

IL PROGETTO SINKHOLES DEL GRUPPO NAZIONALE PER LA DIFESA DALLE CATASTROFI IDROGEOLOGICHE: IL CENSIMENTO DEI FENOMENI SUL TERRITORIO ITALIANO

CASAGLI NICOLA*, **DE ROSA GIUSEPPE, FANTI
RICCARDO****, **MORETTI SANDRO*****

Dipartimento di Scienze della Terra - Università di Firenze

* Responsabile Unità Operativa 2.14 del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle
Catastrofi Idrogeologiche

** Responsabile Unità Operativa 2.65 del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle
Catastrofi Idrogeologiche

*** Responsabile Unità Operativa 2.67 del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle
Catastrofi Idrogeologiche

INTRODUZIONE

Il Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche ed il Dipartimento della Protezione Civile presso la Presidenza del Consiglio dei Ministri (Ufficio Pianificazione, Valutazione e Prevenzione Rischi – Servizio Rischio Idrogeologico e Idrico) hanno avviato, nel corso del 2004, un progetto denominato “Sinkholes” dedicato ai fenomeni di voragine catastrofica italiani. Uno dei primi obiettivi del Progetto è rappresentato dalla realizzazione del sito www.sinkholes.it il cui fine principale è costituito dalla pubblicazione su piattaforma ArcIMS (© Esri, Inc.) della banca dati realizzata dal Dipartimento della Protezione Civile mediante il censimento di oltre 1000 casi sparsi sul territorio nazionale.

Si tratta di un complesso di informazioni di notevole interesse tecnico e scientifico, che può consentire numerose valutazioni sui meccanismi di genesi e sviluppo di tali fenomeni, utili anche ai fini previsionali e preventivi: il censimento, descritto in maniera particolareggiata da CORAZZA (2004a, 2004b), è stato infatti effettuato attraverso l'utilizzo di una scheda di rilevamento composta da numerose sezioni dedicate alla morfologia e tipologia del dissesto, alla sua origine, alla caratterizzazione geologica, idrogeologica e strutturale, all'identificazione e alla quantificazione degli effetti e alla eventuale realizzazione di interventi di monitoraggio e mitigazione.

Tutte queste informazioni sono a disposizione degli studiosi del settore, ma anche dei tecnici ed amministratori locali, attraverso la consultazione e l'interrogazione della banca dati in rete all'indirizzo www.sinkholes.it assieme ad altre informazioni sulla letteratura internazionale del settore, sugli eventi congressuali ad esso correlati e sull'attività del Dipartimento di Protezione Civile e del GNDCl.

Una sezione del sito, attualmente in costruzione, sarà altresì dedicata alle elaborazioni statistiche sui dati quantitativi presenti nel data-base (in particolare sulle caratteristiche morfometriche dei fenomeni), attraverso l'interpretazione delle quali sarà possibile avanzare alcune ipotesi per la messa a punto di metodi di studio per l'individuazione delle aree a particolare pericolosità da sinkhole.

Nel presente lavoro è pertanto dapprima presentato sinteticamente il contenuto del sito internet e successivamente illustrate le prime elaborazioni statistiche effettuate ed alcune preliminari considerazioni ad esse relative.

1. IL SITO WWW.SINKHOLES.IT

Il sito www.sinkholes.it si propone di divenire il riferimento per la comunità scientifica nazionale interessata ai fenomeni di sprofondamento, mettendo a disposizione informazioni sullo stato dell'arte internazionale nel campo dello studio della genesi e dei metodi di monitoraggio e mitigazione dei sinkholes, liste di eventi ad essi dedicati, immagini, links, ecc..

La sezione più rilevante del sito è tuttavia costituita dalla possibilità di interrogazione, visualizzazione e stampa dei dati contenuti nel "Censimento nazionale dei dissesti dovuti a cavità sotterranee" (CORAZZA, 2004a), concretizzatasi attraverso l'adattamento della mole di dati disponibili alle potenzialità della piattaforma ArcIMS (© Esri, Inc.).

Una volta a regime (il sito è attualmente in fase di implementazione, benché siano già disponibili le funzioni principali) sarà possibile infatti effettuare visualizzazioni a qualunque scala di parti del territorio nazionale, evidenziando su cartografia IGM 1:250.000 l'ubicazione dei dissesti presenti nel data base e per ciascuno di essi sarà possibile estrapolare tutte le informazioni derivanti dal censimento (morfometriche, genetiche, geologiche, ecc.) ed estrarre una scheda testuale contenente una sintetica descrizione dell'evento.

