

Variazione dell'apertura delle discontinuità (joints) durante l'anno e crolli di roccia: un'indagine nella Formazione della Laga (Abruzzo)

Donatello Magaldi*, Rinalda Di Stefano**

*Autore corrispondente: DISAT, Facoltà di Ingegneria, Università di L'Aquila, magaldi@ing.univaq.it,

**APAT, Servizio Geologico, Roma, rinalda.distefano@apat.it

Joints aperture variation and rock fall during year: a survey on the Laga Flysch formation, Central Apennines, Abruzzi, Italy.

ABSTRACT: Rockfall occurring in the Laga Flysch formation (mainly turbiditic sandstone) located along the Vomano river high valley were assumed to be conditioned by the variation of joints width. In order to verify the hypothesis, some base pins have been placed across the joint edges in 72 randomly selected sites during a field survey more than 2 years long. The dilatation and contraction of the joint aperture which were measured twice (in autumn and summer) by an electronic fessurimeter revealed that nearly in all cases the joint aperture got to decrease during warmer period and to increase during the colder one. The average of both the contraction and dilatation resulted very similar ($-24 \cdot 10^{-3}$ and $+15 \cdot 10^{-3}$ mm/month, respectively). Then the hypothesis that both contraction and dilatation of the edges could be attributed to the rock thermal stress, was proposed and discussed.

Key terms: Laga Flysch, Rockfall, Thermal stress, Joints aperture variation

Termini chiave: Flysch della Laga, Crolli di roccia, Stress termico, Variazione della apertura delle discontinuità

Riassunto

I crolli di roccia, che entro la Formazione della Laga interessano l'alta valle del Vomano in Abruzzo, sembrano essere condizionati dalla variazione dell'apertura delle discontinuità (*joints*) dell'ammasso roccioso. Allo scopo di verificare l'ipotesi, sono stati collocati durante una campagna di osservazioni durata oltre 2 anni, una serie di blocchetti distanziometrici sui due lembi delle varie fratture beanti, in 72 stazioni di misura. Le misure, eseguite in modo ripetuto nella stagione autunnale e in quella primaverile con un fessurimetro elettronico, hanno rivelato che l'apertura della quasi totalità delle fessure tende a restringersi durante la stagione più calda e a allargarsi in quella più fredda, con spostamenti pressoché simili in un senso e in senso contrario ($-24 \cdot 10^{-3}$ and $+15 \cdot 10^{-3}$ mm/mese, rispettivamente, in media). Si ritiene quindi che il movimento delle aperture dei *joints* sia attribuibile alla dilatazione/contrazione termica della roccia.

Introduzione

La maggior parte della zona abruzzese a settentrione della Catena del Gran Sasso è soggetta a processi franosi di vario tipo e intensità secondo quanto risulta da osservazioni dirette e da un rapporto inedito (Quaranta, 2006) basato su indagini condotte dalla Regione e da vari Enti locali ai fini della protezione dei centri abitati e delle infrastrutture. Sono particolarmente frequenti e insidiosi i crolli di roccia, che si

manifestano durante tutto l'anno dalle pareti verticali e subverticali della alta Valle del Vomano, tanto che si è reso necessario proteggere la strada statale 80 tra il Passo delle Capannelle e Teramo con alcune gallerie parietali. Proprio per evitare i crolli di roccia è stata studiata la possibilità di costruire una variante stradale da far passare per la maggior parte in galleria (Fiorillo, 1996).

E' noto che volumi più o meno grandi di ammassi rocciosi tendono a distaccarsi da pareti verticali o subverticali, sollecitati dalla forza di gravità, qualora si verifichi una "crescita" delle discontinuità (*joints*) che li attraversano (Erismann & Abele, 2001). Nelle regioni montuose, i più comuni crolli di roccia di medie dimensioni sono di norma attribuiti a processi di gelo-disgelo (Selby, 1993). Per di più, Rice (1988) riferisce con più esempi, che i crolli di roccia, sempre nelle regioni montuose, tendono a verificarsi con maggiore frequenza, sia nella stagione autunnale che in quella primaverile, proprio in conseguenza del gelo-disgelo.

