

GIANLUCA SELLERI¹, ROBERTO SALVATI², PAOLO SANSÒ³

¹Dipartimento di Geologia e Geofisica, Università di Bari,
Via Orabona 4, 70125 Bari

²Dipartimento di Scienze Geologiche, Università RomaTre,
L.go San Leonardo Murialdo 1, 00145 Roma

³Osservatorio di Chimica Fisica e Geologia Ambientale,
Dipartimento di Scienze dei Materiali, Università di Lecce,
Via per Arnesano, 73100 Lecce

DOLINE DI CROLLO (CAVE-COLLAPSE SINKHOLES) IN LOCALITÀ “SPEDICATURO”, SALENTO MERIDIONALE

SUMMARY

A geological and geomorphological survey has been carried out at Spedicaturo area, in the surroundings of Nociglia village (LE). In this locality, a catastrophic subsidence event occurred on the 13th March 1996, revealing the presence of a cave, about 19 m deep and 20 m wide. Two collapse sinkholes, already developed in the area, are linked to an active karstic complex fed by an endorheic drainage network, about 14 Km wide. The genesis and the evolution of these karstic landforms have been influenced by a litho-hydrological contact which promoted the flow of aggressive allogenic waters in the underground circuit. The causes producing the sinkholes activity and the processes leading to the roof cave collapse have been related to the local hydrological conditions and lithostratigraphy.

RIASSUNTO

Il 13 marzo 1996 in località *Spedicaturo* nei pressi di Nociglia (LE) si è verificato un fenomeno di subsidenza catastrofica che ha portato alla luce una cavità profonda 19 m e larga 20 m. Nell'area erano già presenti due doline di crollo connesse ad un complesso carsico attivo che riceve le acque di un reticolo endoreico lungo circa 14 Km. La genesi e la evoluzione delle forme carsiche presenti sono state condizionate da un limite lito-idrologico che ha favorito l'afflusso nel circuito idrico sotterraneo di acque allogeniche chimicamente aggressive. Le cause che innescano la *sinkhole activity* ed i meccanismi che producono il crollo della volta delle cavità sono stati posti in relazione con la circolazione idrica e la locale litostratigrafia.

INTRODUZIONE

Il Salento leccese è caratterizzato da un paesaggio carsico complesso associato alla presenza di estese coperture plio-pleistoceniche con caratteristiche litostratigrafiche e grado di permeabilità molto variabili, poggianti direttamente sul basamento carbonatico mesozoico (potente circa 6000 m) o a luoghi sulle formazioni mioceniche interposte. In particolare il settore centrale del Salento leccese è segnato da profonde doline di crollo di forma subcilindrica, note localmente col termine di *vore*. Per chiarire i meccanismi genetici ed evolutivi di queste forme e per definirne i rapporti esistenti con l'idrografia superficiale è stato condotto un rilevamento geologico-strutturale e geomorfologico in un'area prossima all'abitato di Nociglia dove, il 13 marzo del 1996, si è verificato un fenomeno di *sinkhole activity*

nell'immediato intorno del sistema carsico Vore Spedicaturo, con la conseguente formazione di una dolina ampia 20 m e profonda altrettanto.

L'AREA DI STUDIO

INQUADRAMENTO GEOLOGICO E MORFOLOGICO

Le Vore Spedicaturo si aprono in una estesa area depressa, stretta ed allungata in direzione NNO-SSE, sviluppatesi lungo il contatto tra i calcari detritico-organogeni del Pleistocene inferiore (Formazione delle Calcareni del Salento) (BOSSIO *et al.*, 1987) ed i sedimenti limosi riferibili al complesso dei Depositi Marini Terrazzati del Pleistocene medio-superiore (CIARANFI *et al.*, 1992) (Fig. 1). Sul fondo della depressione, immergente verso NNO, si aprono numerosi inghiottitoi carsici attivi, allineati in direzione NNO-SSE, che ricevono le acque di piccoli corsi d'acqua occasionali, poco gerarchizzati, diretti prevalentemente circa SSO-NNE (PALMENTOLA, 1987). Nel tratto in studio la depressione è posta a quota 95-96 m ed ha un'ampiezza di circa 800 m. Verso E è delimitata dalla scarpata bordiera della dorsale di Masseria Piccola - Casale Pozzogreco, che raggiunge una quota massima di 104 m. La scarpata è incisa da brevi solchi, rettilinei e poco evidenti, colmati da depositi colluviali sabbioso-siltosi rossastri.

