

ATTI DEI CONVEGNI LINCEI

134

Convegno

**LA STABILITÀ DEL SUOLO IN ITALIA:  
ZONAZIONE SISMICA-FRANE**

CON IL PATROCINIO DELLA PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI  
DIPARTIMENTO PER LA PROTEZIONE CIVILE  
E DEL MINISTERO  
DELL'UNIVERSITÀ E DELLA RICERCA SCIENTIFICA E TECNOLOGICA

(Roma, 30-31 maggio 1996)



(ESTRATTO)

ROMA  
ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI

1997

ELIANA ESPOSITO<sup>(a)</sup>, ARTURO GARGIULO<sup>(b)</sup>, GIANMARIA IACCARINO<sup>(b)</sup>,  
SABINA PORFIDO<sup>(a)</sup>

## ANALISI DEI FENOMENI FRANOSI IN AREE AD ELEVATA SISMICITÀ IN APPENNINO MERIDIONALE<sup>(\*)</sup>

È stato condotto uno studio sugli eventi franosi indotti dal terremoto irpino del 23.11.1980 (ML = 6.5) che in alcuni casi hanno coinvolto aree urbane provocando danni del tutto paragonabili a quelli del terremoto.

La distribuzione delle frane è coerente con il «pattern» delle isosiste e si evidenzia una concentrazione dei fenomeni nelle aree di maggiore scuotimento e la progressiva diminuzione all'aumentare della distanza dall'epicentro. In termini di Protezione Civile la riattivazione di fenomeni franosi costituisce un ulteriore fattore di pericolo, da valutare considerando l'entità delle strutture abitative coinvolte ed il momento in cui la frana crolla. Da questo punto di vista il patrimonio di dati raccolti è di estremo interesse perché il 30% delle frane risulta mobilizzato non con la scossa principale, ma con un ritardo che si estende fino a 72 ore dal «main shock».

### 1. SISMICITÀ CAMPANO-LUCANA

L'Appennino meridionale è tra le zone a più elevata sismicità della penisola. I terremoti più catastrofici risultano concentrati al confine campano-molisano e tra Campania e Basilicata, nelle aree sismogenetiche del Matese, Sannio, Irpinia e del potentino come risulta evidente dall'analisi comparata sia dei terremoti storici che di quelli attuali (Esposito *et al.*, 1988; Porfido *et al.*, 1988; Alessio *et al.*, 1995).

<sup>(a)</sup> CNR - Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti.

<sup>(b)</sup> Dipartimento di Scienze della Terra - Università degli Studi di Napoli «Federico II» - Largo S. Marcellino, 10. - 80138 NAPOLI (Italia).

<sup>(\*)</sup> Ricerca eseguita con fondi CNR n. 94.0117.

A partire dal IV secolo l'Appennino meridionale è stato interessato da eventi sismici con intensità  $I \geq VIII$  grado della scala MCS. La distribuzione degli epicentri dei terremoti storici e di quelli recenti individua una fascia sismicamente attiva, orientata NW-SE, coincidente con l'asse della catena.

I terremoti storici di maggiore intensità selezionati per questo studio hanno provocato notevoli distruzioni al patrimonio edilizio ed hanno evidenziato il problema grave della instabilità dei versanti.

La ricostruzione dettagliata degli effetti determinati dai terremoti di forte intensità, oltre alla distribuzione del danneggiamento, ha consentito di realizzare le «Carte degli effetti sull'ambiente fisico» su cui sono stati rappresentati i fenomeni naturali descritti dalle fonti storiche. È questo il caso dei terremoti del 1688 (Serva, 1981), del 1805 (Esposito *et al.*, 1987) e del 1857 (Magri e Molin, 1979).

In particolare assume maggiore importanza la riattivazione degli stessi corpi di frana in occasione dei forti terremoti prima citati, come è il caso delle frane di S. Giorgio la Molara, Calitri e Bella (Esposito *et al.*, 1987; Porfido *et al.*, 1989) che sono state rimobilizzate anche dal sisma irpino del 1980.

## 2. CATALOGAZIONE E CLASSIFICAZIONE DEI FENOMENI FRANOSI

Per ricostruire la franosità avvenuta con il sisma del 1980 sono state raccolte, ed analizzate le ricerche pubblicate fino al 1994, utilizzando circa 100 note scientifiche.

