

A woman wearing a headlamp and a blue jacket is lying on the ground in a cave. She is surrounded by large, yellowish-brown stalagmites and stalactites. The cave is dimly lit, with the woman's headlamp providing the main source of light. The stalactites hang from the ceiling, and the stalagmites rise from the ground. The overall atmosphere is mysterious and underground.

mondo sotterraneo

mondo sotterraneo

rivista semestrale del circolo
speleologico e idrologico friulano

nuova serie, anno XLI, n. 1-2 aprile-ottobre 2017

foto di copertina: Grotta Tirfor, sistema Bernardo Chiappa, Nimis (foto A. D'Andrea)

mondo sotterraneo, nuova serie, anno XLI, n. 1-2 (aprile-ottobre 2017)

rivista semestrale del circolo speleologico e idrologico friulano

registrazione tribunale di udine n. 393 del 14 marzo 1977

redazione e sede del circolo speleologico e idrologico friulano: via diaz 58 - 33100 udine; cp. 257

direttore responsabile: dario ersetti

tipografia: poligrafiche san marco, cormons (go)

i manoscritti e le foto, anche se non pubblicati, non verranno restituiti

le fotografie e i disegni, ove non altrimenti indicato, sono dell'autore del testo

Umberto Sello

Relazione morale per l'anno 2016

Care socie e cari soci,

è passata l'emozione della mia prima relazione morale e mi accingo a relazionarvi sull'anno 2016 che è stata una annata caratterizzata da alti e bassi, ma soprattutto alti (per fortuna).

Prima di proseguire però con l'esposizione delle attività è doveroso rivolgere un reverente ricordo ai soci che ci hanno lasciato nel corso dell'anno: Mario Gherbaz e Francesco Giorgetti, il primo tra i protagonisti della speleologia regionale e non solo, molto legato al Circolo da quando, agli inizi degli anni '70, fu incaricato da Ciano Medeot di riorganizzare un gruppo di giovani che avrebbero lasciato il segno negli anni successivi i così chiamati amichevolmente "gamei"; il secondo che nella fine degli anni '50 ha svolto attività al Circolo, rimanendo nel tempo affezionato al sodalizio pur ricoprendo cariche ed incarichi che non gli permettevano di frequentare, se non raramente, la sede, mantenendo però il ruolo di Proboviro.

Il 2016 però è stato anche un anno di anniversari, molti dei quali tristi, a partire dai già dieci anni dalla scomparsa di Daniele Bertolutti, venti dalla scomparsa dell'indimenticabile Bernardo Chiappa, cinquanta dalla scomparsa di Michele Gortani, novanta da quelle di Olinto Marinelli, Francesco Musoni (presidente del Circolo per oltre 24 anni e ideatore della nostra rivista Mondo Sotterraneo) e Graziano Vallon (ornitologo creatore nel 1898 del nostro stemma), cento dalla scomparsa di Giovanni Battista De Gasperi e perché non anche centocinquanta dalla nascita di Achille Tellini, primo presidente del CSIF.

Anche quest'anno ci siamo allineati su un numero di uscite oramai costante nell'ultimo periodo, oltre 120 ma sono convinto che, come al solito, siano state in realtà di più, probabilmente non rese pubbliche dalla pigrizia di qualche socio. Non sono di certo mancate le soddisfazioni concentratesi principalmente nella zona del Monte Bernadia e dell'Altipiano di Monteprato (Comune di Nimis).

Come consuetudine oramai consolidata seguirò lo schema utilizzato gli anni precedenti per sintetizzare dunque l'attività svolta nell'anno.

Alpi Carniche

Forse è l'unica zona che non abbiamo preso in considerazione come in passato ma resta la nostra attenzione per l'area del Fontanon di Timau dove abbiamo effettuato scoperte di enorme rilevanza scientifica negli anni scorsi e nella quale continuiamo a raccogliere dati di portata ecc. al fine di realizzare una nuova e più completa pubblicazione.

Si può segnalare anche una battuta nell'alta valle del But con segnalazione di alcuni fenomeni carsici (sprofondi, fessure soffianti) nella zona del Costone della Scaletta, nell'area della casera Monumentz (Massiccio del Monte Coglians) ed una fugace visita alla zona della Grotta del Gesso di Ligosullo per verificare l'accessibilità della cavità dopo i lavori di posa di una rete paramassi in quest'area particolarmente attiva dal punto di vista idrico.

Massiccio del Canin e Alpi Giulie

Come preventivato in agosto abbiamo messo mano al bivacco Modonutti-Savoia con oneri sostenuti solo parzialmente dal CSIF con interventi delle famiglie e della SAF. Il 20 agosto una ventina di soci e simpatizzanti di tutte le età hanno lavorato alla sostituzione della struttura interna, collassata a causa delle abbondanti nevicate degli anni scorsi e successivo posizionamento di pannelli per coprire gli inevitabili danni di invecchiamento; in contemporanea una squadra operava all'esterno dove è stato grattato lo strato vecchio e riverniciato di rosso fiammante. Sembra nuovo e alcuni "vecchi" soci si sono emozionati a vedere tanto affiatamento. Il materiale più pesante è stato portato in quota con un viaggio di elicottero. Dal punto di vista esplorativo sono state effettuate visite o meglio tentativi di penetrazione alla Fr. 1544, alla CL3 ed alla Cueva de las Estrellas senza però ottenere risultati adeguati alle fatiche fisiche spese.

La caparbietà di Paolo Capisani non dimentica la grotta Turbine ma anche qui le esplorazioni sono state fermate dal ghiaccio e dalla precoce chiusura degli impianti della funivia, proprio nel periodo più propizio alle esplorazioni.

Battute di zona nei pressi del pianoro di Malga Slenza Alta (Pontebba) con segnalazione di alcuni fenomeni carsici di scarso interesse.

Prealpi Carniche

Continua la collaborazione di alcuni nostri soci con il Gruppo di Pradis sul Ciaurlec per l'esplorazione della Grotta Liberazione.

Visite alla Grotta di Anduins e le uscite del corso di speleologia ad Eolo dove sono state sostituite anche alcune corde fisse ormai usurate e non più sicure.

Prealpi Giulie

La maggior concentrazione di attività esplorativa è stata riservata proprio a questa importante zona carsica.

La presenza della Grotta Tirfor o complesso Bernardo Chiappa, Grotta Sara e la nuova arrivata “Gleseute” o Grotticella sotto la strada di Chialminis (Reg 3138) ha fatto arrivare la maggior parte delle soddisfazioni. Per Sara e Gleseute vi rimando agli articoli su Mondo Sotterraneo ma mi piace qui ricordare l'enorme interesse di Gleseute che passa, nel suo sviluppo, dai livelli calcarenitici del Flysch ai sottostanti calcari cretaci: un caso veramente unico. In Tirfor le decine di uscite hanno permesso di portare lo sviluppo esplorato ad almeno 4 km e stiamo cercando un terzo accesso che ci consenta di evitare i lunghissimi tempi necessari per le esplorazioni dei nuovi rami. Un fatto increscioso però ha turbato la nostra gioia: qualche benpensante vandalo “locale” ha pensato bene di danneggiare in modo irreparabile la targa messa in ricordo di Bernardo fuori dall'ingresso della Tirfor. Torneremo a riposizionarla ma sono fatti che devono farci pensare e anche parecchio!

Segnalo il primo tentativo di riprese con drone in grotta alla Pre-Oreak ma i risultati devono essere ancora ottimizzati.

Progetto Targhette

Prosegue anche il progetto targhette dove un manipolo di soci compie con costanza il lavoro assegnatoci, battendo la zona pedemontana e le Valli del Natisone; un grazie a Rosa, Ida, Loris, Andrea e pochi altri.



Il Bivacco Modonutti-Savoia dopo gli interventi di risistemazione (foto A. D'Andrea).

Carso

Visite a grotte sul Carso per corsi o uscite pseudo-turistiche: rotta Nemez, Grotta Skilan, Grotta Impossibile, Grotta di Gabrovizza, Ercole, Pettiroso e Gropada; Giuseppe Moro (Mayo) ha partecipato anche quest'anno alla spettacolare calata di ferragosto nella grotta Gigante.

Cavità artificiali

Continua la collaborazione con l'Associazione Landscapes di Gemona del Friuli, attuale conduttrice della struttura difensiva, nel ripristino di impianti all'interno e loro valorizzazione, dell'Opera 4 Ugovizza facente parte integrante dello sbarramento Ugovizza/Nebria, nel Comune di Malborghetto-Valbruna.

Visite sono state effettuate nelle gallerie di Brestovec e del Monte Hermada, alle postazioni militari sui monti Debeliak e Krasji Vrh ora in territorio Sloveno nei pressi del Monte Nero.

Uscite Bio-speleologiche

Capitolo a parte l'attività di ricerca bio-speleologica compiuta da Luca Dorigo per il Museo Friulano di Storia Naturale con visite compiute in numerose grotte della Regione, dalla Carnia al pordenonese alle classiche zone carsiche della Provincia di Udine.



Il salone della Grotta Nemez nel Carso Triestino (foto A. D'Andrea).

Resto d'Italia

Quest'anno, ormai come consuetudine, siamo stati in Cilento con base sempre a Casaleto Spartano dove abbiamo visitato e rilevato una nuova voragine sul Monte Castagnagrossa, accompagnati dallo speleo tosco-friulano Vittorio Cossio effettuando, inoltre, una panoramica battuta di zona; ci eravamo anche organizzati per una prova di tracciamento nella Grotta del Lago di Sanza ma il tentativo è abortito a causa della assoluta mancanza di acqua nel piccolo rio, oramai incanalato, che alimenta questa cavità.

Visite in Sardegna del nostro socio Mayo a Su Palu ed una folta comitiva ha partecipato al raduno speleo a Lettomanopello (CH) con accessi a grotte della zona accompagnati da speleo locali.

Eestero

Quest'anno ci sono mancate le visite a grotte esotiche del nostro socio giramondo Paolo Fabbro (Nebbia) ma altri soci hanno visitato in Myanmar (Birmania) la grotta di Shwe Oo Min nei pressi della città di Pyndaya, Stato di Shan, caratterizzata dalla presenza al suo interno di oltre 9000 statue del Buddha posizionate tra il XVIII secolo fino ai giorni nostri, ed al complesso di templi rupestri (sono stati schedati 492) di Pho Win Taung nei pressi della città di Monywa, scavati nella tenera arenaria e riccamente decorati con statue e affrescati con pitture risalenti ad un periodo oscillante tra il XIV ed il XVIII secolo ed ancora più ad est, in Australia alla Capricorn Cave (così chiamata perché si trova proprio sul tropico del Capricorno), grotta turistica fossile con presenza di numerosi pipistrelli; visita fugace anche ad una grotta marina nei pressi della Jervis Bay.

Si segnala la visita alla Caverna di Planina con l'incrocio sotterraneo dei due fiumi Piuka e Rak, al grande Polije omonimo ed al vicino rio dei Gamberi dove però non è stato possibile percorrere un lungo tratto per l'alto livello delle acque, il tutto in occasione dell'annuale Bernardo Day cui hanno partecipato 16 soci; una visita turistica è stata effettuata anche alle miniere di sale di Hallstatt in Baviera, alla Cueva del Drach ed alla forra del Torrent de Pareis nell'isola di Maiorca ed al Gouffre di Padirac.

Attività divulgativa

Piuttosto ricca, come di consueto, è stata l'attività divulgativa, alla quale il CSIF ha sempre dato la giusta importanza. Abbiamo presentato in Provincia il terzo volume fotografico sull'ambiente sotterraneo friulano "Sopra le grotte" con itinerari esterni in zone carsiche e alla fine dell'anno è uscito Mondo Sotterraneo 2015 ed è pronto per la tipografia un numero corposo per il 2016.

Come negli anni scorsi, sotto la guida di Roberto Lava è stato organizzato tra aprile e maggio il 38° corso di primo livello con la partecipazione di 5 allievi e in novembre la sesta edizione delle giornate di avvicinamento alla speleologia.

Va sicuramente segnalata e lodata l'ormai consolidata iniziativa "Diversamente speleo" dove il 19 giugno nostri soci hanno accompagnato ragazzi della Comunità di Cussignacco alla Grotta di Villanova in collaborazione con i gruppi di Villanova e Tarcento, una carovana che tra ragazzi, famiglie ed accompagnatori ha raggiunto il numero considerevole di circa 100 partecipanti.

Il 22 maggio si è svolto, sotto la guida di Andrea Mocchiutti, l'annuale "Speleo Bimbi" con la visita alle Grotte di Timau e, poi, con giochi speleo e momenti educativi nei pressi del Centro visite del nuovo Geoparco, con la partecipazione quasi 100 persone tra accompagnatori, bambini e genitori, iniziativa che continua a dimostrare un sempre crescente interesse.

Abbiamo fatto conferenze tematiche come quella sulla geologia del Natisone tenuta da Furio Finocchiaro e Giuseppe Muscio a Chiopris-Viscone, a Cagliari da Mayo, di Andrea Mocchiutti al Centro disabili di S. Domenico a Udine. Eravamo presenti in gennaio a Tolmezzo alla commemorazione per i 50 anni dalla scomparsa di Michele Gortani, al convegno a Sant'Angelo a Fasanella (SA) dove, nella Grotta di San Michele, abbiamo fra l'altro goduto delle parole di Dario Marini che ha sancito "a nostra insaputa" che la speleologia organizzata in territorio nazionale è nata a Udine (oltretutto ha ribadito il suo orgoglio di essere un nostro socio).

