

ALBERTO FRASSONI\*

## NOTE SUL CARSIAMO ATTUALE E SUL PALEOCARSIAMO CARNICO NEL «METALLIFERO BERGAMASCO» DELLA VALLE BREMBANA

**RIASSUNTO** - La maggior parte delle più profonde cavità esplorate recentemente in Valle Brembana si sviluppa entro la serie stratigrafica caratteristica della zona di transizione tra le formazioni da piattaforma carbonatica del Ladinico e le formazioni terrigeno-lagunari del Carnico Inferiore.

Tale serie stratigrafica ha richiamato l'attenzione di numerosi autori fin dal secolo scorso, soprattutto per la presenza di importanti mineralizzazioni piombo-zincifere. I più recenti studi sulla genesi dei giacimenti, confortati anche da una notevole massa di dati e di osservazioni raccolti in questi ultimi anni da autori di vari paesi, hanno formulato l'ipotesi che diverse mineralizzazioni si siano sviluppate come riempimento di reti di cavità carsiche create in seguito ad una fase di emersione di un paleorilievo durante il Carnico Inferiore.

Nella presente nota si riassume brevemente lo schema di interpretazione dell'evoluzione paleogeografica che portò alla formazione di tali reti di cavità carsiche. Si analizzano successivamente le modalità di sviluppo del paleocarsismo carnico e del carsismo attuale; si evidenzia in particolare il ruolo, spesso determinante, svolto dalla presenza di una serie di sottili intercalazioni tuftiche.

### INTRODUZIONE

Negli ultimi anni sono state esplorate in provincia di Bergamo parecchie nuove cavità a prevalente sviluppo verticale, prive di sbocchi naturali all'esterno, venute alla luce in seguito a lavori di coltivazione mineraria in diversi giacimenti nel «Metallifero Bergamasco». Questi giacimenti a piombo e zinco con minerali di ganga a loro volta spesso oggetto di coltivazioni (fluorite-barite) fanno parte di un importante distretto minerario, il «Distretto di Gorno» che si estende per circa 35 Km in direzione E-W dal Pizzo della Presolana in Valle Seriana sino a Cespedosio in Valle Brembana e per circa 15 Km in direzione N-S.

Recenti studi sull'origine dei giacimenti effettuati da vari autori (ASSERETO ET ALII 1977; RODIGHIERO 1977) nell'ambito del programma internazionale IGCP/IUGS-UNESCO sul Trias Alpino minerario, fanno riferimento al seguente schema genetico:

- Emersione durante il Carnico di estese zone della piattaforma carbonatica.
- Erosione dei terreni emersi.
- Genesi delle mineralizzazioni.
- Trasgressione con deposizione di sedimenti in facies deltizio.

Durante la fase di emersione si svilupparono estesi sistemi di reticoli carsici che rivestirono un ruolo di grande importanza nella messa in posto delle successive mineralizzazioni.

Nella presente nota l'attenzione è rivolta in particolare all'area della Valle Brembana (fig. 1) per la quale si analizzano le modalità di sviluppo del paleocarsismo carni-

---

\* Gruppo Grotte San Pellegrino.



Fig. 1 - Principali aree di affioramento del Calcare Metallifero Bergamasco nel territorio della Valle Brembana.

co e quelle del carsismo attuale; la maggior parte delle considerazioni di fondo può ritenersi comunque valida per quasi tutte le aree di affioramento del «Metallifero Bergamasco».

## SERIE SEDIMENTARIA DELLA TRANSIZIONE LADINICO-CARNICA

Il Ladinico è caratterizzato in tutta la Lombardia da potenti sedimenti di piattaforma carbonatica; lo sviluppo di tale piattaforma iniziatosi al termine dell'Anisico sul

marginale meridionale del Bacino Lombardo andò progressivamente avanzando verso N-E sopra le facies di bacino dando luogo a quel potente complesso di calcari (micriti, biomicriti e biospariti) di ciclotemi calcareo-dolomitici e di dolomie color grigio chiaro che prende il nome di Calcarea di Esino.