I dati provenienti dalla bibliografia sono stati catalogati mediante una scheda computerizzata comprensiva delle caratteristiche del fenomeno franoso, introducendo oltre alle indicazioni relative alla posizione topografica, tipo di movimento (Varnes, 1978), dimensioni ecc., anche i dati di risentimento sismico del sito, ed il tempo di ritardo della riattivazione rispetto alla scossa principale.

In totale sono stati utilizzati 10 campi, articolati in 14 sottocampi, corrispondenti ai dati ed ai parametri esaminati (fig. 1).

Il campo relativo ai parametri sismologici fornisce una sintesi delle principali caratteristiche del terremoto del 23.11.1980 (Postpischl *et al.*, 1985) con riferimento ai parametri in sito come l'intensità macrosismica sia della località epicentrale, che del sito di riferimento, l'accelerazione registrata dalla rete ENEL nelle località più prossime al sito (Berardi *et al.*, 1981) ed i valori del coefficiente di classificazione sismica (Serv. Sism. Naz., 1986).

I dati acquisiti sono stati organizzati in un «data base» che ha consentito di correlare i fenomeni franosi e la loro distribuzione considerando coppie o terne di parametri che utilizzano i diversi sottocampi della scheda.

In questo modo sono state ottenute alcune famiglie di diagrammi, che hanno consentito un'analisi mirata della distribuzione delle frane in funzione delle caratteristiche del terremoto (fig. 2).

Comune:   
Coordinate: Lo

Data:   
COORDINATE EP  
Intensità del sito  
Coefficiente sism

Dimensioni:

TIP DI MOVIMENT

Crollo:   
Scorrimento r  
Scorrimento r  
Colata rapida:  
Altro:

VELOCITA' DI MOV

Estremamente  
Molto rapido:  
Rapido:   
Moderato:   
Lento:   
Molto lento:  
Estremamente

FRANA: TIP

Attuale	neofr
Recente	riatti
Recente	riatti
Recente	riatti

DANNI AI MANUFA

Abitato:  
Gruppo case:  
Casa:

(\*) da POSTPISCH

(\*\*) da GUIDA D., U

(\*) o accelerazione n

(\*) da VARNES D.J

Fig. 1. —

**SCHEDA MOVIMENTI FRANOSI N°:**

---

Comune:  Località:  Provincia:

Coordinate: Longitudine:  Latitudine:

---

**EVENTO SISMICO**

Data:  Località epicentrale:  Intensità epicentrale\*:  MCS Magnitudo\*:

COORDINATE EPICENTRO: Longitudine\*\*:  Latitudine\*\*:

Intensità del sito\*:  MSK Distanza dell'epicentro (km):

Coefficiente sismico\*\*:  Accelerazione del sito\*:

---

**CLASSIFICAZIONE DEL DISSESTO**

**CARATTERISTICHE DEL MOVIMENTO FRANOSO**

Dimensioni: Lunghezza (m):  Superficie (ha):

Larghezza media (m):  Volume (mc):

---

**CONDIZIONI PRECEDENTI L'EVENTO SISMICO**

**TIPDI MOVIMENTO<sup>Δ</sup>:**

Crollo:

Scorrimento rotazionale:

Scorrimento rotazionale + colata:

Colata rapida:

Altro:

**FASE EVOLUTIVA<sup>ΔΔ</sup>:**

A:

B:

C:

D:

**ETA':**

Antica:

Recente:

Attuale:

**STATO DI ATTIVITA' all'ott.'88 (Δ):**

Stabilizzata:

Quiescente:

Attiva:

(Δ): notizia stimata

---

**VELOCITA' DI MOVIMENTO<sup>Δ</sup>:**

Estremamente rapido:

Molto rapido:

Rapido:

Moderato:

Lento:

Molto lento:

Estremamente lento:

**MATERIALE CONVOLTO<sup>ΔΔ</sup>:**

1)roccia incoerente priva di struttura:

2)roccia pseudocoerente + poche intercalazioni roccia coerente:

3)roccia coerente o semicoerente su roccia a minore coesione:

