

**GEOMORFOLOGIA DEL COMPLESSO CARSIICO GROTTA DEL MEZZOGIORNO (4MA-AN) - FRASSASSI (1MA-AN) CON RIFERIMENTO AI MOTIVI NEOTETTONICI DELL'ANTICLINALE DI MONTE VALMONTAGNANA (APPENNINO MARCHIGIANO).(\*\*\*)**

INDICE

RIASSUNTO	pag. 123
ABSTRACT	" 123
1. PREMESSA	" 123
2. INTRODUZIONE	" 124
3. UBICAZIONE, GEOLOGIA E DATI BIBLIOGRAFICI	" 124
4. METODOLOGIA	" 126
5. RILIEVO GEOMORFOLOGICO	" 126
6. RETE DIACLASICA E NEOTETTONICA	" 128
7. PALEOIDROGRAFIA	" 129
8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	" 130
BIBLIOGRAFIA	" 131

RIASSUNTO

Le cavità in esame si sviluppano da m 100 a 260 al di sopra del talweg del T. Sentino che condizionò la loro genesi. I primi condotti si impostano su una frattura di età giurassica riattivata nell'ambito dei sollevamenti che interessavano la zona nel Pleistocene Inferiore-Medio e sembrano testimoniare perdite sotterranee di un Paleosentino verso il Paleoesino. Successivamente l'attivazione di una fitta rete di fratture e-faglie disloca questo primo reticolo e permette la sua progressiva cattura da parte del Sentino. Su queste faglie, che sono orientate a NE ed agiscono con discreta componente di scivolamento obliquo, e sulla precedente frattura EW si sviluppa il 2° piano carsico. Le fratture NE, dislocando i condotti già formati, delimitavano blocchi a sollevamento differenziato il cui movimento permetteva la formazione di piani carsici sintettonici sovrapposti seppure formati nell'ambito di un medesimo momento di allargamento orizzontale. Giacché i condotti sono dislocati a quote via via più elevate mano a mano che ci si avvicina all'asse dell'anticlinale, orientata in direzione appenninica (NW-SE), è stato possibile connettere i movimenti riscontrati al sollevamento differenziato dell'anticlinale, sollevamento responsabile di parte della sua attuale asimmetria morfologica e strutturale. I sollevamenti differenziati e quindi l'attivazione delle faglie NE sono in parte mindeliani e pre-mindeliani ma principalmente mindel-rissiani giacché il 2° livello ipogeo, fortemente dislocato, drenava all'interno delle alluvioni terrazzate di 1° ordine attribuite al Mindel.

ABSTRACT

The caves under examination develop from m 100 to 260 above the talweg of Sentino stream that conditioned their genesis. The first tunnels are placed on a EW fracture of jurassic age re-established during the Early and Middle Pleistocene uplifting. They seem to testify subterranean loss of water from a Paleo Sentino to a Paleo Esino river. Somewhat later the activation of a thick series of fractures and faults displaced this former net of galleries and allowed its progressive piracy towards the Sentino. On these faults, oriented northeastwards and gently obliquely slipping, and on the above mentioned EW fracture develops the second karst floor.

(\*)Istituto di Geologia dell'Università di Camerino.

(\*\*)Gruppo Speleologico Autonomo Jesino.

(\*\*\*)Pubblicazione n. 378 del Progetto Finalizzato Geodinamica, Sottoprogetto Neotettonica.

The NE faults displacing the former tunnels delimit differentiated uplifting blocks whose movements lead to the formation of sintectonic surimposed karst floors even if formed during the same horizontal enlargement. The galleries lie at progressive high elevation, getting to the anticline axis, which is oriented in apennine direction (NW-SE) and therefore it has been possible connect the movements belonging to the differentiated uplifting of the anticline, which caused some of its actual morphological and structural asymmetry. Some of the differentiated upliftings and consequently the activation of the NE faults are mindelian and premindelian but most of them are certainly mindel-rissian cause the second hypogean level, strongly displaced, drained towards the inside of the 1st order terraced alluvia attributed to Mindel.

PAROLE CHIAVE: Geomorfologia, Neotettonica, Appennino marchigiano.

KEY WORDS: Geomorphology, Neotectonics, Marche Apennine.

1. PREMESSA<sup>(1)</sup>

Le cavità carsiche dell'area in esame sono costituite da gallerie più o meno ampie ed intercomunicanti disposti su piani suborizzontali sovrapposti collegati tramite condotti subverticali e verticali.

Un piano suborizzontale si forma quando la falda freatica rimane stazionaria per un cospicuo lasso di tempo, tale equilibrio è quindi generalmente influenzato dalle vicende geomorfologiche che subisce una vasta area circostante la zona carsica.

In una pila di rocce calcaree a composizione omogenea, senza orizzonti impermeabili intercalati, la falda freatica tende a portarsi alla stessa quota del livello di base esterno. Quando il livello di base si abbassa, nella cavità le acque tendono a seguire più o meno velocemente tale spostamento e formano così condotti subverticali sino ad un nuovo equilibrio. Collegando i piani carsici con i depositi e le forme esterne è possibile stabilire il momento e le condizioni responsabili delle loro genesi<sup>(2)</sup>. Una volta individuata

<sup>(1)</sup>S.G. ha curato il rilievo topografico ed i tratti geomorfologici del Crepaccio Loubens. M.C. ha curato il rilievo geomorfologico, la sintesi neotettonica e le considerazioni sulla paleoidrografia dell'area. Si ringrazia il Prof. G. DEIANA dell'Università di Camerino per le utili discussioni sui problemi neotettonici dell'area umbromarchigiana.

<sup>(2)</sup>Nel presente lavoro sono utilizzati i termini cronologici della nomenclatura glaciale alpina proposti da tempo per le formazioni quaternarie della regione marchigiana (LIPPARINI, 1938; VILLA, 1942; COLTORTI, 1980; COLTORTI ed altri, 1980), sia sulla base di considerazioni teoriche che sul rinvenimento di reperti litici del Paleolitico Inferiore che trovano riscontro con quelli della Francia meridionale (LUMLEY, 1976).

I limiti di tale cronologia, evidenziati da vari AA., non sfuggono agli scriventi che purtroppo, nella assoluta mancanza di dati geocronologici in cui versa la regione marchigiana, si trovano costretti a farne ancora uso.

to il *pattern* delle discontinuità (fratture e giunti di strato) su cui si è sviluppato il primo reticolo ipogeo è possibile verificare eventuali variazioni per i piani posti a quota inferiore ed anche eventuali dislocazioni che li interessano. I condotti ipogei difatti reagiscono similmente ai corsi d'acqua superficiali alle sollecitazioni geodinamiche e fenomeni quali catture e anomalie del profilo di equilibrio del corso sotterraneo possono testimoniare eventi neotettonici. Le dislocazioni che hanno agito posteriormente all'impostazione del primitivo reticolo ipogeo guidano l'approfondimento dei nuovi drenaggi e l'orientazione dei reticoli carsici. L'età di attivazione di una dislocazione si ricava quindi da quella dei due piani carsici.

Questo studio, illustrando i meccanismi speleogenetici evidenziati in un complesso carsico dell'area marchigiana intende apportare un contributo alla conoscenza dei rapporti tra neotettonica e fenomeni carsici.

## 2. INTRODUZIONE

La zona carsica di Frasassi ospita oltre un centinaio di cavità carsiche, la più nota delle quali è la Grotta Grande del Vento, che richiama ogni anno migliaia di visitatori. Noto da tempo è anche il complesso carsico Mezzogiorno-Frasassi di cui si è eseguito il rilevamento di dettaglio esteso anche a quello di una piccola cavità, di recente scoperta, alla quale è stato dato il nome di Paleorisorgente Alta di Frasassi proprio per sottolineare i motivi della sua genesi. Tali rilievi permettono di evidenziare le tracce di fenomeni neotettonici che pongono in nuova luce le morfologie carsiche e rendono un notevole contributo alla conoscenza dei movimenti recenti che, in scala più grande, hanno interessato la regione.