La potenza di tale formazione è nell'area della Valle Brembana pari a circa 1000-1100 metri.

Assereto Jadoul e Omenetto (1977) hanno rilevato la presenza nelle formazioni al tetto del Calcarea di Esino in diverse zone (M. Menna, M. Ortighera, Cespedosio, Dossena) di deformazioni sindeposizionali (tepee), di fenomeni di corrosione e di diagenesi vadosa, di strutture di essiccamento (fenestrae), che testimoniano un'emersione di vaste aree al termine della deposizione del Calcarea di Esino.

Durante tale emersione si svilupparono fenomeni carsici con formazione di cavità successivamente riempite da sedimenti carbonatici o dolomitici, ricchi di argille verdi e rosse.

Questi fenomeni possono essere osservati in particolare sul versante sinistro della Valle Parina nel tratto compreso tra le cave Remuzzi e il M. Vaccareggio.

Immediatamente sopra il calcarea di Esino è presente il Calcarea Rosso, unità caratteristica per i colori vivaci, oggetto di coltivazione quale pietra da costruzione con il nome di «marmo arabescato». Tale orizzonte costituito da sedimenti calcarei pericotidali in banconi separati da livelli argilloso tufacei, raggiunge la sua massima potenza (40-50 m) alla foce dei Torrenti Val Parina e Val Secca.

In diverse zone (M. Vaccareggio - Val Parina, Cima del M. Gren - Val Vedra) il Calcarea Rosso è sostituito da brecce calcaree poligeniche in matrice argilloso tufacea.

Il livello superiore del Calcarea Rosso è caratterizzato dalla presenza di un pacco di circa tre metri di argilliti e siltiti verdi e rosse alternate a straterelli di calcarea.

Al di sopra del Calcarea Rosso sono presenti calcari chiari in grossi banchi variamente denominati nella letteratura geologica.

Tali calcari riferiti ora al Calcarea di Esino per un'apparente affinità di facies (Deecke 1885, Assereto e Casati 1965, Vachè 1966) ora al Metallifero Bergamasco per la presenza delle prime mineralizzazioni (Curioni 1877, Varisco 1891, Porro, 1903, Hofsteenge 1932, Visser 1937, Swolfs 1938, Raaswelt 1939, Krol 1943, De Sitter 1949, Desio 1954) sono stati di recente attribuiti (Assereto ed altri 1977) alla formazione di Breno. Questa formazione che riveste un particolare interesse in quanto sede dei fenomeni carsici oggetto della presente nota, è costituita da sedimenti calcarei pericotidali (micriti) con tracce di ripetuti episodi di emersione sopra-cotidale. Caratteristica è la presenza di sottili intercalazioni tufitiche: nell'area del giacimento di Paglio Pignolino ne sono stati rilevati sei presenti in tutta l'area con spessori variabili tra 0,5 e 20 cm. Gli orizzonti con maggior spessore sono la «tufite doppia» T2 e la «Tufite grossa» T3. Le tufite che sono essenzialmente costituite da illite si presentano di color grigio chiaro o verde pallido con tessitura scistosa e si disgregano facilmente in squame dall'aspetto talcoso. Sono perciò rocce dotate di scadenti caratteristiche di resistenza meccanica ma resistenti all'azione di corrosione chimica delle acque.

Lo spessore della formazione di Breno è variabile aumentando da E a W; si passa dai 20-25 m della zona del M. Grem ai 70-100 m della zona di M. Vaccareggio fino a raggiungere il massimo di circa 140 m in corrispondenza del giacimento di Paglio Pignolino.

Al tetto della formazione di Breno si sviluppa il Calcarea Metallifero Bergamasco caratterizzato dalla colorazione scura e dalla presenza di livelletti marnosi e di livelletti e noduli di selce che si fanno sempre più frequenti verso l'alto.