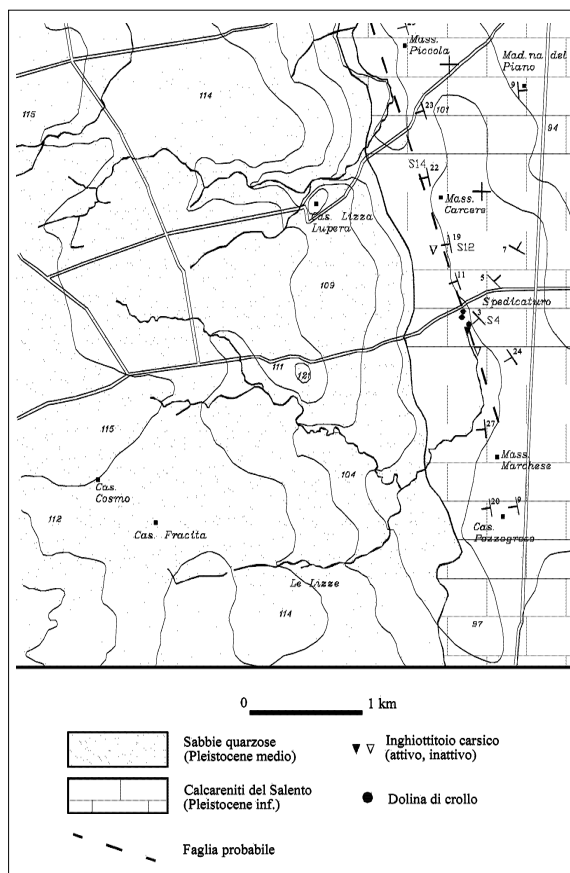


Fig. 1 - Carta Geologica.

Lungo la dorsale e sul fondo della depressione affiorano litotipi riferibili alla Formazione delle Calcareni del Salento del Pleistocene inferiore, rappresentati da calcari detritico-organogeni di colore bianco o giallastro, di granulometria variabile da arenitica grossolana a siltitica, porosi, variamente cementati ed a luoghi fossiliferi, cui si intercalano lenti e strati di silt calcareo-marnosi giallo-verdognoli con abbondanti noduli diagenetici. Nei settori N ed E le Calcareni del Salento si presentano frequentemente clinostatificate e con granulometria medio-grossolana; nel settore centrale la granulometria va riducendosi e la clinostatificazione scompare, sostituita da una stratificazione orizzontale in strati di potenza decimetrica. In corrispondenza della dorsale di Masseria Piccola - Casale Pozzogreco le calcareniti formano una piccola anticlinale fortemente asimmetrica con asse NNO-SSE; il fianco W, inclinato e breve, coincide con la scarpata che borda la depressione. Frequentemente lungo il nucleo ed in corrispondenza del fianco W della piega affiorano breccie con

elementi eterometrici a spigoli vivi immersi in matrice fine, non cementata e polverulenta. Questo particolare assetto potrebbe essere connesso alla presenza di una faglia sul margine E della depressione (BECCARISI *et al.*, 1999; GUERRICCHIO e ZEZZA, 1982).

Verso W la depressione è bordata dal vasto pianoro che si estende fino a Supersano - Ruffano, inciso nel settore orientale da alcuni piccoli solchi fluviali che confluiscono all'interno dell'area depressa. In corrispondenza di questa superficie, che raggiunge 117 m s.l.m., affiorano limi quarzoso-micacei giallastri con intercalazioni di sottili livelli grossolani, talora cementati, attribuiti al Pleistocene medio e riferiti al complesso dei Depositi Marini Terrazzati (D'ALESSANDRO *et al.*, 1987). I limi quarzoso-micacei, nel tratto più prossimo alla depressione, giacciono in trasgressione sulle Calcareniti del Salento, mentre, nelle aree più occidentali poggiano sulle marne argillose grigio-azzurre della Formazione di Gallipoli eteropiche con le Calcareniti del Salento (*sensu* BOSSIO *et al.*, 1987).

