

GEOLOGIA DELLE GROTTI DI CASTELLANA: IPOTESI SPELEOGENETICHE

Alessandro Reina^(1,2) & *Mario Parise*^(3,4)

⁽¹⁾ Iscritto n° 213 ORG-Puglia; Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale, Politecnico di Bari

⁽²⁾ Direttore scientifico Grotte di Castellana s.r.l.

⁽³⁾ CNR - Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica, Bari

⁽⁴⁾ Gruppo Puglia Grotte, Castellana Grotte

1. INTRODUZIONE

Il complesso carsico delle Grotte di Castellana fu scoperto ed esplorato il 23 gennaio 1938, ad opera del Professor Franco Anelli, coadiuvato da un gruppo di locali esploratori. A distanza di pochi mesi dalla scoperta, venne aperta la galleria di ingresso alle grotte, interamente scavata a mano, e le Grotte di Castellana divennero visitabili dai turisti. In pochi anni, Castellana e il suo mondo sotterraneo acquisirono enorme fama e non a caso nel 1950 giunse la variazione nella denominazione della cittadina pugliese, che da Castellana divenne Castellana Grotte (Decreto del Presidente della Repubblica n° 320 del 24 aprile 1950), in onore appunto alle grotte che la avevano resa famosa.

Nel frattempo, proseguivano le esplorazioni dell'ampio sistema carsico, con la scoperta delle principali diramazioni laterali e dei pozzi di accesso alla zona più profonda delle grotte, che raggiunge i - 122 metri (Anelli, 1954; Vianello & Tommasini, 1965). Successive esplorazioni, condotte in periodi più recenti ad opera di Franco Orofino, allievo del Prof. Anelli, e degli speleologi del Gruppo Puglia Grotte, hanno consentito di approfondire ulteriormente la conoscenza del sistema delle Grotte di Castellana (Pinto, 1976; Pace, 1977-78; Savino, 1991; Parise *et alii*, 2002).

Nonostante le numerose ricerche svolte in vari campi, dalla botanica alla mineralogia alla

fisica, soprattutto nel corso degli anni '50-'70 grazie all'instancabile opera di coordinatore e stimolatore della ricerca scientifica a Castellana Grotte del Prof. Anelli, pochi autori si sono soffermati sulla speleogenesi dell'imponente sistema carsico castellanese, e sulle sue varie fasi evolutive. In questo lavoro, tramite nuovi dati di carattere stratigrafico, geologico-strutturale e speleologico, integrati da osservazioni di morfologia ipogea, intendiamo fornire alcuni elementi per una più completa comprensione della genesi, e della successiva evoluzione, delle Grotte di Castellana.

2. IL PAESAGGIO CARSICO

Il territorio di Castellana Grotte fa parte delle Murge del sud-est barese, prosecuzione verso i quadranti sud-orientali dell'altopiano murgiano che caratterizza l'area centrale del territorio pugliese.

I terreni affioranti nel territorio castellanese sono rocce carbonatiche di età cretacea che costituiscono, a grande scala, una estesa monoclinale con immersione degli strati a S SW, complicata da blande pieghe e da sistemi di faglie normali, per uno spessore complessivo di alcune migliaia di metri. In particolare, tali rocce sono una successione di calcari, calcari dolomitici e dolomie ben stratificate, con strati di spessore variabile da

