

RICOSTRUZIONE DI EVENTI DEFORMATIVI DI VERSANTE TARDO-QUATERNARI ED OLOCENICI ATTRAVERSO STUDI GEOMORFOLOGICI E DATAZIONI RADIOMETRICHE Th/U: L'ESEMPIO DELL'AREA DI VICO EQUENSE (CAMPANIA)

A. Santo⁽¹⁾ - P. Tuccimei⁽²⁾

⁽¹⁾Istituto di Geologia Applicata, Fac. di Ingegneria, Università di Napoli "Federico II", Napoli

⁽²⁾Dip.to di Scienze Geologiche, Università di Roma Tre, Roma

ABSTRACT - *Slope deformation of late Quaternary and Holocene age on the basis of geomorphological features and Th/U dating: the case of the Vico Equense area in Campania (South-central Italy)* - Il Quaternario Italian Journal of Quaternary Sciences, 10(2), 1997, 477-484 - This paper is mainly focused to the understanding of the genesis and age of slope deformation events affecting the northern slope of the Sorrento Peninsula near the small town of Vico Equense in Campania (South-central Italy). The most important of these events is the "Spacco della Jala" traction joint, which is 2 m wide, 800 m long and 90 m deep; it is located close to the main road of the area and to the railway. The geomorphological analysis has shown that the origin of this joint is linked to the collapse of a doline located downvalley along the slope. During the speleological survey of the "Spacco della Jala" speleothems broken by the opening of the joints were found. Th/U dating of these speleothems together with historical data collected in the area let us to say that the collapse of the doline and the opening of the "Spacco della Jala" formed during the Middle Age.

Parole chiave: Doline da crollo, carsismo, datazioni Th/U, Appennino meridionale, Italia centro-meridionale
Key words: Sinkholes, karst, Th/U dating, southern Apennines, South-central Italy

1. PREMESSA

Nell' Appennino carbonatico meridionale, in vicinanza di importanti sorgenti carsiche di base di versante, si aprono spesso grandi doline da crollo (Tab. 1) che, pur rivestendo un notevole interesse applicativo, solo poche volte (Corniello & de Riso 1986; Budetta *et al.*, 1996) sono state oggetto di studi di dettaglio. Le doline risultano localizzate in vicinanza di importanti strutture viarie, e si sono manifestate come improvvisi crolli avvenuti spesso in tempi storici.

In letteratura (Dearman, 1981; Ford & Williams, 1989) lo sviluppo di doline da crollo, in ambiente carsico, viene imputato a fenomeni di collasso per dissoluzione ed indebolimento della roccia costituente la volta di preesistenti cavità. I processi carsici sono facilitati e accelerati in condizioni di mineralizzazione delle acque, nei casi in cui tassi anomali di CO₂ e H₂S disciolti, derivanti da apporti di fluidi profondi, creano soluzioni aggressive per fenomeni di mescolamento, evaporazione e condensazione (ipercarsismo) Forti & Perna (1986).

Questa nota si riferisce ad alcune fenomenologie deformative localizzate sul versante settentrionale della Penisola sorrentina ed imputabili a sprofondamenti di tipo carsico; nell'area di Vico Equense, esistono diverse doline da crollo ed alcune profonde fratture da trazione (Fig.1), formatesi dopo le fasi quaternarie di sollevamento della Penisola (Cinque, 1986; Aucelli *et al.*, 1996). L'interesse verso uno studio dettagliato sulla genesi ed evoluzione di queste forme è derivato dalla presenza nella zona di importanti vie di comunicazione tra il promontorio sorrentino e l'entroterra campano e dalla ricorrenza di eventi franosi (Civita *et al.*, 1975; Cinque, 1986; Budetta *et al.*, 1994; Perriello & Viggiani, 1995).

2. I FENOMENI DEFORMATIVI DELLA DOLINA E DELLO SPACCO DELLA JALA

Il versante sul quale si aprono la dolina e lo Spacco della Jala è caratterizzato dall'affioramento di rocce calcaree stratificate, con generale assetto a franapoggio (Bravi & De Castro, 1995), interessate da settori più intensamente dolomitizzati e fratturati. La successione carbonatica è localmente ricoperta da terreni detritici quaternari, riconducibili principalmente a depositi di conoide del Pleistocene medio-superiore, sui quali poggiavano alcuni lembi di "Tufo grigio Campano" la cui deposizione risale a circa 30.000 anni fa.

L'assetto strutturale dell'intera area è caratterizzato dalla presenza di almeno tre principali sistemi di faglie: un primo, ad andamento N-S e con caratteri di trascorrenza; gli altri due, prevalentemente legati a movimenti verticali, con direzioni N120°-150° e N40°-60°. Le dislocazioni plio-quaternarie legate a questi sistemi di faglia hanno costituito le preferenziali linee di debolezza dell'ammasso roccioso su cui si sono sviluppate le doline e lo spacco della Jala.

