'analisi delle serie storiche relative agli eventi e alle loro maggiori cause di innesco (precipitazioni, oscillazioni piezometriche, sismi);
- c) valutazione della vulnerabilità (ovvero del grado di danno) per le diverse tipologie di elementi a rischio e per le diverse intensità dell'evento temuto;
- d) parametrizzazione del valore degli elementi a rischio.

La "prevenzione" del rischio comprende le "attività volte ad evitare o ridurre al minimo la possibilità che si verifichino danni conseguenti agli eventi calamitosi anche sulla base delle conoscenze acquisite per effetto dell'attività di previsione" (art.3 L.225/1992). Le attività di prevenzione dovrebbero essere predisposte per tutte le zone in cui il rischio risulti socialmente non tollerabile.

Sono possibili in generale le seguenti strategie di prevenzione del rischio:

- a) interventi strutturali per ridurre la pericolosità (es. intervenendo sulle cause predisponenti della franosità, mediante opere di bonifica e di sistemazione idrogeologica del territorio, oppure direttamente sui fenomeni franosi esistenti mediante opere di stabilizzazione).
- b) interventi non strutturali per ridurre l'esposizione degli elementi a rischio (es. evacuazione di aree instabili e trasferimento dei centri abitati franosi; interdizione o limitazione dell'espansione urbanistica in zone instabili; definizione dell'utilizzo del suolo più consono per le aree instabili);
- c) interventi strutturali o non strutturali per ridurre la vulnerabilità (es. consolidamento e rinforzo degli edifici; misure di protezione quali reti o strutture paramassi; messa a punto di sistemi di monitoraggio e di allarme; organizzazione di piani di emergenza e di soccorso).
- d) aumento delle soglie di rischio socialmente accettabile (es. attività di informazione alla popolazione, polizze assicurative di copertura dei danni).

Per quanto riguarda le attività di prevenzione del rischio la ricerca scientifica ha provveduto in passato alla definizione di standard progettuali e "interventi-tipo" che possono trovare applicazione per le diverse tipologie di fenomeno franoso e di bene esposto a rischio. Fra i tanti manuali tecnici sull'argomento, degno di nota è il volume "Mesures de prévention" predisposto nell'ambito del Progetto PER dalla Délégation aux Risques Majeurs del Governo francese (DRM, 1985; 1987).

I problemi maggiore che si riscontrano nella realizzazione pratica degli interventi di prevenzione possono essere ricondotti ai seguenti punti.

- 1) scelta delle priorità di intervento;
- 2) controllo di qualità sugli interventi di mitigazione adottati;
- 3) scelta della strategia di intervento con migliore rapporto costi/benefici.

Per quanto riguarda la pianificazione e la gestione dell'emergenza in situazioni di crisi lo stato dell'arte sull'argomento nell'ambito della comunità scientifica è piuttosto carente e frammentario. I contributi maggiori della ricerca scientifica in passato hanno riguardato i seguenti punti:

- a) sistematica descrizione di casi di studio che possono fornire la chiave di interpretazione di eventi futuri, durante le fasi di emergenza;
- b) messa a punto di sistemi di monitoraggio strumentale che possono costituire sistemi di preannuncio o di allarme.

I problemi applicativi che necessitano di maggiori approfondimenti e ricerche specifiche sembrano essere i seguenti:

- a) standardizzazione e validazione di metodologie per la formulazione di scenari di evento per la programmazione delle attività nelle fase di emergenza;
- b) standardizzazione e calibrazione di modelli di preannuncio basati sui dati del monitoraggio.

Risultati incoraggianti per quanto riguarda parte dei "problemi aperti" sopra menzionati, relativi a tutte e tre le fasi di Protezione Civile (previsione, prevenzione, emergenza) sembrano essere ottenibili mediante l'applicazione dei metodi della Teoria delle Decisioni (EINSTEIN, 1988; WU et alii, 1997).

L'utilizzo della analisi bayesiana può rappresentare il metodo più opportuno per combinare le informazioni sulla ricorrenza temporale degli eventi con quelle sulla zonazione degli effetti e delle cause della franosità, parametrizzate attraverso opportune funzioni di verosimiglianza.

L'impiego delle funzioni di utilità ha trovato applicazione per l'analisi della vulnerabilità e del rischio, e sembra essere promettente anche per la scelta delle strategie di prevenzione e di gestione dell'emergenza.

