

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale



Scuola Politecnica e delle Scienze di Base
Università degli Studi di Napoli Federico II

Tesi di laurea triennale in
Ingegneria per l'ambiente e il territorio
“Interazioni tra frane e terremoti”

Relatore:
Prof. Paolo Budetta

Candidata:
Amelia Cifuni
N49/540

Anno accademico 2014/2015

L'obiettivo della tesi è quello di sintetizzare i risultati di alcuni studi fatti nel campo delle frane sismo-indotte e di presentare il quadro della situazione attuale in Italia.

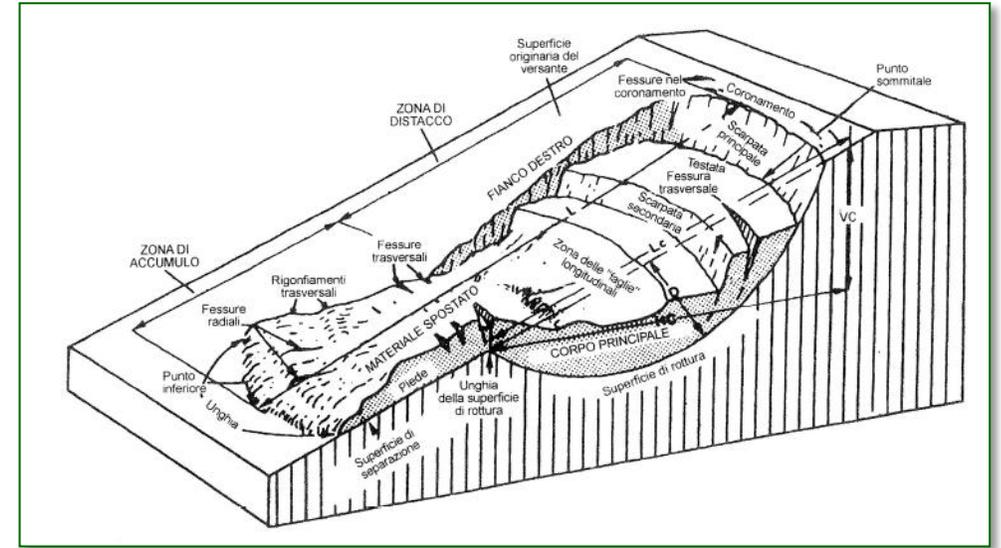
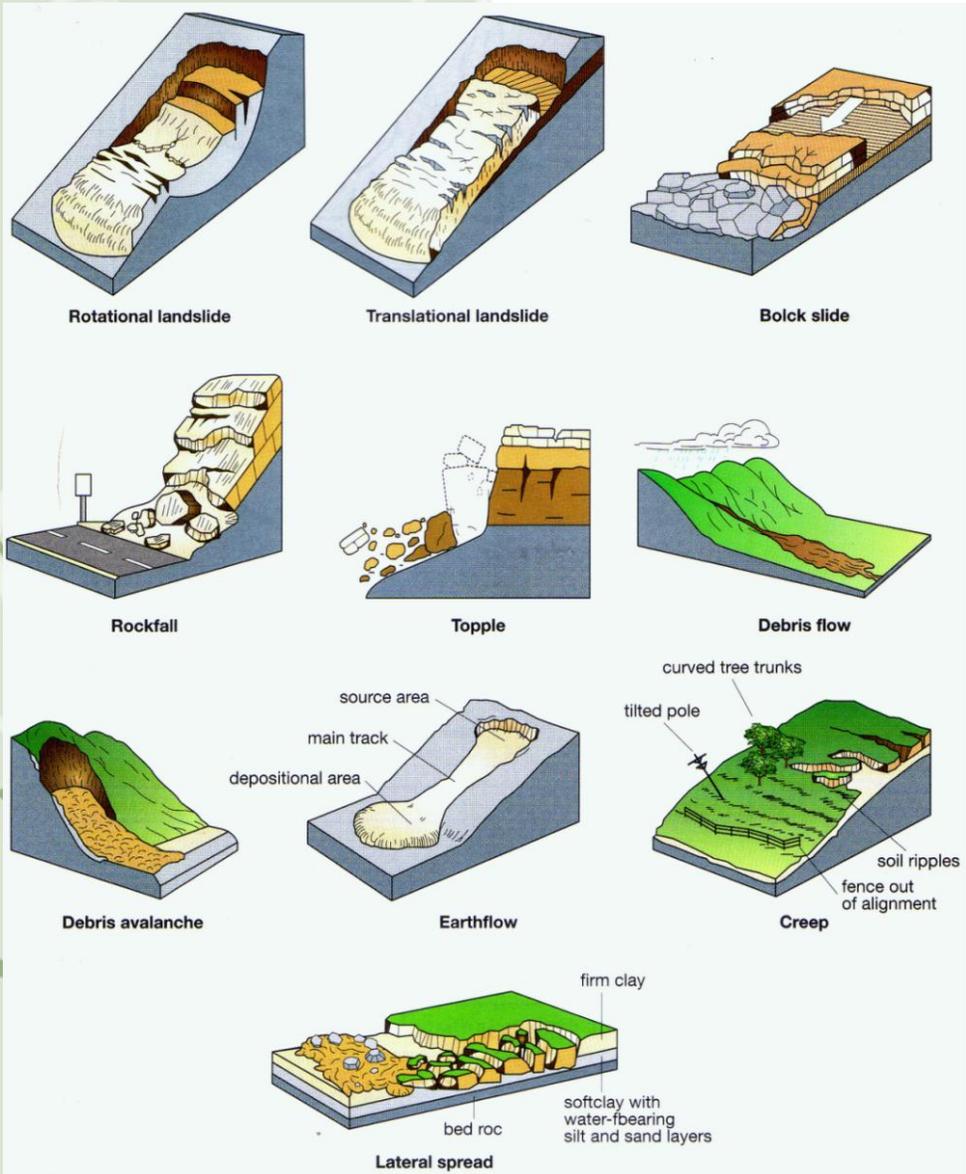
Cause del dissesto idrogeologico :

- **Fattori naturali** (aspetti geomorfologici ed elevata sismicità)
- **Fattori antropici** (interventi sul territorio ed errata gestione ambientale)

Frana: «Movimento di una massa di roccia, terra o detrito lungo un versante.» (Cruden, 1991)