Con il Calcarea Metallifero Bergamasco ha inizio la transizione verso le Facies lagunari caratteristiche del Carnico Inferiore. Lo spessore della formazione varia da un mi-

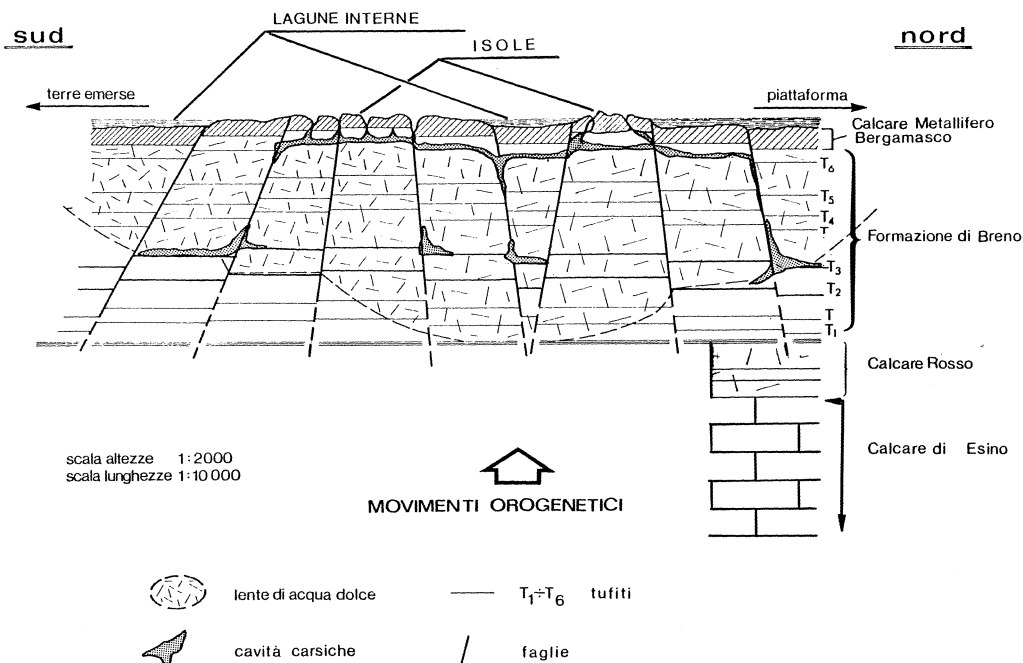


Fig. 2 - Schizzo indicativo della situazione paleogeografica durante il Carnico Inferiore a Paglio Pignolino (secondo Assereto et al. [1977] riveduto da A. Frassoni). Fase di emersione di isolotti calcarei con sviluppo di fenomeni carsici entro la lente di acqua dolce sottostante e di lagune interne con intercalazioni di sostanze organiche e mineralizzazioni. Le cavità carsiche saranno riempite da sedimenti mineralizzati in seguito ad una successiva trasgressione marina.

nimo di 0-5 m (giacimento di Vaccareggio e Paglio Pignolino) ad un massimo di 35-40 m in Val Parina.

Il notevole assottigliamento della formazione nella zona compresa tra Cespedosio ed il M. Vaccareggio indica un'importante fase di emersione del Metallifero Bergamasco con conseguente erosione dei livelli superiori.

È da rilevare che le mineralizzazioni sono presenti nella Formazione di Breno, nel Calcare Metallifero Bergamasco e negli strati inferiori della soprastante Formazioni di Gorno. Il termine «Calcare Metallifero Bergamasco» che indica una ben precisa unità litostratigrafica non deve pertanto essere confuso con il termine «Metallifero» in senso minerario che comprende tutte le formazioni interessate da mineralizzazioni.