Le cavità in esame non sono in equilibrio con l'ambiente esterno in quanto da tempo sono cessate le condizioni che permisero la loro formazione, gli unici fenomeni attivi riscontrati essendo quelli legati al concrezionamento da parte di uno stillicidio generalmente poco intenso. La falda che condizionò la sua genesi e con cui si trovava in equilibrio tutto il complesso carsico al tempo della sua formazione è quella del Torrente Sentino posto ora a circa m 220 s.l.m., cioè m 140 al di sotto dell'imboccatura attuale della Grotta di Frasassi.

I motivi della conservazione di cavità così antiche sono da ricercare, sia nei movimenti che sollevando l'area le hanno sottratte alla azione della falda freatica, sia alle caratteristiche conservative dell'ambiente ipogeo.

## 3. UBICAZIONE, GEOLOGIA E DATI BIBLIOGRAFICI

Le grotte si aprono sul versante destro della Gola di Frasassi nei pressi di S. Vittore di Genga (Ancona). Questo *canon* percorso dal Torrente Sentino, principale affluente di sinistra del F. Esino, ha direzione all'incirca EW ed incide la porzione settentrionale dell'anticlinale di Monte Valmontagna, situata sul lato occidentale della Dorsale Marchigiana. L'anticlinale suddetta ha direzione appenninica e vergenza adria-

tica; il suo nucleo, affiorante in corrispondenza della gola, è costituito da Calcere massiccio del Monte Nerone (Hettangiano *p.p.*-Sinemuriano *p.p.*) che con una potenza di oltre m 500 costituisce le ripide pareti della gola stessa. Seguono in continuità stratigrafica la Formazione del Bugarone (Lias Inf. - Titonico Inf. *p.p.*), la Maiolica (Titonico Inf. *p.p.* - Aptiano *p.p.*), le Marne a Fucoidi (Aptiano *p.p.* - Cenomaniano *p.p.*) ed infine la Scaglia bianca e rosata (Cenomaniano Medio-Eocene Medio *p.p.*) (COLTORTI, 1980). Più ad est, sul fianco orientale della sinclinale della Val d'Esino, al di sotto dei sedimenti giurassico eocenici affiorano le unità giurassiche eteropiche della Formazione del Bugarone e cioè i Calcari granulari con selce (Calloviano-Titonico Inf.), la Formazione del Bosso (Toarciano-Bathoniano) e la Corniola (Sinemuriano *p.p.* - Domeriano) (Fig. 1).

La contemporanea presenza di sedimenti giurassici così diversi per litologia e spessore è da porsi in relazione ad una differenziazione del bacino di sedimentazione dopo la deposizione del Calcere massiccio. Una fase tettonica distensiva ha infatti frammentato la piattaforma carbonatica del Lias Inferiore creando ambienti diversi ("alti strutturali" e "bacini") a sedimentazione pelagica. Sugli "alti strutturali" si depositavano pochi metri di calcari nodulari (Serie condensata) mentre nelle depressioni si accumulavano centinaia di metri di rocce calcaree, calcareo marnose e silicee (Serie completa) (CENTAMORE ed altri, 1971).

Ad ovest l'anticlinale di Monte Valmontagnana si raccorda con la sinclinale di Camerino dove affiorano sedimenti eo-miocenici.

Il Calcere massiccio è la roccia maggiormente interessata dai fenomeni carsici sebbene questi non manchino nella Maiolica e nel Bugarone. Il primo è costituito da bancate da 1 a 10 m di calcari compatti estremamente puri mentre le seconde presentano, interstratificate ai calcari, livelli marnosi e lenti e letti selciosi che diminuiscono alquanto la loro porosità primaria. Le altre formazioni sono da considerarsi impermeabili e non carsificabili per la loro elevata componente argillosa ed essendo poste a mo' di barriera ai fianchi dell'anticlinale in esame, costituiscono un enorme sbarramento alle acque che penetrano nelle rocce carsificate che si convogliano verso il Torrente Sentino all'uscita della Gola di Frasassi (FOSSA-MANCINI, 1921; BOCCHINI - VARANI, 1971; BOCCHINI & COLTORTI, 1978b; GALDENZI, 1978).

Numerose differenze sono osservabili tra un versante e l'altro della gola, difatti solo un numero esiguo di cavità, generalmente di modesto sviluppo, sono osservabili sul lato sinistro. Il complesso in esame costituisce una eccezione a questa regola sebbene anche esso non raggiunga la grandiosità che caratterizza i fenomeni del versante opposto.

La Grotta di Frasassi era già stata fatta oggetto di studi a carattere speleologico e geologico (SCARBELLI-GOMMI-FLAMINI, 1879; FOSSA-MANCINI, 1921; MARCHETTI, 1950; BOCCHINI-VARANI, 1971) in cui vennero descritte alcune delle caratteristiche topografiche e morfologiche, furono proposti dei meccanismi speleogenetici che risentivano oltre che della limitatezza degli ambienti esplorati anche delle cognizioni dell'epoca sul carsismo. CATTUTO (1976) propone una correlazione tra piani carsici presenti nell'area di Frasassi ed i depositi terrazzati e le superfici di erosione