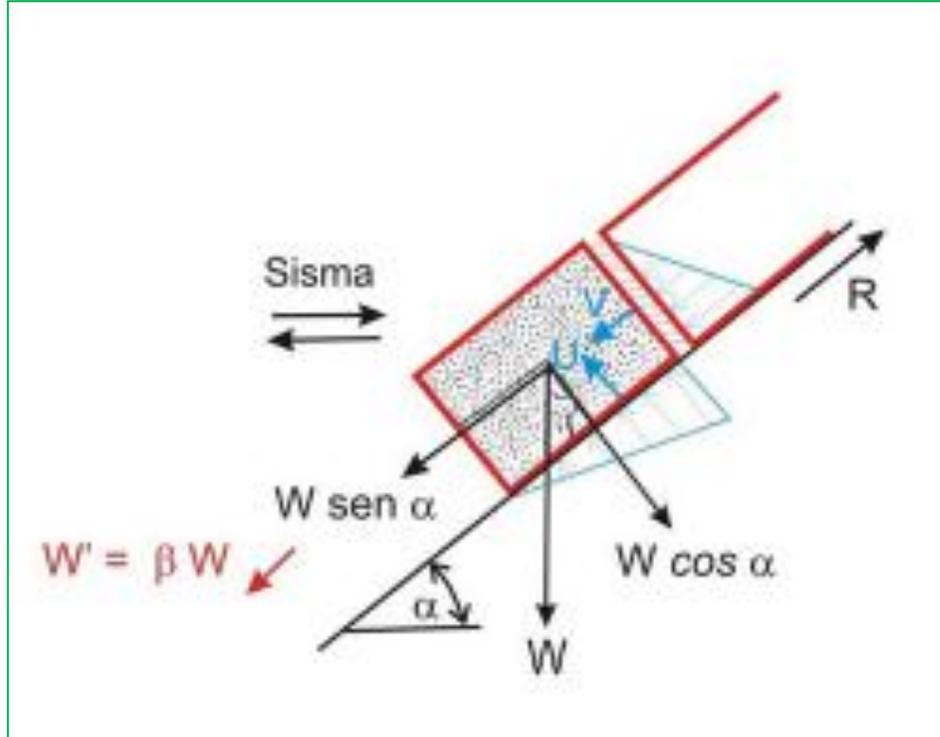


La classifica delle frane (Varnes, 1978)



Tipo di movimento	Tipo di materiale		
	Roccia (rock)	Roccia sciolta (Engineering soil)	
		Detrito (debris)	Terra (earth)
<i>Crollo (fall)</i>	Crollo di roccia	Crollo di detrito	Crollo di terra
<i>Ribaltamento (topple)</i>	Ribaltamento di roccia	Ribaltamento di detrito	Ribaltamento di terra
<i>Scivolamento (slide)</i>			
<i>Rotazionale (rotational)</i>	Scivolamento rotazionale di roccia	Scivolamento rotazionale di detrito	Scivolamento rotazionale di terra
<i>Traslato (translational)</i>	Scivolamento traslativo di roccia	Scivolamento traslativo di detrito	Scivolamento traslativo di terra
<i>Espansione laterale (lateral spread)</i>	Espansione laterale di roccia	Espansione laterale di detrito	Espansione laterale di terra
<i>Colata (flow)</i>	Colata di roccia	Colata di detrito	Colata di terra
<i>Complesso (complex)</i>			

Forze in gioco lungo un pendio sotto l'azione sismica



Modello di un blocco su un piano inclinato e schematizzazione delle forze agenti (gravità, acqua ed azioni pseudostatiche)

- Forze resistenti: $R = c + \sigma \tan \phi$
 - Componente normale della forza peso $W \cos \alpha$
- Forze agenti:
 - Componente tangenziale della forza peso $W \sin \alpha$
 - Sottospinta idraulica sul piano di scivolamento U
 - Spinta esercitata dall'acqua nella frattura di trazione a tergo del blocco V
 - Azioni pseudostatiche

Caratteristiche del fenomeno sismo-indotto:

Il dissesto si innesca quando l'accelerazione impressa al pendio supera un valore soglia (a_c), che induce il movimento.

L'accelerazione altera l'equilibrio del pendio, determinando **un aumento delle forze di taglio agenti sul pendio** e **una riduzione della resistenza al taglio nel materiale** di cui esso è formato.

La sequenza dei valori di accelerazione che si susseguono nel tempo, determina nel pendio **uno spostamento massimo permanente**. La frana si innesca quando il valore di quest'ultimo supera lo **spostamento massimo ammissibile**, per quel pendio.

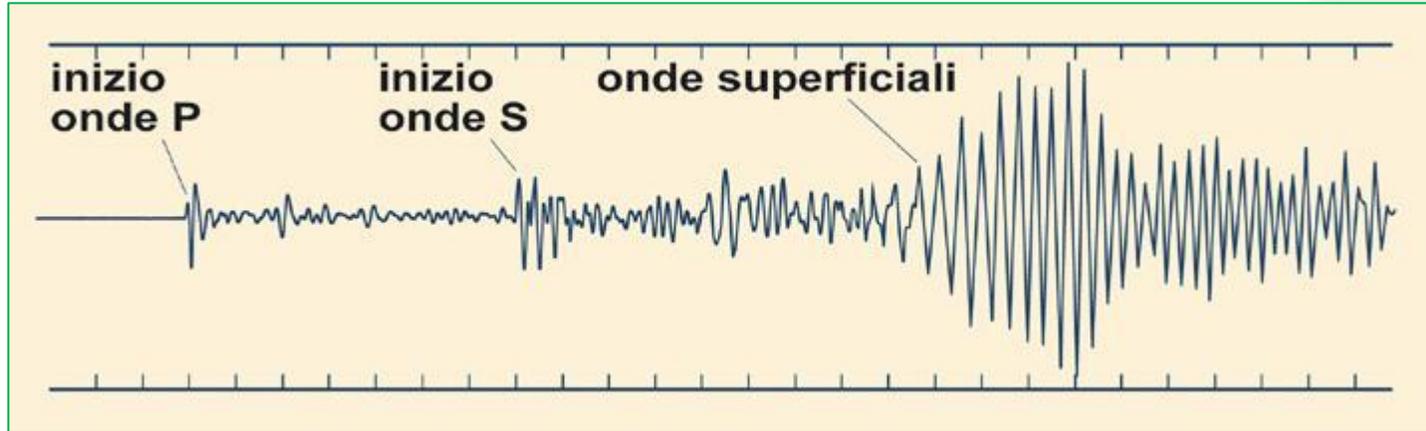
Il fattore di sicurezza (FS) sarà influenzato dal rapporto:

$$FS = u/U$$

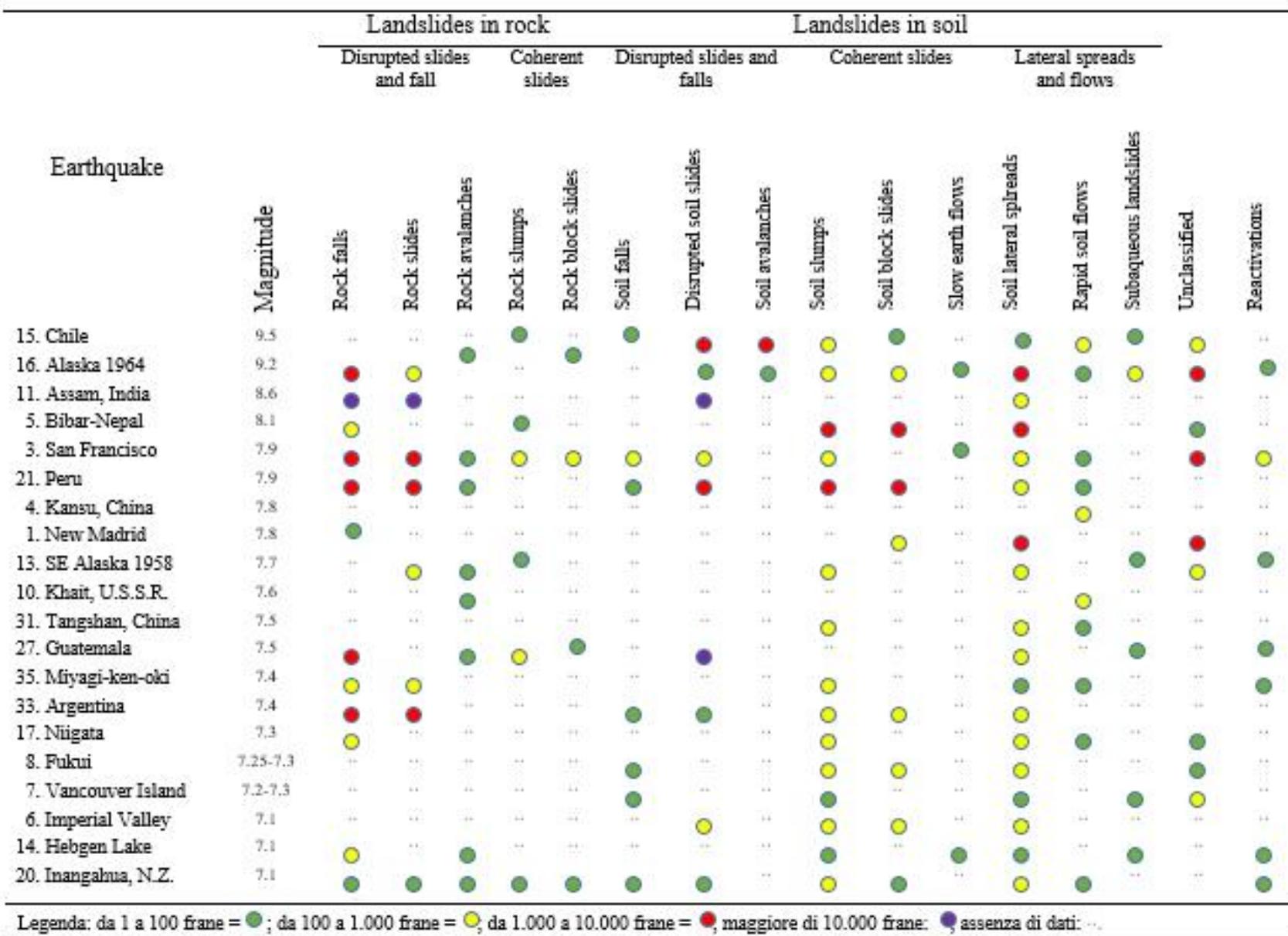
u = spostamento indotto; U = spostamento ammissibile