4)roccia pseudocoerente poco o non stratificata:

5)roccia incoerente:

6)roccia semicoerente:

7)roccia coerente e pseudocoerente in alternanza:

8)roccia coerente con sottili interstrati di roccia semi/pseudo:

9)roccia coerente stratificata e/o massiccia:

---

**CONDIZIONI SUCCESSIVE L'EVENTO SISMICO**

**FRANA:** TIPO:

Attuale	neoformazione:	<input type="checkbox"/>
Recente	riattivazione totale:	<input type="checkbox"/>
Recente	riattivazione parziale di nicchia:	<input type="checkbox"/>
Recente	riattivazione parziale di cumulo:	<input type="checkbox"/>

**VELOCITA' DI MOVIMENTO<sup>Δ</sup>:**

**FASE EVOLUTIVA (solo colate)<sup>ΔΔ</sup>:**

**IL FENOMENO E' ATTIVO ANCHE SENZA IL SISMA:**

**LA FRANA SI E' ATTIVATA CON ALTRI TERREMOTI:**

quando:

---

TEMPO INTERCORSO TRA IL SISMA ED IL MOVIMENTO (h):  certo:   
stimato:

**DANNI AI MANUFATTI:**

Abitato: <input type="checkbox"/>	Strada Statale: <input type="checkbox"/>	Autostrada: <input type="checkbox"/>	Galleria: <input type="checkbox"/>
Gruppo case: <input type="checkbox"/>	Strada Provinciale: <input type="checkbox"/>	Ferrovia: <input type="checkbox"/>	Viadotto/Ponte: <input type="checkbox"/>
Casa: <input type="checkbox"/>	Strada Comunale: <input type="checkbox"/>		

(<sup>Δ</sup>): da POSTPISCHL et AL., (1965) "Atlas of Isoseismal Maps of Italian Earthquake". (<sup>Δ</sup>) Catalogo dei Terremoti Italiani dell'anno 1000 al 1980;  
(<sup>ΔΔ</sup>): da GUIDA D., IACCARINO G. (1982); (<sup>ΔΔ</sup>): da Atlante della Classificazione Sismica del territorio nazionale (1986) Ist. Pol. e Zecca di Stato;  
(<sup>Δ</sup>): o accelerazione registrata dalla rete ENEL della località più vicina, da BERARDI et ALII, (1981); (<sup>ΔΔ</sup>): da AMADESI et ALII, (1977);  
(<sup>Δ</sup>): da VARNES D.J., (1978);

Fig. 1. — Scheda-archivio per la catalogazione dei fenomeni franosi riattivati da terremoti.

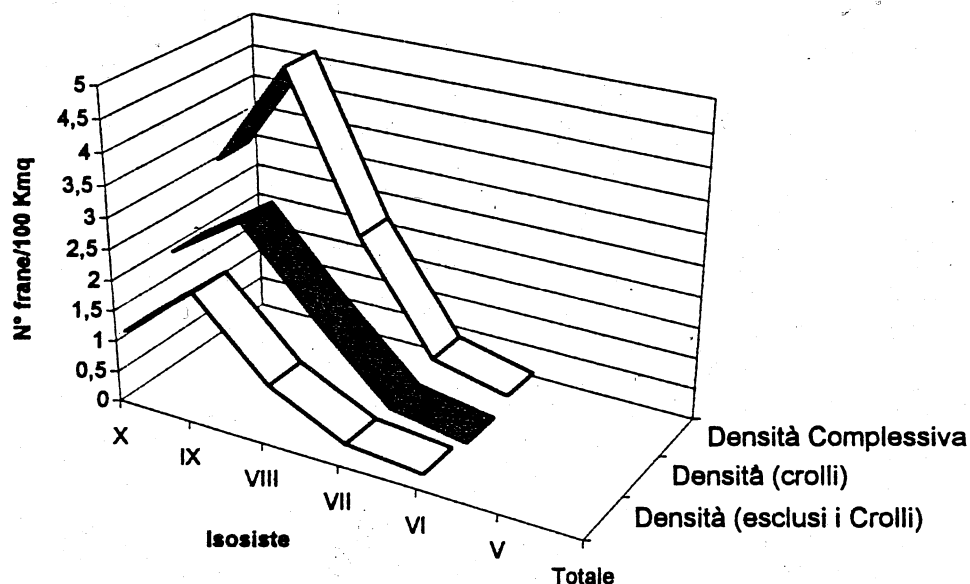


Fig. 2. — Densità dei fenomeni franosi riferita ad aree di 100 kmq e raffrontata ai valori delle isosiste. Il maggiore addensamento delle frane si osserva nelle isosiste di IX e VIII grado MSK, dove i crolli rappresentano il 57% ed il 62% dei fenomeni censiti.