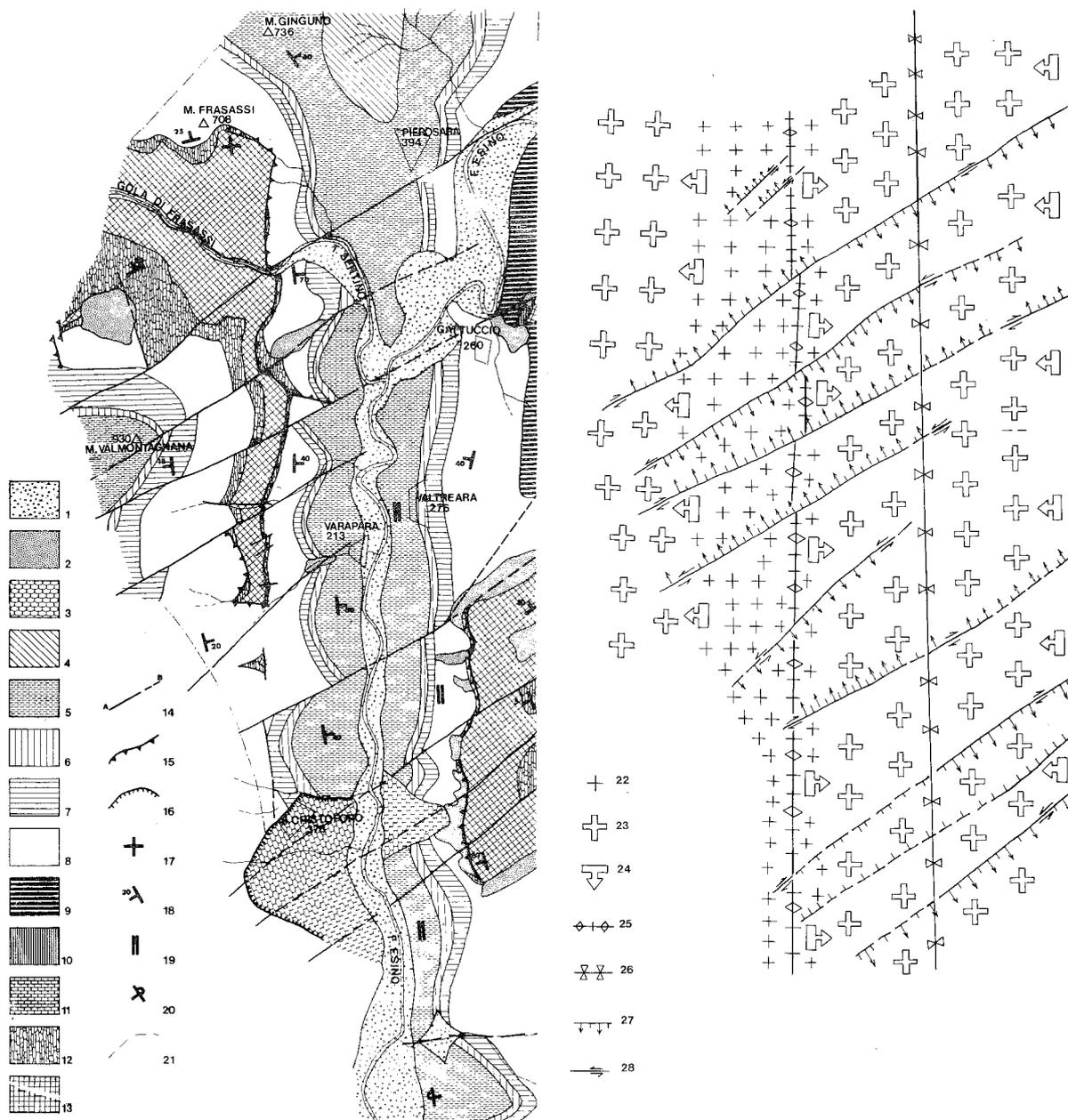


Fig. 1 - Carta geologica dell'anticlinale di Monte Valmontagna (COLTORTI, 1980b) e relativa carta neotettonica: 1 - Alluvioni; 2 - Detriti; 3 - Accumulo di frana; 4 - Scaglia variegata e cinerea; 5 - Scaglia rosata; 6 - Scaglia bianca; 7 - Marne a Fucoidi; 8 - Maiolica; 9 - Calcarei granulari con selce; 10 - Formazione del Bosso; 11 - Corniola; 12 - Formazione del Bugarone; 13 - Calcare massiccio; 14 - Faglia certa (a) e probabile (b); 15 - Paleoscarpata di faglia giurassica; 16 - Corona di frana; 17 - Giacitura degli strati orizzontali; 18 - Inclinati; 19 - Verticali; 20 - Rovesciati; 21 - Limite del rilevamento; 22 - Zona interessata da sollevamento relativo; 23 - Da sollevamento assoluto; 24 - Da sollevamento differenziato; 25 - Asse di anticlinale in sollevamento; 26 - Asse di sinclinale in sollevamento; 27 - Faglia a componente verticale; 28 - Faglia a prevalente componente orizzontale.

presenti nel tratto medio terminale della valle del Fiume Esino. Recentemente (BOCCHINI & COLTORTI, 1978b) è stato proposto un modello evolutivo in cui sono stati inquadrati tutti i fenomeni carsici di questa area, è stata avanzata una ipotesi sulla loro genesi ed, anche in base a dati geomorfologici esterni, si sono riattribuiti i livelli carsici a momenti differenti da quelli prima proposti.

Le caratteristiche geologiche della regione marchigiana sono da tempo note (SELLI, 1950; CRESCENTI,

1969; COLACICCHI ed altri, 1970; CENTAMORE ed altri, 1971; 1973; DEVOTO & PRATURLON, 1973; PAROTTO & PRATURLON, 1975; CASTELLARIN ed altri, 1978) sebbene espliciti riferimenti ai movimenti quaternari non fossero andati oltre la individuazione di generali sollevamenti e basculamenti delle aree emerse e di una attiva subsidenza localizzata in adriatico. Recentemente nell'ambito delle ricerche sull'assetto strutturale della penisola italiana, alcuni autori si sono espressi sull'esistenza di movimenti a carattere compressivo

che interesserebbero anche attualmente la Dorsale e l'Avanfossa Marchigiana (ELTER ed altri, 1975; REUTER ed altri, 1978; WISE ed altri, 1979) mentre altri autori inquadrano le evidenze neotettoniche dell'arco appenninico nell'ambito dei movimenti di sollevamento postorogenico (CENTAMORE ed altri, 1980). Dal Progetto Finalizzato Geodinamica sono inoltre emerse testimonianze dell'attività tettonica quaternaria suffragata anche da dati morfologici (CENTAMORE ed altri, 1978).

#### 4. METODOLOGIA

Il rilevamento topografico della cavità è stato eseguito nell'autunno del 1977-1978, alcune diramazioni nel 1979. Gli strumenti utilizzati sono stati cordella metrica, livelletto Abney, bussola prismatica Wilkie; nella esecuzione della poligonale sono stati posti circa 240 capisaldi di cui 80 per la sola poligonale principale. I dati sono stati elaborati con un calcolatore tascabile provvedendo di riferire la posizione di tutti i capisaldi ad un sistema di assi cartesiani orientato verso il nord magnetico e con origine all'ingresso della cavità; dove è possibile si è proceduto alla compensazione delle poligonali.

Lo sviluppo totale della cavità è di circa m 2400, il dislivello massimo, che si ha tra i due imbocchi, è di m 160

Il rilievo delle particolarità geomorfologiche della cavità è stato eseguito utilizzando la simbologia proposta da BINI & CAPPA (1974) ed apportando alcuni ulteriori simboli di lavoro. Per l'individuazione della rete diaclasica si è posta particolare attenzione sia all'andamento degli ambienti ipogei che generalmente seguono tali discontinuità, sia a micromorfologie quali "lame" e "marmitte di erosione inversa per mescolanza di acque" (BOGLI, 1973), queste ultime talvolta allineate nell'ambito della medesima frattura. Talvolta si rinvengono addirittura specchi di faglia, e allineamenti di crolli di aspetto più fresco rispetto all'ambiente che li ospita a testimoniare riprese di attività delle fratture avvenute dopo i fenomeni di carsificazione.

#### 5. RILIEVO GEOMORFOLOGICO

La Grotta del Mezzogiorno si apre un poco al di fuori della gola di Frasassi, a quota 485, sul lato occidentale dell'anticlinale e si presenta esternamente come un'ampia caverna esposta ad est, che diede nome anche agli ambienti più interni. La Grotta di Frasassi è anch'essa un'ampia caverna posta a circa m 325 s.l.m. nella parte mediana della gola. La Paleorisorgente si apre un poco più a valle a quota 370 e fu segnalata al Catasto Speleologico solo nel 1979

La Grotta del Mezzogiorno è caratterizzata nel suo tratto iniziale da uno sviluppo prevalentemente suborizzontale; ad una prima parte discretamente ampia fanno subito seguito condotti angusti sin nei pressi della Sala Nera (B)<sup>(3)</sup>. Gli ambienti sono impostati su

una frattura EW che ha guidato la carsificazione per tutta l'estensione della cavità. Il pavimento di queste gallerie impedisce comunque di stabilire esattamente le morfologie dei condotti essendo costituito da ciottoli sovente cementati e da colate stalagmitiche. I ciottoli sono composti quasi esclusivamente dalle rocce nelle quali sono scavati i condotti sebbene siano stati rinvenuti rari clasti che appartengono alle rocce delle facies condensate. La loro presenza non testimonia necessariamente il trasporto da parte di un corso d'acqua epigeo in quanto tali rocce potrebbero essere presenti nei pressi di condotti ora occlusi che un tempo drenavano all'interno della cavità; d'altronde lo smussamento dei ciottoli non è mai elevato seppur discretamente visibile. Tali materiali sono già presenti nella grande sala adiacente l'ingresso, al di sotto di un conoide detritico contenente reperti neo-eneolitici e rappresentano probabilmente le tracce di un più antico conoide messo in posto o rielaborato durante l'ultima glaciazione, come suggerito dal rinvenimento di resti paleontologici attribuiti all'*Ursus Speleaus* (Dr. B. SALA, comunicazione personale).

Negli ambienti della Sala Nera è stato osservato il primo dei fenomeni che costituiscono il "leit motiv" della cavità ed hanno stimolato la stesura di questa nota. La sala, che si sviluppa sulla frattura EW già segnalata, è costituita nella parte inferiore da un ambiente molto concrezionato; dalla sommità, accessibile tramite una serie di camini (circa m 10 di dislivello) si diparte una condotta circolare sul cui pavimento è visibile un solco di approfondimento. Tale condotta è dislocata di circa 1 m e sulla dislocazione si apre uno dei camini dell'ambiente sottostante; la frattura responsabile di questo pur minimo rigetto è orientata a NE. La condotta sembra esaurirsi bruscamente verso est mentre verso ovest continua tramite un lungo scivolo, con tratti orientati a NE, che conduce ad un pozzo di circa m 35. Sul lato ovest di questo ambiente, alla sommità, si apre la "condotta dei Perugini" (E), orientata EW, che mostra la medesima sezione circolare, solco di approfondimento e medesime dimensioni della condotta sommitale della Sala Nera. Siamo dunque in presenza della medesima condotta dislocata, l'entità del rigetto è di circa m 30 con una componente orizzontale di m 20, la faglia è localizzata lungo lo scivolo citato (C).