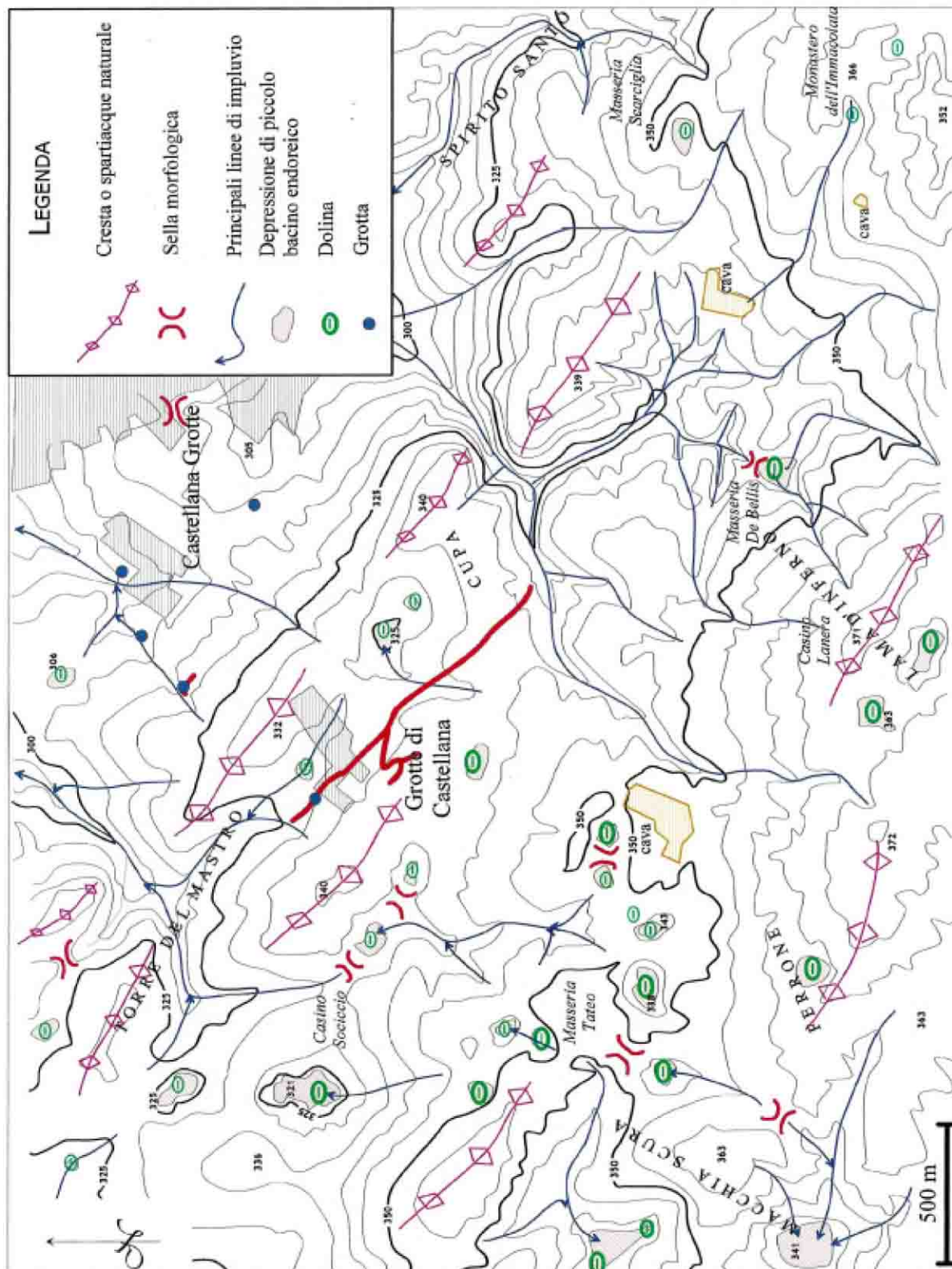


Figura 1 - Carta degli elementi geomorfologici epigei nella zona delle Grotte di Castellana, con indicazione dello sviluppo del sistema carsico. Equidistanza 5 metri

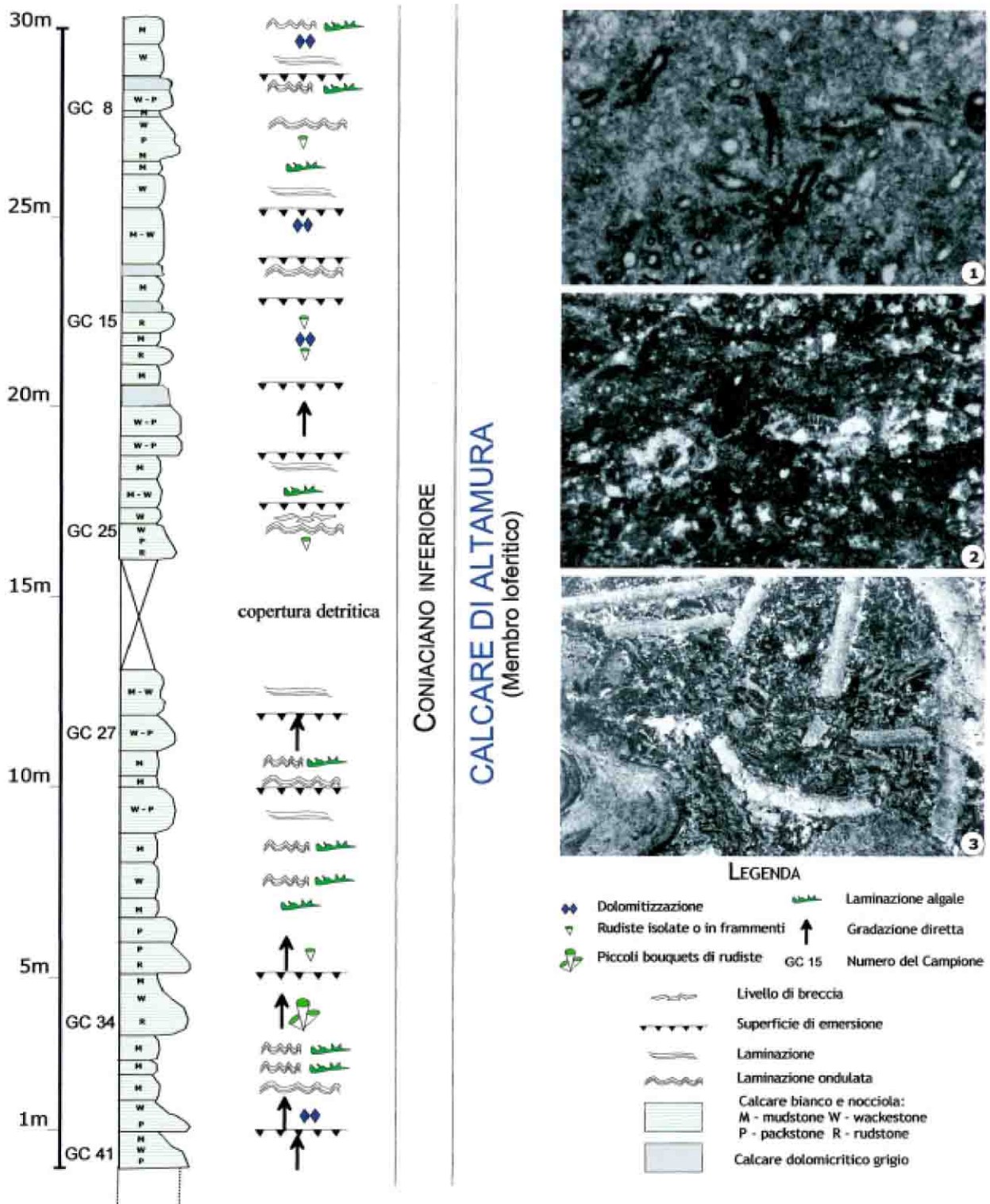


Figura 2 - Successione stratigrafica delle Grotte di Castellana e sezioni sottili delle principali microfacies.

Foto 1 - Mudstone con alghe; *Acolisaccus kotori*; x38

Foto 2 - Wackestone laminati con *Thaumatoporella parvovesiculifera*; x28

Foto 3 - Rudstone con frammenti di rudiste; x12,5

qualche centimetro a pochi metri. Questi litotipi calcareo-dolomitici possono essere riferiti alla unità del Calcare di Altamura di età Coniaciano – Campaniano, che nel settore delle Murge sud-orientali presenta uno spessore massimo di circa un migliaio di metri. Al di sotto del Calcare di Altamura con l'interposizione di una lacuna stratigrafica a carattere regionale è presente l'unità del Calcare di Bari (Valanginiano – Cenomaniano sup.) costituita anch'essa da strati e banchi di calcari e calcari dolomitici, che si sviluppa per uno spessore complessivo nel sottosuolo di circa duemila metri (Ciaranfi et alii, 1988).