Scale sismiche



- ❖ Magnitudo Richter (1935)
- ❖ Magnitudo superficiale
- ❖ Magnitudo momento

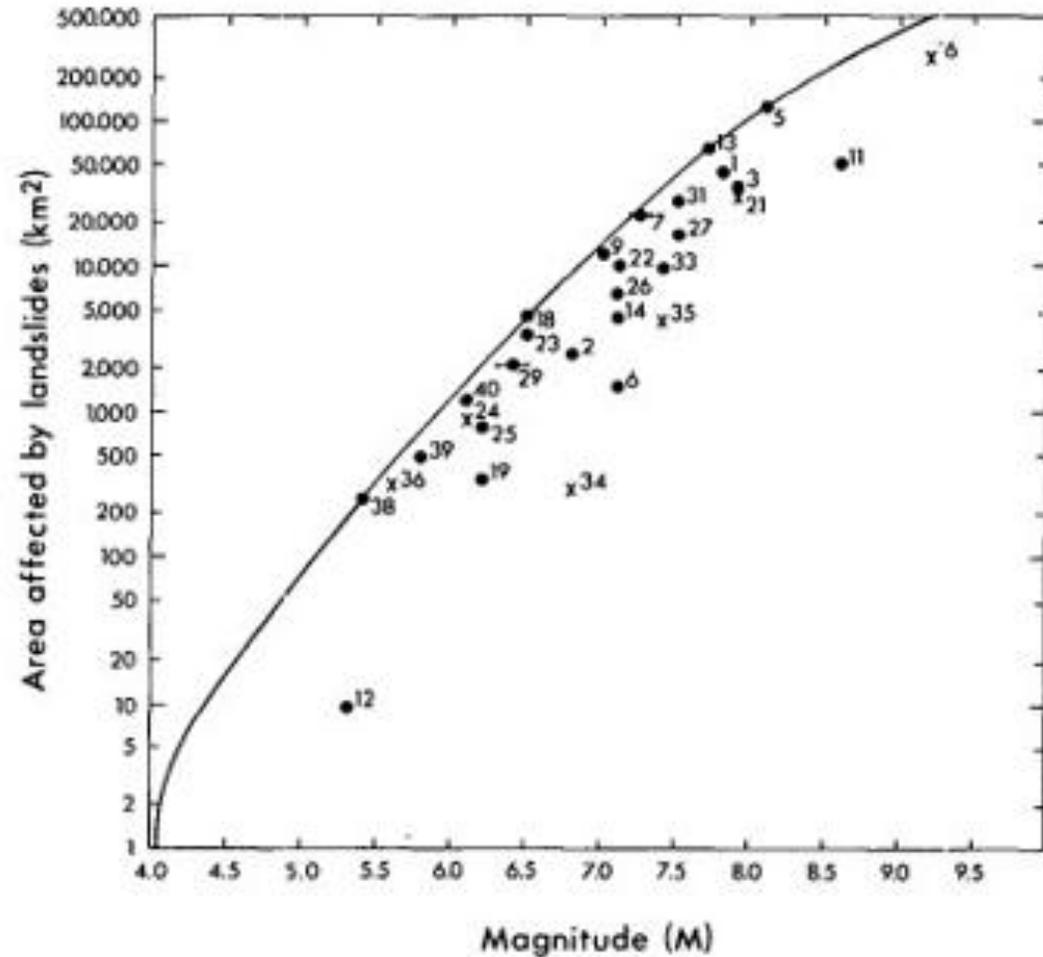


Keffer (1984), sulla base di dati ricavati da 40 terremoti in tutto il mondo, ha proposto una classificazione delle frane sismo-indotte.

Generalmente, il numero di frane causate da un terremoto tende ad aumentare con la magnitudo. Si è ad esempio rilevato che terremoti con $M < 5.5$ hanno causato un numero di frane esiguo (alcune decine), mentre i terremoti con $M > 8.0$ hanno innescato addirittura diverse migliaia di frane.

Tipologia e numero di frane innescatesi in occasione di alcuni terremoti studiati

Distribuzione delle frane e parametri sismici



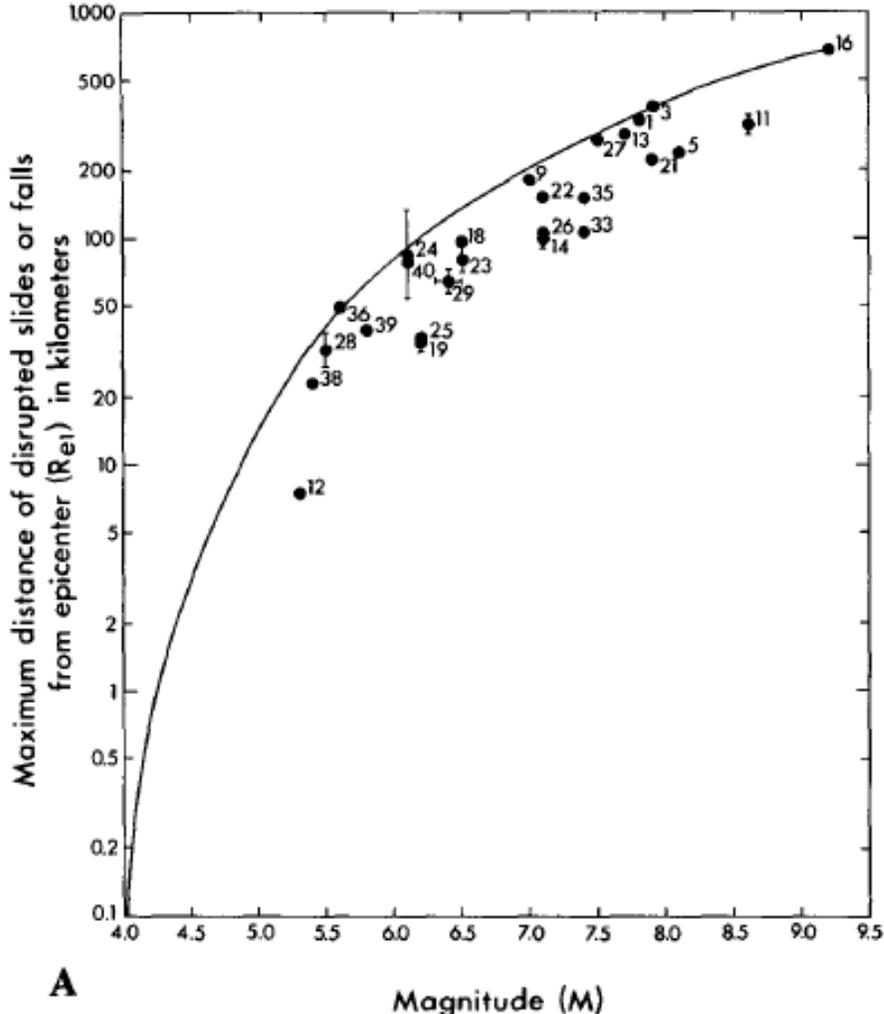
Zone colpite da frane:

Aree in cui lo scuotimento della superficie terrestre è stato abbastanza forte da innescare frane su pendii suscettibili all'instabilità

*Relazione tra Magnitudo ed Aree interessate da frane
Pallini neri = terremoti continentali; crocette = terremoti in mare. Le barre orizzontali indicano i ranges di variazione di magnitudo riscontrate. La curva continua rappresenta l'involuppo superiore di tutti i dati disponibili.*

Secondo **Keefe 1984**, i crolli sono i dissesti più comuni che si attivano durante i terremoti con M_w elevata, avendo egli registrato fino a circa 100.000 eventi in occasione dei 40 sismi studiati.

I crolli si sono innescati lungo pendii con inclinazioni superiori a 40° , in prossimità di creste, brusche rotture di pendenza e scarpate artificiali.