È stata portata a termine una collaborazione con la SAF che con la Commissione Alpinismo Giovanile ha organizzato due uscite con nostri soci-accompagna-



Bernardo Day a Planina, in Slovenia (foto A. D'Andrea).

tori, una geologica sul massiccio del Coglians ed una esplorativa in Doviza. Tutti contenti e tornati a casa tutti interi. Si è verificata l'oramai usuale apparizione dal cielo dei soliti "angioletti" alla Messa di Natale in grotta di Pradis.

Il 15 maggio è stata organizzata una commemorazione in ricordo dei 100 anni dalla morte di G.B. De Gasperi presso il famedio del Cimitero di Udine, col successivo "pellegrinaggio" in terra trentina accompagnati anche dalla presenza di Enrica Calabresi da Bologna. Ringrazio il Presidente della Società Alpina Friulana, Antonio Nonino, che era presente alla deposizione di una corona di alloro in cimitero.

Va ricordato che quest'anno è stata approvata la nuova legge regionale sulla speleologia e la geodiversità: un passo importante al cui completamente hanno collaborato anche i nostri soci. Il superamento di molti ostacoli e incomprensioni ha portato ad una legge sostanzialmente buona ed innovativa con l'importante aspetto di evidenziare il ruolo degli studi carsici nella geologia in generale e nell'idrologia in particolare. Attendiamo ora l'uscita del regolamento applicativo. La Regione Friuli Venezia Giulia ha rispettato le promesse fatte e in tempi rapidissimi ha - seppure con modalità di valutazione più quantitative che qualitative - effettuato il riparto dei contributi, evitando il vuoto lasciato dall'abolizione delle Province.

Ringraziamenti

È usuale che alla fine dell'anno si ringrazi quanti hanno permesso di proseguire l'attività con tante soddisfazioni, un grazie va sicuramente alla Provincia di Udine per il suo appoggio profuso negli ultimi vent'anni ora alla vigilia della sua eliminazione. Un grazie agli assessori e ai funzionari regionali che, in una sorta di lotta contro il tempo, sono riusciti a far approvare la nuova Legge sulla geodiversità e a evitare che, per il secondo anno, i gruppi speleo fossero privi di finanziamenti. Voglio ringraziare tutto il consiglio direttivo uscente che mi ha aiutato anche in questo anno di presidenza, Loris Biasizzo, Andrea Chiavoni, Adalberto D'Andrea, Roberto Lava, Andrea Mocchiutti, Rosa Romanin, Stefano Turco.

Un particolare grazie a Giuseppe Muscio che continua ad essere l'anima organizzativa del Circolo nonostante il suo pressante impegno direzionale e con lui il Museo Friulano di Storia Naturale che ci fornisce un ineguagliabile supporto scientifico alle attività.

Ma un grazie a tutti i soci che si sono generosamente prestati a far fare bella figura al Circolo nelle manifestazioni esterne e nella gestione dei singoli incarichi ricevuti all'interno del gruppo.

Programmi per il 2017 e conclusioni

Il 2017 richiederà uno sforzo ulteriore a tutti e dico tutti i soci del CSIF, la programmazione di alcuni avvenimenti per ricordare il 120° anniversario della

nostra fondazione e la stesura di un numero speciale del nostro Mondo Sotterraneo, con la raccolta di racconti tematici che descrivano a puntate lo svolgimento dell'attività ultracentenaria. Sono già avvisati i soci che verranno sollecitati dal nuovo consiglio direttivo.

Un richiamo inoltre alla regolare registrazione delle uscite sul libro apposito o anche in una semplice e-mail inviata. Quest'anno più del 30% delle uscite non è stato segnato e le relazioni sono arrivate solo dopo pressanti richieste a soci che, tutto sommato, frequentano la sede.

Segnare le uscite è anche molto importante ai fini della assegnazione dei contributi regionali, se il metodo di calcolo non varierà, come invece è auspicabile, dando maggiore peso alla "qualità".

Un maggior aiuto deve essere fornito anche da volontari nella gestione della Sede e delle altre, fondamentali, attività interne. La biblioteca necessita di maggiore attenzione (e aggiornamento del catalogo) e l'archivio storico (di enorme valore) viene catalogato al rallentatore, diventando di fatto utilizzabili da pochi e non un patrimonio a disposizione di tutti: diamoci tutti una mossa. Dobbiamo essere ancora più presenti nelle attività fuori Udine, presenziare a cerimonie, convegni, riunioni.

La Provincia di Udine oramai non può più aiutarci e pertanto vanno ricercate nuove vie per poter svolgere studi ed editare pubblicazioni. A voi tocca suggerire, proporre e cercare: la nuova "moda" di fare consigli aperti, può portare crescita se gestita bene.

Derek Ford

libera traduzione di Franco Cucchi⁽¹⁾

La scienza delle grotte e del carsismo: dalla fondazione della Società Geologica Americana agli anni '60

Riassunto - Gli studi scientifici “moderni” sui fenomeni carsici si possono far iniziare con l'ampia accettazione del principio di “uniformità” (1800), con l'ampliarsi delle conoscenze di base sui processi di dissoluzione e precipitazione dei carbonati e dei solfati nelle rocce (1820) e sulle modalità, analizzate utilizzando le equazioni di Hagen, Poiseuille e Darcy (1840-1856), di flusso delle acque sotterranee nei mezzi porosi, fratturati e solubili. Il termine dalmato “Karst” (che significa *pietra, terra sassosa - stony ground*), usato dai locali per descrivere il loro particolare paesaggio, e quindi adottato dagli studiosi e dai viaggiatori, è entrato nell'uso generale già nel 1850. La prima relazione sull'idrogeologia del Geological Survey of United States (USGS), redatta da Chamberlin nel 1885, è il primo dei molti testi statunitensi che hanno sottolineato l'importanza del flusso idrico incanalato nelle zone calcaree nella genesi delle cavità.

I 50 anni successivi alla nascita della Geological Society of America (1888) hanno visto il prevalere degli studiosi europei che, prendendo spunto dal “classico” Carso della Slovenia occidentale, andavano definendo i principali tipi di forme terrestri di superficie. Mentre prendeva piede la teoria che le grotte si formano quasi esclusivamente nella zona di percolazione (o zona vadosa), essi proponevano teorie sullo sviluppo condizionate dai cicli geologici secondo due modelli per lo stoccaggio ed il flusso dell'acqua negli acquiferi calcarei nettamente contrastanti. Dopo la pubblicazione di un rapporto USGS sulle principali sorgenti degli USA (1927), gli scienziati americani entrarono nel dibattito con vigo-

1) Titolo originale: The science of caves and karst: From the beginning of the Geological Society of America to ca. 1960. *The Geological Society of America - Special Paper*, 516 (2015), di Derek Ford, School of Geography and Earth Sciences, McMaster University, Hamilton, ON L8S 4K1, Canada.

Mi è parso interessante proporre agli interessati, con il consenso dell'Autore, questo articolo di Derek Ford, studioso che io, come molti altri, considero il Jovan Cviji? attuale. L'articolo ci fa leggere la storia della carsologia con l'occhio e la mente di chi, oltreoceano, ha portato avanti gli studi sulla difficilissima scienza delle grotte e del carsismo in genere. Il mio inglese non è granché, ma ho cercato di riportare in italiano al meglio quanto scritto da Derek. Mi sono poi permesso di riportare, nelle note a piè pagina come questa, alcune mie considerazioni, qualche commento, qualche spiegazione, a maggior chiarimento di quello che io penso, anche per averlo discusso con lui, sia il pensiero dell'Autore. Sono note personali che accompagnano l'evoluzione degli studi sul mondo carsico dai primi dell'800 agli anni '60. Alcune teorie, alcuni modelli, oggi possono sembrarci banali o infantili: dobbiamo però tenere presente che allora il girare per il mondo e lo scambiare le conoscenze era decisamente complesso e per pochi.

re, sottolineando l'importanza della CO₂ contenuta nel suolo nell'aumento dei tassi di soluzione nelle rocce carbonatiche e affermando che le cavità debbano svilupparsi in primo luogo sotto e/o lungo la tavola d'acqua, creando nel contempo la zona satura (o zona freatica). Ricercatori russi stabilirono a loro volta i principi della corrosione per miscelazione (la *mischung corrosion* di Bögli).

Il ritmo degli sviluppi sugli studi carsici accelerò dopo la Seconda Guerra Mondiale. Negli anni 1940 e 1950 iniziarono gli studi di base sulla cinetica della soluzione, mentre il miglioramento dei metodi di misurazione delle concentrazioni di soluto posero le basi per i modelli a valore globale sviluppati nei decenni successivi. L'analisi spaziale quantitativa iniziò a dominare gli studi sulle morfologie superficiali, in particolare con i modelli sulla distribuzione delle doline. La confusione che si era creata in merito allo sviluppo delle grotte per acque meteoriche (epigene) fu risolto con un modello generale omnicomprensivo che sottolineava il ruolo di controllo della carsogenesi svolto dalla litologia e dall'assetto strutturale geologico. Sempre più si andava riconoscendo che queste due variabili spiegano anche molte delle differenze osservabili tra gli acquiferi carsici e le morfologie del territorio nelle diverse aree geografiche. L'apertura della Cina agli studiosi occidentali avvenuta dopo il 1980, ha dato infine l'accesso alle stupefacenti forme carsiche che caratterizzano il sud del paese.

Abstract - Modern scientific study of karst phenomena came into being during the 90 years before the Geological Society of America was founded in 1888. It began with broad acceptance of the uniformitarian principle (1800s), basic understanding of processes of carbonate and sulfate rock dissolution and precipitation (1820s), and the equations of Hagen, Poiseuille, and Darcy for groundwater flow in porous, fractured, and soluble media (1840-1856). The Dalmatian descriptive name "karst" (meaning "stony ground"), adopted by regional surveyors and travelers, came into general use in the 1850s also. The first U.S. Geological Survey (USGS) report on hydrogeology by Chamberlin in 1885 was one of many early texts that stressed the importance of conduit flow in limestone areas.

The 50 years following 1888 were dominated by studies in the "classical" karst region of western Slovenia, including definition of the principal types of surface landforms and proposals for their development within cycles of erosion, two sharply contrasted models for storage and flow in limestone aquifers, and promotion of a theory that accessible caves formed chiefly in the vadose zone. Following publication of a USGS report on the major springs in the nation in 1927, American scientists entered the debates in force, proposing that caves should develop primarily below the water table, along it, or create it; they also emphasized the importance of soil CO₂ in boosting rates of solution in carbonate rocks. Russian investigators established the principles of mixing corrosion.

The pace of development throughout karst studies accelerated after the Second World War. In the later 1940s and 1950s, the formative studies of solution kinetics began, while improvements in methods of measuring solute concentrations set the stage for global rate models to be developed in succeeding decades. Spatial quantitative analysis came to dominate study of surface landforms, particularly sinkhole distribution patterns. The confusion that had arisen regarding the development of meteoric water (epigene) caves was resolved with a general model emphasizing the controlling roles of lithology and geologic structure: Increasingly, it was recognized that these two variables also explained many of the differences observed between karst aquifers and landform assemblages in

different geographical areas. Opening of China to western scholars after 1980 gave access to the astonishing karst lands in the south of that country.

Introduzione

Come contributo alle celebrazioni del 125° anniversario della Geological Society of America (GSA) svoltesi a Denver nell'ottobre 2013, i *Friends of Karst* (gli Amici del Carsismo) hanno organizzato un convegno sul tema "Grotte e carsismo attraverso il tempo" (*Caves and Karst Across Time*). Per introdurre il tema Will White (Pennsylvania State University) ed io, due dei fondatori, siamo stati invitati a rivedere la storia dello sviluppo degli studi, prendendo come data di riferimento il 1888, quando la GSA è nata. Abbiamo concordato che Will avrebbe preso in considerazione gli ultimi 50 anni o giù di lì (dal 1960 circa, cioè da quando lui ed io abbiamo cominciato a pubblicare) mentre io avrei affrontato i 75 anni precedenti, magari con qualche sovrapposizione legata alle esperienze ancora in essere o con riferimenti ai nuovi temi che cominciavano ad emergere negli anni '60.

Questa mia recensione divide la storia degli studi sul carsismo in tre periodi e intreccia i quattro grandi temi di base affrontati nel tempo: la solubilità della roccia e le regole che la guidano, il flusso delle acque sotterranee nelle rocce solubili, la genesi delle grotte e quella delle caratteristiche forme superficiali.

Prima della fondazione della GSA: gli inizi

Nella cultura occidentale, le grotte e le altre caratteristiche carsiche sono argomento antico quasi quanto la scrittura stessa, anche perché quest'ultima è nata nelle regioni del Mediterraneo e della Mesopotamia in cui le città spesso sono cresciute intorno a sorgenti carsiche⁽²⁾.