La dolina della Jala (Fig. 2) si presenta come un netto sprofondamento impostato su binari tettonici trascorrenti (N-S) e normali (N40°). Lungo le pareti verticali legate al sistema N-S di trascorrenza, si conservano numerose strie calcitiche, nonché testimonianze di un intenso carsismo ipogeo evidenziato da alcune cavità da interstrato poste a giorno dallo sprofondamento. In questa parte della dolina sono state campionate le strie di calcite della faglia trascorrente (JA4) ed alcune concrezioni delle cavità da interstrato che hanno finito di accrescersi dopo lo sprofondamento (JA6).

Lo stato di alta carsificazione deve imputarsi, molto

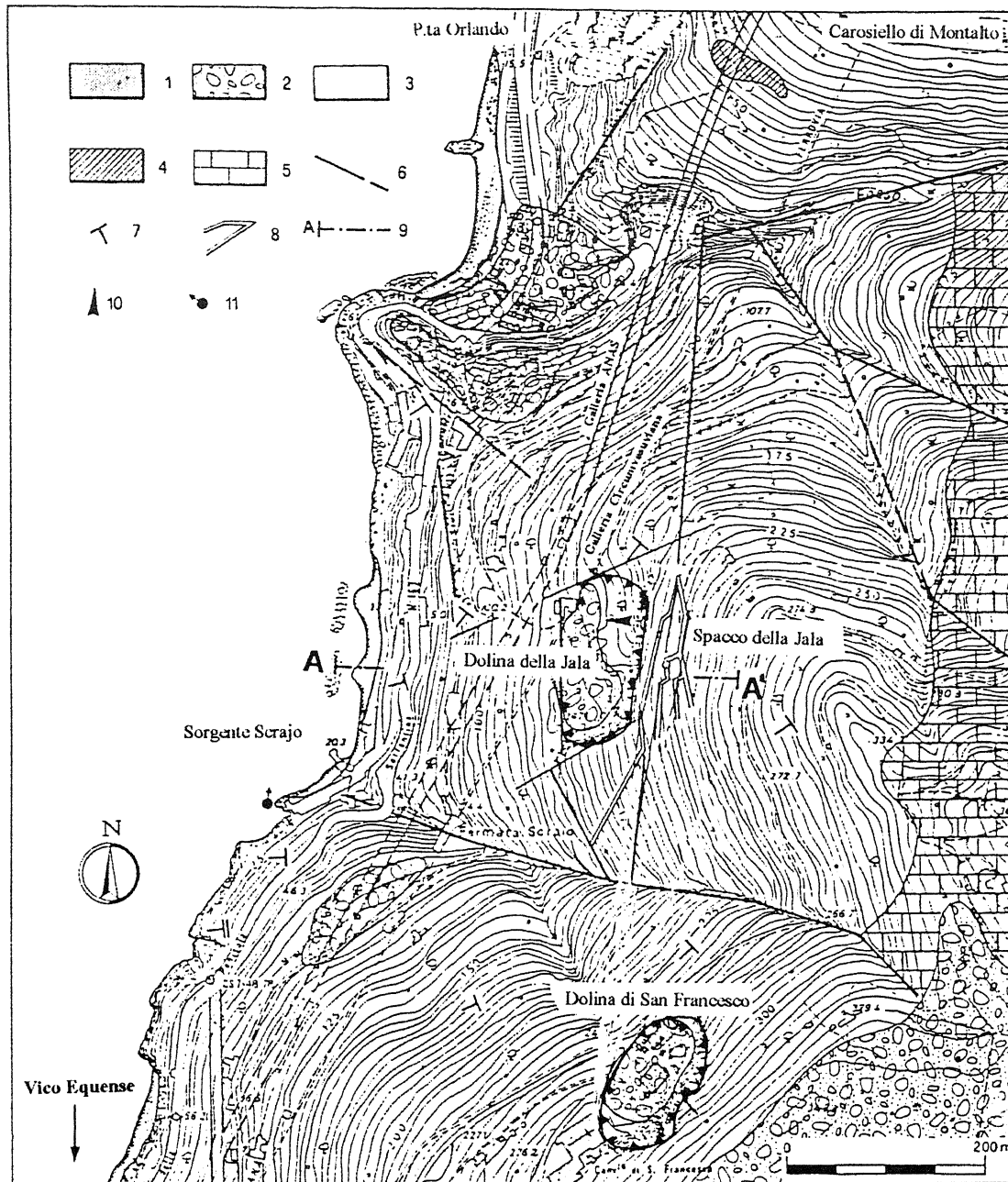


Fig. 1 - Schema morfostrutturale dell'area della dolina della Jala. 1) Depositi di spiaggia (Olocene); 2) depositi detritico-piroclastici (Pleistocene superiore.); 3) calcilutiti e calcareniti (Cretacico); 4) livello marnoso-argilloso ad *Orbitolina* (Cretacico); 5) dolomie e calcari dolomitici (Cretacico); 6) faglia; 7) giacitura di strato; 8) "Spacco della Jala"; 9) traccia di sezione; 10) direzione del vettore spostamento del versante; 11) sorgente.