IDROGRAFIA SUPERFICIALE E CARATTERI IDROGEOLOGICI

Il bacino endoreico del sistema carsico "Vore Spedicaturo" si estende prevalentemente sui terreni limosi del Pleistocene medio. Il reticolo idrografico ha uno sviluppo complessivo di 14 Km, è caratterizzato da un basso grado di gerarchizzazione e si compone di due aste principali ben incise: il Canale Fontanelle, che riceve il Canale del Ponte, ed il canale che attraversa località Le Lizzate. Il primo, dopo la confluenza con il Canale del Ponte, assume andamento meandriforme, formando anse strette e corte, e si orienta in direzione NW-SE, versandosi dopo pochi Km nel canale di località Le Lizzate. Quest'ultimo ha uno sviluppo grossomodo rettilineo e forma anse poco pronunciate. Nel tratto più a monte ha direzione E-W; invece nel tratto mediano, fino all'interno della depressione in cui si aprono le *vore*, si orienta in direzione NE-SW. Circa 1 km prima dell'inghiottitoio carsico, il solco fluviale assume andamento NNW-SSE, concordante con la direzione di sviluppo della depressione. Intorno al 1970 le sponde dei canali furono cementificate e nella parte terminale del reticolo fu realizzata una vasca in calcestruzzo con base di 20 x 10 m e profondità di 4 m con lo scopo di ridurre la velocità delle acque ed abbatte il carico solido. Il reticolo attualmente è composto da 4 km di canale principale con sponde in calcestruzzo con

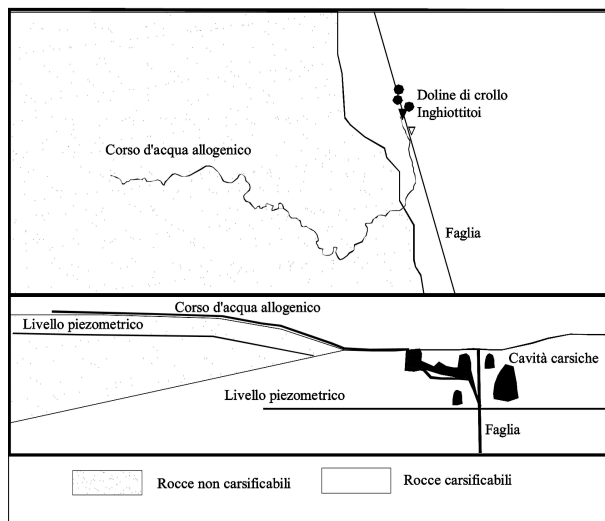


Fig. 2 - Quadro schematico delle caratteristiche geologiche ed idrogeologiche del sistema carsico.

sezione trapezoidale di 10 m² di superficie, 5 km di canale principale a sezione variabile con sponde naturali ricoperte da una fitta vegetazione spontanea, 5 km di canali secondari a sezione variabile.

Le caratteristiche litostratigrafiche locali determinano la presenza di falde superficiali di estensione e caratteristiche poco conosciute.

In seno alle Calcareniti del Salento, è presente una falda freatica superficiale che rappresenta il livello di base carsico locale; i limi del Pleistocene medio sono sede di un'altra falda superficiale la cui superficie freatica si attesta a pochi metri di profondità dalla superficie topografica (Fig. 2).