Le rocce del Calcare di Altamura si presentano molto compatte, a grana fine o finissima, poco porose ed estremamente tenaci, di colore bianco o grigio-nocciola, con diffusione a diverse altezze stratigrafiche di rudiste. I termini dolomitici, a fronte di una maggiore durezza e tenacità, risultano spesso più vacuolari rispetto a quelli più schiettamente calcarei. Estremamente variabili sono invece i caratteri legati alla diffusione e intensità della fratturazione e del fenomeno carsico.

Nel territorio castellanese (Parise, 1999, 2003) i principali elementi del paesaggio sono le doline e le lame (Fig. 1). Le doline hanno da sempre costituito una morfologia di estremo interesse per gli studiosi del carsismo di questa zona, come dimostrato, tra gli altri, dagli studi di Colamonico (1917) e di Anelli (1938, 1957). Prevalentemente circolari, ma spesso modificate in forme più squadrate dall'uomo con la creazione di muretti a secco che ne delimitano i bordi, le doline sono molto frequenti in questa zona, e raggiungono dimensioni massime di circa 20.000 m², corrispondenti in genere ad aree di depressione derivanti dalla coalescenza di due o più doline limitrofe (ad es., la zona di Casino Sociccio, o quella a sud di Casino Lanera in Fig. 1). Spesso esse costituiscono il recapito finale di piccoli bacini endoreici, come nel caso della zona di Masseria Tateo e di Contrada Ferrone, o di più ampie dimensioni come nel caso della zona di Largo Porta Grande.

Le lame, incisioni poco sviluppate, a fondo piatto e svasato, costituiscono insieme alle gravine i principali elementi vallivi del paesaggio carsico (Colamonico, 1953; Palagiano, 1965; Parise et alii, 2003) e, nell'occasione di eventi piovosi, raccolgono il deflusso superficiale delle acque. Solitamente questi impluvi sono privi di acqua a causa della elevata permeabilità delle rocce del substrato carbonatico dovuta alla presenza dei diffusi sistemi di fratturazione e dei condotti carsici.

Per le suddette caratteristiche, i bacini delle lame sono poco gerarchizzati, discontinui e generalmente a regime torrentizio. Le lame riconoscibili nei dintorni delle Grotte di Castellana si sviluppano prevalentemente secondo direzioni SW-NE e NW-SE, secondariamente in direzione N-S (Fig. 1): quelle di maggiori dimensioni, in particolare, appartengono al primo sistema di orientazione e ricevono, da entrambi i versanti, apporti del secondo sistema. La lama di maggiori dimensioni è quella che, partendo da località Cupa, si dirige verso Castellana e si unisce ad altri solchi erosivi provenienti dallo Spirito Santo, per confluire quindi nella lama principale che si dirige verso Largo Porta Grande, il punto più depresso della conca carsica di Castellana. E' infatti qui che nel passato, in occasione dei principali eventi meteorici, ripetutamente si sono verificate alluvioni, anche disastrose e con numerose vittime, come nel caso del novembre 1896 (Orofino, 1990; Pace & Savino, 1995; Parise, 2003). Eppure, come in gran parte del territorio murgiano, il riconoscimento di morfologie epigee risulta oggi alquanto difficile anche nel territorio castellanese, a causa di una serie di attività antropiche che stanno provocando un forte degrado del carsismo pugliese, talvolta sino alla cancellazione delle tipiche forme di questo paesaggio carsico. Intensi fenomeni di spietramento, riempimento di depressioni morfologiche e cavità carsiche, attività di cava (in qualche caso abusiva), casi ripetuti di inquinamento sia in superficie che della falda sotterranea, sono purtroppo all'ordine del

giorno in Puglia, e producono effetti diretti, talora irrimediabili, sul paesaggio carsico (Giglio et alii, 1996; Parise & Pascali, 2003; Delle Rose & Parise, 2003).

LE GROTTI DI CASTELLANA

Stratigrafia

Studi recenti hanno consentito la determinazione delle caratteristiche lito, bio e cronostratigrafiche della successione in cui si sviluppano le Grotte di Castellana (Reina & Parise, 2002); precedentemente a tale studio, le rocce che ospitano il sistema ipogeo erano state descritte genericamente come appartenenti alla formazione del Calcare di Altamura, senza entrare nel dettaglio specifico della caratterizzazione stratigrafica (Valduga, 1965; Campobasso & Olivieri, 1967; Merla & Ercoli, 1971; Grassi, 1974).

E' stata campionata e studiata la successione affiorante lungo la galleria di accesso nella Grave, e all'interno delle grotte sino a giungere ad una profondità di circa 65 m dal piano campagna (Fig. 2). La successione è costituita da una associazione di facies carbonatiche di piattaforma interna costituite da calcilutiti micritiche con diffuse laminazioni algali e rari intervalli bioclastici a rudiste. Queste facies carbonatiche costituiscono spesso una definita ciclicità periditale consistente nel succedersi di litofacies quali calcilutiti tipo mudstone - wackestone con alghe; calcilutiti biopelmicritiche tipo wackestone con foraminiferi; calcilutiti con sottili laminazioni algali. In tutte e tre le litofacies risulta diffuso il fenomeno della dolomitizzazione che in alcuni casi ha obliterato completamente le strutture primarie.

Nella successione si osservano solo raramente livelli con aggregati monospecifici di rudiste (Fig. 3) a formare piccoli bouquets. Questi strati, spessi sino ad un metro sono costituiti da biomicriti tipo packstone con limitate lenti bioclastiche (rudstone) con frammenti di rudiste. L'associazione delle

facies osservate indica ambienti tipici di piattaforma carbonatica interna, con sequenze di cicli deposizionali di tipo periditale (Reina & Parise, 2002).