*Morphostructural sketch of the Jala sinkhole area. 1) beach deposits (Holocene); 2) pyroclastic-detrimental deposits (upper Pleistocene); 3) calcilutites and calcarenites (Cretaceous); 4) marly-clayey level with *Orbitolina* sp. (Cretaceous); 5) dolomies and dolomitic limestones (Cretaceous); 6) fault; 7) attitude of bedding plane; 8) "Spacco della Jala" traction joint; 9) geological cross-section; 10) trend of slope movement; 11) spring.*

probabilmente, anche alla risalita ed alla condensazione di fluidi aggressivi provenienti dalla falda fortemente mineralizzata, attualmente sgorgante lungo il perimetro costiero, in corrispondenza della sorgente dello Scrajo (Fig. 1) e di molte altre emergenze (circa 30) localizzate tra Vico Equense e Castellammare (Nota D'Elogio, 1979).

Circa 40 metri a monte della dolina della Jala si rinvia un'estesa e profonda fenditura beante denominata

"Spacco o Senga della Jala" impostata su una faglia trascorrente a direzione N-S, avente una larghezza massima di 5 metri ed uno sviluppo complessivo di circa 800 metri (Fig. 3).

A completamento dello studio geologico e geomorfologico di dettaglio, sono state eseguite alcune ricognizioni speleologiche in profondità che hanno permesso di accertare che lo "Spacco" si approfondisce per circa

Tabella 1 - Principali doline da crollo dell' Appennino campano.
Sinkholes of the Campanian Apennines

MASSICCIO	DOLINA	GEOLOGIA	PROF.	AMPIEZZA	VOLUMI (m ³)
Monti Lattari	Dolina della Jala	Calcari cretacici	70m	150m	525000
Monti Lattari	San Francesco	Calcari cretacici	90m	120m	320000
Monti Lattari	Sperlonga	Calcari cretacici	75m	90m	283000
Monti Lattari	M.Pendolo	Calcari cretacici	45m	170m	250000
Monti di Avella	La Fossa	Calcari cretacici	50m	175m	550000
Monti Di Avella	Dolina di Canello	Calcari cretacici	60m	130m	390000
Monti di Durazzano	Dolina di Maddaloni	Calcari cretacici	45m	225m	710000
Monti di Caserta	Comola grande	Calcari cretacici	60m	120m	450000
Monti di Caserta	Comola piccola	Calcari cretacici	30m	30m	27000
Monte Camposauro	Casa Perlinceri	Brecce pleistoceniche	30m	100m	140000
Monte Camposauro	Cerzetole	Brecce pleistoceniche	20m	120m	120000
Monte Camposauro	Cese	Brecce pleistoceniche	15m	80m	48000
Monti Alburni	Intagliata	Calcari cretacici	80m	200m	1080000
Monti Alburni	Stazione di Pertosa	Calcari cretacici	60m	200m	720000
Monti Alburni	Grava Morta	Calcari cretacici	50m	50	64000
Monte Marzano	La Fossa	Calcari cretacici	30m	130m	180000
Monte Marzano	Fossato di Rio	Brecce Pleistoceniche	35m	150m	195000
Monte Marzano	Filette di Palo	Brecce Pleistoceniche	10m	80m	35000
Monte Marzano	Dolina di Pianelle	Calcari cretacici	40m	150m	216000
Gruppo Telesse	15 doline	Calcari cretacici			

Tabella 2 - Contenuti d'uranio, rapporti di attività $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$, $^{230}\text{Th}/^{232}\text{U}$, $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ ed età dei campioni analizzati.
U-contents, $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$, $^{230}\text{Th}/^{232}\text{U}$, $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ activity ratios and ages of analyzed samples.

Campione	U (ppb)	$^{234}\text{U} / ^{238}\text{U}$	$^{230}\text{Th} / ^{232}\text{Th}$	$^{230}\text{Th} / ^{234}\text{Th}$	Età (anni)
JA 1	614 ± 9	1.562 ± 0.024	>20	$2.7 \times 10^{-3} \pm 5.4 \times 10^{-4}$	296 ± 6
JA 6*	833 ± 64	1.454 ± 0.073	6	0.208 ± 0.010	< 25 mila
JA 4	216 ± 6	1.019 ± 0.023	37	1.038 ± 0.031	>350 mila

* Analisi effettuata mediante conteggio alfa.