### 3. RISULTATI ATTESI

I problemi aperti nel campo della previsione e prevenzione del rischio a frana sono molteplici e complessi, per cui il progetto prevede l'incentivo ed il sostegno alle ricerche sull'argomento, attraverso l'analisi di casi di studio o la sperimentazione di nuove tecnologie. Per quanto riguarda queste ultime utili risultati possono essere conseguiti dall'applicazione di:

- a) tecniche e metodi della Teoria delle Decisioni, descritte al punto precedente;
- b) tecniche e metodi dell'Intelligenza Artificiale, quali i "sistemi esperti" che possono essere impiegati sia per l'analisi del rischio che per il supporto alle scelte dei pianificatori;
- c) Sistemi Informativi Geografici e reti telematiche per il rapido aggiornamento ed trasferimento delle informazioni.

Come risultati minimi del progetto si prevedono i seguenti prodotti:

- a) pubblicazione, sia su supporto cartaceo che su rete telematica, di un manuale sullo stato dell'arte relativo ai "metodi di previsione e prevenzione del rischio da frana" aggiornato con gli ultimi contributi della Comunità scientifica nazionale e internazionale.
- b) pubblicazione, sia su supporto cartaceo che su rete telematica, di un manuale tecnico sulle "misure di prevenzione del rischio da frana", che rappresenti l'aggiornamento delle "Mesures de prévention" francesi.
- c) pubblicazione di casi di studio sull'applicazione delle metodologie di previsione spaziale e temporale del rischio da frana, sulle strategie di mitigazione del rischio, sulla definizione degli scenari di evento e dei relativi piani di emergenza.

### 4. BIBLIOGRAFIA

- AMANTI M., CARRARA A., CASTALDO G., COLOSIMO P., GISOTTI G., GOVI M., MARCHIONNA G., NARDI R., PANIZZA M., PECCI M. & VIANELLO G. (1992) – Linee guida per la realizzazione di una cartografia della pericolosità geologica connessa ai fenomeni di instabilità dei versanti alla scala 1:50.000. Versione Preliminare. Presidenza del Consiglio dei Ministri. Servizio Geologico. Progetto CARG 53pp.
- CANUTI P. & CASAGLI N. (1996) – Considerazioni sulla valutazione del rischio di frana. Atti del Convegno "Fenomeni franosi e centri abitati". Bologna, 27 Maggio 1994. CNR-GNDCI – Regione Emilia-Romagna. 29-130. (CNR-GNDCI Pubbl. n.846).
- CANUTI P. & CASAGLI N. (1996) – I Piani di Previsione e prevenzione del rischio di frana. Atti del Convegno "Protezione Civile", PROCIV Ferrara 10-14 Aprile 1996.
- CANUTI P. & CASAGLI N. (1997) – Previsione e prevenzione del rischio di frana. Accademia Nazionale dei Lincei. Atti dei Convegni Lincei n.134. "La Stabilità del Suolo in Italia: Zonazione sismica – Frane". Roma, 30-31 Maggio 1996. 47-58.
- DRM- - Délégation aux Risques Majeurs (1985) – Catalogue de mesures de prévention , Mouvements de Terrains. Plan d'Exposition aux risques. Rapport Administratif et technique provisoire. Premier Ministre. 443 pp.
- DRM- - Délégation aux Risques Majeurs (1987) – Mesures de prévention. Mouvements de terrain. Plan d'Exposition aux risques. Ministère de l'Environnement. Direction de l'Eau et de la Prévention des Pollutions et des Risques. La Documentation Française. 529pp.
- EINSTEIN H.H. (1988) – Special Lecture: Landslide risk assessment procedure. Proc. 5<sup>th</sup> Int. Symp. On Landslides, July 1988, Lausanne. In: C. BONNARD (ed.) "Landslides", 2, 1075-1090.
- GNGFG (1987) – Cartografia della pericolosità connessa ai fenomeni di instabilità dei versanti. Boll. Soc. Geol. It., 106: 199-221.



WU T.H., TANG W.H. & EINSTEIN H.H. (1996) – Landslide hazard and risk assessment. In: "Landslides: Investigation and Mitigation". Transportation Research Board. National Research Council. Special Report 247. National Academy Press, Washington. Chap.6, 106-118.

## Sottoprogetto RIFRAS

### 10BBIETTIVI

Il termine "frana di sbarramento" comprende quei movimenti di versante che hanno determinato l'ostruzione, totale o parziale, di aste fluviali, causando la formazione di un invaso a monte. Gli sbarramenti (landslide dam) possono, in qualche caso, rimanere in vita anche migliaia di anni dando luogo alla formazione di laghi di sbarramento (landslide-dam lakes). Più frequentemente essi vengono erosi dopo un tempo relativamente breve dalla loro formazione, per tracimazione o erosione interna. Secondo l'inventario a scala mondiale presentato da COSTA & SCHUSTER (1988) nell'85% dei casi le dighe da frana collassano dopo un anno dalla loro formazione e il 50% dopo soli 10 giorni.