Alla cartografia di base sarà altresì possibile sovrapporre le informazioni litotecniche derivanti dalla cartografia geologica in scala 1:500.000, così come potranno essere effettuate ricerche per entità geografiche ed amministrative (località, comuni, province). Le principali funzionalità del sito sono mostrate di seguito nelle Figure 1-4.



Fig. 1 – La maschera iniziale del sito con l'ubicazione dei casi censiti sul territorio nazionale



Fig. 2 – Visualizzazione dei siti su cartografia geologica in scala 1:500.000



Fig. 3 – Visualizzazione della scheda riassuntiva di un singolo fenomeno



Fig. 4 – Interrogazione del data base per ambiti amministrativi.

2. I DATI DEL CENSIMENTO NAZIONALE: ELABORAZIONI STATISTICHE PRELIMINARI

La banca dati dei sinkholes realizzata dal Dipartimento della Protezione Civile Nazionale rappresenta un importante censimento di tali fenomeni su tutto il territorio italiano e contiene numerose informazioni in merito alle caratteristiche morfologiche e geologiche degli eventi individuati: alle modalità di raccolta dati e alla descrizione delle loro caratteristiche generali (distribuzione tipologica e geografica) sono dedicati i citati lavori di CORAZZA (2004a, 2004b).

Tra le informazioni morfologiche presenti nel data-base (superficie dello sprofondamento, forma, diametri minimo e massimo, profondità) è apparsa di particolare interesse quella relativa alla dimensione areale, al fine di utilizzarla quale parametro descrittore e indicatore della distribuzione statistica dei dati.

In prima analisi è stato effettuato l'esame della distribuzione di tutti gli eventi per i quali la superficie è maggiore o uguale a 1 m², scartando quindi i casi nei quali è riportata una dimensione inferiore (diametro massimo submetrico) o per i quali non vi sono informazioni sufficientemente precise al riguardo.

I 768 casi di interesse risultano possedere una distribuzione tendenzialmente bimodale nella parte iniziale e generalmente scostata dalla normale, come confermato dai risultati del test di Kolmogorov-Smirnov che conducono alla non accettazione del modello distributivo gaussiano (Figura 5).

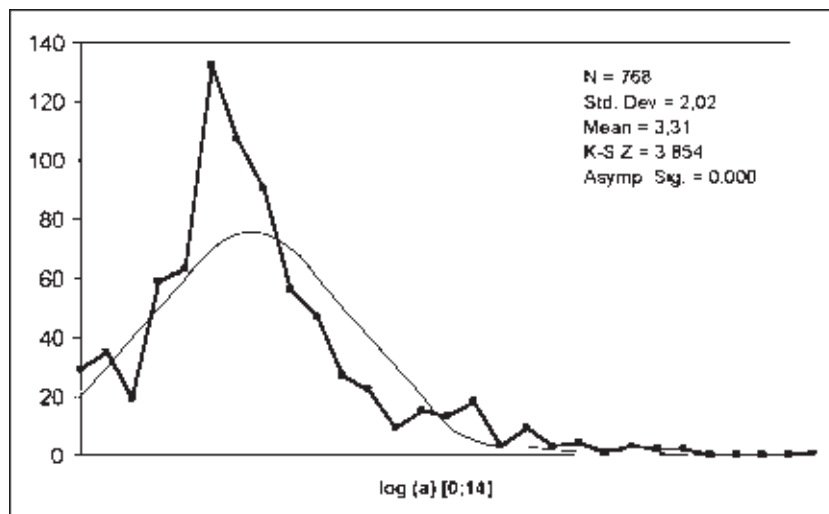


Fig. 5 – Distribuzione dei fenomeni per classi areali logaritmiche (da 0 a 14, passo 0,5): sul campione è stato eseguito il test di Kolmogorov-Smirnov del quale sono riportati i valori (K-S Z e Asymp. Sig.)

Tale fatto può trovare spiegazioni (alternative o concomitanti) nelle caratteristiche intrinseche del fenomeno, in un difetto nella procedura di campionamento o nella presenza contemporanea di più popolazioni statistiche. Al fine di vagliare quest'ultima ipotesi è stato suddiviso il campione tra fenomeni di origine antropica e fenomeni di origine naturale, impiegando allo scopo alcuni dei parametri censuari illustrati da CORAZZA (2004a).