IL SISTEMA CARSICO “VORE SPEDICATURO”

Il sistema carsico è costituito da quattro cavità allineate in direzione NNW-SSE (Fig.3) accatastate con i nomi di *Vora Grande* (Pu 192), *Inghiottitoio Leptospiria* (Pu 1557), *Vora Piccola* (Pu 1559) e *Vora Nuova* (Pu 1558) (DE GIORGI, 1896; DE GIORGI, 1922; STASI, 1940; MOSCARDINO, 1957; ANELLI, 1964; GIANGRECO e PACELLA, 1977; BECCARISI *et al.*, 1999). Il complesso si sviluppa integralmente in seno alla Formazione delle Calcareni del Salento rappresentata nell'area, per uno spessore di circa 20 m, da una

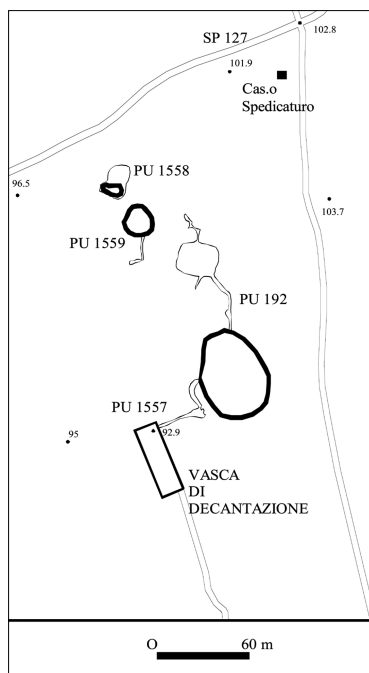


Fig. 3 - Planimetria generale del sistema carsico (da BECCARISI *et al.*, 1999, modificato).

successione di calcari detritico-organogeni biancastri alternati ed in eteropia a sabbie e limi marnosi di colore giallo, verdognolo e grigiastro, con livelli cementati. Nei pressi della SP 127 predominano nettamente gli strati sabbioso-limosi, mentre in corrispondenza dell'inghiottitoio e nell'area immediatamente a S prevalgono le calcareniti clinostratificate. Nella zona centrale, all'altezza delle due doline denominate *Vora Nuova* e *Vora Piccola*, sono presenti calcareniti clinostratificate, con uno spessore di 15-20 m, seguite verso il basso da limi e sabbie calcareo-marnose. I piani di frattura hanno frequentemente direzione parallela a quella della stratificazione, inclinazione prossima a 90° ed immersione opposta o concorde alla stratificazione (Fig. 4). La superficie freatica della falda superficiale si attesta presumibilmente intorno a 23 – 24 m di profondità.

Nei dintorni delle *Vore* si trovano altre forme carsiche rilevanti; lungo lo spartiacque ai piedi di Mass.a Carcere è presente un pozzo cilindrico ampio 2 m e profondo 7 m, completamente ostruito alla base. Un altro piccolo inghiottitoio inattivo si trova un centinaio di metri a S della vasca di decantazione.

Gli assi di sviluppo delle cavità e la geometria delle superfici che delimitano gli ambienti ipogei più ampi sono concordanti con la giacitura dei piani di fratturazione (Fig. 3, Fig. 4).

La circolazione idrica ipogea è condizionata dal regime pluviometrico; durante gli eventi meteorici intensi le acque confluiscono all'interno del sistema carsico attraverso un ingresso condizionato che si apre sullo spigolo NE della vasca di decantazione. Prima dei lavori di sistemazione del 1970 l'assorbimento avveniva anche attraverso la dolina da cui si accede alla Pu 192. Dopo un breve percorso a pelo libero, le acque si muovono verso N all'interno di condotte impraticabili, ricomparendo tuttavia in vari punti all'interno delle cavità. Le grandi gallerie che rappresentano la parte esplorata del sistema sono percorse dalle acque solo durante i maggiori eventi meteorici, frequenti nei periodi autunnale e primaverile. Questi ambienti si riempiono d'acqua rapidamente in seguito alla formazione di vari sifoni che ostacolano il deflusso e favoriscono la permanenza all'interno delle cavità di ingenti volumi d'acqua in lento movimento. In tali condizioni, probabilmente, si riattivano le gallerie freatiche più superficiali, come quella parzialmente esplorata che parte dalla grande sala all'interno della Pu 192 e si dirige verso SE (Fig.3). Nella *Vora Piccola* e nella *Vora Nuova* non si registra alcuna attività idrica di rilievo; solo all'interno della *Vora Nuova*, durante l'evento di *sinkhole activity*

del 1996, è stato osservato per un tempo di diverse ore un flusso idrico turbolento di portata considerevole.