Nella zona considerata, il fiume Vomano ha inciso il suo letto nella Formazione della Laga, Flysch torbiditico di età Miocenica Superiore, costituita da una alternanza di arenarie arcosiche e litiche (o più propriamente "areniti") molto potenti (alcune centinaia di metri) con livelli sottili argilloso-marnosi, che si sovrappone stratigraficamente alle Marne a Pteropodi, a loro volta sovrapposte alle Marne con Cerrognia (Ghisetti & Vezzani, 1998; Corda & Morelli, 1996). Lungo il corso del fiume, la formazione presenta spesso pareti sub-verticali di diverse decine di metri, che

incombono sia sul Vomano, che sulla strada statale. Da un rapido calcolo effettuato con la nota formula proposta in letteratura (Selby, 1993) si ottiene che l'altezza critica delle pareti verticali in roccia mediamente alterata, dovrebbe essere di circa 30-35 m, come effettivamente si osserva in campagna.

L'indagine oggetto di questa nota parte da una serie di osservazioni compiute alcuni anni fa sui crolli di roccia, generalmente di modeste dimensioni (anche se non mancavano blocchi di qualche m³) che avvengono frequentemente nella zona detta "L'Ortolano" a N della Catena del Gran Sasso; i crolli furono attribuiti, come ipotesi di lavoro, alla propagazione e alla apertura delle numerose discontinuità che scompongono le arenarie.

Si ipotizzò in prima approssimazione, che processi vari (gelo-disgelo, rilascio di tensioni, sismi ecc.) potessero provocare l'ampliamento e la propagazione delle

discontinuità della roccia, provocando di conseguenza il distacco di massi rocciosi e il successivo crollo.

Allo scopo di verificare l'ipotesi si decise di intraprendere una campagna di osservazioni dirette sulla variazione dell'apertura (*width*) delle discontinuità durante l'anno in una zona campione più ampia ma sempre entro il bacino del Flysch della Laga, nei dintorni del Lago di Campotosto in Provincia di L'Aquila.

Materiali e metodi

Sono stati posti in opera circa un centinaio di stazioni in 2 diversi periodi (gennaio-ottobre 2001; novembre 2002) poste in una prima fascia compresa tra Fano Adriano a Sud e Valle Vaccaio a Nord e in una seconda fascia tra Mascioni e Cancelli nei pressi del Lago di Campotosto (Fig. 1).