## FENOMENI PALEOCARSICI E GIACIMENTI MINERARI

Già nei primi lavori dei geologi olandesi (HOFSTENGE 1934) si trovano notizie circa la presenza nel giacimento di Vaccareggio di mineralizzazioni di tipo stalattitico a riempimento di cavità nel calcare.

Questi studi concordano tuttavia nell'attribuire la genesi dei giacimenti a soluzioni idrotermali legate a fenomeni di vulcanesimo terziario.

Ehrendreich (1960) e successivamente Vaché (1966) sono i primi autori a riconoscere e a descrivere mineralizzazioni di riempimento di cavità carsiche originate da acque circolanti dalla superficie.

Mineralizzazioni di questo tipo risultano particolarmente frequenti nell'area della Valle Brembana.

Assereto-Jadoul-Omenetto (1977) in uno studio sui giacimenti della Valle Brembana sviluppano uno schema genetico dei giacimenti che prevede la messa in posto di diverse mineralizzazioni quale riempimento di un sistema paleocarsico secondo le seguenti modalità (fig. 2):

- Emersione nel Carnico Inferiore di isolotti calcarei in prossimità della costa.
- Formazione al di sotto delle isole di una lente di acqua dolce che per differenza di densità rispetto all'acqua marina raggiunge una profondità sotto il livello del mare pari a circa 40 volte l'altezza della superficie freatica sul livello del mare.
- Sviluppo di fenomeni carsici nei terreni emersi ed in profondità entro la fascia interessata dalla circolazione delle acque nella lente di acqua dolce.
- Inizio di una trasgressione marina con formazione di lagune interne caratterizzate da acque salmastre con forti concentrazioni di sostanze organiche ed apporti di materiali terrigeni.
- Formazione di sedimenti ad alto contenuto di materiale organico con locali mineralizzazioni stratiformi.
- Riempimento delle cavità carsiche superficiali da parte dei sedimenti mineralizzati mentre continua lo sviluppo del carsismo in profondità.
- Progressiva trasgressione marina e deposizione di sedimenti di facies deltizia (sabbie, limi, argille) e progressivo riempimento e fossilizzazione del reticolo carsico.
- Riorganizzazione genetica delle mineralizzazioni.

Tale schema si rifà ai recenti studi di Todd (1959), Purdy (1968) e Dunham (1969) sulla paleoidrologia delle isole carbonatiche.

È da rilevare che in tutti i giacimenti l'andamento delle cavità mineralizzate si può presentare sia concordante che discordante con la stratificazione.

In accordo con lo schema sopra descritto le cavità discordanti sono le meno frequenti e sono presenti soprattutto là dove il minor spessore del Calcarea Metallifero indica zone di prolungata emersione (M. Vaccareggio).

Si presentano in genere come cavità tubiformi verticali o come fessure verticali o come tasche imbutiformi o campaniformi sovente riempite da sedimenti di tipo detritico a cemento siliceo con diffuse mineralizzazioni.

Nel giacimento di Vaccareggio alcune di tali tasche, riempite caoticamente da blocchi irregolari di materiale proveniente anche dalle formazioni arenacee sovrastanti starebbero ad indicare una prosecuzione del carsismo sotto copertura anche dopo la trasgressione carnica, con progressivo ingrandimento per dissoluzione delle cavità fino al collassamento e sprofondamento degli strati sovrastanti.

Allontanandosi dalle zone di emersione le cavità mineralizzate tendono a divenire stratoconcordanti. I sedimenti interni mineralizzati sono costituiti da materiali molto fini interessati da fenomeni di ricristallizzazione.

Le cavità di questo tipo si sviluppano con notevole continuità immediatamente al di sopra dei livelli di tufite (T6 e T3 in particolare) e presentano sezioni ellittiche o tondeggianti (figg. 3, 4).

Risulta pertanto evidente l'azione di sbarramento svolta dalle tufite nei confronti della percolazione delle acque con conseguente sviluppo di fenomeni di dissoluzione lungo i giunti di stratificazione.