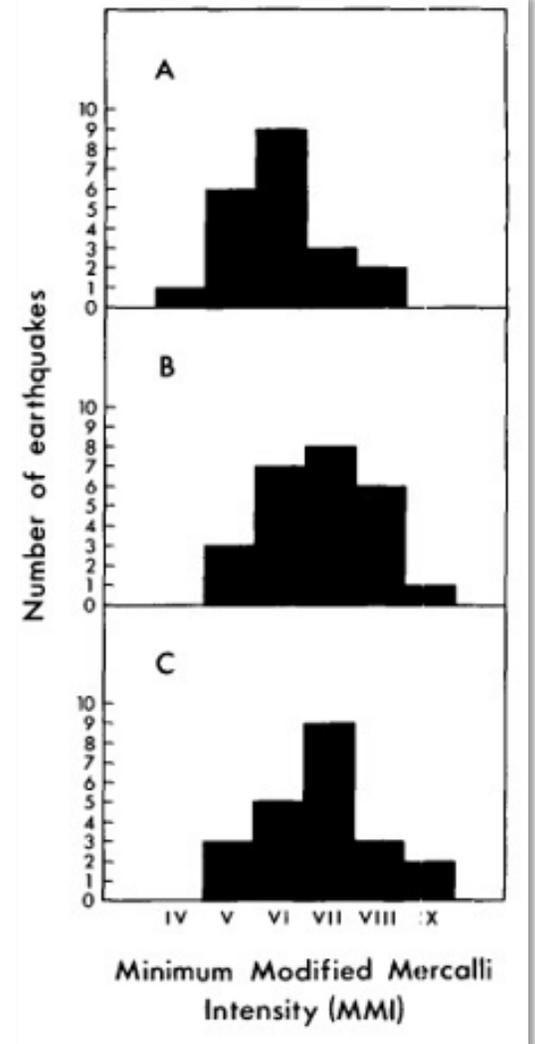


Valori minimi d'Intensità (scala MCS) per i quali si sono innescate frane

L'altezza delle barre indica il numero di terremoti per i quali si segnalano frane.

Le intensità sono state definite confrontando le mappe di distribuzione delle frane con quelle isosismiche
A. Intensità minime per scorrimenti e crolli in terreni incoerenti. B. Intensità minime per scorrimenti in terreni coerenti. C. Intensità minime per espansioni laterali e colate.

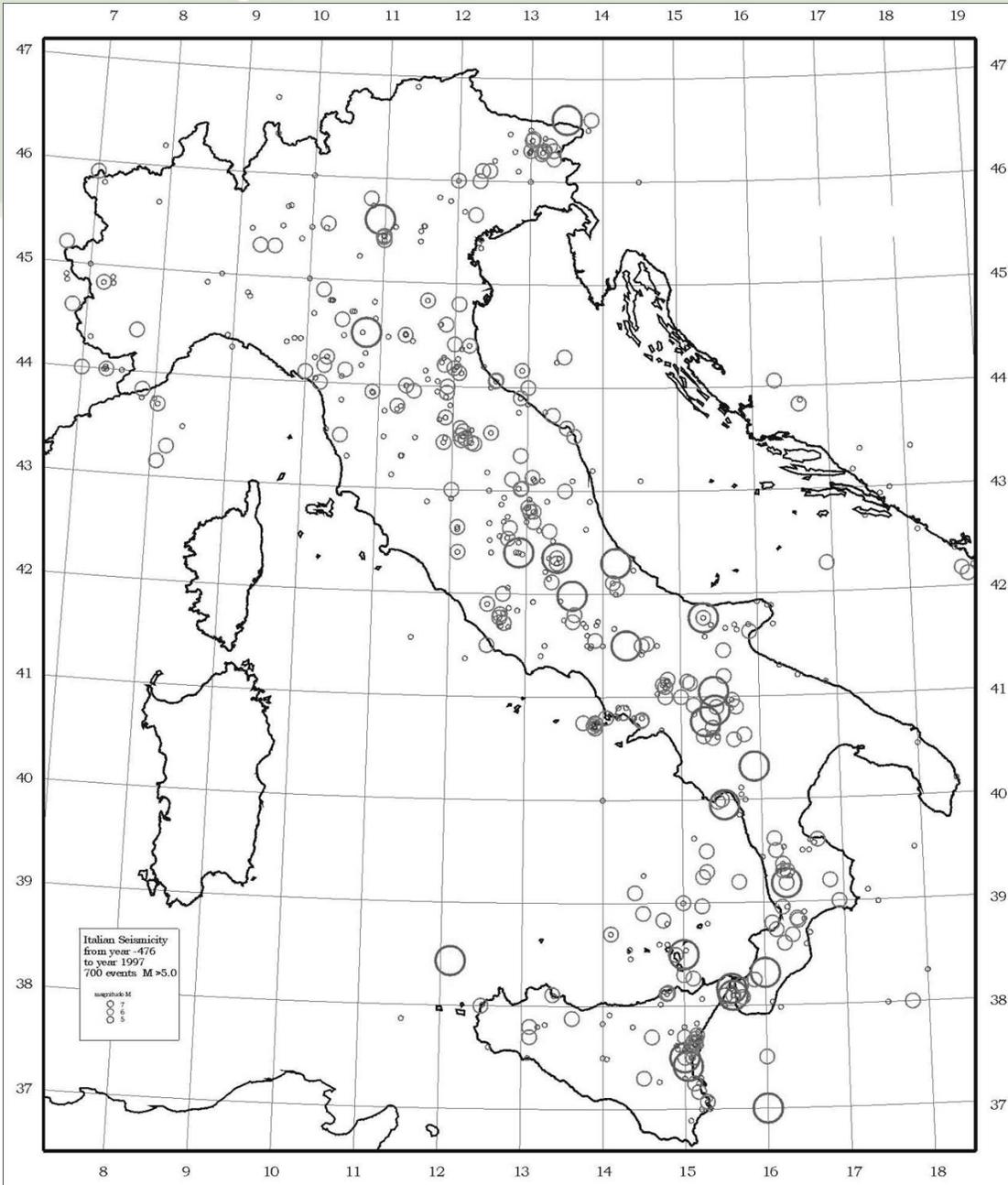
Correlazione tra massima distanza epicentrale e magnitudo, per scorrimenti e crolli in roccia. Dati riferiti a 40 terremoti (M_w 4.0 - 9.2). La curva rappresenta il limite superiore d'involucro di tutti i dati. Le linee verticali ed orizzontali rappresentano gli intervalli d'incertezza relativi alle localizzazioni ed ai valori di magnitudo.