Una condotta con il medesimo orientamento delle due appena citate e dimensioni all'incirca analoghe, sebbene il solco di approfondimento sia appena percettibile, è quella che si rinviene alla sommità del camino 3B (O) nella zona dove termina la grotta di Frasassi. L'ulteriore serie di dislocazioni sono localizzate negli ambienti della Sala Azzurra (K) e nella Sala dei Grandi Massi (L). Si tratta ancora di faglie subverticali con direzione NE ed entità del rigetto di circa m 60, componente orizzontale di m 20. Un residuo di questo piano potrebbe essere rappresentato dal ponte presente nei pressi della fessura del Guano (P).

Un secondo livello suborizzontale si inizia a definire ai piedi del pozzo da m 35 che separa la Sala Nera dalla Condotta dei Perugini ed è rappresentato dalla Galleria dell'Orso (F) sino al corridoio di accesso al Crepaccio Loubens (J) al di là del quale gli enormi crolli della Sala Azzurra ne limitano l'osservazione. Tali crolli sono comunque in relazione alle faglie NE citate che proprio nei pressi di quest'area dislocano i

<sup>(3)</sup>Le lettere maiuscole poste accanto ai nomi di ambienti ipogei si riferiscono alla carta geomorfologica allegata.

piani carsici rilevati. Tra i due livelli carsici esiste un dislivello altimetrico di circa m 25.

Se teniamo presente l'ubicazione dei condotti attribuiti al livello piú antico, gli ambienti ai piedi della Sala dei Grandi Massi ed al di là della Finestrella (M), inoltre nella Grotta di Frasassi ai piedi del camino 3B, tutti posti a m 25 piú in basso verrebbero attribuiti al piano piú recente.

A tale modello lineare sfuggono gli ambienti della Sala del Guano Superiore (H) che mentre nel tratto iniziale coincidono con quelli del 2° ordine via via divergono sino a formare con quelli sottostanti (Sala del Guano Inferiore (G)) un divario di circa m 20. Lo stesso andamento caratterizza comunque i condotti dislocati nel piano sovrastante già descritti (Sala Nera-Condotta dei Perugini; vedi sezione allegata) che sebbene situati sulla medesima diaclasi sono separati da oltre m 25 di dislivello. La zona dove la Sala del Guano Superiore inizia a divergere dal 2° piano corrisponde inoltre alla frattura che rigetta i condotti superiori. Queste osservazioni sembrano testimoniare forti azioni dislocative che interessarono ambedue i livelli (sia quello oramai fossile che quello ancora attivo) durante la carsificazione, costituendo le discontinuità che condizionarono i nuovi drenaggi (Sala del Guano Inferiore - Corridoio dell'Organo (I)) e creando quindi un ulteriore piano nell'ambito della stessa fase di carsificazione. Questi ambienti successivamente non sono stati piú interessati da dislocazioni che invece si sono attivate nella zona posta piú a ovest (Sala Azzurra-Sala dei Grandi Massi). Qui i forti rigetti impediscono una esatta attribuzione degli ambienti, giacché brevi tratti suborizzontali si rinvengono a quote variabili tra condotte verticali.

Nella Grotta di Frasassi ingenti quantitativi di materiale clastico, anche di grandi dimensioni, oblitera le originarie morfologie che dovrebbero rappresentare, almeno in parte, il secondo livello giacché a tratti sono sovrastati da condotti attribuiti al primo. Anche in questa zona si è fatta sentire l'azione di faglie orientate a NE che hanno dislocato l'originario condotto come, ad esempio, quella presente tra il Corridoio dell'Alabastro (R) ed i camminamenti del Cane (Q) con un rigetto di oltre m 10.

All'imboccatura di questa cavità sono di nuovo presenti due ambienti sovrapposti e cioè quelli della Galleria della Vasca (S) e della Grotta Piccola di Frasassi con un dislivello di circa m. 25. L'azione erosiva delle acque in fase vadosa ha comunque obliterato le originarie morfologie e nell'ultimo ambiente citato è visibile solo un breve tratto suborizzontale.

Rimane incerta anche l'attribuzione della parte iniziale della Grotta del Mezzogiorno che comunque sviluppandosi lungo la frattura EW che condizionò l'evoluzione di tutti gli ambienti del 1° livello dovrebbe con esso raccordarsi. Con questa ipotesi anche la frattura visibile tra gli ambienti superiori ed inferiori della Sala Nera, orientata a NE possiederebbe un rigetto verticale di circa m 10.

Gli ambienti del Crepaccio Loubens rappresenterebbero le tracce di una ulteriore fase di approfondimento della falda in condizioni vadose. Anche in questo ambiente la rete diaclasica EW si trova dislocata da un fitto reticolo di fratture orientate a NE che sono anche le principali responsabili degli estesi fenomeni di crollo presenti. In queste gallerie non sono visibili

tracce di estesi condotti suborizzontali originatisi in fase freatica o epifreatica che testimonierebbero stasi dell'approfondimento della falda e quindi della gola a cui essa è legata.

Condotte suborizzontali ed ulteriori cavità sono presenti nel *canon* a quote notevolmente inferiori (BOCCHINI & COLTORTI, 1978b), quote che i crolli presenti negli ambienti inferiori del Crepaccio Loubens impediscono di raggiungere.

L'evoluzione della cavità può quindi essere riportata a condizioni freatiche ed epifreatiche per gli ambienti suborizzontali del 1° e 2° livello mentre tutte le comunicazioni tra i due piani ed inoltre i condotti verticali e subverticali sovrastanti e sottostanti si sarebbero sviluppati in condizioni vadose.

Un contributo alla datazione dei piani carsici ci giunge dal deposito della potenza di vari metri presente nella zona atriale della Grotta di Frasassi (SCARABELLI-GOMMI-FLAMINI, 1879; BOCCHINI & COLTORTI, 1978b): si tratta di sabbie giallastre a stratificazione incrociata con rari ciottoli fluviali arrotondati ed appiattiti. Nella Galleria della Vasca un ulteriore deposito sovrasta le sabbie: esso è costituito da detriti medio-grossolani a spigoli vivi, cementati alla parete. La loro messa in posto è avvenuta verosimilmente in seguito a fenomeni di crioclastismo che hanno interessato la cavità in condizioni climatiche periglaciali. Un ulteriore deposito ciottoloso è inoltre presente ad un centinaio di metri dalla Grotta di Frasassi, lungo il sentiero di accesso, posto all'incirca alla medesima quota.

Questi materiali alluvionali rappresenterebbero un termine precedente alle alluvioni attribuite al Riss s.l. poste a quote nettamente inferiori (BOCCHINI & COLTORTI, 1978) e sembrano piuttosto potersi correlare con le alluvioni di 1° ordine rinvenute nel medesimo bacino idrografico ed attribuite genericamente alla fase mindeliana (COLTORTI, 1980). Il piano inferiore della cavità potrebbe dunque datare al Mindel, quello superiore invece rappresentare un momento precedente sempre rientrante in questo periodo o addirittura una fase ancora piú antica.

La Paleorisorgente Alta di Frasassi (Fig. 2) si apre nella parte mediana di una scarpata di faglia orientata a NE e mostra fortissime analogie con il complesso carsico esaminato. Un piano suborizzontale, nei pressi dell'imboccatura, è posto 8 metri al di sopra dei condotti principali mentre nella parte terminale tale dislivello va esaurendosi. Le originarie morfologie di questo livello sono rappresentate da condotte tubolari a sezione circolare testimonianti la fase freatica in cui sono state generate. I condotti principali, a sezione piano convessa, sono disposti lungo un debole piano inclinato che testimonia la loro evoluzione in fase vadosa; il pavimento è interessato da concrezioni e colate stalagmitiche oltre che da crolli di debole entità. I condotti si sviluppano su una fitta rete diaclasica orientata a NE e su una frattura orientata EW che sembra dislocata dalla direttrice precedente. Dopo una fase iniziale in condizione freatica l'approfondimento lento della tavola d'acqua avrebbe originato gli ambienti inferiori della cavità.

Topograficamente questa grotta è collegabile lungo la prosecuzione dei corridoi dell'Alabastro (R), riferimento ulteriormente confermato dalla presenza in ambedue gli ambienti di fratture poste a NE che sono assenti negli ambienti limitrofi.