### 3. FENOMENI FRANOSI RIATTIVATI CON IL SISMA DEL 1980

La letteratura disponibile ha fornito la segnalazione di quasi 200 fenomeni franosi riattivati in un'area di oltre 23.000 kmq.

La verifica dei dati relativi agli effetti al suolo ha evidenziato finora il distacco di 4 diversi tipi di frane, *crolli*, *scorrimenti rotazionali*, *scorrimenti rotazionali-colata rapida*, *colata rapida*, tra questi i crolli risultano i più numerosi con circa il 50%. Nel caso degli scorrimenti rotazionali e delle frane miste di scorrimento rotazionale-colata rapida è stato evidenziato che in alcuni casi gli stessi corpi di frana si sono riattivati più volte in occasione di differenti terremoti.

A Calitri, la frana che nel 1980 ha interessato il centro abitato, è stata riattivata anche dai terremoti del 1694 e del 1910 mentre, nel comune di Bella in località Carlotta-Ciletta, la frana riattivata nel 1980 era stata attivata anche dal terremoto del 1857, con le stesse modalità di colata rapida (Porfido *et al.*, 1989).

Questo dato rivela l'attualità delle ricerche sulle frane quiescenti e con bassa velocità di movimento, nel panorama più ampio della franosità di versante in Campania e Basilicata. Non a caso in queste aree le modalità evolutive del paesaggio hanno determinato la presenza di corpi di frana anche ingenti, di età recente, spesso quiescenti e con scarse evidenze morfologiche.

Gli  
di utilizz  
tracciati  
anche in  
Cor  
frane co  
cità sup  
parte d  
di peric  
L'e  
ste fran  
acclivit  
Il  
rotazio  
dalle c  
sono s  
precisi

Frane t

178

25

Fig.  
vale  
All'e  
dall'  
grac  
bas

Gli esempi per ora disponibili meritano attenzione per il crescente livello di utilizzazione del territorio sia in termini di urbanizzazione che in termini di tracciati stradali e sistemi a rete, che raccordando le aree urbane si snodano anche in zone sfavorevoli e risultano alla fine anche più vulnerabili.

Con il sisma del 1980 oltre il 50% delle frane mobilizzate sono crolli ovvero frane con volume relativamente non elevato, ma con distacco improvviso e velocità superiore alla soglia di pericolosità di 1 m/s. Il collasso avviene nella gran parte dei casi in corrispondenza della scossa sismica, fornendo un incremento di pericolosità coincidente con il periodo di maggiore scuotimento.

L'esperienza fornita dal terremoto irpino conferma il collegamento tra queste frane e le condizioni morfologiche dei versanti caratterizzati dalla elevata acclività.

Il tipo di frana più frequente dopo i crolli è rappresentato dagli scorrimenti rotazionali-colata con il 20% dei casi, dagli scorrimenti rotazionali (18%) e dalle colate rapide che si verificano solo nel 4% dei casi (fig. 3). Nel restante 8% sono state segnalate frane per le quali la citazione non specifica con sufficiente precisione il tipo di movimento.