Nel caso dei fenomeni di origine naturale (Figura 6a), non vi è sostanziale accordo tra la distribuzione osservata e l'ipotesi di distribuzione normale, che invece appare essere presente per i fenomeni di origine antropica (Figura 6b).

Un approfondimento dell'analisi è passato pertanto attraverso un'indagine della distri-

buzione dei dati alla ricerca della verifica di ipotesi di invariabilità di scala della dimensione areale degli sprofondamenti censiti, similmente a quanto realizzato in letteratura per i fenomeni franosi (RIGON et alii, 1994; SUGAI et alii, 1994; PELLETIER et alii, 1997; HOVIUS et alii, 1997, 2000; MALAMUD & TURCOTTE, 2000; ROUAI & JAAIDI, 2003), quale applicazione del concetto generale di self-organized criticality (SOC) introdotto da BAK et alii (1987, 1988) al fine di descrivere la presenza di leggi di potenza nella distribuzione di fenomeni naturali (su tutti, la magnitudo sismica).

Inizialmente, anche allo scopo di raccogliere conferme in merito alla difformità distributiva dei dati in possesso rispetto ad un pattern normale, l'analisi, consistente nel raffronto in un diagramma bilogarithmico degli sprofondamenti di area a con il numero di fenomeni di area (A) superiore a quella considerata (a), è stata effettuata su tutti i 768 casi significativi (Figura 7). Ne è derivato un andamento apparentemente lineare all'interno di due soglie dimensionali, anche se con scostamenti dalla retta di regressione non trascurabili e comunque attesi, vista la tendenza alla bimodalità della distribuzione di Figura 5.

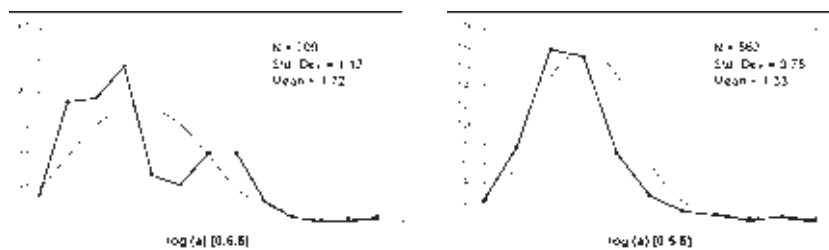


Fig. 6 – Distribuzione dei fenomeni per classi areali logaritmiche: a) di origine naturale (a sx); b) di origine antropica (a dx).

Relativamente al taglio degli estremi della popolazione esso trova due diversi tipi di motivazioni: i fenomeni estremamente piccoli, sfuggendo spesso in parte al campionamento, devono essere trascurati (e in questo caso la soglia pare attestarsi attorno ai 10 m^2), mentre gli otto casi con dimensioni superiori ai 15.000 m^2 sono stati valutati in numero eccessivamente esiguo per poter contribuire in modo significativo alla statistica (e tale valutazione è stata mantenuta anche in tutte le analisi successive).

Riguardo al comportamento della coda inferiore della distribuzione, è da osservare, peraltro, come il campo di sottostima sia da ritenersi estremamente ridotto, con un'organizzazione dei dati linearmente organizzata già a partire da classi medio-piccole.

È inoltre da rilevare particolarmente il valore dell'esponente della legge di potenza (0,52) estremamente basso in confronto agli analoghi riscontrati in letteratura per fenomeni franosi, generalmente compresi tra 1 e 2 (per una rassegna delle ricerche recenti si veda ROUAI & JAAIDI, 2003).

Similmente a quanto effettuato in precedenza, si è successivamente proceduto alla distinzione tra i casi di origine naturale e quelli di origine antropica, i risultati della distribuzione dei quali merita un commento approfondito.