La successione delle Grotte di Castellana ben si inquadra nel contesto stratigrafico e paleoambientale del Cretacico superiore delle Murge sud-orientali. L'età della successione può essere riferita al Coniaciano probabilmente inferiore; tale ipotesi è basata sul confronto lito e biostratigrafico con altre successioni stratigrafiche del Cretaceo superiore, già note, delle Murge, quali per esempio quelle affioranti a Noci (Reina, 1993), Fasano (Luperto Sinni & Borgomano, 1989) e quelle attraversate dalle perforazioni di alcuni pozzi ubicati nelle Murge sud-orientali (Ricchetti, 1975). E' possibile, sulla base dei risultati stratigrafici, effettuare una correlazione con le caratteristiche delle litofacies descritte per il Membro Loferitico del Calcare di Altamura (sensu Luperto Sinni & Borgomano, 1989).

Particolare interesse assume la posizione stratigrafica della successione di strati nei quali si sviluppano le Grotte di Castellana in relazione a tutta la stratigrafia del Cretacico superiore delle Murge (Fig. 4). Alcuni studi stratigrafici (Ricchetti, 1975; Reina, 1993; Luperto Sinni & Reina, 1996) hanno evidenziato, solo nel settore delle Murge sud-orientali, la presenza nel sottosuolo di un intervallo di calcari bituminosi (ricchi di sostanza organica nerastra) di età di poco più antica del Coniaciano, quindi sottostante alla successione riconoscibile all'interno delle Grotte di Castellana.

Morfologia ipogea, assetto strutturale e circolazione idrica sotterranea

L'ambiente più ampio e spettacolare del sistema carsico delle Grotte di Castellana è costituito dalla Grave: essa si sviluppa per una altezza massima di circa 75 metri, e per un'ampiezza di circa 100 metri in direzione NW-SE, e poco meno di 50 metri in direzione NE-SW. Lungo le pareti verticali della Grave, si

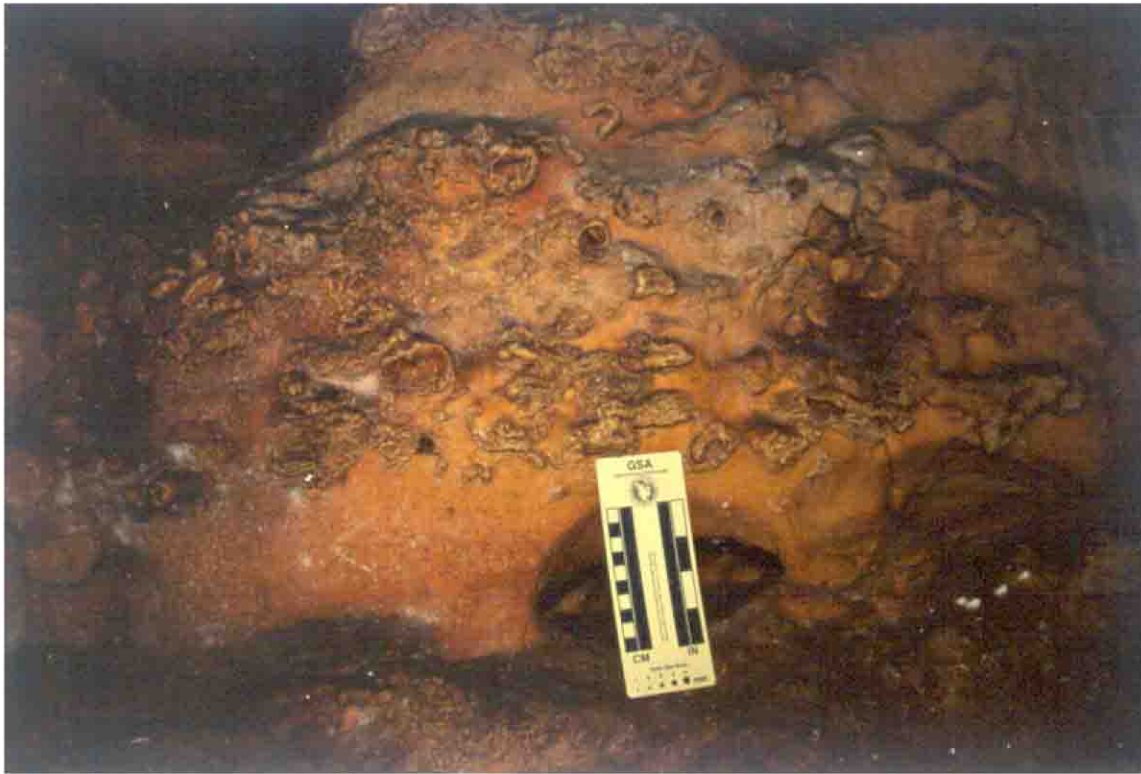


Figura 3 - Bancata con accumulo di gusci isolati o in piccoli *bouquets* di rudiste (foto: M. Parise)