Perché si prendano in considerazione i quattro temi base con approccio moderno dobbiamo però partire dal 1795, quando James HUTTON pubblica la sua *Teoria della Terra, con prove e illustrazioni* (*Theory of the Earth, with Proofs and Illustrations*). Hutton propone un approccio globale ed uniforme per gli studi sulla genesi delle rocce, sulle loro deformazioni e sui prodotti dell'erosione, un approccio valido ancora oggi, anche se con qualche riserva. Le illustrazioni (e quindi le prove) di Hutton si basano moltissimo sul fatto che la maggior parte delle valli dei fiumi sono state create, per erosione, dai fiumi che vi scorrono ancora oggi, cosa che ovviamente richiede del tempo. Il che estende molto al di là dell'esperienza umana individuale o, addirittura nella maggior parte dei casi, della storia scritta i tempi geologici. L'erosione è attribuita in gran parte alla corrasione meccanica ad opera dei clasti trasportati dall'acqua che scorre, osservazione che ha note-

2) Ricordo che la fonte inglese fondamentale per le informazioni sui testi più antichi che fanno riferimento al nostro soggetto è Trevor Shaw (1992).

volmente influenzato le idee sulla genesi e sull'ampliamento delle cavità nel secolo successivo. Sulla base degli studi su ossigeno e anidride carbonica svolti 20 anni prima da PRIESTLEY (1774), Hutton apprezza anche il fatto che le acque dolci naturali sono leggermente acide e quindi in grado di sciogliere il calcare, la roccia più importante negli studi carsici.

La soluzione del calcare da parte delle acque acidificate con CO_2 ha attirato ben presto l'attenzione degli studiosi, anche per la diffusa curiosità del pubblico sull'origine di stalattiti e stalagmiti e sulle "sorgenti e pozzi pietrificanti". CUVIER (1812) e SILLIMAN (1820) hanno spiegato i principi di base della saturazione in bicarbonato nelle acque dolci e della conseguente precipitazione di calcite. I loro lavori sono stati definiti come fatto indiscutibile nel fondamentale lavoro *Geology of the Earth* (prima edizione del 1833 e successive) di Sir Charles LYELL. LIEBIG (1840) ha poi suggerito che l'attività organica nel suolo aumenta la concentrazione di CO_2 , ma questa affermazione non ha trovato al tempo molto riscontro, anche per la difficoltà di ottenere misure precise dei solidi disciolti, allora da effettuare per semplice ebollizione o evaporazione. Tuttavia, BISCHOF (1854) con alcuni straordinari calcoli è stato in grado di affermare che *il carico annuale di CaCO_2 disciolto nel fiume Reno era pari a 332.539 milioni di ostriche del formato usuale!*

Origine del termine "karst"

I viaggiatori e i topografi dell'Impero Austro-ungarico già a metà '800 avevano stabilito che il termine *karst*⁽³⁾ era quello da usare in geografia e nelle descrizioni. Si tratta della germanizzazione dei termini slavi *crs* o *kras*, che significano "pietra" o "pietraia" (GAMS, 1993; KRANJC, 1994). Questo termine descrive in maniera omnicomprensiva i terreni calcarei affioranti negli aspri rilievi delle Dinaridi, in particolare in quelli settentrionali del "Carso classico" della Slovenia occidentale, caratterizzati da una topografia ricca di doline, con biancheggianti campi di Karren tra le depressioni, spesso in gran parte privi di suolo e vegetazione arborea come conseguenza delle deforestazioni e della intensissima pastorizia. Nella seconda metà del 1800, l'attenzione scientifica si è concentrata quasi esclusivamente su queste aree, trascurando ogni altra regione carsica, e quindi radicando con fermezza questo curioso termine regionale nella letteratura internazionale.

Acqua di fondo

Gli anni tra la prima edizione dell'opera di Lyell (1830) e la fondazione della GSA (1888) furono un periodo di importanti scoperte sulle modalità di flusso delle acque sotterranee per effetto delle precipitazioni meteoriche superficiali.

3) Nota del traduttore: anche *carso* nella cartografia antica...

Concetti storici decisamente fantasiosi, quali ad esempio la teoria greca che le acque fresche delle sorgenti derivavano dalla condensa di oceani sotterranei di acqua salata intrusa nel sottosuolo, sono così stati respinti. Si andava infatti comprendendo come la fonte era semplicemente la ricarica attraverso il suolo dovuta alla infiltrazione delle precipitazioni.

Gli ingegneri idraulici hanno svolto un ruolo molto importante nello sviluppo degli studi idrogeologico sotterranei. HAGEN (1839) e POISEUILLE (1846) hanno svolto esperimenti con tubi pieni d'acqua stabilendo le equazioni del flusso laminare. Henri Darcy (1856) è andato ben oltre con i suoi numerosi studi sul comportamento delle acque sotterranee nei bacini fluviali. Egli è conosciuto oggi per le equazioni sui flussi laminari in mezzi porosi (legge di Darcy) e sui flussi turbolenti in tubi (equazione di Darcy-Weisbach), sulle quali è stata costruita la maggior parte della moderna modellazione idrogeologica. È ironico, tuttavia, notare come questo lavoro fondamentale appaia solo in appendice, con la descrizione e l'interpretazione dei suoi famosi esperimenti eseguiti con i cilindri pieni di sabbia variamente inclinati. Il suo volume del 1856, *Les Fontaines Publiques de la Ville de Dijon*, è infatti dedicato alla descrizione della natura e del comportamento di alcune delle principali sorgenti calcaree utilizzate per le forniture idriche urbane in Europa, quali ad esempio, quelle di Digione, Nîmes, Parigi, Bruxelles e Londra. Della sorgente a Nîmes, Darcy ha, fra l'altro, scritto “... sembra certo ... che questa sorgente è alimentata da un canale sotterraneo ...” (DARCY, 1856: p. 183, citato da WORTHINGTON, 2013). Immersioni speleosubacquee sotterranee hanno poi scoperto, a monte delle sorgenti di Nîmes, diversi chilometri di cavità larghe fino a un paio di metri interessate da acque con velocità di flusso anche di 2200 m/giorno.

Negli Stati Uniti, T.C. Chamberlin ha presentato la prima relazione idrogeologica del U.S. Geological Survey nel 1885, *Requisite and Qualifying Conditions of Artesian Wells* (Requisiti e qualità dei pozzi artesiani). I suoi risultati sono essenzialmente gli stessi di quelli di Darcy: “*Ci sono due metodi generali con cui l'acqua trova la sua strada attraverso gli strati: in uno, nelle rocce compatte, l'acqua passa attraverso le fratture o i canali tubolari formati per dissoluzione. Nelle altre, la roccia o il terreno essendo porosi, l'acqua filtra attraverso i pori, permeando tutto lo strato*” (CHAMBERLIN, 1885: p 135). Nemmeno oggi qualcuno potrebbe essere più chiaro!

Determinazioni pionieristiche delle portate e caratterizzazione idrogeologica di particolari sorgenti erano d'altronde in corso in molti paesi. Già nel 1863 in Inghilterra, un mulino ad acqua per la produzione di carta di alta qualità a Wookey Hole Springs nella contea del Somerset vinse una causa contro i minatori di piombo che scaricavano le acque reflue in un inghiottitoio posto 1,5 km a mont: per dimostrare la connessione erano stati utilizzati come tracciante 140 kg di ocra.

Il Danubio, il più grande fiume in Europa occidentale e centrale, scorre dalla Germania verso est fino al Mar Nero, ma è noto da secoli che tutta l'acqua, in un tratto della Germania occidentale, scompare dal letto in periodi di siccità. Infatti il letto è a secco per una media di 77 giorni all'anno.

Nel 1877 erano stati utilizzati 10 kg di fluoresceina per tracciare le perdite di un affluente del fiume Reno verso le sorgenti Aach, poste a 12 km di distanza: il tracciante arrivò in 60 ore (KNOP, 1878).

Il porto italiano di Trieste, al confine verso il mare del Carso Classico fra Slovenia e Italia, è fornito dalle Sorgenti del Timavo. Nel 1854, Adolf Schmidl fece i primi tentativi per trovare le loro fonti. Venticinque chilometri a sud, nell'Abisso di Trebiciano (329 m di profondità, esplorato per la prima volta nel 1841) vi è l'accesso ad un breve tratto del probabile principale canale di alimentazione sotterraneo. La società speleologica locale effettuò un tracciamento con fluoresceina nel 1890, ma usò una quantità troppo piccola di colorante. Il percorso sotterraneo è stato dimostrato iniettando cloruro di litio nel letto del fiume Reka circa 45 km dalle sorgenti del Timavo il 23 dicembre 1907. Il tracciante fu rilevato mediante spettroscopia presso le sorgenti il 30 dicembre 1907 e continuò ad essere rilevabile per altri 30 giorni (TIMEUS, 1928). Le velocità di flusso minime risultarono quindi superiori a 3 km/giorno.

Origine delle grotte

Per quanto riguarda l'origine delle grotte nei calcari, già dal 1850 le antiche ipotesi sulla loro creazione da eventi catastrofici brevi ma drammatici, come la rottura della roccia per terremoti o eruzioni, per fuochi, gas o surriscaldamento di acque sotterranee, erano state in gran parte respinte. Già nel 1727, Daniel Defoe ipotizzava che le acque meteoriche scorrendo potevano lavorare creando le grotte calcaree, ma supponeva che i passaggi aperti dovevano precedentemente essere stati occupati da inclusioni di sale, perché era molto più facilmente rimosso per soluzione. Fino all'epoca di LYELL (1833), ci sono stati molti aderenti alle teorie "nettuniste" per cui le primitive e pervasive acque giovanili, calde e cariche di sostanze chimiche, dovevano aver fatto un lento lavoro dissolutivo. Ciò in quanto le acque meteoriche moderne mancavano di acidità sufficiente per ampliare le grotte, che, infatti, si andavano riempiendo di precipitati. Andava di moda anche la "teoria diluviale", che vedeva le grotte create dal diluvio biblico, che persisteva ancora nel 1850. Tale riluttanza ad accettare la capacità solvente delle semplici acque sotterranee sulle rocce calcaree continuò fino al ventesimo secolo.

SHAW (1992) ha sottolineato che, come nei due secoli precedenti, le esplorazioni speleologiche e la speculazione scientifica che le ha incoraggiate, si sono concentrate principalmente intorno al, e nel, Carso Classico, centrate su Postojna (ex Adelsberg) oggi in Slovenia, dove l'esplorazione era attiva e in grado di superare alcune delle più difficili sfide di speleologia tecnica, ed era intima-

mente legata con gli studi sui problemi del drenaggio carsico regionale, come le inondazioni stagionali dei suoi grandi poljes. Nel 1854, Adolf SCHMIDL ha prodotto le più accurate e complete descrizioni fisiche di cavità finora pubblicate: *Zur Höhlenkunde des Karstes: Die Grotten und Höhlen von Adelsberg, Planina und Lass*. MARTEL (1894) lo ha descritto come “il vero creatore della speleologia e dello studio scientifico delle grotte”. La sua cartografia, le illustrazioni delle caratteristiche litologiche e strutturali e dei climi ipogei sono veramente notevoli. Schmidl ha anche studiato Geldloch (Austria) e Aggtelek (Ungheria), quindi la più estesa grotta conosciuta in Europa con i suoi 8.67 km di sviluppo. Nei suoi scritti, ha sottolineato l'importanza dell'erosione meccanica (*corrasion*) operata dai fiumi sotterranei che aveva esplorato e mappato.

Anche negli Stati Uniti, si erano svolte numerose esplorazioni arricchite da descrizioni, di grotte calcaree negli Appalachi, Kentucky, Tennessee e Missouri. Molte grotte sono state minate con nitroglicerina o polvere da sparo durante la guerra del 1812 e più tardi (HILL, 1981). La Mammoth Cave, Kentucky, è stata rilevata abbastanza ampiamente e accuratamente dalla metà del secolo in poi, ma i suoi proprietari sono ricordati per aver avuto la cura di modificare la pianta in modo che i passaggi non si estendessero oltre i confini della loro proprietà (SHAW, 1992). Fotografie stereoscopiche di ambienti della Mammoth Cave erano in vendita già nel 1870. Oggi sono 40-50 i chilometri effettivamente conosciuti, il che è record mondiale. Nel 1856, D.D. Owen, il geologo più famoso del Geological Survey of Kentucky di allora, suggerì che l'azoto atmosferico, in combinazione con l'umidità per formare acido nitrico, avrebbe potuto agire di concerto con l'acido carbonico sulle pareti della grotta per allargare i passaggi: se ne può trarre la prima menzione del concetto di “corrosione per condensazione” che negli ultimi decenni è stata riconosciuta come quantitativamente importante.

Nell'Ottocento si era anche osservato che molte cavità erano a due o più livelli che avrebbero potuto essere correlati a stadi o terrazzi fluviali. Shaler (nel 1875!), nel far sue alcune stime precedenti che ipotizzavano un approfondimento di circa 1 m ogni 20.000 anni nella valle del fiume Ohio, ha estrapolato questo tasso ai livelli che drenano il Green River rilevati nelle Mammoth Cave. Ha stimato che le grotte potrebbero avere 2 milioni di anni, età che attualmente è vista come abbastanza vicina alla verità.

Le sorgenti termali e le grotte a loro spesso associate, sono state molto apprezzate in Europa, dove la balneazione presso i centri termali è stata a lungo popolare, con particolare riguardo a quelle che potevano fornire un extra in più avendo una buona dose di HS nelle acque. Anche quando si aprivano in calcari, le sorgenti calde tendevano tuttavia ad essere trattate come geneticamente distinte dalle cavità carsiche ed erano invece associate con le acque calde e le cavità delle aree vulcaniche attive. La termalità dovuta alla circolazione profonda in regime freatico di acque meteoriche è stata riconosciuta solo più tardi,

anche se LYELL (1833) aveva notato che le alte concentrazioni di soluti in tante sorgenti artesiane sembravano indicare eventi dissolutivi in profondità. SHALER (1887) scrisse: “*Nelle cavità con acque fredde superficiali ... il carsismo non può andare avanti a profondità inferiori ai livelli generali dei principali corsi d’acqua del distretto in cui le cavità si trovano*”. Sapeva che nelle miniere più profonde spesso erano state intercettate grotte piene d’acqua, ma le aveva geneticamente attribuite alle acque termali.