DISCUSSIONE

Il caso studiato rappresenta un chiaro esempio di carsismo di contatto (*contact karst*); la genesi e l'evoluzione delle forme connesse a questo tipo di carsismo, frequenti nelle regioni con clima temperato, sono legate alla presenza di un limite con giacitura qualsiasi tra corpi geologici con caratteristiche litologiche ed idrogeologiche differenti. In letteratura sono stati descritti numerosi tipi di carsismo di contatto associati alla presenza di un corso d'acqua allogenico che permette l'afflusso di cospicui volumi d'acqua, di aree tettonicamente attive, di coperture impermeabili, di ghiacciai, ecc. (GAMS, 1994). Tali esempi tuttavia sono riferiti esclusivamente ad aree di "carso" classico o di tipo alpino, caratterizzate dalla presenza di punti di assorbimento connessi a corsi d'acqua ben sviluppati, percorsi ipogei concentrati, punti di emergenza della falda carsica ben definiti (GAMS, 1994). L'area in studio, per le sue caratteristiche, non rientra in alcuno dei tipi descritti in letteratura, pur tuttavia essa presenta a piccola scala le peculiarità di aree in

cui questo tipo di carsismo si manifesta con forme ben sviluppate ed imponenti. Infatti, la genesi e la evoluzione della depressione e delle forme carsiche in essa presenti sono connesse alla esistenza del contatto lito-idrologico tra le rocce carsificabili del Pleistocene inferiore e le rocce del Pleistocene medio, non carsificabili e con un basso grado di permeabilità.

Questo assetto geologico e morfologico, permettendo l'afflusso nel perimetro dell'area depressa di cospicui volumi di acque allogeniche, ha favorito lo sviluppo del fenomeno carsico, in particolare in corrispondenza della faglia localizzata sul margine E della depressione, lungo la quale si allineano gli inghiottitoi e le doline di crollo (*vore*) (Fig. 2).

La genesi delle doline è connessa alle caratteristiche litologiche, tessiturali e meccaniche della successione affiorante ed agli abbondanti afflussi di acque; il modello concettuale della evoluzione di tali forme può essere quello mostrato in Fig. 4b. I limi e le sabbie calcareo-marnosi che rappresentano la parte bassa della successione possono essere accostati per le loro caratteristiche ad un mezzo omogeneo ed isotropo a grande scala. Una cavità che si sviluppa in seno a tale mezzo, si evolve attraverso una serie di crolli controllati da una distribuzione delle linee dello stress intorno al vuoto simile a quella proposta da TRIMMEL (1968) e BÖGLI (1978) (Fig. 4c). La cavità si amplia progressivamente conservando una forma grossomodo regolare e simmetrica (Fig. 4bA) fino a quando non incontra il letto del corpo superiore costituito da calcareniti clinostratificate e cementate; si verifica dunque l'ampliamento del vuoto ipogeo che conserva al tetto le calcareniti e si ingrandisce prevalentemente in seno al litotipo meno tenace, estendendo la sua base ed assumendo una forma condizionata

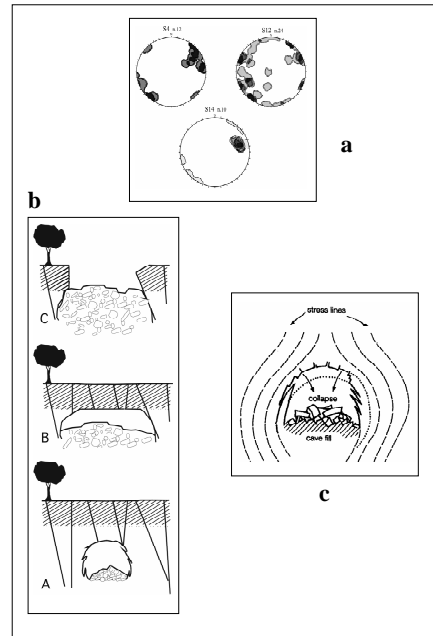


Fig. 4a - Diagrammi della densità dei poli di frattura rilevati nei punti S4, S12, S14.