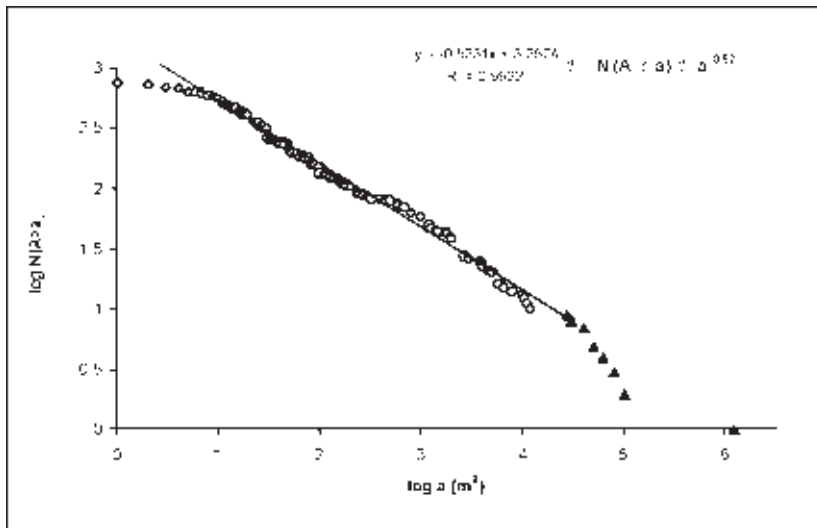


Fig. 7 – Curva cumulativa frequenza-area (ovvero numero di eventi N di area A maggiore di a) per l'intero data-base

Per quanto concerne infatti i casi di origine naturale (Figura 8), i dati appaiono decisamente più vicini ai modelli distributivi riscontrati per i fenomeni franosi, con l'esistenza di un ben definito campo di roll-over, in questo caso limitato superiormente dalla soglia dei 1.000 m^2 : oltre tale valore il trend appare lineare con un valore dell'esponente (0,97) assai vicino a 1 e simile a quello riscontrato in alcuni analoghi studi sui fenomeni franosi (HOVIUS et alii, 1997 e HERGARTEN & NEUGEBAUR, 1998, ad esempio, hanno evidenziato rispettivamente valori di 1,16 e 1,10).

Per quanto concerne la popolazione al di sotto di tale soglia, essa potrebbe rappresentare complessivamente tutto il campo di sottocampionamento: in alternativa è necessario invocare la persistenza di più gruppi eterogenei.

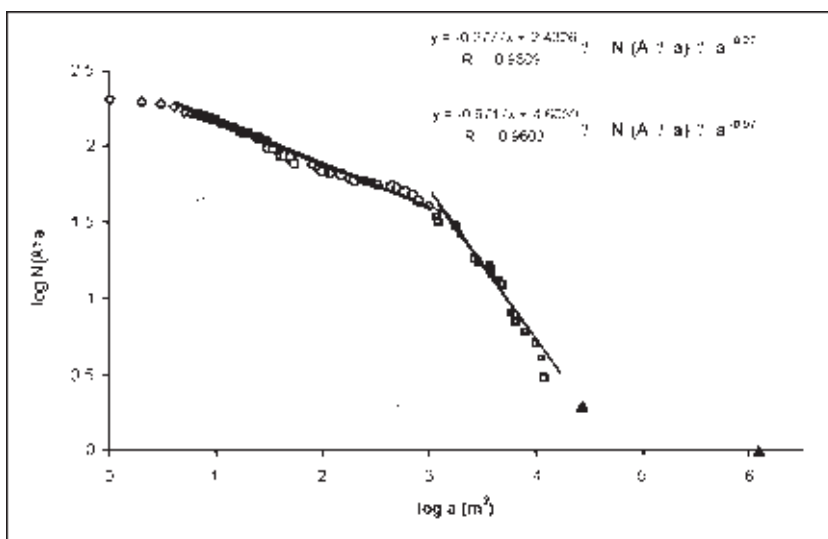


Fig. 8 – Curva cumulativa frequenza-area per i fenomeni di origine naturale

Al fine di aggiungere informazioni in tal senso, si è provveduto a distinguere ulteriormente i casi naturali, estrapolando gli eventi occorsi in aree carsiche: per questi ultimi, in effetti, si giunge ad evidenziare un comportamento lineare per l'intero spettro di aree al di sopra della soglia dei 10 m² e ciò parrebbe indicare la permanenza di sottopopolazioni non omogenee nel campione residuo, per il quale permane la soglia dei 1.000 m² (Figura 9). Tuttavia, in attesa di ulteriori verifiche sulle modalità di censimento e al fine di non incorrere in una eccessiva parcellizzazione della popolazione oltre la soglia di significatività statistica, le indagini non hanno al momento previsto ulteriori distinzioni.