Frane totali N°183; Frane incluse nell'area di VI grado MSK N° 178

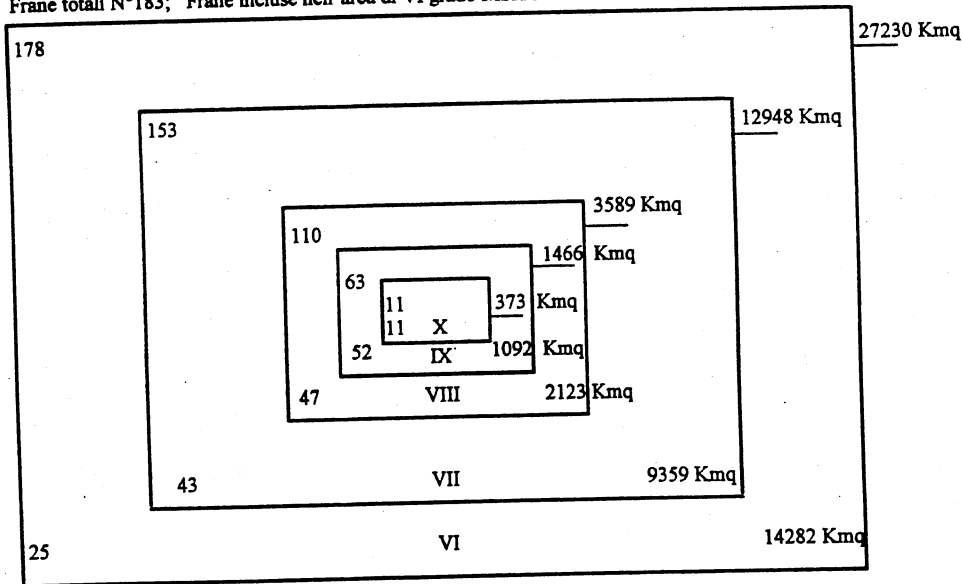


Fig. 3. — Rappresentazione schematica delle isosiste del terremoto del 23.11.80 secondo aree equivalenti. In basso è indicata l'intensità macrosismica (MSK) delle singole aree (X-VI). All'esterno del perimetro ed in alto a destra è indicata l'estensione in kmq dell'area racchiusa dall'isosista di grado  $n$ ; in basso a destra l'area compresa tra l'isosista di grado  $n$  e quella di grado  $n + 1$ ; in alto a sinistra il numero di frane avvenute tra l'epicentro e l'area di grado  $n$ ; in basso a sinistra il numero di frane avvenute nell'area di ciascuna isosista.

Nelle aree a maggiore scuotimento la riattivazione degli scorrimenti rotazionali si verifica entro un intervallo di tempo che raggiunge le 72 ore dalla scossa principale.

Le riattivazioni sono state raggruppate secondo intervalli di tempo fino a 12, 24, 72 ore dalla scossa principale, costituendo classi di frane riattivate.

Su questo argomento la letteratura non è del tutto soddisfacente, perché le frane riattivate con ritardo di ore o decine di ore sono legate all'incremento della pressione neutra nel corpo di frana, ma potrebbero risentire anche degli effetti degli «after shock».

Questo dato incrementa la pericolosità delle frane con ritardo di riattivazione in termini di Protezione Civile, perché potrebbero coinvolgere i residenti al momento del rientro nelle abitazioni, per il recupero forzoso di effetti personali o perché ritengono superata l'emergenza sisma.

Altro dato interessante è il confronto tra le riattivazioni e la «franosità avvenuta», realizzato considerando 1700 fenomeni franosi distribuiti su un'area di circa 1000 km<sup>2</sup> tra Muro Lucano e Potenza, dove per esperienze di ricerca avvenute negli ultimi dieci anni è stata realizzata una cartografia dei fenomeni franosi in scala 1:25.000 (Guida *et al.*, 1994; Guida *et al.*, 1995).

Le circa 1700 frane segnalate sono distribuite in ambiente collinare montuoso, e sono scarsamente rappresentati i fenomeni di crollo. I dati evidenziano il collasso di solo il 2% delle frane esistenti nelle aree delle isosiste di VIII e VII grado.

In particolare si segnala la frana in località Ramotta, nel comune di Tito (Potenza), non segnalata in letteratura, la cui riattivazione è stata cartografata dalle aerofoto IGM del Dicembre 1980.

Della stessa frana è stato analizzato il comportamento a partire dall'evento sismico del 1694 fino all'evento del 1991. Il diagramma di fig. 4 riporta l'intensità della sollecitazione sismica in sito ed il mese in cui si è verificato il terremoto. A parità di sollecitazione sismica la frana in località Ramotta si mobilita solo nei mesi invernali, confermando l'importanza del livello delle falde superficiali nella stabilità dei pendii in caso di sisma di notevole intensità.