Relazioni tra terremoti e frane in Italia

Un'analisi della distribuzione degli eventi sismici storici italiani mostra che circa l'80% del territorio nazionale è interessato da attività sismica. In particolare, in Calabria si registrano gli eventi di maggiore intensità, mentre nell'Appennino meridionale si rilevano terremoti con più elevata frequenza.

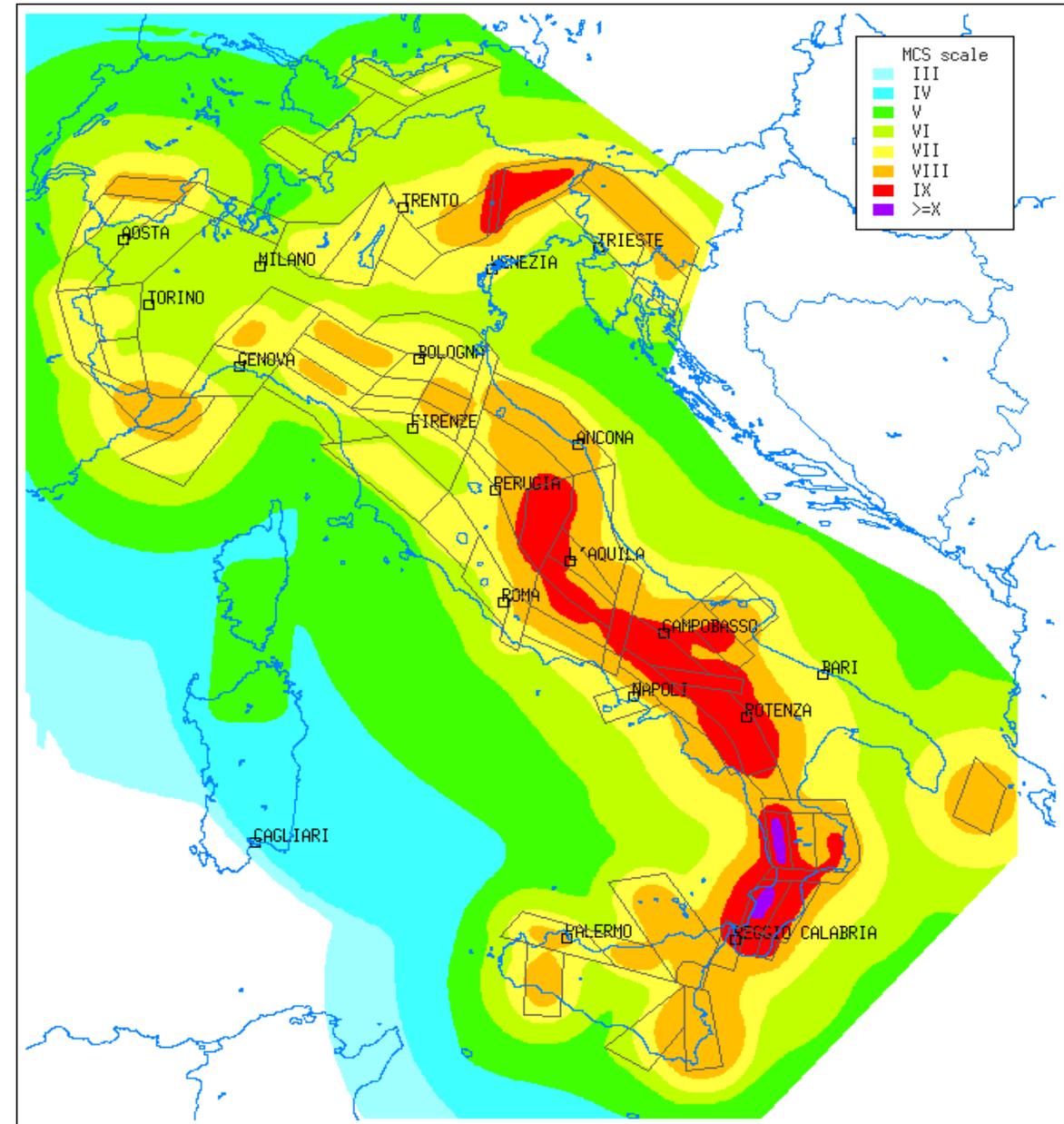
Distribuzione geografica della sismicità storica italiana, dall'anno 476 al 1997; per un totale di 700 eventi (con Magnitudo >5). Il diametro dei cerchi è proporzionale alla magnitudo degli eventi.



Relazioni tra terremoti e frane in Italia

Questa mappa presenta la zonazione della massima intensità macrosismica (scala MCS) che si prevede mediamente verificarsi con periodo di ritorno di 475 anni. Si tratta di un periodo convenzionale utilizzato in Europa (valore di riferimento per l'Eurocodice sismico). Non corrisponde né al massimo valore possibile per la regione italiana, né al massimo valore osservato storicamente, ma è un ragionevole compromesso legato alla presunta vita media delle strutture abitative.