90 metri, attestandosi quindi ad una quota di circa 10 m al di sotto del fondo della vicina dolina (Fig. 3). Le sezioni trasversali mostrano ovunque un restringimento dall'alto verso il basso e, localmente, un rigetto verticale di circa 1 m tra il lato di monte e quello di valle, con abbassamento di quest'ultimo; l'ampiezza massima della frattura (5m) e le maggiori profondità (90 m) si collocano nella parte centrale e topograficamente più alta. Durante l'esecuzione del rilievo speleologico sono state rinvenute alcune cavità da interstrato molto concrezionate, alcune delle quali presentavano dei crostoni stalagmitici tranciati a seguito del movimento di apertura della fenditura (Fig. 4). Sui lati di monte e di valle del crostone stalagmitico è possibile osservare la perfetta specularità delle concrezioni tagliate che, attualmente, si trovano separate e distanti circa 90 cm. In questo punto sono stati campionati i livelli calcitici più esterni delle stalagmiti tranciate (JA1- JA2).

3. DETERMINAZIONI RADIOMETRICHE

Le analisi radiometriche sono state compiute con il

metodo Th/U che consente la datazione di materiali formati entro i 350 mila anni da oggi. Ci si è avvalsi di due tecniche di misura distinte: la spettrometria di massa e il conteggio alpha, come riportato in Tabella 2. In quest'ultima compaiono anche i contenuti in uranio, i rapporti di attività e le età dei campioni analizzati; la preparazione chimica degli stessi è stata effettuata secondo procedure standard (Edwards, 1988).

Gli strati più esterni della stalagmite interessata dallo spacco della Jala (JA1 in Fig. 4) si sono formati attorno ai 300 anni da oggi. Questo risultato è confermato dall'analisi compiuta sulla parte più esterna di un crostone stalagmitico (JA2) contiguo a JA1 e troncato dalla stessa frattura; i livelli di accrescimento più esterni della stalagmite si raccordano lateralmente alla parte sommitale del crostone, risultando ad esso coevi.

I dati relativi a JA2 non sono stati riportati in tabella perché indicano un'età di deposizione futura. Tale fatto, logicamente inaccettabile, va però interpretato alla luce della giovanissima età del campione, in quanto un materiale di poche centinaia di anni, contenendo una quantità minima di ^{230}Th radiogenico, fornisce dati affetti da una grossa incertezza, dai quali può risultare anche un'età

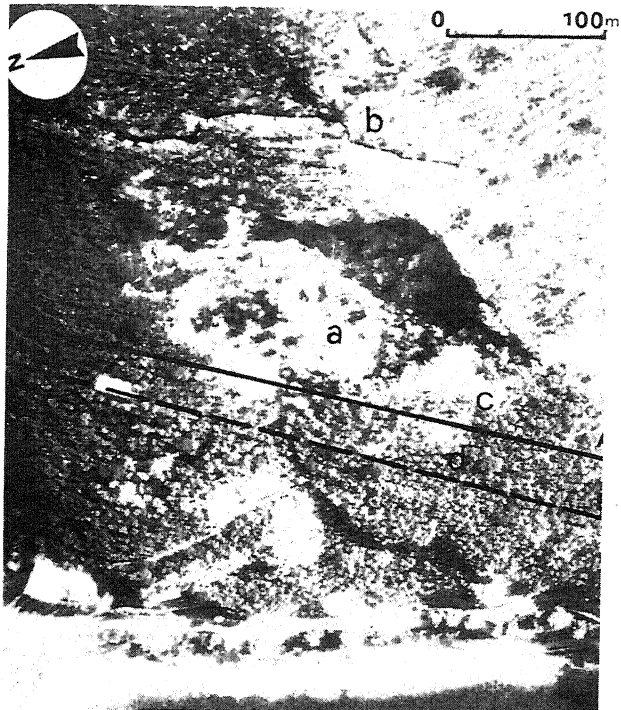


Fig. 2 - Foto aerea del "versante della Jala". Si osservi la dolina (a), la fenditura beante dello "Spacco" (b) e le dislocazioni dei muri a secco. (c): galleria Circumvesuviana; (d): tracciato della galleria ANAS.

Aerial view of the "Jala slope" with the dolina (a), the "Spacco della Jala" open joint (b) and the displaced dry walls. (c): Tunnel of the "Circumvesuviana" subway; (d): ANAS tunnel layout.

futura. Sulla base di quanto detto, gli Autori ritengono che l'analisi del campione JA2 abbia fornito indicazioni significative, coerenti con l'attivazione in tempi assai recenti dei processi deformativi di versante.

La colata stalagmitica (JA6), presente in una cavità da interstrato, venuta a giorno a seguito dello sprofondamento della dolina, ha cessato di accrescersi non prima di 25 mila anni or sono. La datazione effettuata sui livelli più esterni della concrezione ha fornito soltanto un limite superiore di età per lo speleotema, vista la presenza di materiale argilloso contenente ²³⁰Th di origine non-radiogenica, il cui contributo comporta un invecchiamento del campione.