L'azione di sbarramento risultò particolarmente efficace sia per le caratteristiche



Fig. 3 - Particolare di una cavità mineralizzata stratoconcordante a sezione ellittica - Cava Lotto - Paglio Pignolino.

dei livelletti che, nonostante un modesto spessore, presentano notevole continuità e plasticità, sia soprattutto per il limitato gradiente idraulico delle acque freatiche.

### **CARSISMO ATTUALE**

Durante le esplorazioni della Lacca della Miniera (N. 1406 Lo) nella galleria Plaza Ovest del giacimento della Valle Parina veniva rilevata per la prima volta, nel 1965, dagli speleologi di S. Pellegrino la presenza di livelletti di color verde pallido (allora non ancora riconosciuti come tufiti) che interrompono la continuità verticale della cavità.

Il fenomeno che veniva in seguito riscontrato in diverse altre cavità esplorate nei giacimenti di Paglio Pignolino e di Cespedosio (Frassoni 1967) può essere schematizzato come segue:

- Brusca interruzione del pozzo verticale in corrispondenza del livelletto di tufite.
- Inizio di una galleria freatica impostata secondo un piano di interstrato un poco al di sopra del livelletto.
- Tratto meandriforme con progressivo approfondimento della galleria in condizioni vadose.
- Pozzo successivo.

In fig. 5 è riportata la sezione verticale dell'abisso del Cadur (N. 1360 Lo) ove tale schema appare particolarmente evidente.



Fig. 4 - Particolare di una cavità carnica mineralizzata a sezione ellittica riattivata da carsismo attuale in condizioni vadose - Cava Lotto - Paglio Pignolino.

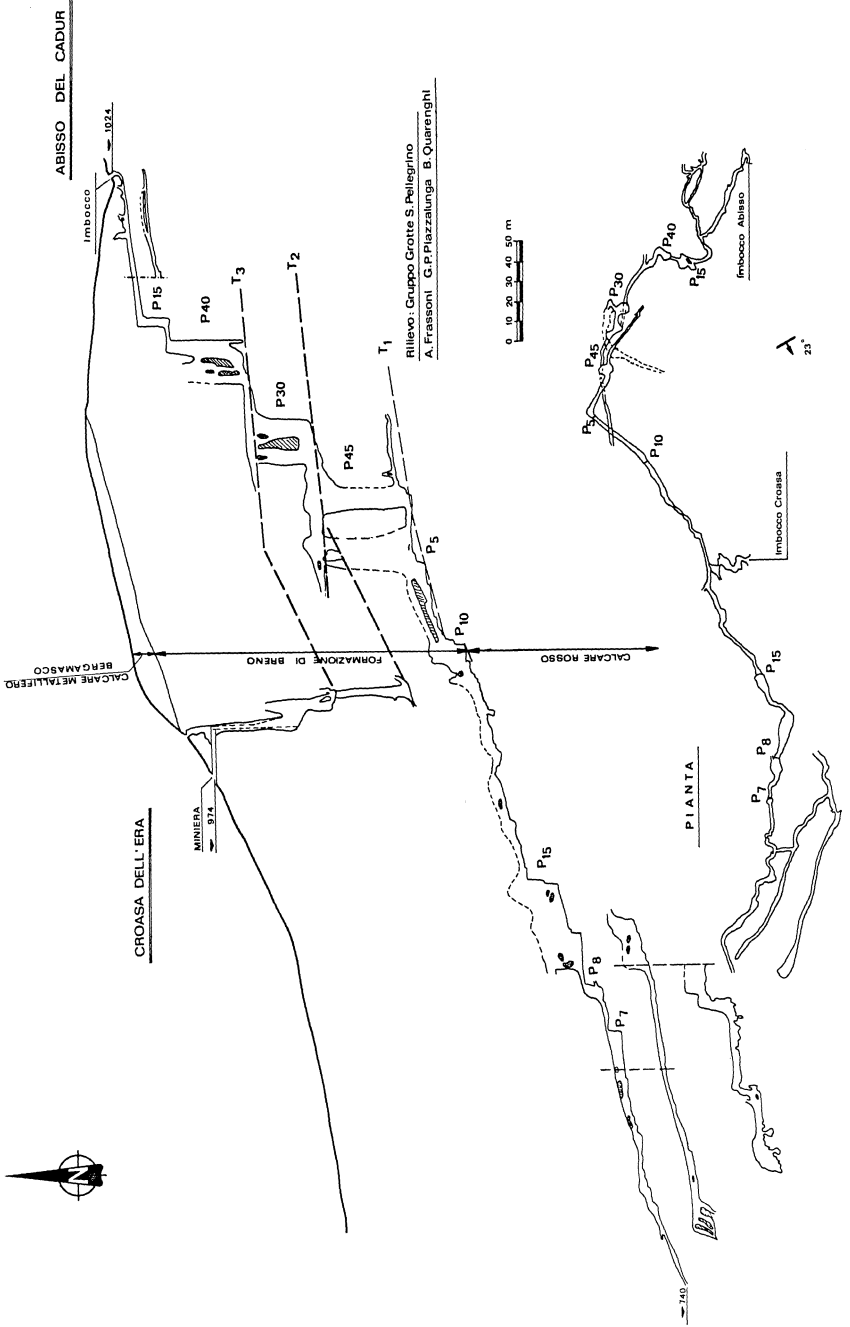
Sulla base di tali osservazioni si può quindi rilevare, analogamente a quanto già illustrato nel paragrafo precedente per il paleocarsismo carnico, che i livelli tufitici svolgono un ruolo di orizzonti di sbarramento nei confronti della percolazione delle acque.