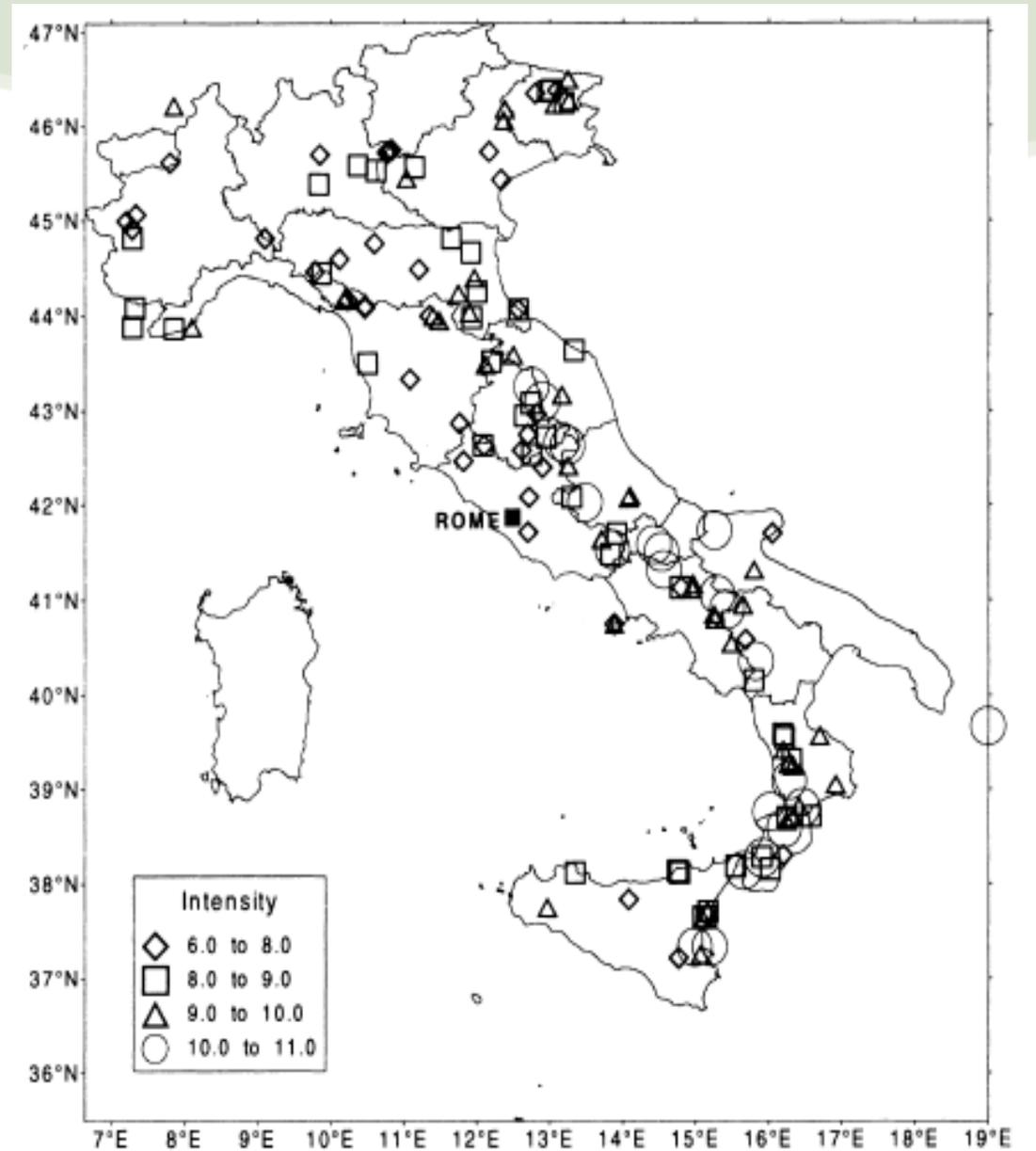
Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (GNDT)

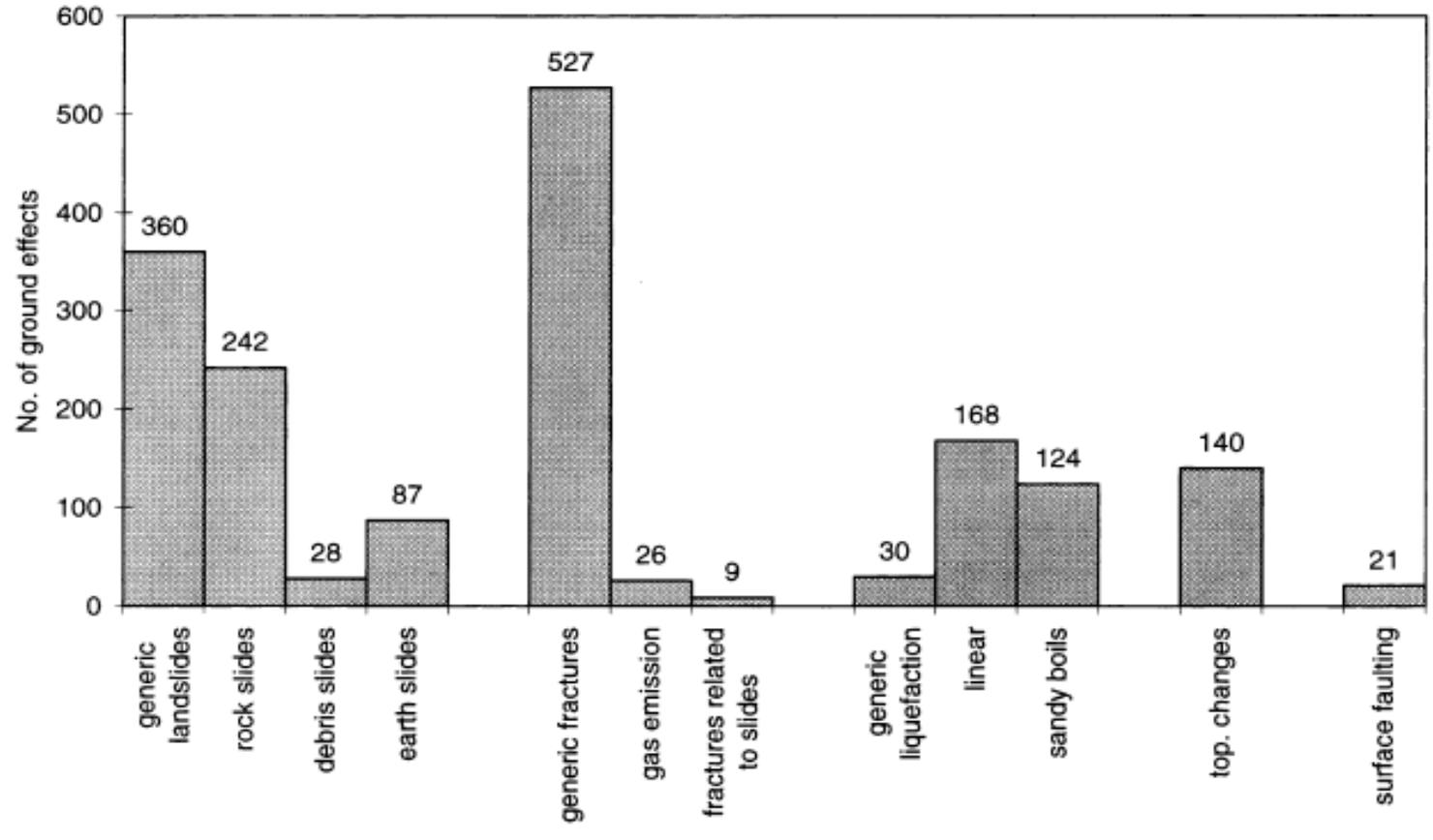


Effetti al suolo

Ubicazione dei terremoti italiani per i quali si hanno dati sugli effetti al suolo provocati dalle scosse sismiche (frane, fratture nel terreno, liquefazioni spontanea, affioramenti di gradini di faglia e modificazioni topografiche).