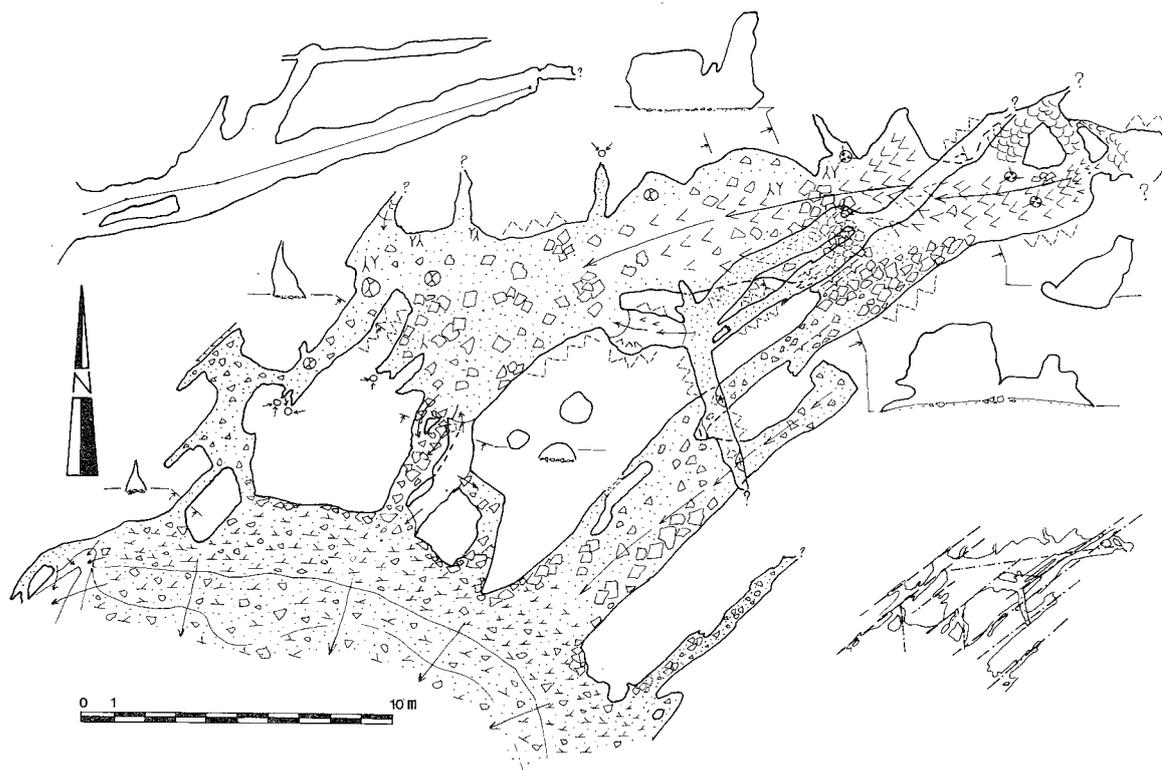


Fig. 2 - Paleorisorgente Alta di Frasassi (per la didascalia vedi i simboli della carta allegata).

## 6. RETE DIACLASICA E NEOTETTONICA

Nella cavità in esame tutti gli ambienti si impostano su fratture ed è la direttrice EW quella che ha guidato in modo più vistoso la carsificazione anche se quantitativamente si tratta di uno o due disturbi (allegato 1). Maggiormente rappresentata è la direttrice NE, con un numero elevato di diaclasi e faglie, sulle quali si impostano comunque solamente alcuni tratti del reticolo carsico; gli ambienti più ampi si sviluppano all'intersezione dei due sistemi diaclastici principali. Ad una osservazione più dettagliata non sfugge come quasi tutte le gallerie originatesi in condizioni freatiche o epifreatiche suborizzontali attribuite al 1° livello siano impostate su fratture EW. Nel piano inferiore esistono invece un numero elevato di gallerie orientate a NE così come tutti gli ambienti che mettono in comunicazione i due livelli. Le dislocazioni del primitivo condotto suborizzontale che si manifestano tra i pozzi e scivoli sono causate da faglie NE a carattere subverticale ma con discreta componente obliqua. La lineazione EW sembra invece essere stata una frattura beante che avrebbe favorito la carsificazione ma senza traccia di ulteriori movimenti recenti<sup>(4)</sup>.

Le faglie rinvenute all'interno della cavità sono visibili anche esternamente sul Calcare massiccio e si manifestano tramite pareti di faglia più o meno rielate

borate dall'erosione superficiale. Ben visibili sono, ad esempio, quelle sulla sinistra della grotta di Frasassi sulla quale si apre la Paleorisorgente e quella che origina lo sperone posto a destra dell'antro di accesso della Grotta del Mezzogiorno.

Sul versante opposto della gola e sul lato orientale della struttura sono presenti ulteriori "paleorisorgenze" poste all'incirca a quote simili a quelle delle parti più elevate del complesso carsico esaminato (Grottone, Gr. Infinito, Buco Cattivo; BOCCHINI & COLTORTI, 1978). Anch'esse mostrano discreti tratti del reticolo ipogeo sviluppantesi lungo fratture all'incirca EW o NNW dislocate da faglie con direzione variabile da N20 a N60E e sembrano testimoniare meccanismi analoghi a quelli sin qui esposti per le grotte in esame. Sulla base di tale ipotesi è stata compilata la carta interpretativa dei fenomeni neotettonici avvenuti nell'anticlinale di Monte Valmontagna durante gli ultimi 700.000 anni (Fig. 2).

Per comprendere il significato di questi movimenti bisogna risalire alla storia tettonica della regione: le dislocazioni che in tempi giurassici determinarono il differenziarsi degli ambienti sinsedimentari sono orientate all'incirca NS sino a NNW-SSE ed EW (COLTORTI, 1980a). L'assetto strutturale appenninico è stato poi acquisito in seguito ad un lungo periodo compressivo iniziato almeno nel Tortoniano e che è proseguito sino al Pliocene Inferiore-Medio (SELLI, 1950; CENTAMORE ed altri, 1973; 1980; ELTER ed altri, 1975). Oltre un migliaio di metri di sedimenti fli-schioidi si depositarono nella sinclinale di Camerino e nell'Avanfossa marchigiana mentre in corrispondenza delle dorsali si verificavano parziali accavallamenti

<sup>(4)</sup>Con movimenti tettonici recenti si intendono quelli avvenuti nell'intervallo IV stabilito dal Progetto Geodinamica, Sottoprogetto Neotettonica C.N.R., che riguardano il periodo compreso tra i 700.000 anni e l'Olocene.

e sovrascorrimenti. Alle emersioni associate a questi movimenti compressivi corrisposero forti erosioni che limitarono lo spessore delle coperture favorendo l'affioramento di sempre più ampie porzioni di rocce giurassiche-eoceniche.

Se analizziamo ora i depositi alluvionali o i condotti carsici, che come illustrato assumono il medesimo significato, presenti lungo il fiume Esino ed i suoi affluenti in rapporto all'altezza sul *talweg* vedremo che mentre nella valle Esina (COLTORTI, 1978) o nella sinclinale di Camerino (ALESSIO ed altri, 1979) quelli di 1° ordine sono situati a circa m 90-100 sul *talweg*, nella anticlinale in esame essi da q 350 salgono a q 485 con un dislivello che va da m 100 a m 280 in pochi chilometri. Anche la collocazione dei lembi di terrazzi alluvionali o di superfici di erosione correlabili al 1° ordine situati nella stretta sinclinale del fiume Esino immediatamente a est dell'area in esame, sempre all'interno della Dorsale marchigiana, cioè la superficie di erosione su cui sorge il paese di Pierosara ed il deposito di Grotte Alto sono situati a circa m 100 sul *talweg*, limitando quindi i fenomeni di sollevamento differenziato, che sarebbero avvenuti dopo la loro deposizione al solo tratto orientale dell'anticlinale.

Nell'ambito di questi movimenti è probabile che la frattura EW, sulla quale si è inizialmente impostata la rete carsica, sia stata riaperta favorendo l'assorbimento di acqua lungo tutta la sua lunghezza e la conseguente carsificazione. Gli ambienti più ampi si trovano vicinissimi al versante per cui nella apertura della frattura EW potrebbero aver giocato anche movimenti di decompressione (AVIAS, 1977) connessi con l'erosione che stava generando la gola.