Le strie di calcite (JA4) raccolte sul piano di scorrimento della faglia trascorrente che delimita la parete orientale della dolina della Jala, sono infine risultate più antiche di 350 mila anni, età che rappresenta, come detto, il limite superiore di applicabilità del metodo Th/U.

4. RICERCA STORICA SUGLI EVENTI DEFORMATIVI

Altri dati sulla possibile età delle deformazioni sono scaturiti dal fatto che lo "Spacco" disloca chiaramente alcuni caratteristici muri a secco "màcere" (Figg. 3-5), creati a sostegno di terrazzamenti antropici (Budetta *et al.*, 1996); tali muri si interrompono bruscamente anche a ridosso dell'orlo della dolina. Sembrerebbe ovvio quindi che, sia lo sprofondamento della dolina, che l'apertura dello spacco della Jala, devono ritenersi posteriori all'edificazione dei muretti. Un'analisi storica sull'edificazione di questi ultimi ha evidenziato che in Penisola sorrentina l'introduzione delle colture dell'olivo e degli agrumi mediante terrazzamenti delimitati da màcere, viene fatta risalire al periodo medioevale ed in particolare al XII secolo (Camardo, 1995). Pertanto, per via storica, potrebbe definirsi questo periodo come il limite cronologico superiore delle fenomenologie deformative descritte.

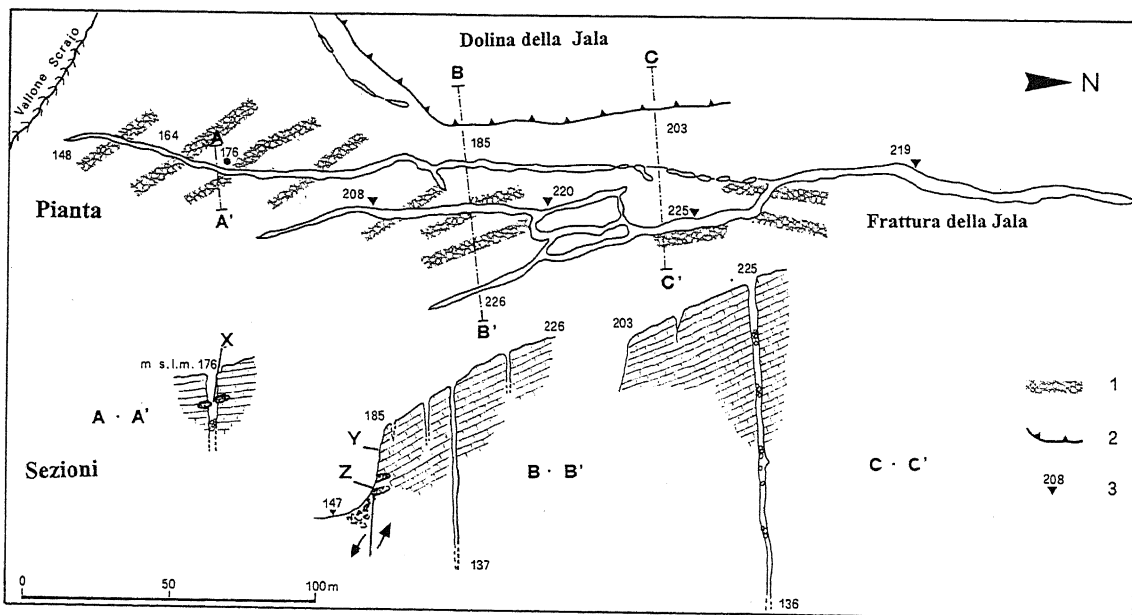


Fig. 3 - Rilievo speleologico dello "Spacco della Jala". 1) Muro a secco dislocato; 2) orlo della dolina; 3) caposaldo di livellazione; X, Y, Z: punti di campionamento delle concrezioni; X = JA1-JA2; Y = JA4; Z = JA6.

Speleologic survey of the "Spacco della Jala" open joint. 1) Displaced dry wall; 2) edge of the sinkhole; 3) bench mark; X = JA1-JA2; Y = JA4; Z = JA6 sampling sites.