Daubrée

La storia della scienza delle grotte e del carsismo prima della fondazione del GSA non sarebbe completa senza una nota su un importante volume pubblicato in Francia un anno prima della nascita della società: *Les Eaux souterraines à l’époque Actuelle* di Auguste Daubrée (1887). Si tratta di un vero e proprio libro di testo idrogeologico e di un *tour de force* senza eguali tra i testi moderni. Daubrée procede sistematicamente studiando il comportamento delle acque ipogee nei depositi non consolidati a contatto con rocce consolidate, nelle rocce fratturate, nel “*role des cavernes,*” nelle sorgenti ad alta concentrazione in CO₂ e HS, nei geysers e negli sbocchi vulcanici fumanti. Egli cita numerosi esempi, soprattutto europei ma anche lontani come alcuni nelle Americhe e in Cina. Settantasette delle sue 446 pagine sono dedicate alle grotte, tra cui 13 alle imponenti Sorgenti di Vaucluse (Francia sud-orientale) con stime quantitative del bacino di alimentazione e idrogrammi di alta precisione che illustrano le rapide risposte delle sorgenti alle precipitazioni. Daubrée dà una valutazione equilibrata del potenziale dissolutivo e di quello corrasivo delle acque per allargare le cavità note nei calcari e nelle dolomie, nei gessi e nel sale, spingendosi forse a dare più importanza del dovuto alle azioni corrasive nei calcari, secondo lui caratterizzati da una solubilità molto bassa⁽⁴⁾.

4) *Nota del traduttore:* ricordo che il termine **corrasione** significa “azione abrasiva esercitata sulle rocce da particelle solide (solitamente sabbie e/o limi) trasportate dal vento”, ma è valido anche per l’azione “erosiva” esercitata dall’acqua. Produce una levigatura delle superfici rocciose che può essere uniforme o più pronunciata nei punti nei quali la roccia presenta minore resistenza. Visto che si parla del vento come agente morfogenetico, il modellamento eolico (l’erosione eolica) si esercita attraverso la deflazione e la corrasione. La **deflazione** consiste nell’asportazione (per sollevamento e trasporto in sospensione, per sollevamento e saltazione e per rotolamento, in funzione di forma e dimensioni) di materiale dal suolo. Se il fluido è l’acqua, è più indicato usare il termine **erosione**, che consiste anch’essa nell’asportazione (per sollevamento e trasporto in sospensione, per sollevamento e saltazione e per rotolamento, in funzione di forma e dimensioni ma anche per galleggiamento in funzione della densità) di materiale dalle pareti bagnate.

Già che ci siamo, ricordo ancora che il termine **corrosione** indica un processo naturale ed irreversibile di consumazione lenta e continua di un materiale che ha come conseguenze il peggioramento delle caratteristiche o proprietà fisiche del materiale coinvolto. La corrosione è un fenomeno di natura elettrochimica che consiste nell’interazione chimico-fisica del materiale con l’ambiente che lo circonda. **Soluzione** è invece una miscela omogenea in cui una o più sostanze sono contenute in una fase liquida o solida o gassosa. Usualmente indica il disciogliersi di una o più sostanze in un liquido (anche **dissoluzione**, sinonimo meno usato).

1888-1927 L'età dell'oro degli studi nel Carso dinarico

Édouard Martel

Questo periodo si può far iniziare con la fondazione della Geological Society of America e far chiudere con la morte del più importante scienziato che abbia lavorato sui fenomeni carsici, Jovan Cvijić, professore di geografia presso l'Università di Belgrado. I suoi contributi sono descritti a parte in questa sezione perché la storia dovrebbe iniziare proprio nell'anno della fondazione.

Nel 1888 Édouard Martel discese nell'Abisso di Trebiciano e propose di eseguire da lì una prova di tracciamento per risolvere i problemi legati al Timavo sotterraneo. Sempre nel 1888 pubblicò i risultati della sua pionieristica esplorazione e mappatura dell'*Abime de Bramabiau*⁽⁵⁾ e della *Gouffre de Padirac*, profonde ed emozionanti grotte percorse da fiumi nella zona carsica francese di *Gorge du Tarn*. Martel (1859-1938), di professione avvocato, è riconosciuto come il più importante esploratore di cavità di quei tempi, avendo viaggiato in tutta Europa e visitato la Mammoth Cave e altre grotte del Kentucky, dell'Indiana e del Missouri. Nel 1895 è stato il primo straniero a scendere fino in fondo al pozzo più profondo noto allora negli USA, il *Gaping Ghyll*⁽⁶⁾. La sua esperienza sul campo è senza pari e attraverso i suoi scritti avviò importanti contatti in tutto il mondo. *Les Abimes* (MARTEL, 1894: 578 pagg.) e *Nouveau Traité des Eaux Souterraines* (MARTEL, 1921: 835 pagg.) fecero di lui il più influente fra gli speleologi. Le grotte esplorate erano tutte in condizioni vadose, e ne conseguì che il modello genetico fu per Martel solo quello. Credeva non ci potesse essere una vera falda nei calcari, ma solo una rete di gallerie allargate soprattutto dall'erosione. I processi dissolutivi avrebbero semplicemente svolto un ruolo di innesco allargando le vie d'acqua lungo le fratture fino a farle divenire di dimensioni sufficienti per consentire l'ingresso di sabbie e ghiaie. Necessariamente quindi solo nella zona vadosa era possibile la genesi di cavità perché si supponeva che il flusso sotterraneo nella zona freatica fosse troppo lento per un efficace trasporto. In presenza di strati inclinati le vie d'acqua allargate dal carsismo avrebbero potuto anche passare sotto il livello di base, ma solo per brevi distanze. In pratica Martel ipotizzava, all'interno delle masse rocciose calcaree una circolazione freatica superficiale. Comunque sia, questa visione deve essere considerata eccezionale, tanto che il suo modello è comunque apprezzato per descrivere abbastanza bene la genesi di molti sistemi di cavità con acque nelle quarziti e nelle arenarie silicee grossolane (FORD & WILLIAMS, 2007: p. 230-231).

Édouard Martel aveva una più che notevole esperienza di cavità di tutti i tipi, sia come sviluppo che come zonazione climatica, e quindi anche nel suo capola-

5) https://fr.wikipedia.org/wiki/Ab%C3%AEme_de_Bramabiau.

6) https://en.wikipedia.org/wiki/Gaping_Ghyll.

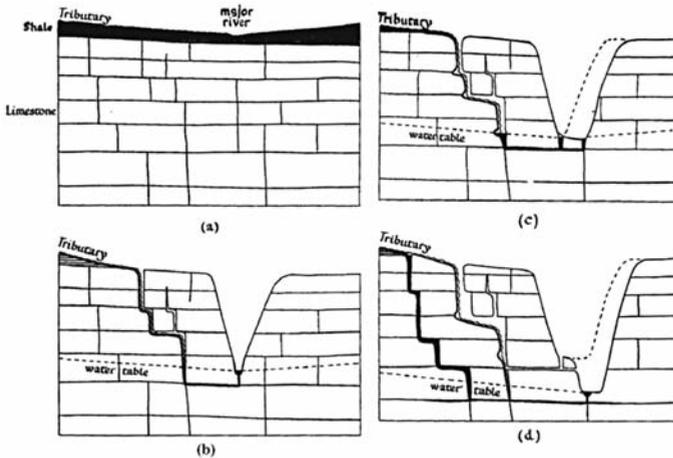


Fig. 1 (la figura 2 di *The science of caves*, pag. 5) - Il modello classico dello sviluppo delle cavità nei calcari nella zona vadosa, così come proposto da Warwick ad illustrazione del suo capitolo sulla speleogenesi comparso in *British Caving* nel 1962, facendo riferimento a Martel (al proposito si veda anche il riquadro A della figura 7 che sintetizza il modello della “Vadose theory” di Martel)⁷⁾.

voro di 840 pagine nel 1921, *Nouveau Traité des Eaux souterraines*, ha continuato a dare più importanza all’attività di allagamento in tutta la zona insatura, non solo nei ristretti settori stagionalmente allagati.

La teoria sull’erosione carsica di Martel (vedi Fig. 1) ebbe forti avversari. Anche il Belgio, con la sua lunga esperienza mineraria, era una nazione molto interessata agli studi sulle cavità. SHAW (1992) riporta che furono organizzati dibattiti pubblici a Bruxelles tra l’ingegnere capo delle Ferrovie dello Stato (Armand Flamache, un “*corrasionist*”) e il direttore del Natural History Museum belga (Édouard Dupont, un “*solutionist*”). Entrambi portarono, con passione, alle due visioni argomenti forti, ma non ci fu nessuna decisione risolutiva in merito (DUPONT, 1894; FLAMACHE, 1896).

Jovan Cvijić

Jovan Cvijić (1865-1927) va considerato come “il padre della geomorfologia carsica” (SWEETING, 1972). Nato in Serbia, i suoi interessi si estesero ben presto a tutto il Carso dinarico e trascorse poi anche alcuni anni in Austria e in Francia. Come altri geografi del suo tempo aveva ampi interessi e scrisse monografie sull’etnografia di diverse regioni dinariche, così come sulla loro geologia e geomorfologia. Come non bastasse, fu nominato capo della delegazione serba ai colloqui di pace della Prima Guerra Mondiale tenutisi a Versailles nel 1919.

⁷⁾ Secondo Warwick, Martel ipotizzava che le cavità si approfondissero cercando di raccordarsi al livello di base locale del corso d’acqua, il che è vero. Il carsismo è attivo tuttavia anche al di sotto del livello di base. Durante i momenti di stasi muta la morfologia valliva (per erosione dei fianchi) e quella delle cavità (allargamento dei vani).

Nota del traduttore: questo modello non tiene conto del fatto che l’abbassamento del livello di base fluviale per erosione lineare del corso d’acqua è decisamente più veloce del progredire in profondità del carsismo ipogeo.

La sua tesi di dottorato ebbe come relatore Albrecht Penck (Università di Vienna), il leader dei geomorfologi europei del tempo e fu pubblicata in tedesco nel 1893 come *Das Karstphänomen* e l'anno successivo in serbo-croato. Le sue altre grandi opere sul carsismo sono *Morphologische und Glaziale Studien Bosnia, Hercegovina und der Montenegro* (1901), *Hydrographie Souterraine et Évolution Morphologique du Carso* (1918) e *La Géographie des Terrains Calcaire* (1960, uscito postumo e incompleto, grazie al suo amico di lunga data Emmanuel de Martonne). Notizie su di lui si trovano anche in STEVANOVIĆ e MIJATOVIĆ, 2005 e in FORD, 2006.

Das Karstphänomen ha quattro parti principali:

(1) Come molti di noi, Cvijić era affascinato dalle innumerevoli piccole forme di soluzione, *skrape o skripovi* (*Karren o lapies*) viste sui calcari, in particolare nelle regioni montuose. Le sue descrizioni e le analisi sono per lo più quantitative, ma la sua classificazione rimase valida fino al 1960, quando comparve quella di Alfred Bögli.

(2) Alle doline sono dedicate più pagine di *Das Karstphänomen*, lavoro che comprendeva i primi casi di geomorfologia quantitativa, che a qualsiasi altro argomento. Ha proposto il termine *dolina* all'Europa (in competizione con "sinkhole") e l'ha definita come la morfologia carsica "diagnostica" (CVJIĆ, 1893). A tal proposito diede il via ad una lunga polemica, dimostrando che le doline di dissoluzione (i *solutional sinkholes*) sono molto più comuni e numerose delle doline di collasso (i *collapse sinkholes*), specie nelle aree che aveva studiato (Figg. 2 e 3).

(3) Cvijić descrisse e definì le valli secche e le gole carsiche, classificandole "forme primarie" se sovrapposte a formazioni insolubili e "forme secondarie" se erano valli recessive legate all'arretramento da sorgenti (in francese *reculées*; in tedesco *Sacktäler*). Teorizzò le "valli cieche" se topograficamente chiuse a valle da un inghiottitoio, le "mezzo cieche" se le acque tracimavano solo raramente a causa di piene eccezionali, e le "valli secche" se tracimanti stagionalmente o più spesso. Con le nostre moderne conoscenze questa classificazione può sembrare ovvia, ma fu elaborata ben prima che fossero a disposizione le immagini satellitari, le fotografie aeree o anche le semplici mappe topografiche con isoipse. Per l'epoca fu un significativo passo in avanti.