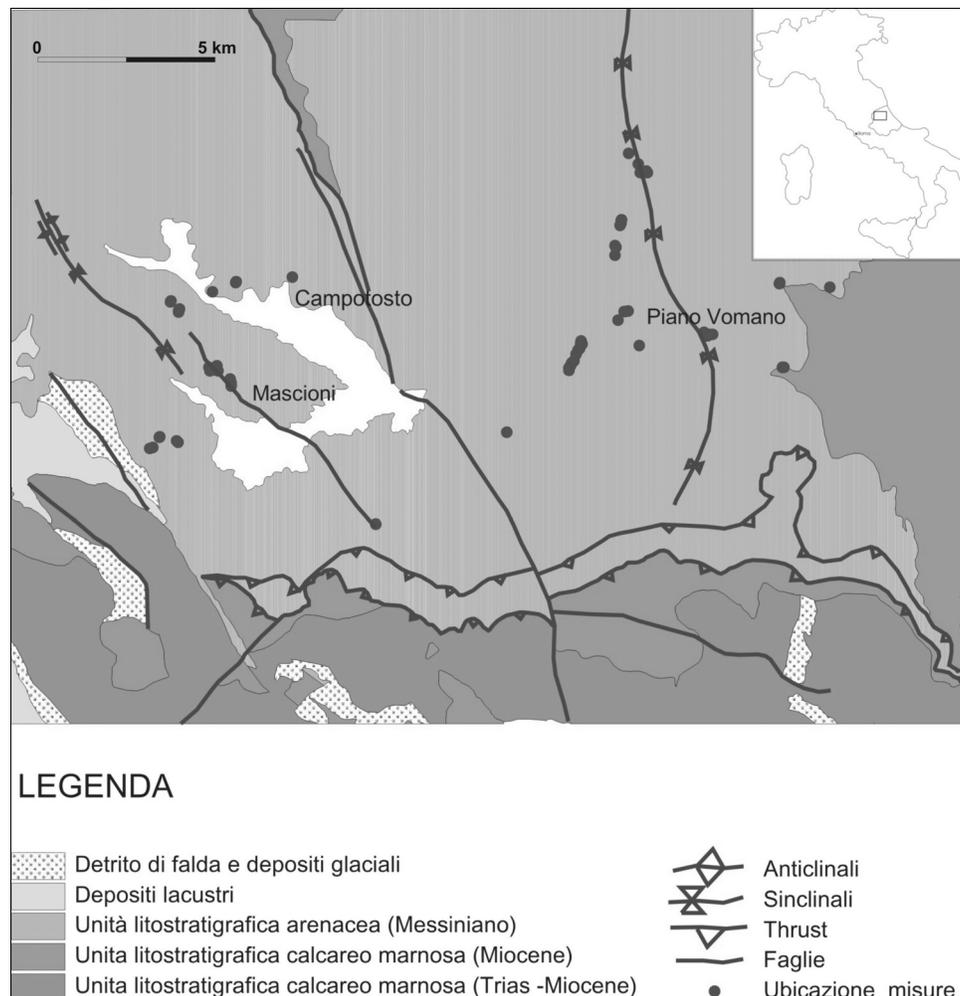


Fig.1- Schema geologico semplificato della zona studiata, con la localizzazione delle stazioni di misura e delle principali strutture tettoniche, interamente compresa nel Flysch della Laga (Unità 57 della Carta Geologica dell'Abruzzo, a cura di Vezzani e Ghisetti in scala 1:100.000). In bianco il bacino lacustre artificiale di Campotosto.

Fig 1 – Geological sketch map of investigated area with locations of the measure points and main tectonic structures. The area is completely included into “Flysch della Laga” Formation (Unit 57, from the Geological Map of Abruzzo 1: 100.000 by Vezzani & Ghisetti). The white area is the artificial lacustrine basin of Campotosto.

La scelta è stata del tutto casuale in quanto dettata dalla necessità di trovare affioramenti di roccia con fessure beanti e in grado di essere misurate con la tecnica impiegata. A posteriori, si è tuttavia notato che quasi tutte le stazioni di misura erano localizzate entro una zona compresa tra 2 sinclinali, aventi assi orientati NE-SO (Ghisetti & Vezzani, 1998) e caratterizzata da stress compressivo, secondo Montone et al. (1999).

I piani delle discontinuità prese in considerazione si orientano prevalentemente secondo 3 direzioni principali ed hanno una inclinazione media di 70-80 gradi (Fig. 2).

La larghezza delle fessure tra i 2 lembi di ciascuna discontinuità, è stata valutata utilizzando come strumento di misura un fessurimetro elettronico posto tra 2 blocchetti di riscontro in lega metallica, fissati rigidamente su ciascun lembo (Fig. 3). Lo strumento è prodotto dalla Mitutoyo e commercializzato in Italia dalla Ditta Boviar di Milano.

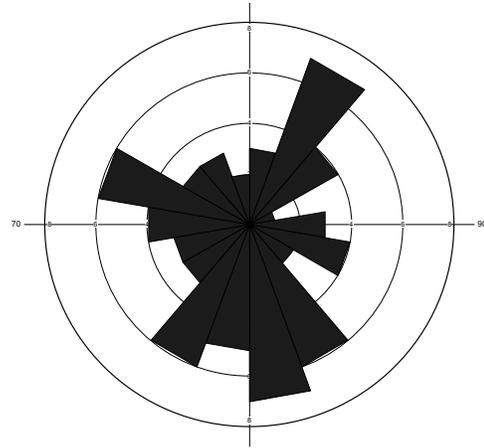


Fig.2 – Diagramma a rosa della direzione(strike) delle discontinuità (joints) misurate.

Fig.2 – Rose diagram of the measured joint strikes



Fig. 3– Il fessurimetro impiegato per la misura del movimento dell'apertura delle discontinuità. La linea tracciata col gesso simula la frattura, mentre i 2 blocchetti di riscontro vengono fissati ai suoi lembi.

Fig. 3- The mini-fissurometer orthogonal put to the discontinuity to be monitored. The white line represents the joint aperture which is drawn between 2 base pins.

Risultati

Sono state eseguite misure dopo 600 giorni (lettura a novembre 2002: *lettura autunnale*) e dopo 800 giorni (aprile-maggio 2003: *lettura primaverile*). I risultati (Tab. 1) sono stati normalizzati come “variazione della apertura della discontinuità espressa in mm per mese dopo 600 giorni rispetto alla lettura iniziale” allo scopo di tener conto della diversa durata dei periodi di osservazione. Da un primo esame della Tab. 1 si nota che circa il 60 % delle letture del *periodo primaverile* indica che i lembi delle discontinuità si avvicinano; il contrario risulta invece dalle letture del *periodo autunnale* in quanto i *joints* che si contraggono sono meno del 40%.