Le frane di sbarramento costituiscono una delle principali fonti di rischio per la pubblica incolumità. Alla pericolosità connessa con l'evento franoso si devono infatti aggiungere due principali condizioni di pericolosità indotta, o derivata: quelle connesse con l'inondazione della zona a monte dello sbarramento, in conseguenza della formazione del lago di sbarramento, e quelle connesse con la possibile rottura della diga di frana che comporta l'improvviso rilascio di un'onda di piena "anomala" a valle della sezione sbarrata.

Oltre che per finalità di Protezione Civile lo studio degli sbarramenti da frana offre anche altri, importanti, risvolti applicativi, come la possibilità di valutare direttamente i tassi di interrimento dei bacini sbarrati nonché il tipo di evoluzione geomorfologica e sedimentologica del corso d'acqua (es. abbassamento e corazzamento del fondo a valle dello sbarramento). Tali informazioni costituiscono dati di fondamentale importanza per la progettazione e la valutazione di impatto ambientale nel caso di dighe artificiali ed altre opere idrauliche.

L'interesse scientifico e di Protezione Civile per tali fenomeni deriva principalmente dalla necessità di prevedere, in tempi brevi, la possibile evoluzione dei fenomeni di sbarramento per la programmazione delle attività di mitigazione del rischio e pianificazione delle emergenze.

Questa esigenza si è accentuata durante gli ultimi anni in conseguenza di una serie di fenomeni calamitosi che hanno interessato il territorio nazionale (San Costantino, Calabria 1972; Val di Pola, Lombardia 1987; San Benedetto Val di Sambro, Emilia 1994; Biferno, Molise 1994). In tali occasioni è stata rilevata l'inadeguatezza delle conoscenze scientifiche relativamente a tali fenomeni, dovuta alla mancanza di una serie di dati storici abbastanza ampia da permettere previsioni su base statistica.

Negli ultimi anni si è cercato di ovviare a questo problema tramite la realizzazione di specifici progetti interlinea nell'ambito del GNDCI, in raccordo con istituzioni di ricerca internazionali quali l'U.S. Geological Service e il Japanese Disaster Prevention Research Institute, che maggiormente si sono occupati degli aspetti geologici connessi a tali fenomeni.

### 2. STATO DELL'ARTE E PROBLEMI APERTI

L'analisi delle rotture degli sbarramenti naturali viene spesso effettuata mediante l'applicazione dei modelli idraulici di dam breaching che vengono normalmente applicati allo studio delle dighe in materiali sciolti artificiali. Una rassegna critica sui metodi oggi disponibili per la valutazione delle condizioni di rottura delle dighe in materiali sciolti è stata recentemente pubblicata dalla Linea 1 del GNDCI (MACCHIONE & SIRANGELO, 1992). Spesso tuttavia l'applicazione di tali metodi per la previsione della rottura delle dighe di frana si rileva problematica a causa delle caratteristiche intrinseche di tali fenomeni, quali l'assenza di selezione granulometrica e di misure di controllo dei

moti di filtrazione, che li differenzino dagli sbarramenti artificiali. Un altro limite connesso all'analisi idraulica deterministica è l'elevata incertezza associata ad alcuni dei parametri fondamentali, quali le caratteristiche granulometriche ed i parametri di resistenza al taglio. Inoltre per finalità di Protezione Civile, in molti casi, data la rapidità di evoluzione dei fenomeni, non si hanno i tempi tecnici necessari alla raccolta dei dati di base richiesti dai modelli idraulici.

Per tali motivi in ambito geologico a livello internazionale ci si è spesso orientati a ricavare modelli previsionali empirici o semi-empirici basati sull'osservazione di casi di studio in aree geologicamente omogenee (SWANSON et alii, 1985; 1986; SCHUSTER, 1986; COSTA & SCHUSTER, 1986). Tali modelli si basano su un ridotto numero di parametri idrologici, geomorfologici e geotecnici e consentono di effettuare previsioni di massima in condizioni di emergenza, che possono essere di seguito affinate con modelli deterministici una volta che sono stati acquisiti i parametri necessari.

Per quanto riguarda il territorio nazionale non esiste al momento una serie storica completa di eventi per l'implementazione di modelli di questo tipo. Tuttavia numerosi casi di sbarramento da frana sono documentati nelle rassegne sui fenomeni franosi di Almagià (1907) e nel data-base AVI del GNDCI.