Tale ruolo risulta comunque attualmente assai meno importante rispetto al periodo Carnico in quanto lo schema descritto è riscontrabile solo in alcune delle cavità esplorate, e le gallerie freatiche sopra le tufiti si estendono al più solo per alcune decine di metri; sono inoltre presenti diverse cavità verticali di tipo semplice (fusoidi) che non appaiono essere state condizionate nel loro sviluppo dalla presenza delle tufiti.

La minor importanza attuale trova spiegazione nelle mutate condizioni idrogeologiche del territorio, caratterizzate dalla presenza di dislivelli dell'ordine di centinaia di metri sopra il livello di base delle acque, contro una circolazione sotto falda e con limitato gradiente idraulico nel Carnico.

La presenza di livelletti seppur continui ed impermeabili ma con pochi centimetri di spessore e con scadenti caratteristiche di resistenza meccanica comporta nelle condi-

**ABISSO DEL CADUR**  
 COMUNE DI DOSSENA





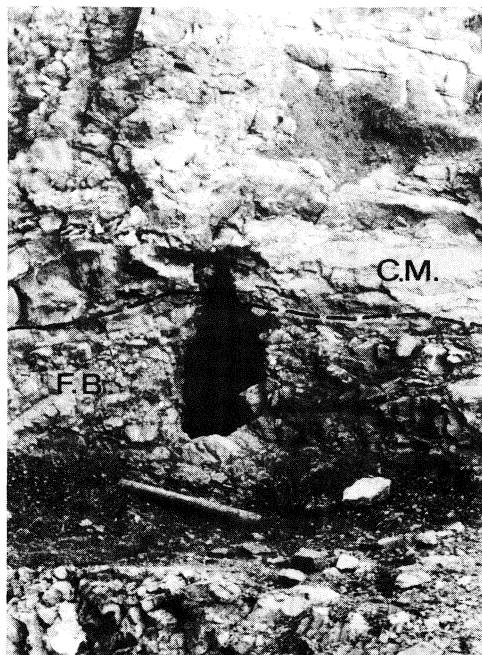
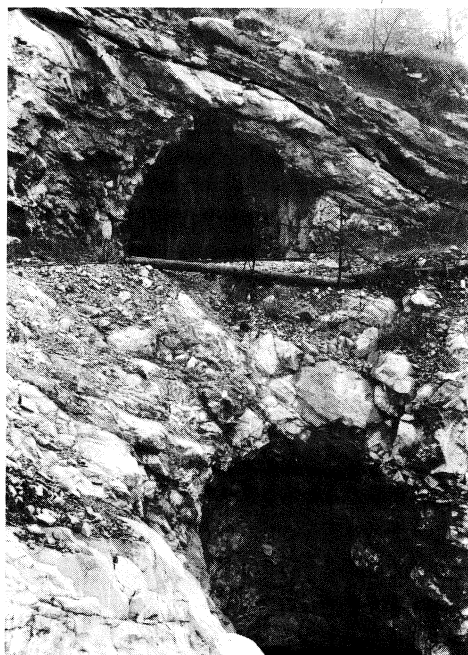


Fig. 6 - Esempi di cavità carsiche che si chiudono al limite Formazione di Breno-Calcare Metallifero, venute alla luce in seguito a lavori di sbancamento: Lacca all'imbocco del livello Morra.

Fig. 7 - Esempi di cavità carsiche che si chiudono al limite Formazione di Breno-Calcare Metallifero, venute alla luce in seguito a lavori di sbancamento: Abisso sul ciglio della Cava Otto-Nord.

zioni attuali episodi temporanei di formazione di piccole falde sospese presto drenate dagli orizzonti sottostanti.

È da rilevare al proposito che nelle gallerie delle miniere si riscontrano assai spesso diffuse fuoriuscite di acqua in corrispondenza dell'intersezione dei livelli tufitici.

Assai più efficace risulta l'azione di sbarramento allo sviluppo del carsismo, sia verso l'alto che verso il basso, svolta dai livelletti argillitici e siltitici, frequenti ed alquanto ravvicinati, presenti al tetto ed al letto della Formazione di Breno.