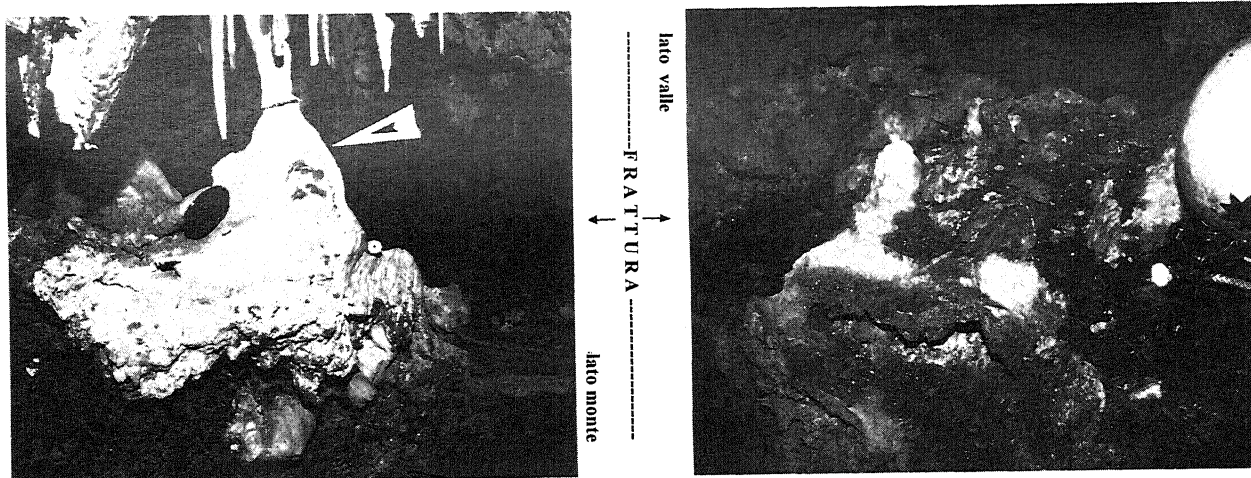


Fig. 4 - I due lati del crostone stalagmitico tranciato dal movimento di apertura dello "Spacco della Jala". La freccia indica il piano di rottura e i punti di campionamento.

Stalagmite sheared by the "Spacco della Jala" displacement. The arrow shows the fracture plane and sampling sites.

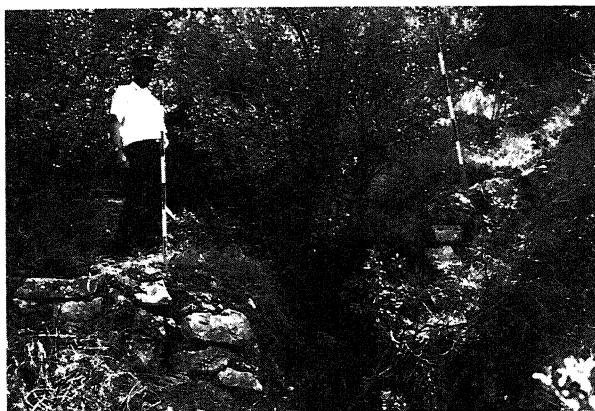


Fig. 5 - Dislocazione di un muro a secco.
Displaced dry wall.

5. CONCLUSIONI

In conclusione, sulla base di quanto acquisito circa l'assetto geologico-strutturale, geomorfologico, geocronologico e storico dell'area dello Spacco della Jala, è stato possibile proporre un modello morfoevolutivo del fenomeno in accordo con Civita *et al.* (1975), Budetta & de Riso (1992), Budetta *et al.* (1996) e soprattutto di precisare le età degli eventi deformativi (Fig.6).

A seguito di importanti movimenti tettonici di tipo trascorrente, sicuramente più antichi di 350.000 anni e di sollevamenti pleistocenici, in tutta l'area si è creato un complesso quadro fessurativo; contemporaneamente si

è sviluppata una fitta rete carsica ipogea la cui evoluzione è stata facilitata dall'azione fortemente corrosiva di fluidi termali di provenienza profonda. La datazione della concrezione campionata nella dolina da sprofondamento e tranciata dal fenomeno di collasso della cavità, permette di asserire che tale evento catastrofico è sicuramente più recente di 25.000 anni. Tale limite è da ritenersi comunque di gran lunga più giovane, sia per la presenza di materiale detritico argilloso che "invecchia" il campione JA6, sia perché lo sprofondamento coinvolge i muri a secco edificati a partire dal XII secolo. Per tale motivo lo sprofondamento della dolina può ritenersi quasi certamente di epoca medievale probabilmente avvenuto in concomitanza di un forte evento sismico (Tab. 3) come già anticipato da Budetta *et al.* (1996). Dopo, o in connessione con lo sprofondamento della cavità sul versante a monte della dolina, per motivi tensionali, si è aperto lo "Spacco della Jala". La datazione della concrezione troncata dal movimento di apertura permette di asserire, in accordo con i dati storici, che tale movimento è avvenuto in epoca molto recente e più precisamente, attorno ai 300 anni fa.

Al momento non è possibile definire se lo sprofondamento della dolina e l'apertura dello Spacco della Jala siano contemporanei o di poco successivi, e per tale motivo non si conosce la velocità di apertura dello spacco della Jala. Tali fenomeni deformativi risultano comunque molto recenti e perciò non possono considerarsi stabilizzati e del tutto inattivi.