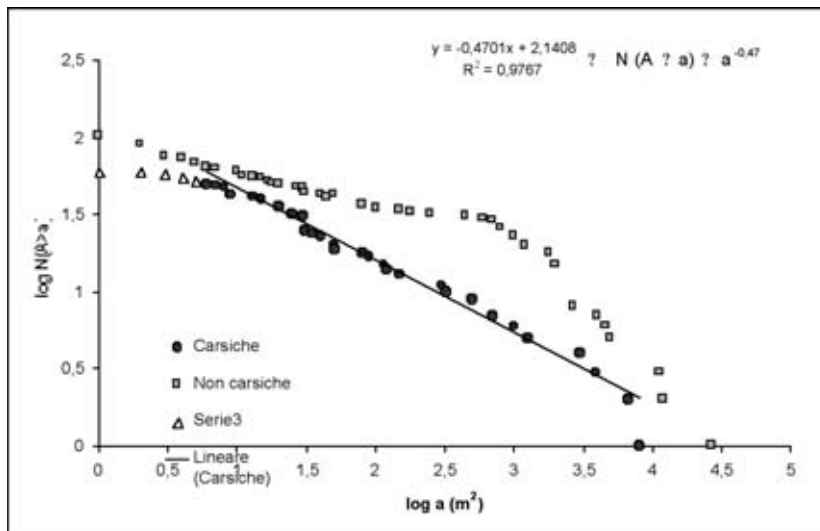


Fig. 9 – Curva cumulativa frequenza-area per i fenomeni naturali in aree carsiche e non

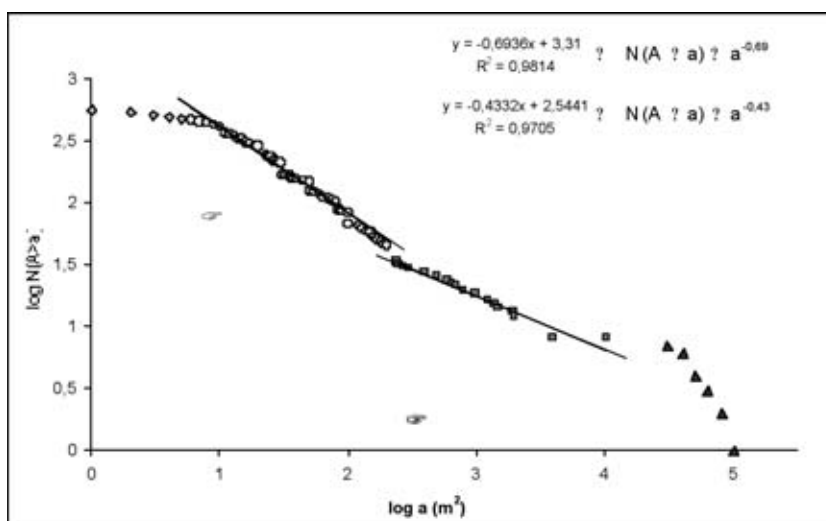


Fig. 10 – Curva cumulativa frequenza-area per i fenomeni di origine antropica

La tecnica di elaborazione dei dati è stata infine reiterata anche sulle informazioni inerenti i casi di origine antropica, peraltro numericamente più rilevanti.

In questo caso, l'andamento riscontrato è singolarmente speculare a quello degli eventi naturali, con una soglia intorno ai 2-300 m (Figura 10): il comportamento opposto dei due campioni spiega in modo elementare la sostanziale linearità per l'intera popolazione, anche se a questo punto essa appare evidentemente come una sommatoria di gruppi non completamente confrontabili.

Come detto il comportamento appare inusuale per la presenza di un esponente maggiore nel settore inferiore della scala delle superfici, che potrebbe trovare spiegazione al solito come esito della coesistenza di popolazioni diverse o, in alternativa, quale effetto di un sovraccampionamento degli eventi minori.