Si fa inoltre notare come l'asse di culminazione dell'anticlinale in esame coincida con il settore più elevato del sistema carsico, rappresentato dalla Sala Nera. Questo settore della cavità è quello che avrebbe subito movimenti, anche di cospicua entità, durante la carsificazione del 2° livello. Viene quindi immediato connettere i movimenti obliqui riscontrati lungo la direttrice NE ad ulteriori sollevamenti differenziati della struttura, sollevamenti che avrebbero accentuato la sua asimmetria strutturale. Una parte della asimmetria geomorfologica dell'anticlinale che coincide con l'asimmetria delle strutture, sarebbe dunque stata acquisita in tempi relativamente recenti. Allo stato attuale delle conoscenze non è purtroppo possibile dire se lo stesso fenomeno interessi anche le altre anticlinali della Dorsale.

Questi movimenti di sollevamento differenziato dell'anticlinale potrebbero essere inquadrati con il carattere ancora vivente della orogenesi in questo settore dell'Appennino (ELTER ed altri, 1975; REUTTER ed altri, 1978; WISE ed altri, 1979) o con una fase di sollevamento postorogenico (CENTAMORE ed altri, 1980). Le faglie riscontrate nel sistema carsico, trasversali alle pieghe, di tipo diretto e con discreta componente di scivolamento obliquo si potrebbero inquadrare con questo regime tettonico supponendo movimenti di sollevamento e traslazione differenziale rispetto ai blocchi limitrofi. Uno stile tettonico con lineazioni appenniniche dislocate da faglie trasversali si rinviene d'altronde anche nei terreni del Pliocene e del Pleistocene marino dell'Avanfossa (CRESCENTI ed altri, 1977) testimoniando una omogeneità comportamentale delle due aree.

Se il riferimento dei depositi alluvionali della Grotta di Frasassi al Mindel è esatto, i movimenti iniziati alla fine della carsificazione del 1° livello sarebbero stati particolarmente attivi durante questo periodo ed il grande Interglaciale seguente. Anche i condotti carsici successivi che nella gola sono posti a quote notevolmente inferiori sembrano comunque aver risentito di tali movimenti giacché la maggior parte delle cavità si impostano sulla direttrice NE (BOCCHINI & COLTORTI, 1978b) anche se finora non sono stati segnalati rigetti di cospicua entità.

I sollevamenti differenziati hanno permesso la conservazione dei sistemi carsici in tutta l'area altrimenti i drenaggi si sarebbero sempre impostati sui medesimi piani carsici alternando momenti di riempimento a momenti di erosione. Importante è stata inoltre la carsificazione sin e post-tettonica delle fratture senza la quale non sarebbe stato possibile l'accesso e lo studio delle condotte fossili.

## 7. PALEOIDROGRAFIA

Riportando gli originari condotti alla medesima quota è possibile tentare di comprendere il loro primitivo drenaggio. Il primo livello è rappresentato da una galleria suborizzontale attraverso tutta la anticlinale; se la direzione di scorrimento delle acque fosse stata da est verso ovest la Grotta del Mezzogiorno avrebbe dovuto drenare acque da un Paleosino ad un Paleosentino e successivamente, dato che la gola era già aperta, tali acque avrebbero dovuto tornare all'Esino. Tale meccanismo si scontra comunque con le modalità di carsificazione desunte da uno studio globale delle cavità della zona (BOCCHINI & COLTORTI, 1978b): sembra difatti che la carsificazione si imponesse preferenzialmente su condotti che formano un angolo da 0° a 90° rispetto alla linea di flusso delle isofreatiche, angoli maggiori costringerebbero le acque a confluire controcorrente. Ipotizzando dunque l'esistenza di un Esino e di un Sentino in rapporti di dipendenza analoghi a quelli attuali, la carsificazione sarebbe stata maggiormente favorita nel caso fosse stato il Sentino che attraverso il complesso carsico avrebbe defluito nell'Esino (Fig. 3; fase 1)

I movimenti successivi di sollevamento insieme all'attivazione di faglie orientate a NE, di cui uno dei sistemi principali è visibile proprio nei pressi dell'attuale imbocco della gola (su questo sistema si sviluppa il complesso carsico Fiume-Vento con oltre 12 km di sviluppo) sarebbero state le cause della successiva ricattura del sistema carsico da parte del Sentino. La ricattura fu progressiva: dapprima la principale risorgente fu l'ingresso principale della Grotta di Frasassi, poi le acque vennero drenate dal Corridoio dell'Alabastro verso la Galleria della Vasca e successivamente fu la "Paleorisorgente" a drenare almeno in parte la rete ipogea.

Allo stato attuale delle conoscenze l'ipotesi di perdite sotterranee del Sentino verso l'Esino rimane comunque un'ipotesi di lavoro.

Per quello che riguarda la genesi delle condotte suborizzontali e subverticali del sistema carsico si ricorda che esiste una stretta dipendenza tra terrazzi fluviali e condizioni climatiche vigenti durante la loro deposizione (TRICART, 1952; CALLEUX, 1959) e inol-

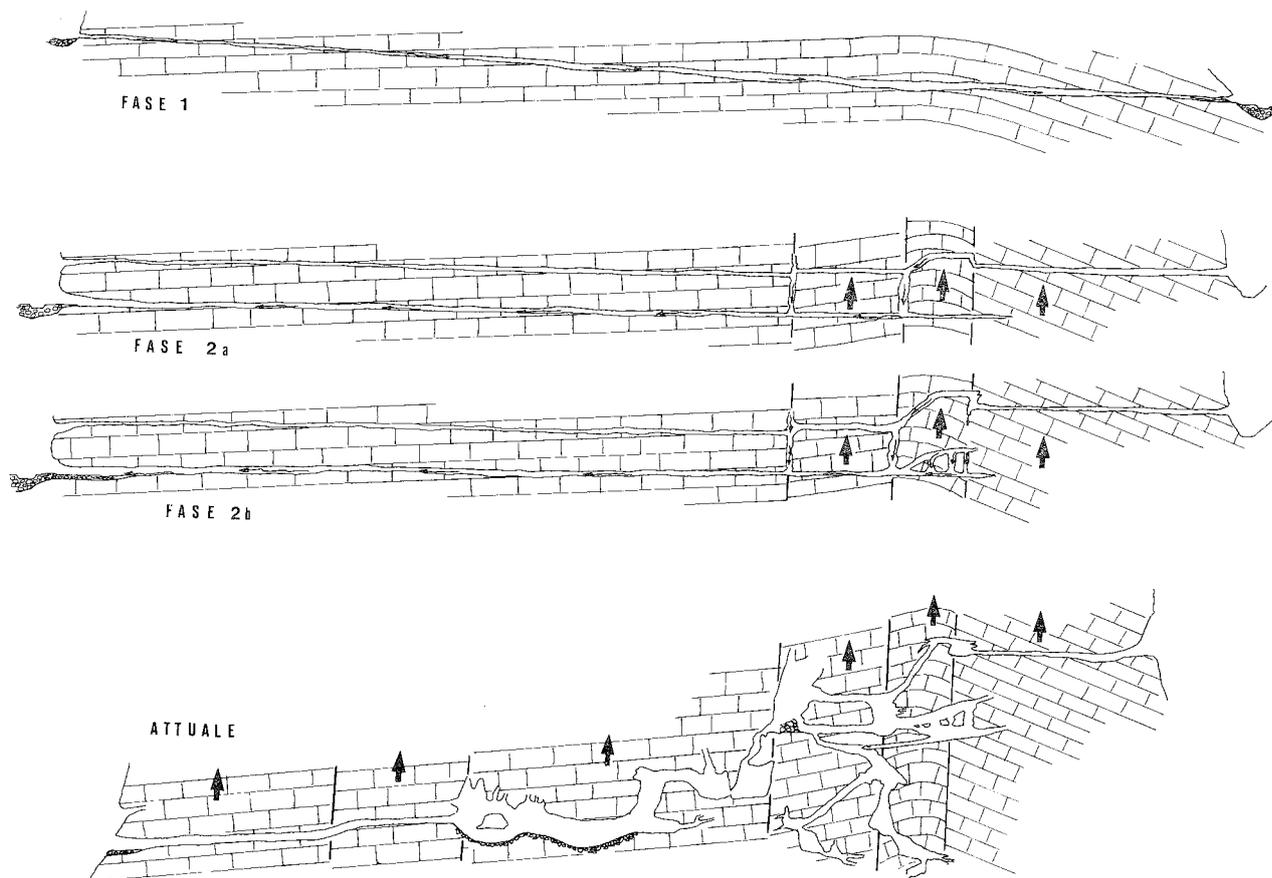


Fig. 3 - Ricostruzioni delle fasi evolutive del complesso carsico Grotta del Mezzogiorno-Frasassi: Premindel, tubo freatico attraverso la anticlinale dal Paleoesino al Paleosentino, fase 1; Mindel, sollevamenti differenziati seguiti da una nuova stasi del profilo di equilibrio, fase 2a; Mindel, ulteriori sollevamenti differenziati e nascita di piani sospesi, fase 2b; Post Mindel-Attuale, ulteriori sollevamenti dell'area anche differenziati, fase 3.