Tali osservazioni risultano notevolmente interessanti se si tiene conto del fatto che in altri punti dell'Ap-

Data	Latitudine	Longitudine	Intensità (MCS)	Zona epicentrale
anno 1282	40° 45'	14° 30'	VIII	Castellammare
30 dicembre 1456	41° 31'	14° 31'	X	Napoletano
maggio 1537	40° 45'	14° 20'	VIII	Punta Oriando
25 aprile 1685	40° 45'	14° 45'	VI	Salerno
26 aprile 1687	40° 40'	14° 30'	VII	Castellammare
8 settembre 1694	40° 52'	15° 26'	X	Basilicata
15 settembre 1697	40° 45'	14° 30'	VI	Castellammare
15 novembre 1697	40° 45'	14° 30'	VI	Castellammare
19 maggio 1698	40° 45'	14° 30'	V	Castellammare
29 marzo 1732	41° 05'	15° 07'	X	Avellinese

Tabella 3 - Principali terremoti che hanno interessato l'area di studio tra il XIII ed il XVIII secolo (da Budetta *et al.*, 1997).

The main earthquakes affecting the study area between the XIII and XVIII century (see Budetta et al., 1997).

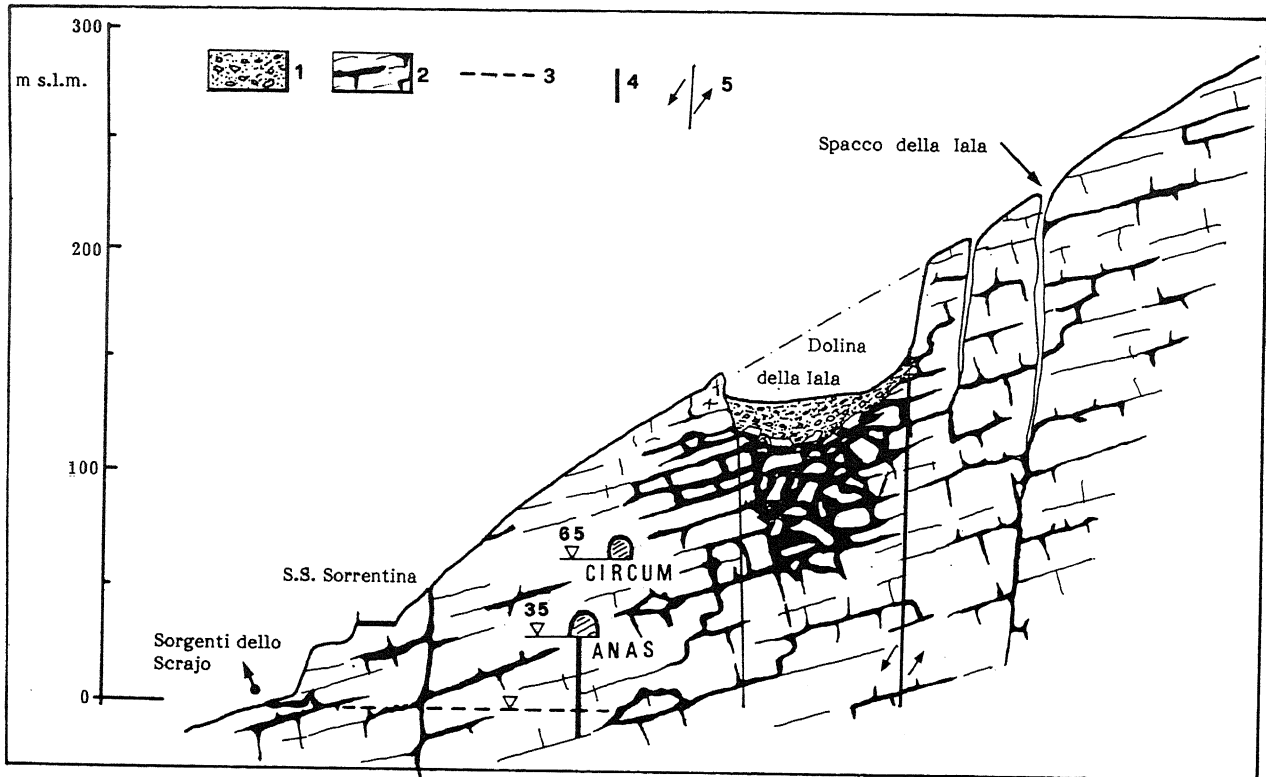


Fig. 6 - Sezione geologica del versante studiato. 1) Detrito da crollo; 2) calcari cretacei fratturati e carsificati; 3) livello piezometrico; 4) sondaggio meccanico; 5) faglia trascorrente

Geological cross-section of the investigated slope. 1) Sinkhole detritus; 2) cataclastic and karstic limestones (Cretaceous); 3) water table level; 4) borehole; 5) strike-slip fault.

pennino sono state evidenziate analoghe fenomenologie, spesso molto recenti, come nel caso della Dolina di Pianelle al Monte Marzano, sprofondata improvvisamente circa cinque mesi dopo l'evento sismico del 23 novembre 1980 (Budetta *et al.*, 1996) o di altre doline prossime all'abitato di Telesse dove lo sprofondamento ha coinvolto piroclastiti rimaneggiate oloceniche.