Per di più, le stesse stazioni che nella lettura primaverile si contraevano, nella lettura autunnale danno valori quasi esattamente opposti. Diagrammando (Fig. 4) i valori medi di tutte le stazioni (per i 2 periodi di osservazione) si osserva che i punti rappresentativi si distribuiscono quasi simmetricamente attorno ad un valore di spostamento pari a zero, mentre le medie di tutti i valori di “variazione mensile” primaverili e autunnali sono pressoché coincidenti ma di segno opposto (rispettivamente $-0,024$ e $+0,015$ mm/mese).

Discussione

I risultati ottenuti possono essere variamente interpretati.

Una prima ipotesi è quella di un effetto del gelo e disgelo. Negli ambiente freddi infatti la “segregazione” del ghiaccio entro la roccia determina la frammentazione degli ammassi rocciosi in blocchi di varia dimensione (Latridou & Ozouf, 1982; Matsuoka, 1991). In realtà questa ipotesi, (*cold climate weathering*, o alterazione fisica dovuta a clima freddo), può essere esclusa, poiché in primo luogo le condizioni climatiche della zona in esame non sono paragonabili a quelle dove il processo ricordato è stato studiato, in secondo luogo le discontinuità avrebbero dovuto con maggior probabilità “avvicinarsi” nella stagione più fredda e “allontanarsi” in quella più calda.

Una maggiore probabilità ci sembra invece si possa attribuire all’ipotesi della fatica indotta dallo dilatazione/contrazione termica, proposta come processo geomorfico da Sumner et al. (1995) e da Hall (1999) che è stata verificata, sia in ambienti estremamente caldi (*hot desert*), che molto freddi ma aridi (zone antartiche e montagne canadesi). Anche se l’ambiente in studio è abbastanza diverso da un punto di vista climatico, è significativo che l’apertura dei *joints* sembra restringersi in autunno (temperatura media dell’aria = circa $3\text{ }^{\circ}\text{C}$) e dilatarsi durante la primavera (temperatura media dell’aria = circa $8\text{ }^{\circ}\text{C}$); per di più il valore medio autunnale della contrazione è praticamente eguale a quello di segno opposto primaverile.

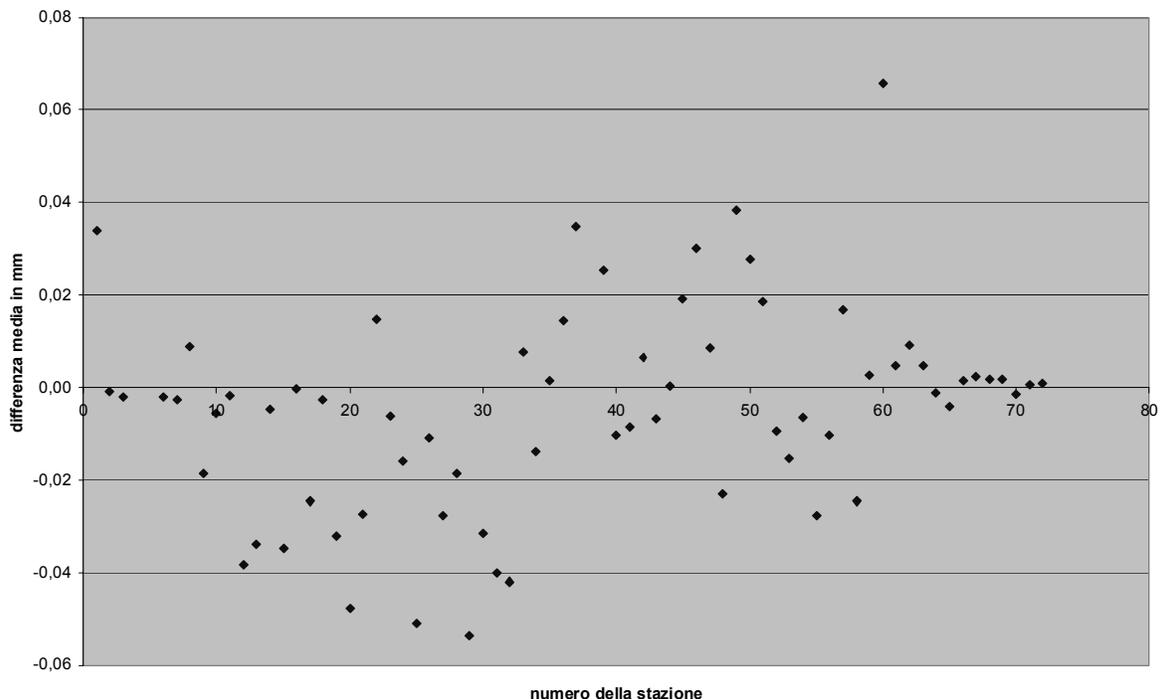


Fig. 4 –Media della differenza fra le letture eseguite nel periodo autunnale e in quello primaverile normalizzate come “variazione in mm al mese” (asse Y) di ciascuna delle 72 stazioni di misura (asse X). Si nota che la maggior parte dei punti rappresentativi si distribuiscono in una fascia compresa tra valori della differenza di lettura simmetrici e molto bassi.