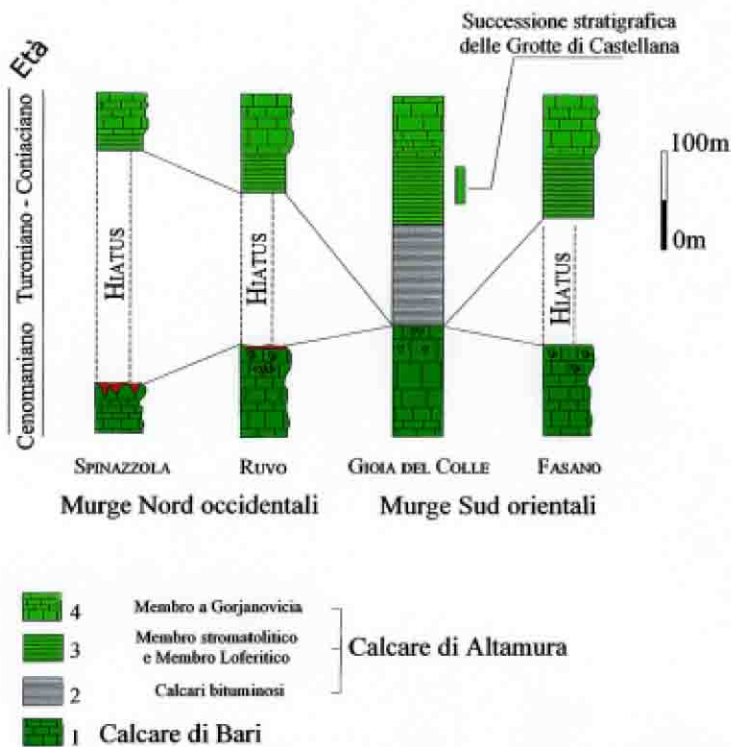


Figura 4 - Correlazioni stratigrafiche tra successioni affioranti e rinvenute durante la perforazione di pozzi dei settori nord occidentale e sud orientali delle Murge. In particolare si noti la posizione stratigrafica della successione studiata presso le Grotte di Castellana e collocata al di sopra dei livelli di calcari bituminosi presenti esclusivamente nel settore delle Murge sud orientali



Figura 5 - Ramo degli Ascensori, all'estremità NW delle Grotte di Castellana: anche in questo ramo si evidenzia bene l'evoluzione degli ambienti sotto forma di crolli dalla volta e dalle pareti. I depositi di crollo sono stati successivamente coperti in parte da concrezioni calcistiche e dallo sviluppo di complessi stalagmitici (foto: G. Savino)

individuano, segnate da lunghe file di stalattiti e concrezionamenti, le orientazioni delle principali fratture che contraddistinguono l'ammasso roccioso.

L'ampio ambiente della Grave, la caverna di maggiori dimensioni del sistema carsico castellanese, si è formata a causa di crolli successivi che hanno ridotto via via lo spessore di roccia che costituiva originariamente la copertura della cavità, sino al collasso totale della volta, ed alla formazione dell'apertura attualmente osservabile.

La forma dell'accesso, e quella in pianta della Grave stessa, si sviluppano lungo le principali lineazioni tettoniche nell'ammasso roccioso carbonatico. L'assetto, prevalentemente squadrato, osservabile anche in molti altri ambienti delle Grotte è, infatti, da mettere in relazione con la naturale intersezione dei piani della stratificazione sub-orizzontale delle rocce calcaree con quelli verticali dei sistemi di fratture, prevalentemente orientati NW-SE e E-W

(Bruno & Pagliarulo, 1991; Parise, 1999). La separazione di blocchi di roccia, sotto l'azione del proprio peso, dalla volta e dalle pareti delle cavità ha determinato l'ampliamento degli ambienti sotterranei attraverso una serie di crolli, secondo le più frequenti modalità evolutive di sistemi carsici sotterranei (White & White, 1969; Waltham, 2002). L'esistenza di crolli di età diversa è evidenziata dalla presenza di gruppi stalagmitici di dimensioni variabile al di sopra dei blocchi franati: ammettendo uno stillicidio più o meno costante nei vari punti della grotta, la differenza di altezza nelle stalagmiti potrebbe fungere da indicatore di età relativa per le fasi di crollo nei vari ambienti.

La presenza di elementi disgiuntivi e le direttrici principali di fratturazione concordanti con la direzione di sviluppo delle Grotte di Castellana risultano particolarmente evidenti a partire dalla Caverna dei Monumenti: da qui infatti si diparte, in direzione sud-est, un sistema di fratture ben

definito, che segnerà lo sviluppo di gran parte del sistema ipogeo. Lungo tale linea, poco a valle dell'ambiente precedentemente descritto, si apre la Caverna della Civetta, in cui si riconoscono accumuli di rocce derivanti da notevoli crolli, che ne hanno determinato l'aspetto attuale.

Dopo la Caverna della Civetta, a una distanza di poche decine di metri, da entrambi i lati della principale direttrice di fratturazione (NW-SE) si dipartono due dei più lunghi rami laterali del sistema carsico castellanese, vale a dire il Piccolo Paradiso verso est, e il Ramo dell'Angolo Incantato (o della Fonte) in direzione ovest, che risultano invece collegati al sistema di fratture secondario e coniugato (E-W).

Superata quindi la zona del Precipizio, si giunge ad una delle morfologie più note del sistema sotterraneo castellanese, il Corridoio del Deserto: si tratta di uno stretto ed alto canyon, dello sviluppo di circa 500 metri, ottimo esempio dello sviluppo del fenomeno carsico esclusivamente lungo una superficie di discontinuità rappresentata da un sistema di fratture sub-verticale con orientazione prevalentemente NW-SE. La parte terminale delle Grotte verso sud-est, ivi compresa la Grotta Bianca, corrisponde in superficie ad uno dei rami laterali della lama che si diparte da Contrada Cupa (Fig. 1). In questo caso le sezioni del corridoio sono a forma di fuso parzialmente nascosto dalla presenza di terra rossa nella parte inferiore.

In merito al rapporto con la circolazione idrica sotterranea diversi elementi sia morfologici sia speleologici fanno ipotizzare una evoluzione da condizioni freatiche a condizioni vadose del sistema ipogeo delle Grotte di Castellana. Già a partire dalla Grave si possono individuare alcuni ambienti delle grotte che risultano formati in condizioni chiaramente freatiche (presenza di marmitte, scallops) anche se la loro evoluzione, sino al raggiungimento dell'aspetto attuale, deriva come già detto anche da successivi fenomeni di erosione meccanica e di concrezionamento. La Caverna della Lupa, infatti, che si apre al

marginale sud-orientale della Grave, data la sua configurazione era un antico sifone di collegamento tra i due maggiori ambienti delle Grotte di Castellana, la Grave e la Caverna dei Monumenti. Quest'ultima, alta 40 metri, si caratterizza per avere pareti verticali per l'intero perimetro: sulla parete di nord-est sono ben visibili le tracce lasciate dalla corrosione ad opera delle molteplici venute d'acqua lungo le superfici di interstrato.