I risultati emersi da questo studio, oltre che suscitare nuovi interessi sulle deformazioni indotte da carsismo, dimostrano l'importanza di un approccio multidisciplinare per la comprensione di problemi geologico-applicativi. L'interazione tra gruppi di ricerca di diversa estrazione tematica e disciplinare permette la crescita culturale e scientifica dei ricercatori facendo acquisire loro una migliore capacità di comprendere i problemi e di fornire quindi dati utili alla loro soluzione.

Lavoro stampato con fondi M.U.R.S.T. 40% e 60%, responsabile Prof. R. de Riso

BIBLIOGRAFIA

- Aucelli P., Cinque A. & Merola D., 1996 - *Discriminazione cronologica di eventi deformativi fragili lungo il margine settentrionale dei Monti lattari sulla base di dati geologici e geomorfologici*. Il Quaternario, **9**(1), 319-324.
- Bravi S. & De Castro P., 1995 - *The cretaceous fossil fishes level of Capo D'Orlando near Castellammare di Stabia (Napoli): biostratigraphy and depositional environment*. Mem. Sci. Geol., **47**, 45-72.
- Budetta P. & de Riso R., 1992 - *Studio delle condizioni di stabilità di alcuni versanti in roccia nell'Appennino campano*. Mem. Soc. Geol. Ital., **41**, 917-927.
- Budetta P., Calcaterra D. & Santo A., 1994 - *Engineering-geological zoning of potentially unstable rock slopes in Sorrentine Peninsula (Southern Italy)*. Abstracts, 7th Inter. Congr. Intern. Assoc. of Engineer. Geol., 5-9 september 1994, Lisboa, Balkema.
- Budetta P., Nicotera P. & Santo A., 1996 - *Controlli e monitoraggio di fenomeni deformativi indotti da carsismo in versanti carbonatici dell'Appennino campano*. Atti, Conv. Intern. "La prevenzione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo della Ricerca Scientifica", Alba 5-7 novembre 1996. C.N.R.
- Camardo D., 1995 - *I castelli stabiani dal ducato indipendente alla dominazione angioina*. In: "Le frontiere di Amalfi" (a cura del Centro di Cultura e storia amalfitana). Edizioni Eidos, 15-113.
- Cinque A., 1986 - *Guida alle escursioni geomorfologiche, Penisola Sorrentina, Capri, Piana del Sele e Monti Picentini*. G.N.G.F.G. Riunione annuale, Amalfi 9-12 giugno 1986, Dip. Sci. Terra Univ. di Napoli, pubbl. n°33.
- Civita M., de Riso R., Lucini P. & Nota D'Elogio E., 1975 - *Studio delle condizioni di stabilità dei terreni della Penisola Sorrentina*. Geologia Appl. e Idrogeol., **10**, 129-188.
- Corniello A. & de Riso R., 1986 - *Idrogeologia e idrochi-*

- mica delle sorgenti dell'Agro Telesino*. *Geologia Appl. e Idrogeol.*, **21**, 53-84.
- Dearman W.R., 1981 - *Engineering properties of carbonate rocks*. Symp. on Engineering Geological Problems of Construction on Soluble Rocks, Aachen/Essen, IAEG Bull., **24**, 3-17
- Edwards R.L., 1988 - *High precision Thorium-230 ages of corals and the timing of sea level fluctuations in late Quaternary*. Ph.D. Thesis, California Institute of Technology, Pasadena, California.
- Ford D. & Williams P., 1989 - *Karst geomorphology and hydrology*. Chapman & Hall Ed., London, 601 pp.
- Forti P. & Perna G., 1986 - *L'ipercarsismo con particolare riguardo all'Inglesiente (Sardegna Sud Occidentale)*. *Atti Museo Sc. Nat. Trento*, **34**, 85-99.
- Nota D'Elogio E., 1979 - *Le acque minerali e termali della Provincia di Napoli*. Mem e Note Istituto di Geologia applicata, **15**, 1-108.
- Perriello Zampelli S. & Viggiani A.S., 1995 - *Una ipotesi di lavoro per un fenomeno deformativo sul versante compreso tra lo "Scoglio Tre Fratelli" e lo "Scrajo" (Penisola sorrentina, Campania)*. 2° Incontro Inter. Giovani Ricercatori in Geologia applicata Peve-ragno, Cuneo, 106 -109.

Ms. ricevuto il: 6. 5. 1997
Inviato all'A. per la revisione il: 23. 9. 1997
Testo definitivo ricevuto il: 10. 10. 1997

Ms received: May 6, 1997
Sent to the A. for a revision: Sept. 23, 1997
Final text received: Oct. 10, 1997