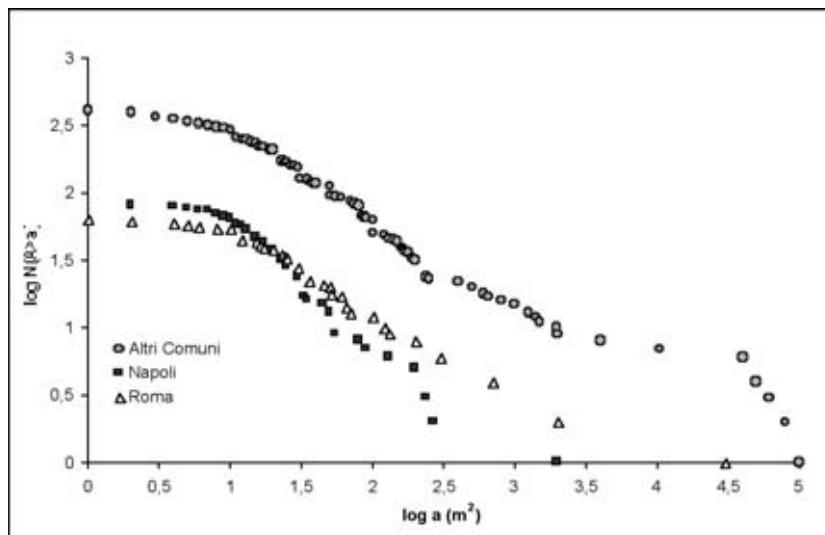


Fig. 11 – Curva cumulativa frequenza-area per i fenomeni di origine antropica delle aree urbane di Roma, Napoli e degli altri comuni italiani

Al fine di acquisire ulteriori elementi di valutazione, in questo caso è stata effettuata una distinzione geografica fra gli eventi situati nelle aree urbane di Roma e Napoli e quelli localizzati altrove (è comunque indubbio che tale distinzione ha anche connotazioni genetiche, considerando le sostanziali differenze geologiche dei due sottosuoli urbani), giungendo alla rappresentazione di Fig. 11.

Pur in mancanza di tendenze marcate come nei casi precedenti, può essere rilevata la buona linearità dei due sottocasi e, conseguentemente, la permanenza della soglia a 2-300 m² per la popolazione residua: anche in questo caso, tuttavia, si rendono necessarie ulteriori ponderate considerazioni sul metodo di campionamento e sulla elaborazione statistica dei dati.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il Dott. Luca Innocenti per il fondamentale contributo alla realizzazione del sito www.sinkholes.it.

BIBLIOGRAFIA

- BAK P., TANG C. & WIESENFELD, K. (1987) – Self-organized criticality, an explanation of 1/f noise. *Phys. Rev. Lett.* **59**, 381– 385.
- BAK P., TANG C. & WIESENFELD, K. (1987) – Self-organized criticality. *Phys. Rev.*, **A 38**, 364– 374.
- CORAZZA A. (2004a) – Censimento dei dissesti dovuti a cavità sotterranee in Italia. La scheda di rilevamento. Atti del Workshop “Stato dell’arte sullo studio dei fenomeni di sinkholes e ruolo delle Amministrazioni statali e locali nel governo del territorio”, APAT, Roma, 20-21 maggio 2004.
- CORAZZA A. (2004b) – Il rischio di fenomeni di sprofondamento in Italia: le attività del Dipartimento della Protezione Civile. Atti del Workshop “Stato dell’arte sullo studio dei fenomeni di sinkholes e ruolo delle Amministrazioni statali e locali nel governo del territorio”, APAT, Roma, 20-21 maggio 2004.
- HERGARTEN S. & NEUGEBAUR, H.J. (1998) – Self-organized criticality in a landslide model. *Geophys. Res. Lett.* **25 (6)**, 801–804.
- HUVIUS N., STARK C.P. & ALLEN P.A. (1997) – Sediment flux from a mountain belt derived by landslides mapping. *Geology* **25 (3)**, 231– 234.
- HUVIUS N., STARK C.P., HAO-TSU C. & JIUM-CHUAN L. (2000) – Supply and removal of sediment in a landslide-dominated mountain belt: central range, Taiwan. *Geology* **108 (1)**, 73– 89.
- MALAMUD B.D. & TURCOTTE D.L. (2000) – Cellular-automata models applied to natural hazards. *Comput. Sci. Eng.* **2**, 42–51.
- PELLETIER J.D., MALAMUD B.D. BLODGETT T. & TURCOTTE D.L. (1997) – Scale-invariance of soil moisture variability and its implications for the frequency – size distribution of landslides. *Eng. Geol.* **48**, 255–268.
- RIGON R., RINALDO A. & RODRIGUEZ-ITURBE I. (1994) – On landscape self-organization. *J. Geophys. Res.* **99 (B6)**, 11971– 11993.
- ROUAI M. & JAADI E.B. (2003) – Scaling properties of landslides in the Rif mountains of Morocco. *Engineering Geology* **68**, 353–359.
- SUGAI T., OHMORI H. & HIRANO M. (1994) – Rock control on the magnitude – frequency distribution of landslides. *Trans. Jpn. Geomorphol. Union* **15**, 233– 251.