Negli ultimi anni l'Università di Pavia ha redatto un primo censimento sistematico specificatamente dedicato agli sbarramenti di frana esteso a tutto l'arco alpino (PIROCCHI, 1991). Per quanto riguarda l'Appennino l'U.O.2.14 (CASAGLI & ERMINI, 1997; CANUTI et alii, 1998) ha finora realizzato un primo sistematico censimento dei casi storicamente conosciuti di sbarramenti di frana nel settore settentrionale della catena appenninica, finalizzato non solo a formularne un'ampia casistica ma anche a cercare di stabilire quali siano i parametri da prendere in considerazione, mediante la realizzazione di una apposita scheda di raccolta dati comprendente tutti i parametri utilizzabili nelle successive fasi previsionali come ad esempio caratteristiche morfologiche del bacino idrografico sotteso, dello sbarramento, della frana e del lago, caratteristiche granulometrico-tessiturali della diga, tipo di evoluzione e durata del lago, modalità di brecciatura della diga.

I dati di base, raccolti mediante la consultazione di fonti d'archivio e pubblicazioni scientifiche, il rilevamento di campagna, il telerilevamento da foto aeree e immagini da satellite, sono stati quindi trasferiti in un Sistema Informativo Territoriale.

### 3. RISULTATI ATTESI

Lo sviluppo futuro della ricerca prevede i seguenti punti:

- a) redazione di un manuale, pubblicato sia in forma cartacea che su CD-ROM e su Internet, contenente le linee guida per il censimento degli sbarramenti da frana e la relativa archiviazione su data-base;
- b) completamento del censimento dei fenomeni storici, facendo riferimento alle specifiche definite al punto a), per la catena appenninica nelle regioni centro-meridionali ed insulari.
- c) impiego dei dati raccolti per l'implementazione di un sistema esperto basato su una struttura a rete-neurale, eventualmente integrata con elementi di logica fuzzy per la gestione delle incertezze.

In particolare l'obiettivo finale della ricerca è rappresentato dall'utilizzo del sistema esperto per i seguenti scopi:

- a) stima della probabilità che un corso d'acqua venga sbarrato da una frana, sulla base di parametri di tipo morfologico, idraulico e geotecnico di semplice acquisizione, relativi alla frana, al corso d'acqua ed al bacino idrografico sotteso.
- b) stima della probabilità di rottura di una diga di frana già formata, sulla base di dati relativi allo sbarramento e all'invaso naturale.

Oltre a questa prima applicazione della ricerca il data-base potrà essere eventualmente utilizzato per ricavare dati sul trasporto solido, sui tassi di erosione ed interrimento, e sulle variazioni sedimentologiche del corso d'acqua, utilizzabili per la taratura di modelli idrologico-erosivi a scala di bacino.

## 4. BIBLIOGRAFIA

- CANUTI P., CASAGLI N. & ERMINI L. (1998) – Inventory and analysis of landslide dams in the Northern Apennine as a model for induced flood hazard forecasting. Proc. Congress “From Flooded Areas to Floodable Areas”. CNR-GNDCI & UNESCO International Hydrological Programme. Rome, 17<sup>th</sup> December 1997.
- CANUTI P., FRASSONI A. & NATALE L. (1994) - Failure of the Rio Paute Landslide Dam. *Landslide News*, 8, Aug. 1994, ISSN 0919-5629, Japan Landslide Society, Kyoto.
- CARBONI R., CASAGLI N., IOTTI A., MONTI L., TARCHIANI U. & VANNINI S. (1996) - La Frana di Silla (Gaggio Montano, BO): indagini, interventi e monitoraggio. Convegno Internazionale “La previsione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo della ricerca scientifica”, Alba (CN), 5-7 Novembre 1996, CNR-IRPI.
- CASAGLI N. & ERMINI L. (1997) - Geomorphic analysis of landslide dams in the Northern Apennine. IV International Conference on Geomorphology, Bologna, Aug.-Sept. 1997. Submitted to “Transactions of the Japanese Geomorphological Union”.
- CASAGLI N., IOTTI A. & TARCHIANI U. (1995) - Caratteri geomorfologici e geotecnici della frana di San Benedetto Val di Sambro (BO). Proc. 2° International Meeting of Young Researchers in Applied Geology, Peveragno (CN). Politecnico di Torino. Dipartimento di Georisorse e Territorio. Sez.A, 32-37.
- COSTA J.E. & SCHUSTER R.L. 1988. ‘The formation and failure of natural dams’. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 100, 1054-1068.
- MACCHIONE F. & SIRANGELO B. (1992) - Dighe in materiali sciolti. In: “Valutazione delle onde di piena da rottura di dighe”, CNR-GNDCI, Linea 1. 4, 1-55.
- PIROCCHI A. 1991. Laghi di sbarramento per frana nelle Alpi: tipologia ed evoluzione. Tesi di dottorato inedita, Pavia, p 155.
- PIROCCHI A. 1992. Laghi di sbarramento per frana nelle Alpi: tipologia ed evoluzione. Atti I Conv. Naz. Giovani ricercatori in Geologia Applicata. Gargnano. CUEM, Ric. Sci. Educaz. Perm., Suppl. 93, Milano, 128-136.
- SCHUSTER R.L. (editor) 1986. ‘Landslide dams: Processes risk and mitigation’. American Society of Civil Engineers Geotechnical Special Publication, 3.
- SWANSON F.J., GRAHAM, R. L. & GRANT G. E. 1985. ‘Some effects of Slope Moviments on River Channels’. Proceedings of the International Symposium on Erosion, Debris Flow and Disaster Prevention, Tsukuba, Japan, 273-278.
- SWANSON F.J., OYAGI N. & TOMINAGA M. 1986. ‘Landslide dams in Japan’. In Schuster (ed.): *Landslide dam: Processes risk and mitigation*, American Society of Civil Engineers Geotechnical Special Pub., 3, 131-145.