Nella parte inferiore delle grotte prevalgono nettamente le morfologie verticali rispetto a quelle orizzontali: una serie continua di pozzi, in genere di limitata larghezza, indica il probabile veloce approfondimento realizzatosi nel sistema ipogeo a causa dell'abbassamento del livello carsico, e del conseguente spostamento del livello freatico a maggiori profondità. Diverse vie di accesso in profondità dell'acqua sotterranea sono ancora riconoscibili: oltre alle voragini interne, quelle dell'Altare, del Precipizio e dell'Inferno sono manifestazioni della migrazione in profondità dell'attività carsica.

Nell'ambito del sistema ipogeo delle Grotte di Castellana, si possono individuare più livelli, presumibilmente corrispondenti ad altrettanti cicli carsici, il cui sviluppo ha interessato volumi di roccia di differente entità. Il livello principale corrisponde a quello nel quale si sviluppa il percorso turistico, ad una profondità media di 70 m dal piano campagna e a un'altezza di circa 260 metri sul livello medio del mare: esso è correlabile ai livelli carsici di altre grotte del territorio castellanese, da Torre di Mastro (ubicata a poche centinaia di metri di distanza dalle Grotte di Castellana), sino al sistema di Pozzo Cucù (sito invece lungo la strada Castellana - Polignano a Mare). Ciò testimonierebbe quindi la rilevanza che il ciclo carsico, responsabile dello sviluppo di questo livello di carsificazione, ha avuto per il territorio delle Murge di sud-est.

In aggiunta al livello principale, nelle Grotte di Castellana sono riconoscibili anche un livello che corre parallelamente al Corridoio del Deserto ma ad una quota

superiore, ed un secondo livello, che si segue per alcune decine di metri, nell'ambito della zona dei pozzi interni, compresi tra il Cavernone dei Monumenti e la fine del Corridoio del Serpente (Parise et alii, 2002). In corrispondenza di quest'ultimo, l'abbassamento del livello di base marino, e il conseguente approfondimento del processo carsico, devono essere stati relativamente rapidi, non consentendo un maggiore sviluppo interstrato della cavità, e favorendone invece lo sviluppo verticale tramite la serie di pozzi che porta fino alla profondità massima riscontrata nelle grotte, pari a -122 metri.

Per quanto concerne l'assetto idrogeologico dell'area di Castellana Grotte, nella zona esaminata è attualmente presente una falda idrica sotterranea, facente parte del ben più vasto acquifero murgiano. Tale falda trae alimentazione principalmente dalle aree più interne del rilievo murgiano e trova il suo equilibrio idrogeologico mediante le sorgenti ubicate in prossimità della costa adriatica o direttamente in mare.

L'acquifero sotterraneo è caratterizzato da una permeabilità secondaria dovuta a fessurazione e carsismo: le rocce calcareo-dolomitiche presenti, infatti, sono assai compatte, ma risultano permeabili a causa delle discontinuità fisiche che interessano l'ammasso roccioso (permeabilità secondaria). Queste caratteristiche determinano la presenza di livelli rocciosi più permeabili e meno permeabili che conferiscono all'acquifero un'accentuata anisotropia e disomogeneità e causano il frazionamento della falda in più livelli idrici distinti.

La falda idrica è in evidente rapporto con l'acqua marina di invasione continentale lungo tutta la fascia costiera dove, nei numerosi pozzi esistenti, si riscontrano valori di salinità superiori ai 4 g/l. Tali valori tendono a divenire più bassi verso l'entroterra, fino ai valori di circa 0.5 - 0.8 g/l misurati nelle zone interne (Regione Puglia, 1984).

Considerando possibile che l'andamento del deflusso delle acque di falda abbia conservato la stessa direzione di quello attuale

e cioè verso NE, questo sarebbe perpendicolare all'andamento dello sviluppo del sistema carsico. Ciò aveva portato a ipotizzare (Grassi, 1974) che le fratture a direzione NW-SE dovevano essere caratterizzate da maggiore apertura rispetto agli altri sistemi tettonici, poiché sono poi risultate le più carsificate, pur non essendo orientate lungo la generale direzione di deflusso. Va comunque segnalato che anche nel secondo sistema carsico castellanese (quello di Pozzo Cucù, caratterizzato da sviluppo complessivo superiore al chilometro; Manghisi, 1985) la direzione principale di sviluppo è la NW-SE, a conferma dell'importanza del processo di carsificazione lungo le discontinuità che presentavano tale orientazione.

Chi scrive ritiene che il motivo dello sviluppo lungo la direzione NW-SE sia da attribuire al fatto che tale sistema di discontinuità, legato al contesto geodinamico dell'orogenesi appenninica, rappresenta il più antico fra i sistemi di fratturazione (Luperto Sinni et alii, 1991) che hanno interessato la successione di rocce del Cretacico superiore nella quale si sviluppano le Grotte di Castellana.

3. LA SPELEOGENESI DEL COMPLESSO CARSICO DI CASTELLANA GROTTA

Molti degli autori che si sono occupati del carsismo pugliese sono concordi nell'ammettere l'esistenza di almeno due cicli carsici principali, sulla cui età sono però stati formulati pareri discordi (Pasa, 1953; Di Geronimo, 1970; Grassi et alii, 1982). L'attribuzione delle forme carsiche epigee ed ipogee a determinati cicli carsici risulta ancora ardua, a causa di particolari condizioni litostratigrafiche (presenza di lacune stratigrafiche) ed erosive, che hanno determinato la mancanza di precisi riferimenti cronostatigrafici.

Sulla base dei più recenti lavori sulla stratigrafia e paleogeografia delle Murge sud-



Figura 6 - Sezione delle Grotte di Castellana (da Anelli, 1954 e successive edizioni)

orientali nel corso del Mesozoico - Terziario, si può affermare che le prime evidenze di fenomeni carsici risultano riferibili all'inizio del Cretaceo superiore (Cenomaniano), allorquando si verificava una parziale ma estesa emersione della piattaforma carbonatica murgiana (Luperto Sinni & Reina, 1996). La successione stratigrafica delle Grotte di Castellana, di età più recente e riferibile al Coniaciano (Reina & Parise, 2002), non risulta quindi essere stata coinvolta in questa antica fase continentale, e nelle prime manifestazioni di processi carsici sulla Murgia.