Fig.4 – Normalised (variation in mm / month) average value of difference between autumn lectures and spring ones (Y axis) for each measure station (X axis). Most of representative points dispose on a belt between symmetrical very low values of the lecture difference.

Tab. 1. Variazione della apertura della discontinuità normalizzata a 600 giorni ed espressa in mm per mese $\cdot 10^{-3}$ relativamente al periodo primaverile e a quello autunnale per le varie stazioni rispetto alla lettura iniziale; coordinate geografiche, angoli di direzione e immersione dei piani delle discontinuità misurate in ciascuno dei 72 siti.

Tab.1. The variation of joints apertures normalized to 600 days and mm / month $\cdot 10^{-3}$ from spring lectures and autumn lectures compared to initial lectures; geographical coordinates of 72 sites with the joint strikes and dips.

stazione	X COORD	Y COORD	giacitura	lettura primaverile diff/mese in $\text{mm} \cdot 10^{-3}$	lettura autunnale diff/mese in $\text{mm} \cdot 10^{-3}$
1	13,48021	42,55745	230/60	39	29
2	13,47909	42,55727	020/75	-5	3
3	13,53408	42,54376	100/85	-10	6
6	13,54976	42,56435	140/88	-10	6
7	13,46185	42,54455	070/85	-13	7
8	13,4625	42,54614	170/85	42	-25
9	13,46316	42,54724	270/63	-88	51
10	13,46365	42,54768	210/75 e 030/70	-27	16
11	13,46447	42,54879	170/76	-8	5
12	13,46389	42,54893	175/77	-182	105
13	13,46406	42,54917	190/80	-161	93
14	13,46418	42,54926	180/77	-23	13
15	13,46416	42,54952	090/85	-165	95
16	13,47682	42,55504	100/85	-2	1
17	13,47884	42,55732	330/86	-117	67
18	13,50945	42,55184	100/85	-13	7
19	13,5084	42,55186	210/65	-152	88
20	13,50771	42,55151	020/85	-226	131
21	13,50729	42,55149	280/80	-130	75
22	13,50695	42,55197	180/80	69	-40
23	13,50653	42,55238	150/85	-29	17
24	13,53228	42,56510	240/85	-76	44
25	13,53245	42,56534	050/70	-242	140
26	13,48426	42,54872	130/85	-52	30
27	13,4609	42,54385	250/80	-131	76
28	13,46062	42,54318	020/85	-88	51
29	13,46007	42,54198	000/85	-254	147
30	13,4601	42,54266	230/85	-150	87
31	13,46109	42,54404	180/85	-190	110
32	13,3434	42,53727	035/85	-199	115
33	13,343	42,53814	220/60	37	-21
34	13,34311	42,53785	170/85	-66	38
35	13,34348	42,53673	170/85	6	-4
36	13,34345	42,53640	270/85	68	-39
37	13,33883	42,54016	150/85	165	-95
39	13,33849	42,54150	000/88	120	-69
40	13,33752	42,54042	040/88	-49	28
41	13,33597	42,54017	330/40	-40	23
42	13,33557	42,54107	320/65	31	-18
43	13,32503	42,55581	030/70	-32	18
44	13,32483	42,55544	030/50	1	-1
45	13,32476	42,55502	210/88	91	-53
46	13,32195	42,55755	050/85	142	-82
47	13,32216	42,55783	210/85 e 040/85	40	-23
48	13,36396	42,56446	030/85	-109	63
49	13,34449	42,56304	120/70 e 040/50	181	-105
50	13,34429	42,56275	015/88	131	-76
51	13,33643	42,56034	240/70	87	-50
52	13,43906	42,52597	350/85	-45	26
53	13,32498	42,52210	300/55	-73	42
54	13,32547	42,52177	300/65	-31	18
55	13,31917	42,52313	210/62	-131	76
56	13,31899	42,52291	140/80	-49	28
57	13,31674	42,52034	270/68	79	-46
58	13,31576	42,52004	260/88	-117	67
59	13,39434	42,50195	285/85	12	-7
60	13,48599	42,59280	200/65	312	-180