## PROGETTO MOGEM – MODELLAZIONE GEOTECNICA E MONITORAGGIO PER LA GESTIONE DELL’EMERGENZA E PER LA PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI

### 1. OBIETTIVI, STATO DELL’ARTE, PROBLEMI APERTI E RISULTATI ATTESI

Una corretta gestione dell'emergenza “frane” presuppone la conoscenza del fenomeno e quindi della geometria del corpo di frana, delle caratteristiche geotecniche dei terreni, della cinematica progressiva, delle relazioni fra fattori di innesco e spostamenti, in altri termini del “modello della frana”. Questo quadro di conoscenza è indispensabile per la previsione dell'evoluzione cinematica del fenomeno, fino al collasso.

Il collasso viene qui inteso come un fenomeno “catastrofico”, in cui il corpo di frana è soggetto a forze motrici maggiori di quelle resistenti (il coefficiente di sicurezza del corpo di frana,  $F_s$ , è minore dell'unità), con lo sviluppo di caratteristiche cinematiche (spostamenti, velocità, accelerazione) pericolose per l'incolumità della popolazione.

Nella fase precedente il collasso, il corpo di frana è soggetto a spostamenti di natura deformativa ed eventualmente a scorrimenti lungo una superficie di rottura non ancora emergente sul pendio ( $F_s > 1$ ), con spostamenti che possono essere tollerabili per talune utilizzazioni del pendio.

La strategia con cui si affronta il problema è diversa in dipendenza della destinazione d'uso del pendio e delle caratteristiche dei manufatti che insistono su di esso; in presenza di manufatti fragili (edifici e strutture in cemento armato) si può presentare una situazione di rischio anche per spostamenti modesti, quindi ampiamente prima del “collasso” del pendio; nel caso di pendii non edificati (bacini artificiali, scavi minerari, ...) o interessati da infrastrutture flessibili (strade, acquedotti, elettrodotti, ...) la condizione di rischio è rappresentata dal “collasso”.

In tali casi la previsione dell'evoluzione degli spostamenti del corpo di frana, ed in particolare del tempo in cui si verificherà il collasso, è indispensabile per mantenere in esercizio le opere direttamente o indirettamente minacciate dalla frana.

In altre circostanze l'importanza dei beni minacciati non consente di accettare livelli di rischio elevati per cui è necessario ricorrere ad interventi di stabilizzazione.

Il progetto di questi è uno dei settori di maggiore difficoltà nel campo dell'ingegneria geotecnica per un concorso di fattori quali: la rilevante dimensione dei volumi di terreno coinvolti, la loro natura (spesso prevalgono i terreni strutturalmente complessi), il livello di conoscenze insufficiente rispetto alla complessità del problema, i margini di sicurezza estremamente modesti, la necessità di impiegare risorse finanziarie notevoli spesso in assenza di benefici proporzionati, la mancanza di un quadro generale di informazione in cui collocare i casi per i quali non sono possibili studi ed indagini approfonditi. In ogni caso l'intervento va progettato in modo da conseguire l'incremento di  $F_s$  necessario per raggiungere la condizione cinematica del pendio congruente con la sua utilizzazione.

In conclusione sia per l'emergenza, sia per il progetto degli interventi è necessario conoscere il coefficiente di sicurezza  $F_s$  del pendio e la relazione fra questo e la cinematica, nel campo  $F_s > 1$ .