(4) I *polje* sono bacini allungati con fondo piatto che possono essere stagionalmente inondati e drenati da cavità. Sono tra le più estese morfologie carsiche tanto che possono avere qualche centinaio di chilometri quadrati di superficie: è noto che sono particolarmente numerosi e sviluppati lungo le Dinaridi. Nelle sue pubblicazioni del 1893 e del 1901, Cvijić ha fornito l'approfondita descrizione della geomorfologia e dell'idrologia stagionale di alcuni dei principali e rappresentativi *polje* della regione. Guidato nei suoi studi da Albrecht Penck, ha riconosciuto che in molti di essi la forma e lo sviluppo sono legati alle coperture alluvionali e colluviali spazzate via durante le fasi fredde delle ere glaciali alpine. Comunque

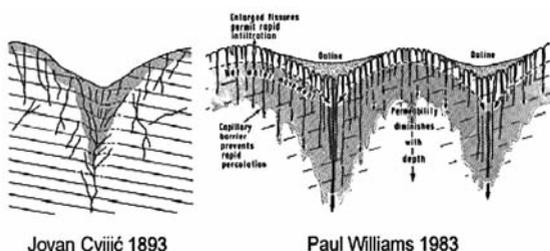


Fig. 2 (la figura 3, sezione a sinistra, di *The science of caves*, pag. 6) - Confronto fra la sezione geomorfologica di una dolina di dissoluzione intercettata dalla viabilità presso Lozec (Slovenia) e riportata da J. Cvijić nel 1893 e il modello elaborato novant'anni dopo da P. Williams per descrivere l'evoluzione delle doline, dell'epikarst e del reticolo superficiale di drenaggio ipogeo⁽⁸⁾.

ritenne che i condizionamenti fondamentali sono quelli tettonici, legati al *tilting* o all'abbassamento di grandi blocchi separati da faglie. Questo è infatti ancor oggi il modello genetico generalmente accettato per i polje delle Dinaridi.

Il risultato indiretto più importante dei suoi studi sui polje, a mio parere, è stato il riconoscere la natura molto varia di gran parte degli acquiferi carsici. Ha ipotizzato l'esistenza di reti organizzate di condotti di dissoluzione al loro interno, ha riconosciuto che ci devono essere estese vie sotterranee di drenaggio a giustificazione dei polje posti ad altitudini più elevate e mai allagati ma in cui erano presenti dei *ponor* (inghiottitoi) non più attivi ma potenzialmente in grado di assorbire grandi quantità d'acqua. Ipotizzò che la presenza occasionale di laghi stagionali in polje adiacenti e in piccoli bacini in zone elevate, poteva indicare le più o meno rapide oscillazioni del livello di falda.

Nel volume in francese del 1918, Cvijić osservò che gli spartiacque delle acque sotterranee carsiche spesso non corrispondono con quelli topografici di superficie e che erano poche le vie d'acqua in cavità che non fossero interrotte da sifoni. Riferì di sorgenti di acqua dolce lungo la costa adriatica note a profondità superiori ai 130 m sotto il livello del mare, sostenendo che si trattava di una forte evidenza che in una determinata regione la maggior parte del flusso carsico deve convergere in poche condotte principali. Ora sappiamo quanto tutto ciò sia corretto, anche se il ruolo complementare delle variazioni del livello del mare durante il Quaternario nell'annegamento delle sorgenti costiere, nel 1918 non fu pienamente compreso.

Cicli di erosione

Visioni più ampie sull'evoluzione del paesaggio geomorfologico carsico stavano emergendo alla fine del 1880 (in articoli del 1889, 1899 e 1902) per merito di un valente geomorfologo americano, William Morris Davis. Nel suo celebre articolo del 1899 egli propose il modello dei "cicli di erosione" per i corsi d'ac-

8) *Enlarged fissures...* = le fratture allargate (per carsismo) portano ad una rapida infiltrazione (efficace).

Capillarity barrier... = la fascia a permeabilità per capillarità frena la percolazione.

Permeability... = la permeabilità diminuisce con la profondità.



Fig. 16. La doline de Ponikva, près de la station du chemin de fer de Bakar (Croatie occidentale)



Fig. 17. L'uvala Četenište dans le village de Ljubanj (près de la ville de Užice, dans la Serbie sud - occidentale), creusée dans les calcaires du Trias supérieur

Fig. 3 (la figura 3, sezione a destra, di *The science of caves*, pag. 6) - Disegni ad inchiostro della dolina di Ponikva e dell'uvala di Četenište di Cvijić (tratti da un volume su Cvijić del 1960). Il serbo era veramente un attento osservatore.

qua e le loro valli, nel quale la morfologia progredisce attraverso una sequenza di stadi, morfologicamente distinti in più età di sviluppo: giovanile, matura, vecchia. In quegli anni Davis aveva viaggiato attraverso la Bosnia e l'Erzegovina con Albrecht Penck e i suoi studenti (DAVIS, 1901).

Non deve sorprendere se cicli geomorfologici analoghi furono ben presto proposti anche per le morfologie carsiche, trovando giustificazione nei primi resoconti sul carsismo nelle regioni tropicali umide quali quelli di DANES (1908) sui "cock pit karst" (caratterizzanti una "eggbox topography" - "morfologia a scatola di uova") rinvenuti in alcune aree della Giamaica. Ne deriva ad esempio il ciclo carsico ipotetico ideato da SAWICKI (1909) e da GRUND (1914) riportato in Fig. 4.

Questo modello evolutivo unisce i paesaggi a doline disperse caratteristici del nord Europa, il carso poligonale a doline del Montenegro, i carsi a *cockpit* della Giamaica e quelli a *residual towers* delle pianure fluviali e costiere della Thailandia e della Cina, in una ingegnosa, anche se non corretta, sequenza.

A sua volta, Cvijić non poteva conoscere che quanto appreso nella propria esperienza, e così si è ispirato ad un più realistico ciclo carsico evolutivo per il Carso Dinarico, riportato in Fig. 5 (CVJIĆ, 1918; SANDERS, 1921).

In questi modelli si riconosce il ruolo fondamentale del condizionamento geologico strutturale sull'evoluzione morfologica e che, in molti casi, lo sviluppo inizia con una fase di corsi d'acqua superficiali incanalati che formano e incidono

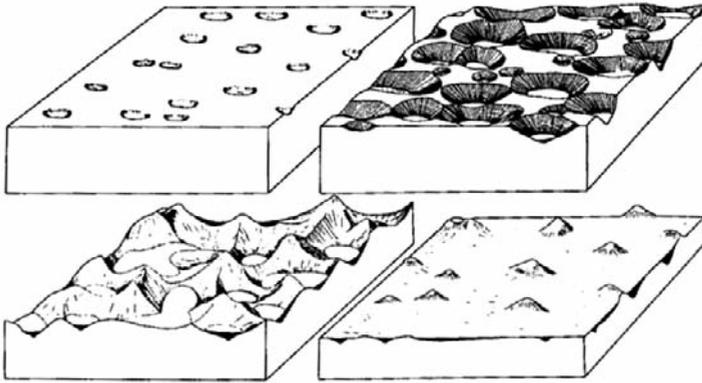


Fig. 4 (la figura 4, quadro a sinistra, di *The science of caves*, pag. 7) - Il Ciclo carsico descritto in linea generica da GRUND nel 1914⁽⁹⁾.

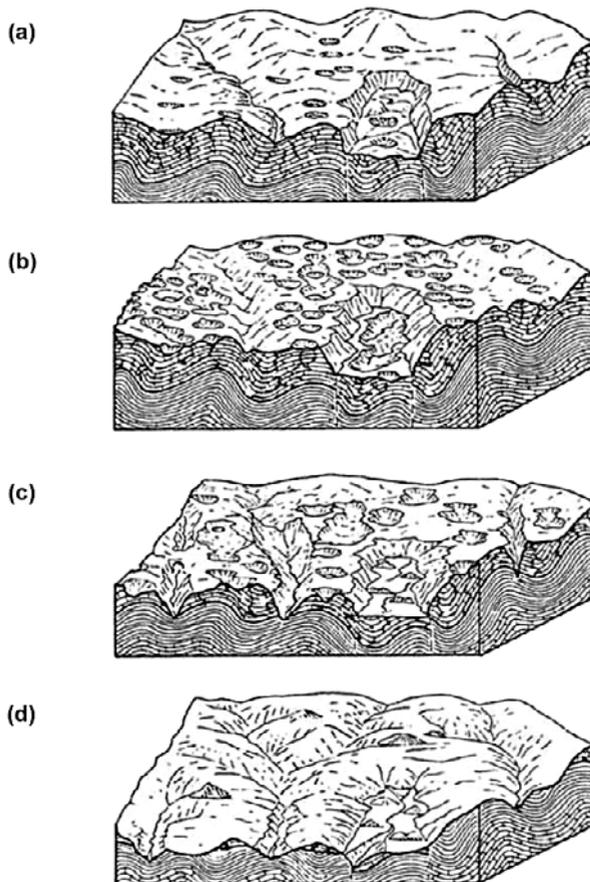


Fig. 5 (la figura 4, quadro a destra, di *The science of caves*, pag. 7) - Il celeberrimo Ciclo carsico proposto da ČVIJIĆ nel 1918 prendendo spunto dal carso Dinarico⁽¹⁰⁾.

9) *Nota del traduttore*: da una superficie a doline sparse si passa, nel tempo ed essenzialmente per dissoluzione progressiva, ad una piana a rilievi residuali.

10) *Nota del traduttore*: anche qui l'erosione e la dissoluzione "eliminano" i volumi carbonatici dando origine a tutte le possibili piccole e grandi forme carsiche. All'inizio prevalgono i processi erosivi, poi quelli carsici, terminati i quali riprende l'attività prettamente erosiva. Sempre l'assetto geologico (pieghe e faglie) condiziona l'evoluzione geomorfologica.

valli. Le doline appaiono dapprima nelle aree fra le incisioni in risposta ad alcuni locali aumenti di gradiente idraulico delle acque sotterranee; poi il drenaggio delle valli viene catturato verso monte dalle sorgenti al limite dei calcari o dal livello di base regionale.

Con “*holokarst*” è stato definito il paesaggio carsico contraddistinto dal drenaggio in profondità totale nelle aree completamente drenate da canali carsici, mentre con “*merokarst*” si descrive un misto di forme superficiali e forme ipogee con canali sotterranei dovuti ai controlli litologici locali e alla fase di evoluzione del ciclo. Roglic, nel 1960, ha proposto come alternativa a merokarst il termine, oggi abbastanza ampiamente adottato, “*fluviokarst*”.

Grund contro Katzer

Alfred Grund (1875-1914) era un austriaco, diplomato presso l’Università di Vienna, che ha viaggiato ampiamente nei Balcani e nell’Europa centrale, portando importanti contributi agli studi di idrogeologia carsica. Aveva, visto che svolgeva ricerche di acqua potabile, più familiarità con i pozzi che con altri argomenti, il che lo ha portato a proporre il modello riportato in Fig. 6 che prevede, a scala regionale e nel massiccio carsico, un “livello di saturazione” (la “tavola d’acqua” sovrastante la “zona satura”) con una zona di “acque carsiche” a prevalenti movimenti orizzontali a flusso generalmente lento tranne che in condizioni di piena (GRUND, 1903; 1910). Questa è la zona dove avvengono i più importanti fenomeni di soluzione della roccia a formare le cavità. Si è in una zona di “*groundwater*” (acque sotterranee) di ritenzione quasi statica, in linea di massima ben controllata da un livello di base esterno, quale ad esempio il livello del mare o una barriera di rocce impermeabili. Quando il livello di base si abbassa per erosione o altre cause, la tavola d’acqua si abbassa anch’essa e lentamente drena le cavità della zona satura, trasformandole occasionalmente in cavità a regime vadoso.

Le idee di Grund furono prontamente criticate da Friedrich KATZER (1909) un altro studioso del Carso dinarico. Katzer aveva osservato che in alcuni polje al cessare delle inondazioni non è sempre la sorgente più in quota che si prosciuga per prima. Ipotizzò quindi sistemi di cavità passanti attraverso la roccia che funzionavano in misura sostanziale indipendentemente l’uno dall’altro (Fig. 6) come fossero parte dell’impianto idraulico in una fila di case. Le sue idee hanno molti punti in comune con quelle di Martel, ma, come la figura suggerisce, non vi è possibilità di flusso di fondo più profondo e di arretramento verso l’alto rispetto al presunto.

Jovan Cvijić è entrato in questo dibattito nella sua monografia del 1918. Il suo modello è qui illustrato nella Fig. 7, con alcune note interpretative aggiunte da MIJATOVIĆ (2005). La novità più significativa è l’introduzione di una zona epifreatica (“*epiphreatic zone*”) stagionalmente sommersa e posta tra quella vadosa

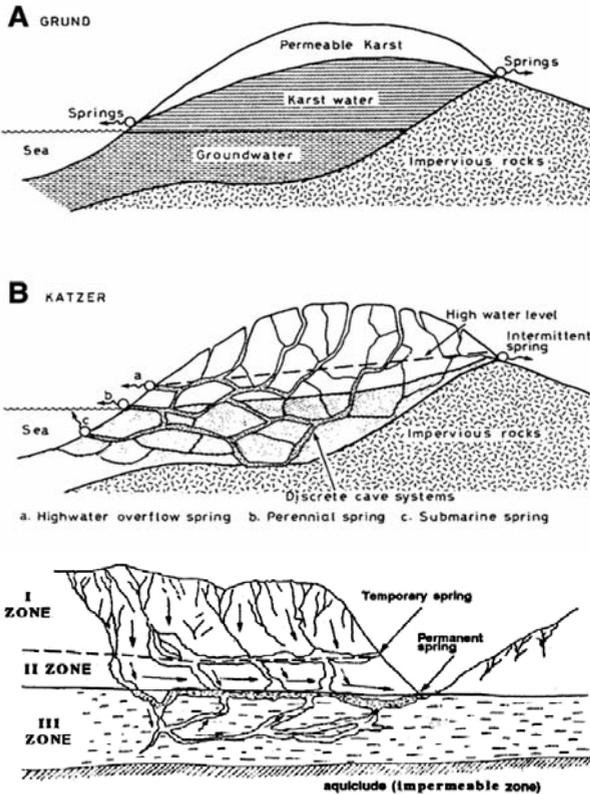


Figure 3. - Schematic hydrogeological cross-section of the karstic aquifer which lies on the aquiclude substratum; the superposition hydrogeologic zones (after Cvijic hypothesis)

1. Dry zone - The karstic surface characterized by total absence of water, the cave and karstic channels are also dry. During rain periods only vertical water percolation exists.
2. Transition zone - This zone has two characteristics: first permanent, second - periodical. In this caves and channels exists transit of water flows to lower zone - karst aquifer
3. Karst aquifer zone - This zone represent the fully water reservoir like "Grundwasser" after A.Grund; the permanent groundwater flow with the ascendent flows along the bottom of of karstic poljes are possible.