#### 4. CONCLUSIONI

Il terremoto del 1980 ha investito un'area di oltre 20.000 km<sup>2</sup> in Campania e Basilicata riattivando fenomeni franosi a distanza di oltre 100 km dall'epicentro.

Nelle aree coinvolte vivono circa 5.000.000 di abitanti e sono presenti impianti produttivi, strade, ferrovie, acquedotti, metanodotti, ecc., distribuiti su un territorio collinare e montano con elevata franosità avvenuta, suscettibile di riattivazione.

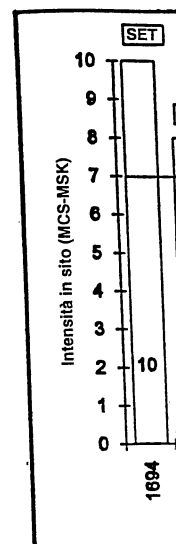


Fig. 4. — Corramotta, comune di Tito (Potenza), crolli sismici in sito nel mese di dicembre e novembre 1694.

Con la riattivazione delle frane e la loro mobilitazione.

La necessità di una cartografia di dettaglio per la pubblicazione di dati.

Circa il 2% delle frane segnalate in cartografia sono state riattivate. Maggiore scuotimento dei pendii e scivolamenti nella valle dell'Ofanto. Logiche del crollo.

Un aumento della stabilità dei pendii in caso di sisma di maggiore intensità.

In ogni caso, i crolli che si verificano sono correlati con un crollo.

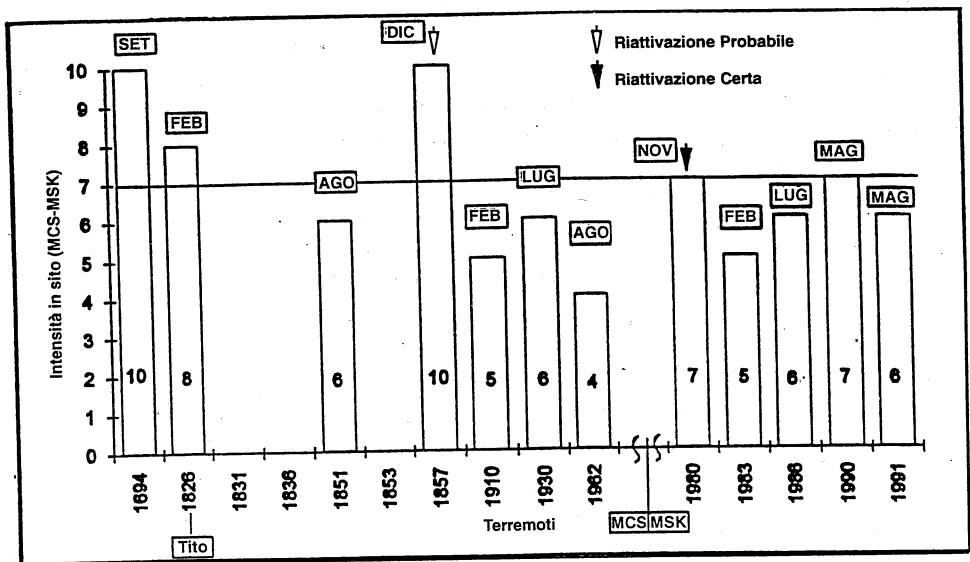


Fig. 4. — Correlazione tra le riattivazioni note dello scorrimento rotazionale-colata in località Ramotta, comune di Tito (PZ), nel corso degli ultimi 300 anni, in funzione delle intensità macrosismiche in sito. La frana risulta riattivata con i terremoti verificatisi nei mesi invernali di dicembre e novembre, con intensità in sito maggiore o uguale al VII grado delle scale MCS e MSK.

Con la ricerca sono state verificate le caratteristiche delle 183 frane riattivate e la relazione tra le riattivazioni e l'intensità macrosismica in sito.

La necessità di condensare il contributo ci ha imposto di rinviare la pubblicazione dei dati analitici in una nota in preparazione.