tre tra terrazzi fluviali e piani carsici (EK, 1961), dipendenza riscontrata anche per l'area in esame (CATTUTO, 1976; BOCCHINI & COLTORTI, 1978). I terrazzi fluviali della regione sembrano essere stati messi in posto in condizioni climatiche fredde (ALESSIO ed altri, 1979; COLTORTI ed altri, 1980; COLTORTI, 1980): la forte produzione detritica dai versanti colma il fondo valle dove le scarse acque circolanti non hanno la competenza di smaltire questo enorme apporto di materiali permettendo alle coltri alluvionali di sopraelevarsi sul primitivo *talweg*.

Le risorgenze di uno dei piani carsici principali (3° piano ipogeo; BOCCHINI & COLTORTI, 1978b) del complesso Fiume-Vento (Gr. Solfurea, Gr. Carbone, ecc.) si raccordano alla sommità delle alluvioni di 2° ordine a testimoniare come i condotti carsici si siano ampliati nella fase finale della crescita dei corpi alluvionali e cioè durante il Tardiglaciale rissiano. Il piano inferiore si raccorda invece alla sommità delle alluvioni di 3° ordine facendo supporre meccanismi analoghi nel Tardiglaciale würmiano. Con il cessare delle condizioni climatiche fredde il versante viene ripopolato dalla vegetazione e stabilizzato, le acque sono limpide e con forte potere erosivo cosicché predominano i fenomeni di incisione e di approfondimento del *talweg*. Questa fase di incisione interessa tutti gli affluenti compresi i condotti carsici che, date le condi-

zioni della roccia incassante, creano forre, pozzi verticali e scivoli che si raccordano al nuovo livello di equilibrio della *water-table*. Il piano inferiore della cavità Fiume-Vento e le sue risorgenze si raccorda al terrazzo di 4° ordine a dimostrare come condotti suborizzontali possano formarsi alla fine di un ciclo di approfondimento quando subentra una nuova stasi geomorfologica. Bisogna comunque tener conto che nella zona la carsificazione procede ad una velocità estrema grazie alla presenza di acque solfuree che operano tramite azioni di dissoluzione per mescolanza di acque.

Con tale modello se durante un periodo di stasi geomorfologica sono attive faglie e diaclasi queste verranno allargate in senso prevalentemente orizzontale, se invece sono attivi movimenti verticali si creano ampi ambienti ad unire i piani (sincroni) dislocati come, ad esempio, nella Sala Superiore ed Inferiore del Guano. Durante la incisione dei corpi alluvionali prevale la carsificazione verticale e movimenti in tal senso non farebbero altro che favorire il dislivello altimetrico tra il vecchio piano e quello che si deve ancora ampliare.

## 8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Dopo una fase di profonda incisione che ha gene-

rato la Gola di Frasassi, in una stasi dell'equilibrio morfologico epigeo, si formano, i condotti suborizzontali del 1° livello carsico delle cavità in esame. Queste condotte sono orientate prevalentemente su una frattura EW di probabile età giurassica riaperta dai sollevamenti che stavano interessando la regione. E' difficile stabilire la linea di flusso del primitivo drenaggio ma, in base a considerazioni teoriche, questa poteva essere orientata dal Paleosino al Paleosentino e rappresentare un momento di percorso epigeo o di perdite del primo dei due corsi d'acqua verso il secondo. Successivamente il drenaggio si approfondisce e si formano condotte verticali in fase vadosa che si impongono su dislocazioni orientate a NE prima non esistenti. L'equilibrio si riassume 25 m più in basso dove si sviluppano i condotti del 2° livello ipogeo in fase freatica ed epifreatica (Fig. 3, fase 2a). I condotti si impostano ora, oltre che sulla frattura EW, anche sul nuovo sistema di discontinuità attivatosi durante la fase di approfondimento. E' in questo momento che iniziano a verificarsi alcuni degli eventi che influiranno maggiormente sull'attuale assetto della cavità: le condotte EW vengono dislocate dalle faglie NE che gerarchizzano i drenaggi ipogei. Nell'ambito di questo livello alcune condotte furono dislocate anche di m 20 mentre la carsificazione era ancora in atto (Fig. 3, fase 2b). Il drenaggio, seguendo le dislocazioni più recenti, viene orientato verso la gola di Frasassi e si operano così una serie di catture progressive che vedono l'originaria uscita del 2° piano carsico ipogeo (Anfro di Frasassi) abbandonata a favore del Corridoio dell'Alabastro-Galleria della Vasca e successivamente della "Paleorisorgente". Le dislocazioni NE rappresentano faglie con componente obliqua e si realizzano in connessione con i forti movimenti di sollevamento differenziato che stavano interessando il lato orientale dell'anticlinale di Monte Valmontagna e che sono responsabili di parte della sua asimmetria strutturale e geomorfologica.

L'età di questi movimenti è suggerita dai depositi fluviali presenti all'imboccatura della Grotta di Frasassi che sembrano potersi correlare con le alluvioni terrazzate di 1° ordine attribuite genericamente al Mindel (COLTORTI, 1980). Questa imponente fase tettonica dislocando i condotti formati in questo periodo sarebbe dunque in parte mindeliana e principalmente mindel-rissiana. Tutti gli approfondimenti successivi che hanno permesso la fossilizzazione della rete ipogea si sono manifestati lungo la rete di faglie NE. Nei condotti verticali e subverticali del Crepaccio Loubens crolli di vaste proporzioni connessi con questi movimenti impediscono l'accesso ad eventuali condotte suborizzontali poste a quote più basse.

Attraverso l'analisi della cavità emerge dunque un quadro estremamente dinamico dell'area in esame giacché nell'ambito del generale sollevamento a cui è stata soggetta tutta la regione marchigiana durante gli ultimi 700.000 anni, sul lato orientale dell'anticlinale di M. Valmontagna si sarebbero verificati sollevamenti differenziati dell'entità di circa m 200.