La quasi totalità delle cavità intersecate dai lavori di coltivazione mineraria alla sommità della Formazione di Breno non sbocca infatti all'esterno ma si chiude verso l'alto in corrispondenza al limite con il Calcare Metallifero Bergamasco (figg. 6, 7, 8).

L'abisso Severino Frassoni (N. 3589 Lo) è la sola fra le cavità esplorate ad avere un imbocco naturale esterno nella formazione del Calcare Metallifero Bergamasco. Tale cavità è anche l'unica ad attraversare tutta la Formazione di Breno ed il Calcare Rosso approfondendosi entro il Calcare di Esino.

L'abisso del Cadur che pure oltrepassa i livelli di siltiti ed argilliti al limite superiore del Calcare Rosso diventa impraticabile in corrispondenza dei livelli di argilliti alla base di questa formazione.



Fig. 8 - Esempi di cavità carsiche che si chiudono al limite Formazione di Breno-Calcare Metallifero, venute alla luce in seguito a lavori di sbancamento: Croasa dell'Era.

### BIBLIOGRAFIA

- ASSERETO R. e CASATI P., 1965 - *Revisione della stratigrafia permotriassica della Val Camonica meridionale (Lombardia)*. Riv. Ital. Paleont. e Strat. v. 71, n. 4, pp. 999-1097 - Milano.
- ASSERETO R., JADOUF F., OMENETTO P., 1977 - *Stratigrafia e metallogenesi del settore occidentale del distretto a Pb, Zn Fluorite e Barite di Gorno (Alpi bergamasche)*. Riv. Ital. Paleont. e Strat. v. 83, n. 3, pp. 395-531 - Milano.
- COSIJN J., 1928 - *De geologie van de Valle di Olmo al Brembo Leid.* Geol. Med. v. 2, pp. 251-324, Leiden.
- CURIONI G., 1877 - *Geologia applicata delle provincie Lombarde*. Ed. Hoepli, Milano.
- DEECKE W., 1885 - *Beiträge zur Kenntniss der Raibler Schichten der lombardischen Alpen*. N. Jb. Min. Geol. Pal. v. 3, pp. 492-521, Berlin.