Circa il 50% delle frane segnalate sono crolli, collassati nelle aree di maggiore scuotimento (entro l'isosista del VII grado) e sono legati alla diffusione di pendii e scarpate in roccia in prossimità dell'epicentro, con alcuni esempi nella valle dell'Ofanto in cui il sito è anomalo rispetto alle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

Un addensamento simile è relativo agli scorrimenti rotazionali che nella maggior parte dei casi (87%) si verificano fino a 35 km dall'epicentro, accompagnati da fenomeni isolati localizzati fino a 100 km di distanza.

In ogni caso i fenomeni franosi censiti sono riattivazioni di frane recenti o crolli che si verificano lungo pareti o scarpate ad elevata acclività identificabili con un corretto esame morfologico del territorio, al pari della franosità avvenuta.



BIBLIOGRAFIA

- [1] ALESSIO G., ESPOSITO E., GORINI A., PORFIDO S., 1995. *Detailed study of the potentino seismic zone in the southern Apennines, Italy*. Tectonophysics, 250, 113-134.
- [2] BERARDI R., BERENZI A., CAPOZZA F., 1981. *Terremoto Campano-Lucano del 23 novembre 1980: registrazioni accelerometriche della scossa principale e loro elaborazioni*. Cong. Ann. P.F.G. - C.N.R.: «Sismicità dell'Italia, stato delle conoscenze scientifiche e qualità della normativa sismica», Udine.
- [3] ESPOSITO E., LUONGO G., MARTURANO A., PORFIDO S., 1987. *Il terremoto di S. Anna del 26 luglio 1805*. Mem. Soc. Geol. It., 37, 171-191.
- [4] ESPOSITO E., LUONGO G., MARTURANO A., PORFIDO S., 1988. *I terremoti recenti dal 1980 al 1986 nell'Appennino Meridionale*. Mem. Soc. Geol. It., 41, 1117-1128.
- [5] GUIDA D., IACCARINO G., LAZZARI S., 1995. *Carta inventario delle frane dell'Alta Valle del Basento*. Regione Basilicata, Atti del Convegno «Ambiente fisico, tutela e uso del territorio di Potenza», Potenza 1988.
- [6] GUIDA D., IACCARINO G., PEDUTO F., 1994. *Areas of the southern italian Apennines characterized by high landslide frequency*. Proc. 1st European Congr. on regional geological cartography and information systems, Bologna, Italy.
- [7] MAGRI G., MOLIN D., 1979. *Attività macrosismica in Basilicata, Campania e Puglia dal 1847 al 1861*. CNEN, RT/AMB (79) 5.
- [8] PORFIDO S., ESPOSITO E., LUONGO G., MARTURANO A., 1988. *I terremoti del XIX secolo dell'Appennino Campano-Lucano*. Mem. Soc. Geol. It., 41, 1105-1116.
- [9] PORFIDO S., ESPOSITO E., LUONGO G., MARTURANO A., 1989. *Terremoti ed effetti superficiali: esempi nell'Appennino Meridionale*. In: Atti Convegno «Studio Centri Abitati Instabili». Portonovo di Ancona - Regione Marche - Giunta Regionale - C.N.R., 225-229.
- [10] POSTPISCHL D., BRANNO A., ESPOSITO E.G.I., FERRARI G., MARTURANO A., PORFIDO S., RINALDIS V., STUCCHI M., 1985. *The Irpinia earthquake of November 23, 1980. Atlas of isoseismal maps of Italian earthquakes*. C.N.R. - P.F.G. Quaderni de «La Ricerca Scientifica», n° 114, vol. 2A, Bologna.
- [11] SERVA L., 1981. *Il terremoto del 1688 nel Sannio*. Conv. PFG-CNR «Sismicità dell'Italia. Stato delle conoscenze scientifiche e qualità della normativa sismica», Udine.
- [12] SERVIZIO SISMICO NAZIONALE - CONSIGLIO SUPERIORE LL. PP., 1986. *Atlante della Classificazione sismica del territorio nazionale*. Ist. Pol. e Zecca dello Stato.
- [13] VARNES D.J., 1978. *Slope movement types and processes*. In: *Landslides Analysis and control*, National Research Board, Nat. Academy of Sciences, Special report 176, Washington, D.C.