## BIBLIOGRAFIA

- ALESSIO M., ALLEGRI L., COLTORTI M., CORTESI C., DEIANA G., DRAMIS F., IMPROTA S., & PETRONE V., (1979). - *Depositi tardo-würmiani nello alto bacino dell'Esino (Appennino Marchigiano)*. Datazione al <sup>14</sup>C. Geogr. Fis. Din. Quat., 2, 203-205
- AVIAS J.V., (1977). - *Globotectonic control of perimediterranean karstic terranes main aquifer*. Mem. 12th Congr. I.A.H., 57-62
- BINI A. & CAPPA G. (1974) - *Proposte di ammodernamento della simbologia per rilievi di cavità naturali sotterranee*. Boll. Ass. It. Cartografia, 31, 97-108.
- BIROT P. (1965) - *Critères des déformations tectoniques quaternaires. (specialment dans le monde méditerranéen)*. Rev. Geogr. Ph. Geol. Dyn., 7 (2), fasc. 3, 185-195.
- BOCCHINI A. & COLTORTI M. (1978a) - *Rilievo topografico e geomorfologico del Complesso Carsico Grotta del Fiume (8 MA-AN) Grotta Grande del Vento (307 MA-AN)*. Atti XIII Congr. Naz. Speleol. preprints.
- BOCCHINI A. & COLTORTI M. (1978b) - *Considerazioni sulla speleogenesi della zona carsica di Frasassi (Ancona) in relazione all'evoluzione geomorfologica esterna*. Atti XIII Congr. Naz. Speleol. reprints.
- BOCCHINI-VARANI M.A. (1971) - *Un'area carsica nell'Alto Esino*. Boll. Soc. Geogr. It., n. 1-3, 31-85.
- BOGLI A. (1973) - *La corrosione per miscela d'acque*. Atti Sem. Speleol. Varenna, in "Le Grotte d'Italia", ser. 4, 4, 333-359.
- CAGNETTI V., PASQUALE V. & POLINARI S. (1978) - *Fault-plane solution and stress regime in Italy and adjacent regions*. Tectonophysics, 46, 239-250.
- CAILLEUX A. & TRICART J. (1959) - *Introduction a l'étude des sables et des galets*. S.E.D.E.S., 358, Paris.
- CALAMITA F., CANTALAMESSA G., CENTAMORE E., DEIANA G., DRAMIS F., MICARELLI A., PIERUCCINI U., POTETTI M. & ROMANO A. (1979) - *Dati preliminari sulla neotettonica dei Fogli 132 (Norcia), 124 (Macerata), 115 (Città di Castello; I e II Quadrante)*. In "Nuovi contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, C.N.R., 179-215.
- CARLONI G.C. & ZECCHI R. (1979) - *Le strutture marchigiane e principali fuochi sismici*. L'Ateneo Parmense, Acta Naturalia, 2, 73-97.
- CASTELLARIN A., COLACICCHI R. & PRATURLON A. (1978) - *Fasi distensive, trascorrenze e sovrascorrimenti lungo la "linea Ancona-Anzio" dal Lias medio al Miocene*. Geol. Romana, 17, 161-189.
- CATTUTO C. (1976) - *Correlazione tra piani carsici ipogei e terrazzi fluviali nella valle del fiume Esino (Marche)*. Boll. Soc. Geol. It., 95, 313-326.
- CENTAMORE E., JACOBACCI A. & MARTELLI G. (1973) - *Modello strutturale umbro-marchigiano. Correlazioni possibili con le regioni adiacenti*. Boll. Serv. Geol. d'It., 93, 156-187.
- CENTAMORE E., CHIOCCHINI M., DEIANA G., MICARELLI A. & PIERUCCINI U. (1971) - *Contributo alla conoscenza del Giurassico dell'Appennino umbro-marchigiano*. Studi Geologici Camerti, 1, 7-89.
- CENTAMORE E., DEIANA G., DRAMIS F., MICARELLI A., CARLONI G.C., FRANCAVILLA F., NESCI O. & MORETTI E. (1978) - *Dati preliminari sulla neotettonica dei Fogli 116 (Gubbio), 123 (Assisi), 117 (Jesi) e 109 (Pesaro)*. In Contributi preliminari alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, C.N.R., 113-148.
- COLACICCHI R., PASSERI L. & PIALI G. (1970) - *Nuovi dati sul Giurassico umbro-marchigiano ed ipotesi per un suo inquadramento regionale*. Mem. Soc. Geol. It., 9, 839-874.

- COLTORTI M. (1978) - *La Valle del Fiume Esino nel suo tratto inferiore: elementi geomorfologici e cronologici*. Testi di laurea (inedita) Univ. di Ferrara, 123.
- COLTORTI M. (1980a) - *Reperti litici del Paleolitico Inferiore come contributo alla datazione delle alluvioni terrazzate del Fiume Esino (Ancona)*. Studi Geologici Camerti, 4, 7-16.
- COLTORTI M. (1980b) - *Geologia della regione di M. Pietroso-M. Murano (Appennino Marchigiano)*. Ann. Univ. Ferrara, n.s., sez. IX, 7 (2), 21-36.
- CRESCENTI U., NANNI T., RAMPOLDI R. & STUCCHI M. (1977) - *Ancona: considerazioni sismo-tettoniche*. Boll. Geof. Teor. Appl., 73-74, 33-48.
- DE BOSIS F. (1872) - *La caverna ossifera di Frasassi presso Frabriano, Ancona*. Tip. Mengarelli, Ancona.
- DEMANGEOT J. (1965) - *Géomorphologie des Abruzzes Adriatiques*. Mem. Et. Docum., C.N.R.S., 403.
- DEVOTO G. & PRATURLON A. (1973) - *L'Appennino centrale*. In *Moderne vedute sulla geologia dell'Appennino*, Acc. Naz. Lincei, 183, 84-90.
- Ek C. (1961) - *Conduits souterraines en relation avec les terraces fluviales*. Ann. Soc. Geol. du Belgique, 84, 313-340.
- ELTER P., GIGLIA G., TONGIORGI M. & TREVISAN L. (1975) - *Tensional and compressional area in the recent (Tortonian to present) evolution of the Northern Appennines*. Bull. Geof. Teor. Appl., 17, 65, 3-18.
- FOSSA-MANCINI E. (1921) - *Geologia ed idrogeologia della Gola del Sentino nella Marca di Ancona*. Giorn. Geol. Prat., 37-76.
- LOLLINI D.G., PUGLISI S.M., RADMILLI A.M. & TONGIORGI E. (1956) - *Ricerche intorno alla Gola del Sentino*. Bull. Paletn. It., 491-530.
- MARCHETTI M. (1950) - *La zona speleologica di S. Vittore di Frasassi*. Tip. Venturini, 73-80, Ancona.
- NIJAMAN W. (1970) - *Tectonics of the Velino-Sirente area, Abruzzi, Central Italy*. K. Ned. Akad. Wet., Proc., B, 74, 156-184.
- PAROTTO M. & PRATURLON A. (1975) - *Geological summary of Central Apennines*. In *Structural Model of Italy*, Quad. Ric. Sc., 90, 1-55.
- PIGORINI L. (1895) - *La Grotta di Frasassi*. Bull. Paletn. It., 21, 7-9, 109-118.
- PROCACCINI-RICCI V. (1809) - *Memoria sulla Grotta di Frasassi nei contorni di Fabriano*. Tip. Lazzarini, Ancona.
- RAFFY J. (1979) - *Le versant tyrrhénien de l'Apennin central*. Th. de Doct. Univ. Sorbonne, 695, inedita.
- SCARABELLI-GOMMI-FLAMINI G. (1879) - *Sugli scavi eseguiti nella caverna detta di Frasassi (Ancona)*. Atti Acc. Naz. Lincei, ser. 3, 5, 78-106.
- SELLI R. (1950) - *I caratteri geologici della regione marchigiana*. Giorn. di Geol., Ann. Mus. Geol. Bologna, s. 2, 21, 99-125.
- SCARSELLA F. (1952) - *Un raggruppamento di pieghe dell'Appennino Umbro-Marchigiano: la catena M. Nerone-M. Catria-M. Cucco-M. Perna-Colfiorito*. Boll. Serv. Geol. d'It., 73, 309-320.
- STRINGFIELD V.T., RAPP J.R. & ANDERS R.B. (1979) - *Effects of karst and geologic structure on the circulation of water and permeability in carbonate aquifers*. Journ. Hydrology, 43, 313-332.
- TRICART J. (1952) - *Paleoclimats quaternaires et morphologie climatiques dans le midi méditerranéen*. Eiszeitalter und Gegenwart, 172-188.
- TRICART J. (1958) - *Donnée pour l'utilisation paléogéographique des cailloutis*. Ecl. Geol. Helv., 51, 3, 784-795.
- WOODWARD H.P. (1963) - *Una teoria sulla formazione delle cavità per cattura dei corsi d'acqua*. Atti e Mem. Comm. Grotte F. Boegan, 3, 1-32.
- WISE D.U., FUNICIELLO R., PAROTTO M. & SALVINI F. (1979) - *Domini di lineamenti e fratture in Italia*. Publ. Ist. Geol. Paleont. Univ. Roma, 42, 1-53.

*Manoscritto consegnato nel febbraio 1982*

Finito di stampare  
dal Centro Stampa dell'Università  
di Camerino  
nel dicembre 1983

Autorizzazione Tribunale di Camerino n. 4/82 del 17.12.1982  
Direttore responsabile Prof. ERNESTO CENTAMORE