11) *Nota del traduttore*: i due modelli differiscono per l'impostazione: Grund tratta i volumi carbonatici come fossero rocce omogenee e permeabili per porosità (quasi delle ghiaie ...). Katzer li vede come acquiferi permeabili per fratturazione e ipotizza un carsismo uniforme e diffuso, per inciso attivo anche ben al di sotto del livello di base!

12) *Nota del traduttore*: Cvijic` è di una modernità affascinante: la sua zonazione idrogeologica e le relative conseguenze geomorfologiche sono praticamente quelle che oggi guidano gli studi sull'idrogeologia carsica. Lo schema idrogeologico delle acque carsiche in un acquifero calcareo limitato da un aquiclude (zona impermeabile) prevede, secondo Cvijic`, tre zone sovrapposte: (I ZONE) = la *zona asciutta* (anche: *zona vadosa*, *zona di percolazione*, *epikarst*) è caratterizzata dall'assenza di acqua, per cui le cavità ed i condotti carsici sono generalmente asciutti. Solamente durante i periodi piovosi esiste una percolazione prevalentemente verso il basso delle acque. (II ZONE) = la *zona di transizione*, che ha due caratteristiche: in primis ad acqua permanente, secondariamente con acqua periodica. In questa zona di transizione, lungo le cavità ed il reticolo dei condotti carsici, si ha il transito delle acque verso il basso e le sorgenti. (III ZONE) = la *zona dell'acquifero carsico* (anche: *zona freatica*, *zona satura*) contiene la riserva d'acqua, le *Grundwasser* di A. GRUND (1903). L'acqua permanente può fluire con correnti ascendenti (ad esempio sul fondo dei polje).

Fig. 6 (la figura 5 di *The science of caves*, pag. 8) - In A lo schema sintetico del modello idrogeologico carsico ipogeo proposto da Grund nel 1903 che prevedeva una circolazione integrata in più direzioni in funzione del carico idraulico; sotto il livello del mare le acque erano supposte stagnanti. In B, lo schema proposto da Katzer nel 1909, che ipotizzava che le acque erano costrette in condotti sotterranei più o meno indipendenti^[11].

Fig. 7 (la figura 6 di *The science of caves*, pag. 9) - Il modello idrogeologico delle cavità nel Carso dinarico di Cvijic` (1918) riportato da Mijatović con alcune annotazioni in figura 3 del suo articolo nel 2005^[12].

superiore e quella freatica permanente sottostante. Questa puntualizzazione trova base nella sua esperienza di carsismo nelle montagne dinariche, dove ci sono forti inondazioni durante il disgelo annuale di primavera. La zona epifreatica è molto dinamica, con velocità di flusso elevate che portano ad una efficace erosione meccanica così come a intensa dissoluzione, e così può essere la zona di preferenziale massimo allargamento delle cavità. AUDRA & PALMER (1994; 2013) hanno recentemente sottolineato questo punto nei loro moderni studi sui sistemi di cavità nelle Alpi francesi e svizzere.

La soluzione dei calcari

Non risulta che i principali studiosi di carsismo di questo periodo abbiano avuto un grande interesse nel promuovere la comprensione delle cinetiche e dei controlli ambientali dei processi di soluzione delle rocce carbonatiche. Sulla base dei resoconti e delle illustrazioni del paese dei *cokpit* e dell'analisi della morfologia aspra caratteristica tanto dei climi tropicali umidi quanto di quelli monsonici, ci si rendeva conto che la combinazione fra un sacco di pioggia e temperature elevate giustificava l'accelerazione della dissoluzione rispetto alle regioni temperate, ma i dati quantitativi sono sempre stati carenti. In un volume di scienza carsica generale, VON KNEBEL (1906) prese atto dell'importanza della pressione parziale di CO₂ derivante da processi di decomposizione nel suolo, ma questo fattore continuò ad essere visualizzato in primo luogo semplicemente come un contributo alla formazione di concrezioni per gocciolio.

Dal 1927 al 1960 e oltre: gli studi sul carso diventano universali. Idrogeologia americana

Mentre gli scienziati americani fino al 1927 hanno giocato solo un ruolo modesto negli studi speleogenetici e carsici, nei 15 anni che seguirono sono stati più che compensati, come afferma WORTHINGTON (2013) nella sua recensione sulle ricerche in campo idrologico generale nel periodo precedente la Seconda Guerra Mondiale.

Nel 1927, Oscar Meinzer, un eminente idrogeologo del US Geological Survey, pubblicò l'autorevole rapporto *Large Springs in the United States*, nel quale propose una scala di grandezza basata sulla portata media delle sorgenti che fu ampiamente utilizzata per molti anni (MEINZER, 1927). Una sorgente di "primo ordine" ha una portata media ≥ 100 ft³/s (o 2,8 m³/s), una sorgente di secondo ordine ha una portata media ≥ 10 ft³/s (o 0,28 m³/s), e così via. Meinzer è stato in grado di illustrare 65 sorgenti del primo ordine, delle quali 38 in rocce vulcaniche, 24 in calcari e 3 in arenaria: "*Calcicare e rocce vulcaniche estrusive sono le principali fonti di grandi sorgenti. Il calcicare deve, ovviamente, essere caratterizzato da grandi tubi freatici allargati da circolazione attiva e da tempo continua di acque sotterranee*" (MEINZER, 1927).

Noto per i suoi studi di idraulica e flussi idrici, C.V. THEIS (1936) illustra le risorse idriche nelle aree carsiche del Tennessee e descrive con chiarezza il positivo riscontro che si verifica negli acquiferi calcarei quando le condotte freatiche vengono progressivamente allargate. Nel 1937, C.F. TOLMAN pubblica *Ground Water*, il primo trattato generale scientifico pubblicato in inglese. Egli osserva che: *Le leggi dedotte per i movimenti della tavola d'acqua nei materiali granulari non trovano generale applicazione nelle oscillazioni della superficie freatica nelle fratture o nelle grandi condotte tubolari* (TOLMAN, 1937). Nel 1942, Meinzer ha rinforzato tali opinioni in un libro di idrologia generale. Tre capitoli sono dedicati all'idrogeologia delle acque sotterranee, uno per i mezzi porosi, uno per i calcari e le altre rocce carsiche e uno per le rocce vulcaniche (MEINZER, 1942). Il capitolo sui calcari consiste in un contributo di A.C. Swinnerton, che prevedeva delle falde acquifere in cui matrice, fratture e condotti possono tutti interagire, consentendo sia un flusso nei condotti che una falda freatica ragionevolmente ben definita o una superficie piezometrica.

Davis e Bretz, Swinnerton, Rhoades e Sinacori

Nel 1930, William Morris Davis, oggi il decano di tutti i geomorfologi, è entrato nelle discussioni sulla speleogenesi con una ben motivata argomentazione a favore di un modello "a due tempi" per lo sviluppo di una cavità. Aveva 80 anni e così, comprensibilmente, faceva affidamento più su piante e sezioni delle cavità e sulle relazioni descrittive che su studi personali nel sostenere che molte gallerie sotterranee devono essersi sviluppate per flussi crescenti di acque sotterranee. L'attività dissolutiva che contribuisce in modo significativo all'organizzazione recente di passaggi, potrebbe iniziare già con l'espulsione dei fluidi dai sedimenti calcarei nei bacini deposizionali, nonché in successivi episodi multipli di artesianità così come nei livelli di acque meteoriche non confinate per circolazione d'acqua. Di conseguenza, respinge la possibilità che la corrosione porti qualsiasi contributo significativo all'allargamento della maggior parte delle grotte. Accetta tuttavia la consolidata opinione che l'acidità della maggior parte delle acque sotterranee è legata principalmente alla sola concentrazione atmosferica standard di CO_2 e quindi che i tassi di dissoluzione sotterranea devono essere molto bassi. In netta opposizione al modello del 1921 di circolazione vadosa di Martel (riquadro A in Fig. 8) ha quindi proposto la teoria che le grotte si sviluppano lentamente a varie e casuali profondità nelle falde acquifere regionali (riquadro B in Fig. 8). Il loro allargamento accadrebbe principalmente durante le lunghe fasi di maturità e antichità (*mature and old stages*) del ciclo geografico di erosione, perché la fase giovanile è troppo breve, pur offrendo i più elevati gradienti idraulici. Lo sviluppo del carsismo essenzialmente segue le linee di flusso scelte fra quelle della rete idrica di flusso secondo Darcy, adeguandosi alla geometria dei piani di stratificazione e delle fratture penetrabili.

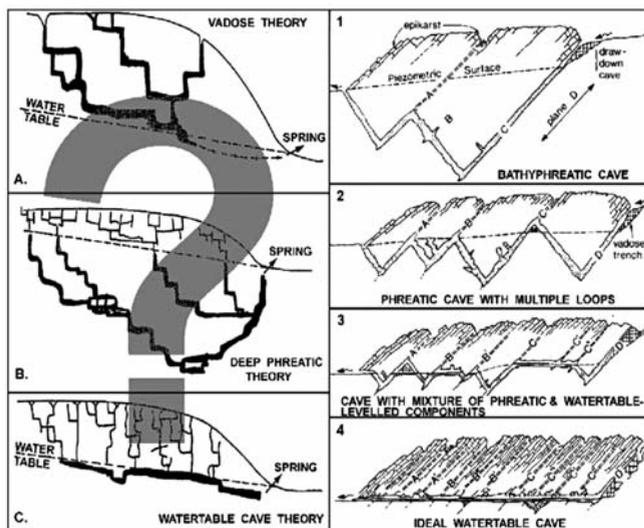


Fig. 8 (la figura 7 di *The science of caves*, pag. 9) - A sinistra una sintesi delle tre diverse teorie sullo sviluppo delle cavità nelle rocce carbonatiche: quella “vadosa” di Martel (A), quella delle “acque profonde” di Davis (B), quella della “tavola d’acqua” di Swinnerton (C). A destra il modello omnicomprensivo da me proposto (FORD, 1971), detto il “four state model” (modello a quattro fasi o a quattro condizioni: 1 - cavità profonde; 2 - cavità freatiche a più nodi; 3 - cavità miste freatico-vadoso; 4 - cavità di falda ideale)⁽¹⁴⁾.

J. Harlen Bretz, un geologo di Chicago famoso per la sua analisi delle *Channeled Scablands* di Washington⁽¹³⁾, è stato anche un entusiasta speleologo e nel 1942 ha illustrato i suoi studi su 100 grotte in 20 stati diversi, aggiungendo, nel 1953, ulteriori dati su grotte e sorgenti nel Missouri. Bretz elenca nove forme comuni di dissoluzione sotterranee, fra le quali *spongeworks* (coralloidi) e forme di anastomosi, ecc., che potevano formarsi solo in condizioni freatiche, e anche, ricordando la sua esperienza sui sedimenti clastici di cavità, descrive in particolare l’untuosa argilla rossa, residuo dei calcari che lui e il suo cane avevano incontrato troppo spesso esplorando il Missouri. Bretz adotta il “modello Davis”, modificandolo per includere una fase di chiusura, durante la quale l’argilla lentamente tampona le gallerie sotterranee sotto i penepiani dell’ultimo stadio, perché la lenta circolazione delle acque sotterranee a causa dei dolci gradienti idraulici consentiva solo il trasporto di materiale fine o un’ulteriore dissoluzione.

Alan C. Swinnerton, un idrologo, è stato tra i primi nel mondo di lingua inglese a sottolineare il potenziale ruolo dei suoli ricchi in CO₂ per aumentare l’acidità di tutte le acque sotterranee meteoriche, non solo delle acque di infiltrazione che formano gli speleotemi (ADAMS & SWINNERTON, 1937). Pur confermando l’importanza della tavola d’acqua sostanzialmente stabile in profondità per lo sviluppo signifi-

13) Le *Channeled Scablands* sono un territorio piuttosto nudo e sterile sul lato occidentale dello stato americano di Washington, che è stato interessato, durante il Pleistocene, da piene catastrofiche legate allo svuotamento di un grande lago glaciale. Bretz ha coniato il termine “channeled scablands” (*pianoro elevato solcato da profondi canali erosivi*) dando il via a decennali dibattiti sulla genesi di questa particolare morfologia molto simile a quella di Marte.

14) *Nota del traduttore*: Ford propone un modello complesso a più fasi che possono susseguirsi o no, mentre il carsismo comunque procede interessando man mano in profondità tutto il volume carsificabile.

cativo delle cavità, tutto ciò a quei tempi, indebolì uno degli argomenti principali che supportavano tanto il *vadose model* che il *deep phreatic model* sulla genesi delle grotte. SWINNERTON (1932) contrastò Davis con un modello opportunistico: in certe condizioni, nelle rocce fratturate, l'acqua corrente a livello falda o sotto falda può scegliere diversi percorsi alternativi (le fratture) da seguire, il che, in una realizzazione bidimensionale, porta le acque in movimento a diverse profondità. Nella gara per l'allargamento per dissoluzione dei percorsi da parte delle acque, il vincitore più probabile sarà il percorso lungo la superficie della falda, perché è il più breve: ne consegue che una grotta si amplia di più da monte a valle lungo la piezometrica (riquadro C in Fig. 8). RHOADES e SINACORI (1941), tuttavia, hanno riconosciuto che la creazione di grandi sistemi di cavità per dissoluzione nella roccia deve incidere la falda, abbassando o almeno riducendo la sua pendenza nella maggior parte dei casi. Hanno quindi proposto un modello più elegante di sviluppo di una condotta freatica che si estende progressivamente verso monte dalla sorgente, abbassando la tavola d'acqua man mano che diviene più ampia.