61	13,48556	42,59320	310/85	23	-13
62	13,4835	42,59281	050/85	43	-25
63	13,48274	42,59498	290/75	22	-13
64	13,47942	42,59767	080/68	-6	3
65	13,47728	42,58068	080/70	-20	11
66	13,47719	42,58038	280/85	7	-4
67	13,47713	42,57970	280/85	11	-6
68	13,47693	42,57926	180/80	9	-5
69	13,47524	42,57401	170/70	8	-5
70	13,47556	42,57367	340/80	-7	4
71	13,47535	42,57160	175/80	2	-1
72	13,477	42,56400	140/85	4	-2
MEDIE				-24	+15

Erismann & Abele (2001) ritengono possibile la formazione di fratture conseguenti la dilatazione termica che si verifica quando una superficie fredda di una roccia coerente è forzata ad allungarsi da una parte interna più calda.

L'ipotesi della variazione termica della roccia e quindi della dilatazione/contrazione dei lembi dell'apertura delle discontinuità, sembra quindi più realistica di altre e in grado di giustificare il fenomeno osservato.

Considerazioni conclusive

La frequenza dei crolli di roccia dalla Formazione della Laga, nell'alta valle del Vomano, potrebbe essere favorita, tra le altre cause, anche dalla variazione della apertura delle discontinuità che determina progressivamente la crescita della frattura e la sua propagazione nell'ammasso roccioso

Bibliografia

- Corda, L. , Morelli C. , 1996. Compositional evolution of the Laga and Cellino Sandstones (Messinian-Lower Pliocene, Adriatic foredeep). *Boll. Soc. Geol. It.* , 115, 423-437.
- Erismann, T. H. , Abele G. , 2001. *Dynamics of Rockslides and Rockfalls*. Springer, 316 pp.
- Fiorillo, F. , 1996. Rilievo Geologico Tecnico di un'area interessata dallo scavo di una galleria lungo la SS 80 " del Gran Sasso d'Italia". *Atti del IV Convegno Nazionale dei Giovani Ricercatori in Geologia Applicata*, 457 –464.
- Hall, K. , 1999. The role of thermal stress fatigue in the breakdown of rock in cold regions. *Geomorphology* 31:47-63.
- Latridou, J. P. , Ozouf, J. C. , 1982. Experimental frost shattering: 15 years of research at the Centre de Geomorphologie du CNRS. *Progress in Physical Geography* 6:215 –232.
- Matsuoka, N. , 2001. Cold climate weathering. [Http://unis.no/research/geology/...](http://unis.no/research/geology/...)
- Montone, P. , Amato, A. , Pondrelli, S. , 1999. Active stress map of Italy. *Journal of Geophysical Research*, 104, B11;25595-25610.
- Quaranta, M. , 2006 –Relazione tecnica inedita per conto di Enti Locali dell'Abruzzo.
- Rice, R. J. , 1988. *Fundamentals of Geomorphology*. Longman Scientific and Technical, Harlow.
- Selby, M. J. , 1993. *Hillslopes materials and processes*. Oxford University Press, 451 pp.
- Summer, P. D. , Meiklejohn, K. I. , Nel, W. , Hedding, D. W. , 1995. Thermal attributes of rock weathering; zonal or azonal? A comparison of rock temperatures in different environments.
- In K. Hall (Ed. , 1999). *Weathering in cold environments with special emphasis on polar regions; Part II, Landform.* . V. H. Winston & Son, Palm Beach, USA.
- Vezzani, L. , Ghisetti, F. , (1998). *Carta Geologica dell'Abruzzo*. SELCA, Firenze

con conseguente "indebolimento" dei blocchi di roccia aggettanti.

I blocchi osservati negli accumuli ai piedi dei versanti infatti appaiono abbastanza spesso ben squadrati e limitati da superfici piane che in molti casi sembrano coincidere con i piani dei sistemi di discontinuità più frequenti.

Per di più, la stagionalità del fenomeno e la quasi coincidenza tra i valori assoluti medi del "restringimento" e quello dell'"allargamento" della distanza fra i lembi della frattura, sembrano poter giustificare l'ipotesi della dilatazione/contrazione termica, quanto meno come meccanismo di ampliamento e propagazione di fratture che favoriscono il crollo dei blocchi, anche se sfortunatamente non è stato possibile disporre di dati sulla temperatura della roccia durante l'anno, ma solo di quella dell'aria.