Prestininzi & Romeo, 2000





Eventi più numerosi:

☐ Frane = 42 %

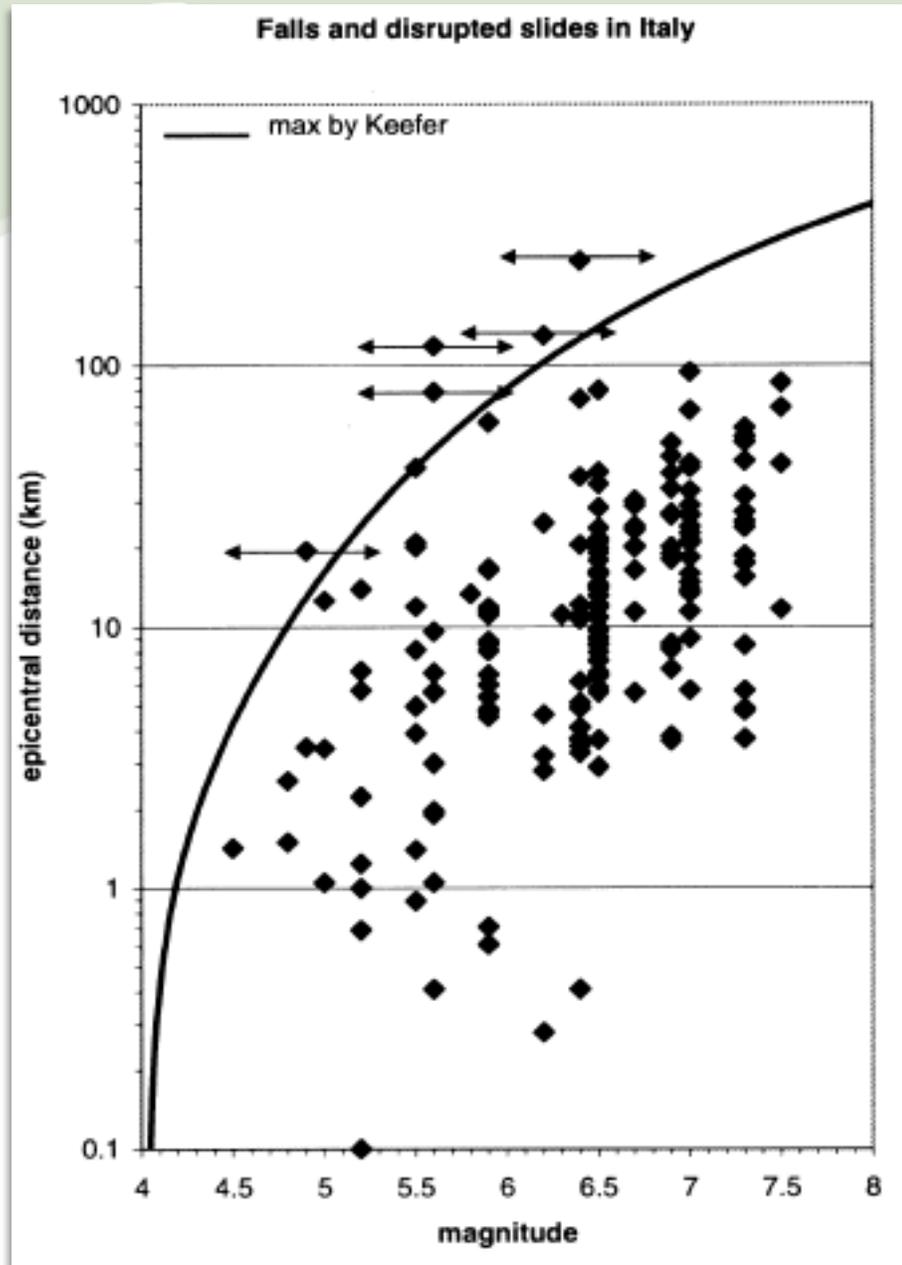
☐ Fratture = 32 %

☐ Liquefazioni = 18 %

☐ Variazioni topografiche = 8 %

☐ Faglie superficiali = 1 %

Distribuzione di frequenza di tutti gli effetti al suolo registrati. Le frane sono classificate sulla base del materiale coinvolto. Le categorie etichettate come "generiche" si riferiscono a tipologie di effetti non meglio definiti.



Correlazione tra massima distanza epicentrale e magnitudo, per scorrimenti e crolli in roccia in Italia.

Dati riferiti a 37.000 eventi (dall'anno 1000 al 1980) del Catalogo CEDIT (Catalog of Ground Failures Induced by Strong Earthquakes).

In generale, l'involuppo per gli eventi franosi italiani, causati da sismi, è superiore a quello proposto, a scala mondiale, da Keefer.

Per i punti che si trovano al di fuori dell'involuppo definito da Keefer (1984), rappresentato dalla linea continua in grassetto, le barre di errore corrispondono all'incertezza nell'attribuzione della magnitudo (deviazione standard).

Conclusione

Lo studio dei 40 terremoti storici scelti da Keefer mostra che questi hanno innescato 14 diverse tipologie di frane. Quando lo scuotimento sismico è sia di breve durata che di piccola entità, le superfici di scorrimento di queste categorie di frane tendono ad essere poco profonde. Analogamente, se l'evento sismico dura di più ed è caratterizzato da una maggiore intensità, è più probabile che le frane da esso innescate interessino più in profondità i terreni.

Grazie allo studio di Keefer, è stato possibile individuare i diversi materiali (rocce e terreni) che sono più suscettibili alle frane sismo-indotte.

Dal catalogo fornito da Prestininzi e Romeo si ricava che, in Italia, frane e fratture hanno maggiori possibilità di essere attivati dai terremoti rispetto alle liquefazioni ed ai cambiamenti topografici.

Dal momento che i dati relativi alle frane non sempre risultano completi e precisi, il catalogo rappresenta una fonte di informazione non del tutto esaustiva. Pertanto sono in corso di svolgimento ricerche più approfondite per migliorarlo e per convalidarne i risultati preliminari fino ad ora ottenuti.