Nei decenni 1930 e 1940, sono stati proposti altri modelli alternativi di genesi e sviluppo di grotte per acque meteoriche che hanno in genere attirato poca attenzione. Quando, nel 1953, apparve il primo volume completo sulla scienza delle cavità in lingua inglese, Gordon Warwick, l'autore del capitolo sull'origine delle grotte nei calcari, ha offerto ai suoi lettori una confusa scelta sullo sviluppo delle cavità (WARWICK, 1953, 1962):

- (1) principalmente sopra la tavola d'acqua (?),
- (2) ad una profondità casuale sottostante la tavola d'acqua (?),
- (3) lungo la tavola d'acqua partendo da monte (?),
- (4) per recessione dalla sorgente (?).

Nei miei lavori pubblicati negli anni 1960 e 1970, ho offerto una soluzione a questo enigma, illustrata nei riquadri a destra della Fig. 8.

In verità, sistemi di cavità di dimensioni esplorabili possono svilupparsi in gran parte o interamente al di sopra della falda acquifera, o lungo, o sotto di essa (FORD 1968, 1971; FORD & EWERS, 1978). Le principali determinanti sono la frequenza (la densità) delle fratture penetrabili e la geometria dei sistemi di discontinuità dipendenti dalle deformazioni strutturali, in particolare l'inclinazione degli strati: alta frequenza e bassa pendenza favoriscono lo sviluppo lungo la zona vadosa e la tavola d'acqua, ripida pendenza e/o bassa frequenza favoriscono la circolazione di acqua profonda.

Si veda FORD & WILLIAMS (2007) per una rassegna aggiornata che comprende anche lo sviluppo in pianta del reticolo di cavità.

Cinetica e tassi di soluzione

Il 1930 ha visto alcuni progressi significativi nella comprensione dei processi di soluzione delle rocce carbonatiche. SWINNERTON (1932, 1942) e ADAMS &

SWINNERTON (1937) hanno sottolineato l'importanza del suolo nell'aumento dell'aggressività delle acque. Questo fattore è stato sottolineato anche da H. LEHMANN (1936) nel suo importante studio sul Carso tropicale di Gunung Sewu in Indonesia.

Negli URSS, gli scienziati pionieri dell'esplorazione petrolifera riconobbero che se due soluzioni già sature rispetto alla calcite, ma entrate in equilibrio con pressioni parziali diverse di CO_2 , sono mescolate, si verifica un rilascio di capacità solvente, vale a dire che si verifica un aumento di "corrosione per miscelazione" (LAPTEV, 1939). Questo importante principio è stato trascurato dagli studiosi di carsismo, forse comprensibilmente data la tempistica della pubblicazione, e persino io ho appreso che questo concetto faceva parte dei manuali di alcune società di esplorazione petrolifera occidentale solo nel 1950. Alfred Bögli (Svizzera) ha il merito di aver sviluppato questo concetto in modo indipendente, presentandolo in un importante documento nel 1964.

Le moderne indagini sulla cinetica della soluzione dei calcari si può far iniziare con gli esperimenti di laboratorio di Clifford KAYE (1957) che utilizzò l'acido cloridrico diluito per dimostrare che i tassi di soluzione aumentavano con la velocità del flusso del fluido. BÖGLI (1960, 1961) ha preso questo concetto e lo ha combinato con il controllo dei tassi di CO_2 disciolto in acqua in movimento, giungendo a proporre un modello geniale per lo sviluppo delle piccole forme di dissoluzione superficiale quali i *Rillenkarren* (*solutional rill* larghi fino a 1 o 2 cm), spesso presenti lungo le parti alte delle creste calcaree nude ma che ben presto divengono a valle pendii planari per esaurimento dell'acidità iniziale delle gocce di pioggia. Proseguendo però lungo la superficie, con l'assorbimento di nuova CO_2 , iniziano a formarsi e si formano i più ampi *Rinnenkarren* (*solution runnels*), analogamente a quanto succede su un pendio di argilla.

Rane CURL (1966) ha utilizzato questo metodo per sviluppare la sua teoria sulla cinetica di formazione degli scallops per soluzione sulle pareti in rocce solubili dei canali.

Nel contesto dei modelli genetici di cavità per dissoluzione, tuttavia, i risultati sperimentali di P.K. WEYL (1958), che lavorava con ragionevoli concentrazioni di calcite e di acido carbonico, dimostravano che l'acqua non può penetrare restando acidificata in una frattura standard per più di 1-2 metri, diventando poi incapace di ulteriore dissoluzione significativa. Questa sorprendente scoperta ha portato BÖGLI (1964) a proporre che la spinta necessaria per allargare inizialmente le fratture lungo le decine di migliaia di metri osservati nelle grotte reali deve provenire da corrosione per miscelazione: una volta che il vano si è allargato a 1-2 cm, al regime laminare molto lento si sostituisce il regime lineare con modalità di turbolenza del flusso, il che porterebbe al mescolamento e al processo di soluzione. Tuttavia, molti esperimenti di laboratorio successivi effettuati, utilizzando cristalli di calcite o polveri in soluzioni di CO_2 con pH fissi o variabili, hanno

dimostrato che i tassi di soluzione scendono di parecchi ordini di grandezza prima che si verifichi la completa saturazione (Fig. 9A). In realtà, questo processo permette ai proto-condotti di dissoluzione di estendersi attraverso le fratture a velocità fino a circa $1 \text{ km}/10^4 \text{ yr}$ sotto gradienti idraulici ragionevoli e di diventare sufficientemente grandi da far sì che il flusso turbolento si verifichi lungo tutta la loro lunghezza, il che produce, nell'evoluzione della cavità, una vera "svolta".

Alla fine del 1940, Gerold Schwarzenbach (Svizzera) ha sviluppato metodi di titolazione colorimetrici per misurare CaCO_3 e MgCO_3 in soluzioni acquose (SCHWARZENBACH, 1957). Questi metodi hanno notevolmente migliorato sia la precisione delle misure che i valori che potevano essere ottenuti. In Francia, Félix Trombe ha pubblicato volumi innovativi sulle acque carsiche e sulla scienza delle grotte (TROMBE, 1951, 1952) in cui sono comparse le curve di correlazione fra pH e concentrazione del soluto in CaCO_3 a saturazione. È oggi possibile portare un leggero kit di chimica dell'acqua in campagna e misurare sul posto ciò che sta realmente accadendo. Tra i primi a farlo è stato Jean Corbel (Francia), che ha pubblicato due opere distinte, *Les Karsts du Nord-Ouest de l'Europe* (1957) e *Érosion en Terrain Calcaire* (1959), ove sostiene che la soluzione carsica è più rapida nei climi freddi, come conseguenza del fatto che la solubilità di CO_2 è inversamente proporzionale alla temperatura. Per testare la sua ipotesi, ha proposto la semplice equazione (CORBEL, 1959):

$$X = 4ETn/100$$

dove X = soluzione calcare in $\text{m}^3/\text{km}^2/\text{anno}$ (= mm/KY),

E è il deflusso (dm),

T è contenuto medio di CaCO_3 (mg/l), e

n è la percentuale di roccia carbonatica affiorante in un determinato bacino fluviale

È interessante tenere conto che i carichi di soluto dell'Artico nord americano e nei fiumi alpini risultano circa dieci volte maggiori di quelli misurati nel fiume Kissimmee, in Florida.

I dati e le idee di Corbel⁽¹⁵⁾ furono sventolati davanti a chi era del parere che la soluzione di carbonato sia più grande dove è più caldo e più umido, e così si innescò uno sforzo internazionale per raccogliere i dati per dirimere la questione. I primi risultati hanno favorito il clima tropicale umido rispetto a quello artico alpino, ma con molti distinguo (SWEETING, 1966). PRIESNITZ (1974) riassume più di 200 studi per dimostrare che la correlazione positiva ($r=0.74$) che normalmente

15) Ricordiamo come Jean Corbel abbia viaggiato in lungo ed in largo per raccogliere i suoi dati sul campo, pur facendolo con un budget ridotto. Ha percorso tutta la Scandinavia e le isole britanniche per il volume uscito nel 1957, adattandosi anche ad un viaggio nelle Isole Spitsbergen. La sua visita in Nord America lo ha portato da Quebec alla Florida, all'Ovest e su fino all'Alaska, percorrendo tutta la strada con i bus della Greyhound!

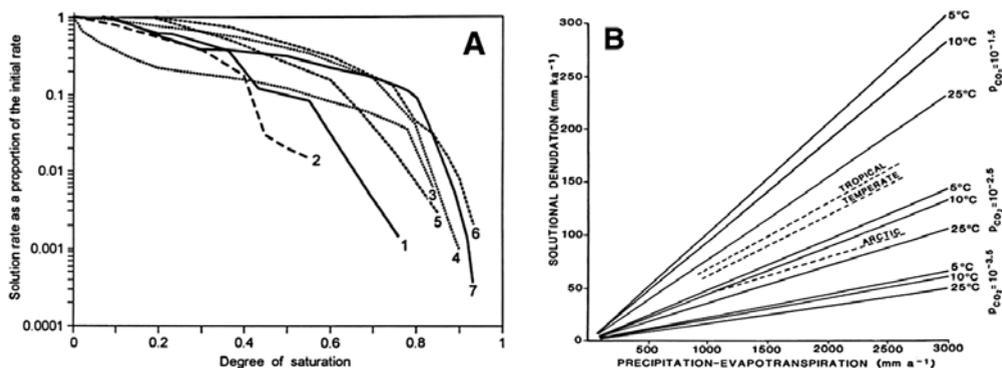


Fig. 9 (la figura 8 di *The science of caves*, pag. 12) - In A: le sette curve di saturazione relative ai sette differenti approcci sperimentali adottati da vari Autori per definire l'entità della dissoluzione in funzione dei tassi iniziali pubblicate negli anni 1974-1997. In B: entità della denudazione superficiale per dissoluzione dei calcari in funzione dell'entità delle precipitazioni e dei tassi in CO_2 basate sulle equazioni di White (linee continue, 1984) e sui risultati empirici di SMITH & ATKINSON (linee tratteggiate, 1976).

si ha tra il tasso di soluzione dei calcari e il deflusso. è probabilmente il fattore predominante. SMITH & ATKINSON (1976) riportano i risultati di 365 rapporti per confermare che il deflusso probabilmente rappresenta il 50%-77% della variazione dei tassi di soluzione totali. WHITE (1984) si collega a queste recenti scoperte sulla cinetica e sui fattori ambientali per proporre una nuova equazione che è illustrata graficamente nella Fig. 9B nella quale sono inseriti anche i valori proposti da SMITH & ATKINSON. Ne viene che, in media, il clima "caldo e umido" ha una modesta prevalenza su quello "temperato e umido," con il "freddo e umido" buon ultimo a causa delle minori quantità di CO_2 da suolo che possono formarsi nella più breve stagione estiva.

Geomorfologia climatica

Nei loro modelli di sviluppo del paesaggio carsico, Grund, Danes e Cvijić avevano assunto che il ruolo del clima era solo quello di controllo della frequenza delle morfologie e non era certo quello di determinare significative differenze nella morfologia globale. Per esempio, nella Fig. 5A, semplicemente avviene che le stesse morfologie si sviluppano più velocemente nel ciclo a clima umido, così come in Fig. 9B sembra esservi un contrasto minore fra le forme determinate nei climi tropicali e quelli temperati. Tuttavia, dopo la pubblicazione di Cvijić nel 1918, l'ipotesi di un unico ciclo morfologico valido per tutto il mondo è stata ricusata dalla maggior parte dei ricercatori.

Invece, il periodo 1935-1965 può essere in generale descritto come quello degli studi di "clima-morfologia", della ricerca di forme carsiche specifiche da associare a particolari condizioni climatiche. I contributi di Herbert Lehmann (Germania), che lavorò principalmente nei tropici umidi, divennero i più influenti

(LEHMANN, 1936, 1948, 1954, 1960a, 1960b). Nel lavoro del 1936, che consiste sostanzialmente nello studio del carsismo sull'isola di Java ed in particolare delle particolari morfologie delle colline residuali arrotondate (*kegel* o *mogotes*) della regione del Gunung Sewu (Fig. 10), si nota che l'evoluzione proposta è in realtà molto simile a quella descritta da Cvijić (Fig. 5B). Essa inizia con una fase giovanile di impostazione superficiale dei canali di drenaggio che in seguito vengono catturati in sotterraneo. Tuttavia, non ci sono polje e Lehmann sottolinea che le doline tropicali tendono ad essere

- (1) più grandi di quelle europee e
- (2) in pianta a forma di stella piuttosto che arrotondata o allungata lungo le fratture.

Tutto ciò a causa delle episodiche alluvioni in superficie durante le intense tempeste dei tropici.