- DESIO A. e VENZO S., 1954 - *Carta geologica d'Italia - Foglio 33 Bergamo*. Serv. Geol. Italiano Roma.
- DE SITTER L.U. e DE SITTER KOOMANS C.M., 1949 - *The Geology of the Bergamasc Alps, Lombardia*. Leid. Geol. Med. v. 14 B, pp. 1-257, Leiden.
- DUNHAM R.J., 1969 - *Vadose pisolite in the Capitan Reef (Permian), New Mexico and Texas*. In Friedman G.M. *Deposital Environments in Carbonate Rock Symposium* - Soc. Econ. Paleont. Min. v. 14, pp. 182-191 - Tulsa.
- EHRENDREICH H., 1960 - *Bericht über die geologisch-lagerstättenkundlich-bergtechnischen Untersuchungen, ausgeführt im Rahmen des Vertrages über technische Beratung durch die Metallgesellschaft*. A.G. Frankfurt.
- FRASSONI A., 1967 - *Attività svolta dal Gruppo Grotte S. Pellegrino nell'anno 1966*. Rass. Spel. Ital. v. 19 n. 3 pag. 104.
- HOFSTEENGE G.L., 1932 - *La géologie de la Vallée du Brembo et de ses affluents entre Lenna et S. Pellegrino*. Leid. Geol. Med. v. 4 A 2, pp. 27-82 - Leiden.
- KROL G.L., 1943 - *De Esino-Reiblergrens in de Bergamasker Alpen*. Leid. Geol. Med. v. 13, pp. 121-139 - Leiden.
- OMENETTO P. e VAILATI G., 1977 - *Ricerche geominerarie nel settore centrale del distretto a Pb, Zn, Fluorite e Barite di Gorno (Lombardia)*. L'Industria Mineraria, v. 28, pp. 25-44 - Roma.
- PERNA G., 1973 - *Fenomeni carsici e giacimenti minerali*. Le Grotte d'Italia suppl. 4 v. 4 in atti del Seminario di Speleogenesi - Varenna (Como) 5-8 Ottobre 1972 - Trieste.
- PORRO C., 1903 - *Alpi bergamasche - Carta geologica rilevata dal 1895 al 1901*. Tip. degli operai - Milano.
- PURDY E.G., 1968 - *Carbonate diagenesis: an environmental survey*. Geol. Romana, v. 7, pp. 183-228 - Roma.
- REINECK H.E. e SINGH I.B., 1975 - *Depositional Sedimentary Environments*. Springer-Verlag Berlin.
- RODIGHERO F., 1977 - *Le mineralizzazioni a Pb-Zn, Fluorite, Barite nel Carnico della zona del Pizzo della Presolana*. Boll. Assoc. Min. Subalp. v. 14, n. 3-4, pp. 453-474.
- SWEETING M.M., 1972 - *Karst landforms*. Macmillan, London.
- TODD D.K., 1959 - *Hydrology*. John Wiley & Sons, New York.
- VACHÉ R., 1966 - *Ricerche microstratigrafiche sul «Metallifero» di Gorno (Prealpi bergamasche)*. Riv. Ital. Paleont. Strat. v. 72, n. 1, pp. 53-144 - Milano.
- VARISCO A., 1881 - *Note illustrative della carta geografica della Provincia di Bergamo*. Tip. Gaffuri e Gatti, Bergamo.

Indirizzo dell'Autore:

ALBERTO FRASSONI, via Medici 3 - 24100 BERGAMO