Di contro l'analisi non è agevole, in quanto soffre di varie incertezze ed approssimazioni, in primo luogo per la difficoltà di definire il modello del terreno in sito, in un panorama geologico complesso e vario come quello italiano.

Anche lo studio di laboratorio ed il controllo delle frane presentano difficoltà.

Come è noto i parametri di resistenza dipendono dalla natura, delle caratteristiche fisiche e mineralogiche del materiale e della sua storia tensionale, e purtroppo non sono univoci in quanto possono variare (in diminuzione) per l'accumulo di deformazioni plastiche, per il rammollimento dovuto a rigonfiamento o per l'alterazione chimica dovuta all'esposizione agli agenti meteorici. Inoltre la naturale eterogeneità della formazione e la frequente presenza di “strutture” rendono il problema ancora più difficile in quanto le proprietà meccaniche della formazione non sono direttamente riconducibili a quelle dell'elemento di volume.

La pressione neutra sulla superficie di scorrimento dipende dalla circolazione delle acque nel sottosuolo, a sua volta legata alle condizioni al contorno del problema, alla permeabilità dei terreni, alla possibile variazione delle tensioni totali (per es. carichi applicati), alle piogge. È quindi un fattore di difficile determinazione.

Inoltre l'analisi di stabilità richiede la conoscenza della superficie di scorrimento: questa risulta parzialmente nota nelle frane in atto, è incognita nelle frane quiescenti e nelle frane potenziali ed in questo caso va ricercata per tentativi.

Per questo insieme di motivi sia per l'emergenza che per il progetto degli interventi è necessaria un'ampia attività di ricerca, prevalentemente sperimentale, in tre condizioni:

- pendii con manufatti di vario tipo ed interessati da fenomeni franosi ( $F_s \geq 1$ ), di cui si disponga di una completa caratterizzazione geologica e geotecnica;
- pendii come i precedenti, ma nei quali siano stati realizzati interventi di stabilizzazione strutturale di cui siano note le caratteristiche;

- campi prove per sperimentare su prototipi d'interventi.

In conclusione la ricerca deve tendere alla definizione di un modello per la previsione del comportamento del pendio e della sua risposta agli interventi di stabilizzazione, in grado di riprodurre il comportamento osservato e da porre alla base di un nuovo approccio progettuale, basato non solo sul miglioramento del margine di sicurezza del pendio, ma soprattutto sulla sua risposta in termini cinematici, ovvero sulla riduzione della velocità di spostamento.

## **2. ATTIVITÀ DI VALUTAZIONE TECNICO-SCIENTIFICA PER IL DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE**

Si propone, per valutare le condizioni di pericolo per la pubblica incolumità, il proseguimento di questa attività in collaborazione con il settore Previsione e Prevenzione del Dipartimento, con modalità sempre passibili di revisione in ottemperanza alle esigenze del Dipartimento stesso.

## **3. UNITÀ OPERATIVE**

Per il 1999 si propone la creazione di una nuova Unità Operativa (2.58, Resp. Chiocchini), oltre alla riattivazione della U.O. 2.47 (Resp. Prestininzi). Inoltre sono state apportate alcune variazioni nella titolarità di alcune UU.OO., allo scopo di venire incontro alle esigenze scientifiche degli Istituti e Centri di ricerca ospitanti. È il caso dell'U.O. 2.4 (nuovo Responsabile Sfondrini), dell'U.O. 2.19 (nuovo Responsabile Musso), dell'U.O. 2.24b (nuovo Responsabile Picarelli), dell'U.O. 2.41 (nuovo Responsabile Cancelli).

L'elenco completo delle UU.OO. per il 1999 è riportato nell'allegata tabella A, nella quale compaiono evidenziate le UU.OO. per le quali non è previsto finanziamento, ma che, compatibilmente con le disposizioni dell'Amministrazione Centrale CNR, dovrebbero proseguire la loro attività scientifica a costo zero.

## **4. FINANZIAMENTI**

Il complesso dei finanziamenti erogati alla Linea 2 per il 1999 assomma a 1438 ML.

I finanziamenti destinati alle UU.OO. attive presso Istituti CNR assommano a 406 ML (Voce A: 74 ML - Voce B: 332 ML), quelli destinati alle UU.OO. facenti capo ad Istituti Universitari e ad altri Enti risultano pari a 1032 ML (Voce A: 151 ML - Voce B: 881 ML) -

Nella tabella B sono riportati in dettaglio i finanziamenti destinati a ciascuna Unità Operativa.