Fig. 4b - Modello genetico delle doline di crollo.

Fig. 4c - Distribuzione delle linee dello stress intorno ad una cavità in un mezzo non stratificato (da Jennings, 1987).

dalla geometria delle famiglie di fratture presenti nell'area (Fig. 4bB). L'aumento di volume della cavità e la intersezione tra le superfici di stratificazione e di fatturazione sono le principali cause predisponenti al crollo della volta (Fig. 4bC).

I fenomeni di *sinkhole activity* potrebbero essere favoriti dagli allagamenti cui è soggetta l'area circostante le *vore* durante gli eventi di piena eccezionali.

La geometria e la forma delle doline di crollo sono connesse direttamente alle caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo e alla modalità secondo la quale si verificano i crolli della volta delle cavità. In particolare, la orientazione delle pareti delle doline è condizionata dalla direzione delle principali famiglie di fratture; la inclinazione della stesse è invece connessa alla loro orientazione rispetto alla giacitura degli strati. Le pareti lungo le quali gli strati affiorano a traversopoggio sono verticali e le superfici di strato serrate; la parete lungo cui gli strati affiorano a reggipoggio è verticale ma le superfici di strato sono aperte per effetto dei crolli. La parete lungo cui gli strati affiorano a franapoggio sono più inclinate della verticale a testimonianza che i movimenti connessi al crollo si verificano preferenzialmente lungo i piani di frattura e non lungo le superfici di strato lungo le quali non si verifica alcuno scivolamento di blocchi.

CONCLUSIONI

Il rilevamento condotto ha permesso di chiarire il rapporto esistente tra l'assetto geologico-strutturale, la conformazione morfologica dell'area e la circolazione idrica superficiale e profonda. La presenza del limite lito-idrologico tra i calcari detritico-organogeni del Pleistocene inferiore ed i limi quarzoso-micacei del Pleistocene medio ha favorito l'afflusso all'interno della depressione di ingenti quantitativi di acque allogeniche e lo sviluppo sia in profondità che in superficie del carsismo. La genesi e la evoluzione delle doline è condizionata dalle caratteristiche litologiche, tessiturali e meccaniche della successione affiorante, rappresentata da calcareniti clinostratificate passanti verso il basso a limi e sabbie calcareo-marnosi, ed agli effetti erosivi prodotti dai flussi idrici turbolenti che si originano durante gli eventi di piena che stagionalmente interessano il sistema carsico.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori ringraziano lo speleologo Francesco De Natale per l'aiuto prestato durante la raccolta dei dati in campagna.

BIBLIOGRAFIA

- ANELLI F., 1964 – Fenomeni Paracarsici nei calcari grossolani terziari e quaternari delle Murge e del salento in Puglia. – Third International Congress of Speleology, Wien, 2:199-206.
- BECCARISI L., CHIRIACÒ L., DELLE ROSE M., 1999 - Il sistema carsico Vore Spedicaturo Nociglia-Surano, Provincia di Lecce). – Itinerari Speleologici. Serie II, 8: 5-36.
- BIGI G., CAPELLI G., MAZZA R., PAROTTO M., PETITTA M., SALVATI R., 1999 – Strutture di collasso nella piana di San Vittorino (Fiume Velino, Lazio): interazione tra circolazione idrica sotterranea e tettonica attiva. – Atti del Convegno “La Pianura: conoscenza e salvaguardia” Ferrara 8-11 novembre 1999: 159-162.
- BÖGLI A., 1968 – Karsthydrographie und phisiche Speleologie. – Springer. Berlin.
- BOSSIO A., GUELFI F., MAZZEI R., MONTEFORTI B., SALVATORINI G., VAROLA A., 1987 – Precisazioni sull'età dei sedimenti pleistocenici di due cave del leccese (San Pietro in Lama e Cutrofiano). - Atti del Convegno sulle conoscenze geologiche del territorio salentino. Lecce 12 dicembre 1987. Quaderni di Ricerche del Centro Studi Geotecnica e di Ingegneria Lecce, 11: 147-174