Nel quadro litostratigrafico della successione carbonatica cretacea delle Murge, l'intervallo stratigrafico delle Grotte può essere considerato in continuità stratigrafica con un sottostante spessore di circa 200 m di strati di calcari bituminosi (Ricchetti, 1975; Reina, 1993; Luperto Sinni & Reina, 1993). L'intervallo di calcari bituminosi, in considerazione della loro peculiarità litologica (prevalentemente dolomicriti laminari ed organiche), conferisce, a grande scala, una minore permeabilità verticale all'ammasso roccioso carbonatico.

Una prolungata e significativa fase emersiva della Piattaforma carbonatica Apula si verifica con il Terziario, collegata all'orogenesi dell'Appennino meridionale (Mostardini & Merlini, 1988) e si protrae per almeno tutto il Neogene sul territorio corrispondente all'attuale area delle Murge. In tale contesto stratigrafico e paleogeografico potrebbe essersi impostato il principale sistema carsico ipogeo pugliese.

L'ultima fase regressiva, iniziata alla fine del

Pleistocene inferiore, è stata certamente accompagnata anche da un contemporaneo abbassamento del livello della falda: nel quadro idrogeologico delle Murge sud-orientali, l'intervallo di strati di calcari bituminosi potrebbe avere assunto un ruolo di acquitardo. La presenza di questo intervallo, rallentando l'infiltrazione di acqua nel sottosuolo, avrebbe favorito nell'area delle Murge sud-orientali (zona delle Grotte di Castellana) la permanenza di un ambiente freatico, così come indicherebbero alcune morfologie interne delle Grotte (vedi paragrafo precedente), che avrebbe consentito il perdurare di condizioni più favorevoli allo sviluppo della cavità carsica.

L'espansione del sistema carsico di Castellana è poi avvenuta anche per il progressivo ampliamento delle iniziali cavità, ad opera di crolli dalle pareti e dalle volte (Fig. 5). La Grave, per esempio, presenta una evidente apertura di forma quadrangolare derivata dallo sprofondamento del diaframma roccioso della volta originaria, secondo uno schema di assottigliamento che è condizionato dall'intersezione dei sistemi di fratturazione (Lollino et alii, in prep.). Osservando lo sviluppo complessivo delle Grotte di Castellana si nota che, procedendo dalla Grave in direzione della Grotta Bianca, le dimensioni degli ambienti ipogei si riducono in altezza e larghezza (Fig. 6). Elementi comuni ai vari ambienti sono i depositi di crolli e le su elencate caratteristiche strutturali e morfologiche; ciò sembrerebbe indicare che la progressione dell'ampliamento del sistema carsico ipogeo si evolve secondo lo stesso

modello riscontrato nei primi ambienti (distacchi successivi dalla volta e dalle pareti, ed allargamento conseguente delle caverne) in direzione SE, cioè verso la Grotta Bianca.

Ringraziamenti

Si ringrazia la Grotte di Castellana S.r.l. per la cortese disponibilità nell'accesso ai luoghi e la collaborazione nel corso dello studio.

BIBLIOGRAFIA

- ANELLI F. (1938) - *Prime ricerche dell'Istituto Italiano di Speleologia nelle Murge di Bari*. Le Grotte d'Italia, **2** (3), 11-34.
- ANELLI F. (1954) - *Castellana. Arcano mondo sotterraneo in Terra di Bari*. Comune di Castellana Grotte, ristampa del 1992, XI^a ed., 176 pp.
- ANELLI F. (1957) - *Guida per la escursione II. Bari - Alberobello - Selva di Fasano - Castellana Grotte - Bari*. Atti del XVII Cong. Geogr. It., Bari, 23-29 Aprile 1957, vol. IV, Guida alle Escursioni, 69-120.
- BRUNO G. & PAGLIARULO R. (1991) - *Il controllo tettonico sulla genesi e conservazione dell'equilibrio carsico ipogeo delle Grotte di Castellana (Puglia)*. Atti 1° Conv. Naz. Giovani Ricercatori in Geologia Applicata, Gargnano, 22-23 ottobre 1991, 257-266.
- CAMPOBASSO V. & OLIVIERI C. (1967) - *Osservazioni preliminari sulla stratigrafia e sulla tettonica delle Murge fra Castellana Grotte e Ceglie Messapico (Brindisi)*. Studi Geol. e Morf. sulla Reg. Pugliese, Univ. di Bari, **2**, 3-20.
- CIARANFI N., PIERI P. & RICCHETTI G. (1988) - *Note alla Carta geologica delle Murge e del Salento (Puglia centro-meridionale)*. Mem. Soc. Geol. It., **41**, 449-460.
- COLAMONICO C. (1917) - *Le conche carsiche di Castellana in Terra di Bari*. Boll. Reale Soc. Geogr. It., fasc. IX-XII, 1-39.
- COLAMONICO C. (1953) - *Lame e gravine in Puglia*. Le Vie d'Italia, **11**, 704.
- DE GIROLAMO A.M., LIMONI P.P., PORTOGHESE I. & VURRO M. (2002) - *Il bilancio idrogeologico delle idrostrutture pugliesi. Sovrasfruttamento e criteri di gestione*. L'Acqua, **3**, 33-45.
- DELLE ROSE M. & PARISE M. (2003) - *Land use and human impact in the Mediterranean karst of southern Italy. [abstract]* Geophysical Research Abstract, vol. 5.
- DI GERONIMO I. (1970) - *Geomorfologia del versante adriatico delle Murge di SE (zona di Ostuni, Brindisi)*. Geologica Romana, **9**, 47-58.
- GIGLIO G., MORETTI M. & TROPEANO M. (1996) - *Rapporto fra uso del suolo ed erosione nelle Murge Alte: effetti del miglioramento fondiario mediante pratiche di "spietramento"*. Geol. Appl. e Idrogeol., **31**, 179-185.
- GRASSI D. (1974) - *Il carsismo della Murgia (Puglia) e sua influenza sull'idrogeologia della regione*. Geol. Appl. e Idrogeol., **9**, 119-160.
- GRASSI D., ROMANAZZI L., SALVEMINI A. & SPILOTRO G. (1982) - *Grado di evoluzione e ciclicità del fenomeno carsico in Puglia in rapporto all'evoluzione tettonica*. Geol. Appl. e Idrogeol., **17** (2), 55-73.
- LUPERTO SINNI E. & BORGOMANO J. (1989) - *Le Crétacé supérieur des Murges sud-orientales (Italie méridionale): stratigraphie et évolution des paléoenvironnements*. Riv. It. Paleont. Strat., **95**, 95-136.
- LUPERTO SINNI E. & REINA A. (1996a) - *Nuovi dati stratigrafici sulla discontinuità mesocretacea delle Murge (Puglia, Italia meridionale)*. Mem. Soc. Geol. It., **51**.
- LUPERTO SINNI E. & REINA A. (1996b) - *Gli hiatus del Cretaceo delle Murge: confronto con dati offshore*. Mem. Soc. Geol. It., **51**.
- LUPERTO SINNI E., REINA A. & SANTARCANGELO R. (1991) - *L'influenza della tettonica nel processo di carsificazione: l'esempio dei giacimenti di bauxite di Spinazzola (Murge baresi, Puglia)*. Quad. Dip. Geografia, n.13, Univ. di Padova, 399-404.
- MANGHISI V. (1985) - *Il complesso carsico delle Grotte di Pozzo Cucù (1200 Pu) in agro di Castellana Grotte (Ba)*. Atti 1° Conv. di Spel. Pugliese, Castellana Grotte, 6-7 giugno 1981, 271-282.
- MERLA G. & ERCOLI A. (1971) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia, alla scala*