TABELLA A

U.O.	Responsabile - Sede	✉
2.1	Dr. Giorgio Lollino IRPI CNR Bacino Padano	Strada delle Cacce, 73 10135 TORINO
2.2	Dr. Vincenzo Coccolo Reg. Piemonte Serv. Geologico	Piazza S. Giovanni, 4 10122 TORINO
2.3	Prof. Roberto Rossetti D.S.T. Università di Pavia	Via Abbiategrasso, 217 27100 PAVIA
2.4	Dr. Giuseppe Sfondrini CNR C.S. Geod. Alp. e Quat.	Via Mangiagalli, 34 20133 MILANO
2.7	Prof. Alessandro Pasuto Ist. Geol. Appl. alla Pian. Viaria	Corso Stati Uniti, 4 35020 PADOVA
2.8	Dr. Gino Gatto Ist. Din. Grandi Masse CNR	S. Polo, 1364 30125 VENEZIA
2.9	Prof. Maurizio Pellegrini D.S.T. Università di Modena	Largo S. Eufemia, 19 41100 MODENA
2.10	Prof. Edoardo Semenza Ist. Geologia Univ. di Ferrara	Via Ercole d'Este, 32 44100 FERRARA
2.11	Prof. Carlo Elmi D.S.G. Università di Bologna	Via Zamboni, 67 40127 BOLOGNA
2.12	Prof. Alberto Puccinelli D.S.T. Università di Pisa	Via S. Maria, 53 56126 PISA
2.13	Prof. Paolo Roberto Federici D.S.T. Università di Pisa	Via S. Maria, 53 56126 PISA
2.14	Prof. Piero Focardi D.S.T. Università di Firenze	Via G. La Pira, 4 50121 FIRENZE
2.15	Prof. Francesco Dramis D.S.G. Università di Roma Tre	Via Ostiense, 169 00154 ROMA
2.16	Ing. Maceo Giovanni Angeli IRPI CNR Italia Centrale	Via Madonna Alta, 126 06128 PERUGIA
2.17	Dr. Endro Martini Reg. Umbria Amb. e Infrastr.	Piazza Partigiani, 1 06121 PERUGIA
2.18	Prof. Franco Esu D.I.T.S. Univ. La Sapienza	Via Eudossiana, 18 00184 ROMA
2.19	Prof. Antonino Musso D.I.C. Univ. Tor Vergata	Via di Tor Vergata, 110 00133 ROMA
2.21	Prof. Giovanni Valentini D.S.T. Univ. La Sapienza	Piazzale Aldo Moro, 5 00185 ROMA
2.23	Prof. Arturo Pellegrino I.T.F.C.T. Univ. di Napoli	Via Claudio, 21 80125 NAPOLI
2.24 a	Prof. Antonio Vallario D.S.T. Università di Napoli	Largo S. Marcellino, 10 80138 NAPOLI
2.24 b	Prof. Luciano Picarelli D.I.C. II Univ. di Napoli	Via Roma 29 81031 Aversa (CE)
2.25	Prof. Alessandro Guerricchio D.D.S. Univ. della Calabria	Contrada S. Antonello 87040 Montalto U. (CS)
2.26	Prof. Fulvio Zezza I.G.A.G. Univ. di Bari	Via E. Orabona, 4 70125 BARI
2.27	Dr. Silvestro Lazzari Reg. Basilicata Dip. Ass. Terr.	Via Mantova, 79 85100 POTENZA
2.28	Prof. Giulio Barbieri D.I.T. Università di Cagliari	Piazza d'Armi, 16 09123 CAGLIARI

TABELLA A (segue)