- CARROZZO M. T., DELLE ROSE M., FEDERICO A., NEGRI S., QUARTA T., 1997 – Individuazione con georadar di cavità carsiche nella zona di Nociglia (Lecce). – 15° Congresso Nazionale di Geofisica, Roma.
- CIARANFI N., PIERI P., RICCHETTI G., 1992 – Note alla carta geologica delle Murge e del Salento (Puglia centro-meridionale). – Mem. Soc. Geol. It., 106: 449-460
- COLOMBI A., DI LORETO A., NOLASCO F., CAPELLI G., SALVATI R., 2001 - The purposes of the main sinkhole project in the Latium Region of central Italy. – Geotechnical and Environmental Application of Karst Geology and Hidrology, Beck and Herring Eds.: 73-76.
- D'ALESSANDRO A., LOIACONO F., RICCHETTI G., 1987 – Note illustrative alla carta geomorfica del Salento meridionale (F.525 Gallipoli, 526 Nardò, 527 Otranto, 536 Ugento e 537 Capo S. Maria di Leuca). - Atti del Convegno sulle conoscenze geologiche del territorio salentino. Lecce 12 dicembre 1987. Quaderni di Ricerche del Centro Studi Geotecnica e di Ingegneria Lecce, 11: 207-222.
- DE GIORGI C., 1896 – Le Vore di Barbarano. – L'Universo, n. 9, 129-131, Milano.
- DE GIORGI C., 1922 – Descrizione geologica ed idrografica della Provincia di Lecce. – Ed. Salomi. Lecce.
- GAMS I., 1994 – Types of contact karst. – Geogr. Fis. Dinam. Quat. 17: 37-46.
- GIANGRECO A., PACELLA N., 1977 – Analisi dei beni speleologici della Provincia di Lecce e proposta di tutela. – 2° Convegno Regionale su “Difesa e Valorizzazione del Patrimonio Carsico Pugliese”. Maglie, 17 aprile 1977. Editrice Salentina. Galatina.
- GUERRICCHIO A., ZEZZA F., 1982 – Esempio di mapping da foto aeree e da immagini da satellite in zone carsiche: la Penisola Salentina. – Geol. Appl. e Idrog., 17(2): 507-526.
- JENNINGS J. N., 1987 – Karst geomorphology. – Oxford, Hengland, Basil Blackwell.
- KESSERU Z., 1997 - Assessing the risk of cave-collapse sinkholes using analogous information from mining. – Proceeding of the sixth multidisciplinary conference on sinkholes and the engineering and environmental impact of karst. Springfield/Missouri / 6-9 April 1997. Balkema Rotterdam: 55-60.
- MARTINIS B., 1962 – Lineamenti strutturali della parte meridionale della Penisola Salentina. – Geol. Rom. 1, pp. 11-23, Roma.
- MOSCARDINO M., 1957 - Paleontologia e speleologia in Terra d'Otranto. – Nuovo Annuario di Terra d'Otranto, Op. in 8°, Galatina: 67 pp.
- PALMENTOLA G., 1987 – Lineamenti geologici e geomorfologici del Salento leccese. – Atti del Convegno sulle conoscenze geologiche del territorio salentino. Lecce 12 dicembre 1987. Quaderni di Ricerche del Centro Studi Geotecnica e di Ingegneria Lecce, 11: 7-23.
- PALMER A. N., 1991 – Origin and morphology of limeston caves.- Geol. Soc. Of Am. Bull., 103: 1-21.
- STASI G., 1949 – Esplorazioni speleologiche nel Salento. – Rinascenza Salentina.
- TRIMMEL H., 1968 – Höhlenkunde. – Wieveg, Brunswick.