- 1:100.000. Foglio 190 "Monopoli". Servizio Geologico d'Italia, 23 pp.
- MOSTARDINI F. & MERLINI S. (1986) - *Appennino centro meridionale. Sezioni geologiche e proposta di un modello strutturale*. Mem. Soc. Geol. It., vol. 39.
- OROFINO F. (1990) - *Castellana Grotte: le vicende storiche di Largo Porta Grande*. Itinerari Speleologici, **4**, 39-46.
- PACE P. (1977-78) - *Ancora l'Angolo Incantato*. Fogli per Castellana, n. 7-8, 320-323.
- PACE G. & SAVINO G. (1995) - *Largo Porta Grande e la conca carsica di Castellana Grotte*. Umanesimo della Pietra - Verde, **10**, 35-44.
- PALAGIANO C. (1965) - *Sulle lame e gravine della Puglia*. Annali Fac. Econ. Comm., Bari, n.s., **21**, 357-386.
- PARISE M. (1999) - *Morfologia carsica epigea nel territorio di Castellana Grotte*. Itinerari Speleologici, **8**, 53-68.
- PARISE M. (2003) - *Flood history in the karst environment of Castellana Grotte (Apulia, southern Italy)*. Natural Hazards and Earth System Sciences, **3** (6), 593-604.
- PARISE M. & PASCALI V. (2003) - *Surface and subsurface environmental degradation in the karst of Apulia (southern Italy)*. Environmental Geology, **44**, 247-256.
- PARISE M., PROIETTO G., SAVINO G. & TARTARELLI M. (2002) - *Ripresa delle attività esplorative alle Grotte di Castellana: primi risultati e prospettive future*. Atti III Convegno Speleologia Pugliese, Castellana Grotte, 6-8 dicembre 2002, Grotte e Dintorni, **4**, 179-186.
- PARISE M., FEDERICO A., DELLE ROSE M. & SAMMARCO M. (2003) - *Karst terminology in Apulia (southern Italy)*. Acta Carsologica, **32** (2), 65-82.
- PASA A. (1953) - *Appunti geologici per la paleogeografia delle Puglie*. Mem. Biogeogr., Padova, **2**.
- PINTO S. (1976) - *Angolo Incantato: primi passi, primi successi*. La Forbice, **1**, luglio 1976, Castellana Grotte, 14.
- REGIONE PUGLIA (1984) - *Piano di Risanamento delle Acque*. Boll. Uff. Reg. Puglia, 28/05/1984, anno XV, n. 57.
- REINA A. (1993) - *Studio biostratigrafico di una successione carbonatica cretacea affiorante nei dintorni di Noci (Murge Sud-orientali - Puglia)*. Boll. Soc. Geol. It., **112**, 181-189.
- REINA A. & PARISE M. (2002) - *La successione stratigrafica delle Grotte di Castellana*. Grotte e Dintorni, **3**, 31-41.
- RICCHETTI G. (1975) - *Nuovi dati stratigrafici sul Cretaceo delle Murge emersi da indagini nel sottosuolo*. Boll. Soc. Geol. It., **94**.
- SAVINO G. (1991) - *Continuano le esplorazioni alle Grotte di Castellana*. Puglia Grotte, bollettino del Gruppo Puglia Grotte, Castellana Grotte, 17-22.
- VALDUGA A. (1965) - *Contributo alla conoscenza geologica delle Murge baresi*. Studi geologici e morfologici sulla Regione Pugliese, Univ. Di Bari, 15 pp.
- VIANELLO M. & TOMMASINI T. (1965) - *Per un contributo alla conoscenza delle aree carsiche italiane: la campagna speleologica della Commissione Grotte "E. Boegan" in Puglia*. Rassegna Speleologica Italiana, **17** (1-4), 37-50.
- WALTHAM T. (2002) - *The engineering classification of karst with respect to the role and influence of caves*. International Journal of Speleology, **31** (1/4), 19-35.
- WHITE E.L. & WHITE W.B. (1969) - *Processes of cavern breakdown*. Bulletin of the National Speleological Society, **31** (4), 83-96.