U.O.	Responsabile - Sede	✉
2.29	Dr. Luigi Merenda IRPI CNR Italia Mer. e Insul.	Via G. Verdi, 1 87030 Roges di R. (CS)
2.30	Prof. Michele Maugeri I.S.F.A. Università di Catania	Viale Andrea Doria, 6 95125 CATANIA
2.32	Prof. Vincenzo Cotecchia I.G.A.G. Politecnico di Bari	Via E. Orabona, 4 70125 BARI
2.35	Dr. Enrico Carboni Reg. Em. Rom. Ass. Amb.	Via dei Mille, 21 40121 BOLOGNA
2.36	Prof. Antonio Federico Fac. Ing. Univ. di Taranto	Viale del Turismo, 8 74100 TARANTO
2.37	Prof. Mario Del Prete S.G.A.G. Univ. d. Basilicata	Via Anzio, 16- Pal. Auletta 85100 POTENZA
2.38	Prof. Leonardo Cascini D.I.C. Università di Salerno	Via Ponte Don Melillo 84084 Fisciano (SA)
2.40	Dr. Martino Rossi Doria D.I.T.S. Univ. La Sapienza	Via Eudossiana, 18 00184 ROMA
2.41	Prof. Andrea Cancelli D.S.G. II Univ. di Milano	Via Mangiagalli, 34 20133 MILANO
2.42	Prof. Damiano Grassi D.S.G.G.A. Univ. d. Basilicata	Via della Tecnica, 3 85100 POTENZA
2.45	Prof. Rinaldo Genevois D.G.P.G. Università di Padova	Via Giotto, 1 35137 PADOVA
2.47	Prof. Alberto Prestininzi I.G.A. Università di Urbino	Campus Scientifico 61029 URBINO
2.48	Dr. Simonetta Paloscia CNR Ist. Ric. Onde Elett..	Via Panciatichi, 64 50127 FIRENZE
2.50	Prof. Leandro D'Alessandro D.S.T. Università D'Annunzio	Campus U. – Via dei Vostini 66013 Chieti Scalo (CH)
2.51	Prof. Giovanni B. La Monica D.S.T. Università La Sapienza	Piazzale Aldo Moro, 5 Box 11 00185 ROMA
2.52	Prof. Paolo Budetta I.G.A. Università di Napoli	Piazzale Tecchio 80125 NAPOLI
2.53	Prof. Gianmaria Iaccarino C.U.G.RI. Univ. di Na e Sa	Via Ponte Don Melillo 84084 Fisciano (SA)
2.54	Dr. Riccardo Rasà D.F.M. Università di Messina	Salita Sperone, 31 98166 MESSINA
2.55	Prof. Giuseppe Pipitone D.G.G. Università di Palermo	Corso Tukory, 131 90134 PALERMO
2.56	Dr. Giovanni Gullà IRPI CNR Italia Mer. e Insul.	Via G. Verdi, 1 87030 Roges di R. (CS)
2.57	Prof. Maria T. Pareschi CNR C.S. Geol. Str. Din. App.	Via S. Maria, 53 56126 PISA
2.58	Prof. Ugo Chiocchini Di.S.A.F.Ri. Univ. della Tuscia	Via S. Camillo de Lellis 01100 VITERBO

TABELLA B

U.O.	Responsabile	Sede	A	B o B/C	Totale
1	Lollino	CNR Torino	10	48	58
4	Sfondrini	CNR Milano	15	47	62
7	Pasuto	CNR Padova	15	70	85
8	Gatto	CNR Venezia	4	12	16
9	Pellegrini	Univ. Modena	-	25	25
10	Semenza	Univ. Ferrara	-	18	18
11	Elmi	Univ. Bologna	5	15	20
12	Puccinelli	Univ. Pisa	5	17	22
13	Federici	Univ. Pisa	-	34	34
14	Focardi	Univ. Firenze	15	55	70
15	Dramis	Univ. Roma 3	10	30	40
16	Angeli	CNR Perugia	10	38	48
19	Musso	Univ. Roma 2	5	20	25
21	Valentini	Univ. Roma 1	6	35	41
23	Pellegrino	Univ. Napoli	15	55	70
24a	Vallario	Univ. Napoli	4	25	29
24b	Picarelli	Univ. Napoli	5	15	20
25	Guerricchio	Univ. Cosenza	5	22	27
26	Zeza	Univ. Bari	4	22	26
28	Barbieri	Univ. Cagliari	5	13	18
30	Maugeri	Univ. Catania	5	10	15
32	Cotecchia	Univ. Bari	15	45	60
37	Del Prete	Univ. Potenza	5	26	31
38	Cascini	Univ. Salerno	-	34	34
40	Rossi Doria	Univ. Roma 1	4	15	19
41	Cancelli	Univ. Milano	5	13	18
42	Grassi	Univ. Potenza	-	24	24
45	Genevois	Univ. Padova	14	35	49
47	Prestininzi	Univ. Urbino	3	20	23
48	Paloscia	CNR Firenze	4	27	31
50	D'Alessandro	Univ. Chieti	-	45	45
51	La Monica	Univ. Roma 1	10	50	60
52	Budetta	Univ. Napoli	-	23	23
53	Iaccarino	Univ. Salerno	-	83	83
54	Rasà	Univ. Messina	6	22	28
55	Pipitone	Univ. Palermo	-	25	25
56	Gullà	CNR Cosenza	16	68	84
57	Pareschi	CNR Pisa	-	22	22
58	Chiocchini	Univ. Viterbo	-	10	10
	<b>TOTALE</b>		<b>225</b>	<b>1203</b>	<b>1438</b>