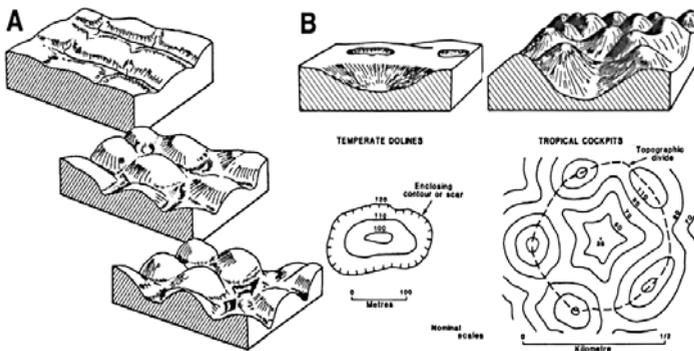


Fig. 10 (la figura 9 di *The science of caves*, pag. 13) - A sinistra (A) l'evoluzione del "kegel karst" indonesiano della regione di Gunung Sewu secondo Lehmann⁽¹⁶⁾. A destra (B) confronto fra le doline tipiche delle zone temperate e quelle tipiche delle zone umide tropicali proposto da Williams⁽¹⁷⁾.

Tali contrasti sono stati sottolineati anche da MEYERHOFF (1938) negli studi in Porto Rico, da SWEETING (1958) in Giamaica, da Lehmann nella panoramica sull'ampio carso dei CARAIBI (1948) e da WILLIAMS (1969). THORP (1934) e MONROE (1966) descrivono esempi di sorprendente asimmetria (ripida ad una estremità, dolce dall'altra) riscontrata nei profili di alcuni mogotes portoricani, attribuita a forte evaporazione con conseguente riprecipitazione e cementazione sui pendii sopravento. Nelle Alpi, RATHJENS (1951) illustrò le variazioni relative di forma e frequenza tra i Karren e i campi di doline in funzione dei cambiamenti climatici da diversa altitudine, e queste relazioni furono ben presto generalizzate in un modello di zonazione carsica alpina (Fig. 11).

LEHMANN (1954) ha infine proposto otto morfologie climatiche di base (*basic karst clima-morphic types*):

16) *Nota del traduttore*: prendendo spunto da Cvijić, da una fase erosiva fluviale si passa ai rilievi residuali per carsismo dinamico lineare prevalente su quello statico/dinamico diffuso.

17) *Nota del traduttore*: tanta acqua per lungo tempo porta ad avere doline ravvicinate che per coalescenza generano rilievi tondeggianti residuali.

- (1, 2) dei rilievi glaciali e periglaciali;
- (3, 4) delle aree temperate (con pioggia tutto l'anno), compresi i pascoli;
- (5, 6) mediterranee (a secco in estate), comprese le steppe semiaride;
- (7) arido calde; e
- (8) umido tropicali.

Gli studiosi sono stati poi invitati a cercare le differenze significative di morfologia all'interno di ogni regione che potrebbero portare a sub-zonazioni climatiche. Va tenuto conto che, anche se a grandi linee i climi glaciali ed interglaciali quaternari erano già noti, la generale globalità e la locale rapidità dei cambiamenti climatici non erano così ben comprese come lo sono oggi.

Il fatto che ci siano alcune differenze di forma e ancor più di tasso, nelle diverse principali zone climatiche non può essere negato, ma dai lavori editi dal 1960 in poi, come ad esempio da quelli di PANOS & STELCL (1968) sull'isola di Cuba, emerge che le differenze di composizione litologica e di assetto strutturale delle rocce carbonatiche sono i fattori più importanti nella maggior parte dei casi.

SWEETING, riassumendo nel 1976 le risposte alle questioni aperte dal suo Manuale di carsismo del 1973 (uno tra i primi redatti in lingua inglese) ha scritto: *“Non c'è dubbio che le morfologie carsiche sono essenzialmente controllate dalle differenze litologiche e di struttura geologica, ma fino a che punto le forme nei calcari vengono modificate dalle diverse intensità e tipologie dei processi nei diversi climi, non siamo ancora in grado di ben valutare”*.

Come tutti possiamo apprezzare in questi giorni, i climi cambiano nel tempo e le forze tettoniche continuano a funzionare. I più recenti studi regionali di carsismo si sono quindi concentrati sulla decifrazione degli effetti di tali cambiamenti sui paesaggi carsici. Una revisione ad opera di SALOMON & MAIRE (1992) pro-

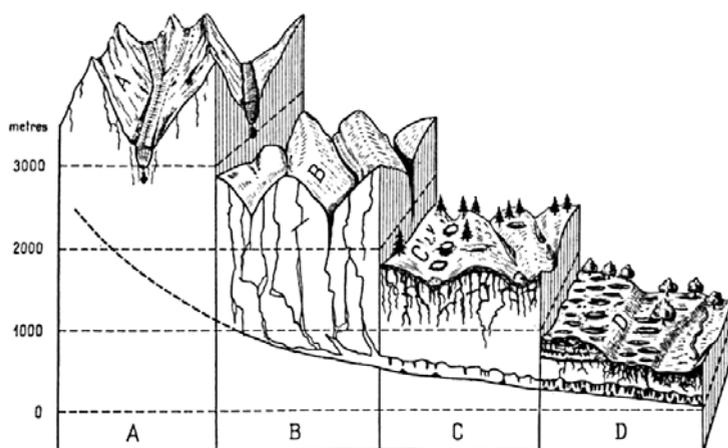


Fig. 11 (la figura 10A di *The science of caves*, pag. 13) - Il modello proposto da JAKUCS (1977) sulla distribuzione delle morfologie carsiche (quattro tipi base: A, B, C, D) in funzione delle caratteristiche climatiche ed altitudinali^[18].

18) *Nota del traduttore*: affascinante modello che cerca di coniugare l'energia del rilievo alla "giovinanza" delle morfologie carsiche epigee ed ipogee e quindi schematizza l'evoluzione del carsismo in funzione dell'età intesa come tempo di esposizione agli atmosferici.

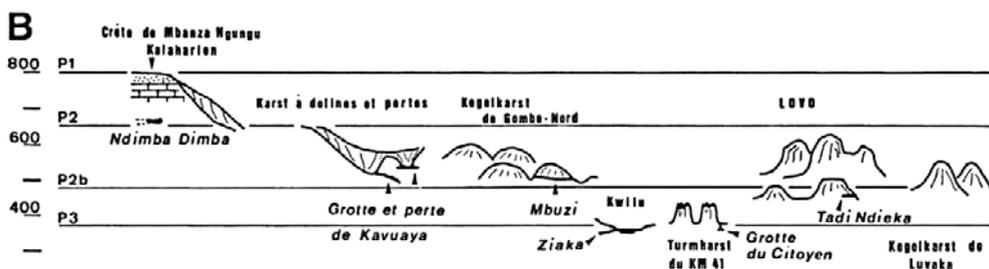


Fig. 11 (la figura 10B di *The science of caves*, pag. 13) - A spiegazione del paesaggio carsico congolese del Basso Zaire, Yves Quinif propone un modello poligenetico dovuto ai cambiamenti climatici (1992)⁽¹⁹⁾.

pone una supervisione globale dei risultati delle ricerche in tal senso nei due decenni 1970-1980.

Buoni esempi sono quelli di QUINIF (1992) sul carsismo nelle rocce del Precambriano in Basso Zaire (Congo), che ha avuto inizio in condizioni climatiche caldo-umide che hanno trasformato un carso a cockpit in un vasto *pediment* (semiarido) per poi passare a climi semiaridi, con veloci inondazioni che hanno causato erosioni laterali e originato un carso a torri (*tower karst*); e quello di MAIRE & POMEL (1992) che nelle Levka Ori (Montagne Bianche) e nelle Gole di Samaria dell'isola di Creta, monitorano tramite lo studio della morfologia superficiale e l'analisi dei depositi detritici nelle depressioni carsiche, i differenti prodotti frutto misto del sollevamento tettonico e del cambiamento climatico dall'Oligocene al Pleistocene.

C'è stata nel tempo anche molta attenzione ai singoli tipi di morfologie carsiche. Su piccola scala, la classificazione dei *karren* proposta da CVIJIĆ (1893) è stata rivista da BÖGLI (1961) ed ampliata da FORD & WILLIAMS (1989, 2007). Dopo l'affascinante articolo *Black phytokarst from hell (Il nero phytokarst dall'inferno)* di FOLK et al. (1973), i *karren* delle zone intertidali sottoposte a spray lungo le coste sono divenuti oggetto di studio intenso, basti vedere la recente revisione globale in LACE & MYLROIE (2013).

L'approccio morfometrico di Cvijić all'analisi delle doline è stato in gran parte ignorato fino alla fine del 1930, quando Helmut Cramer ha intrapreso una approfondita ed estesa revisione utilizzando le nuove mappe topografiche che stavano diventando ampiamente disponibili in tutto il mondo (CRAMER, 1941). Egli ha dimostrato che la scala e la densità di queste caratteristiche morfologie carsiche possono variare notevolmente nelle diverse zone del mondo. Purtroppo, questo importante lavoro è stato perso dalla maggior parte dei ricercatori a causa della Seconda Guerra Mondiale.

19) *Nota del traduttore*: Quinif si ispira a Jakucs per giustificare le forme carsiche africane a diverso stadio evolutivo: in quota poco carso, alla base carso molto evoluto

Nel 1945, l'articolo di Robert E. Horton “*Sviluppo per erosione dei corsi d'acqua e dei loro bacini idrografici*”, con il suo metodo numerico per caratterizzare le singole vie di deflusso, il *pattern* e i relativi bacini di alimentazione e drenaggio, è oggi riconosciuto come uno dei contributi chiave per la comprensione della geomorfologia, anche perché ha fortemente incoraggiato l'analisi statistica spaziale. Ha cominciato ad essere applicato negli studi carsici solo nel 1960, principalmente in una serie di importanti lavori sulla morfologia e la distribuzione delle doline di Paul WILLIAMS (1969, 1971, 1972a, 1972b) che mettono a confronto i pattern nei climi temperati con quelli nei climi tropicali. Ciò ha portato più recentemente alla modellazione al computer dello sviluppo morfometrico dei paesaggi carsici più estesi (BROOK, 1981; BROOK & HANSON, 1991 e AHNERT & WILLIAMS, 1997). Si può consultare FORD & WILLIAMS (2007) per una revisione abbastanza completa.

South China Karst

Ciò che la Mecca è per il mondo musulmano, ciò che furono le Dinaridi per i primi studiosi di carsismo, così sono oggi le estese aree calcaree e dolomitiche del sud della Cina per gli studi attuali. L'analisi dei progressi raggiunti negli studi carsici tra il XIX secolo e il 1960-1970 deve includere il significato e l'importanza di queste aree, anche se, a causa della difficoltà degli spostamenti, delle guerre e della rivoluzione culturale, questa area geografica è diventata universalmente nota ai ricercatori occidentali solo alla fine degli anni '70.

Dolomie e calcari massivi ben stratificati di età paleozoica, potenti fino a 5000 m, affiorano per più di un milione di km² nel sud del paese. La loro distribuzione si estende dal plateau a quote di circa 1200 m s.l.m. nella provincia dello Yunnan, attraverso le gole del fiume nella regione del Medio Yangtze, fino al plateau posto a circa 800 m e alle pianure fluviali delle province orientali di Guizhou e Guangxi che dai 400 m di quota giungono all'oceano. Fanno parte della piattaforma tettonica himalayana ed hanno assetto strutturale molto più vario e con diverse energie di rilievo rispetto al Carso Dinarico. In combinazione con una storia di monsoni stagionali e di climi generalmente piovosi fin dal Terziario, queste condizioni litologiche, strutturali, climatiche hanno dato origine a straordinari *Karren*, *cone karst*, *cokpit*, *tower karst*, paesaggi carsici e sistemi vasti e complessi di cavità percorse dalle acque, di dimensioni immense.

Oggi, la Cina ha un grande istituto di ricerca carsico nazionale con sede a Guilin (Guangxi) e forti team scientifici in altre province (YUAN, 1981, 1991). Dal 1975 sono numerosi gli scambi scientifici internazionali e le iniziative di collaborazione. Nelle Figg. 12 e 13 sono illustrati due fra i primi esempi dei risultati che ne sono derivati.

La Fig. 12 è l'interpretazione di ZHU (1988) del carsismo attorno a Guilin, dove i paesaggi a *cokpit* e a *tower* sono superlativamente sviluppati; la sequenza dei

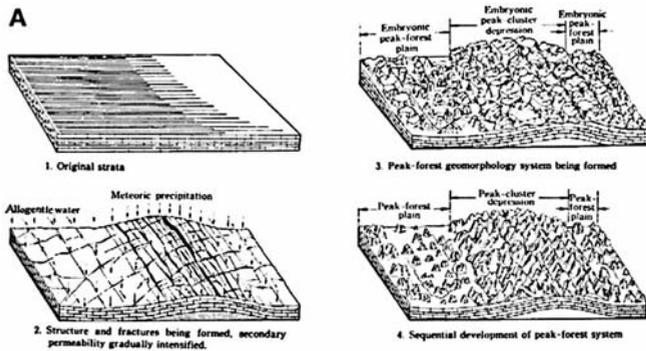


Fig. 12 (la figura 11A di *The science of caves*, pag. 13) - Modello sequenziale di evoluzione dei *cone karst* (*jengling - carso a conifere*) e *tower karst* (*jengcong - carso a torri*) negli altipiani cinesi a 400 metri di quota nella zona di Guilin, secondo ZHU (1988)⁽²⁰⁾.

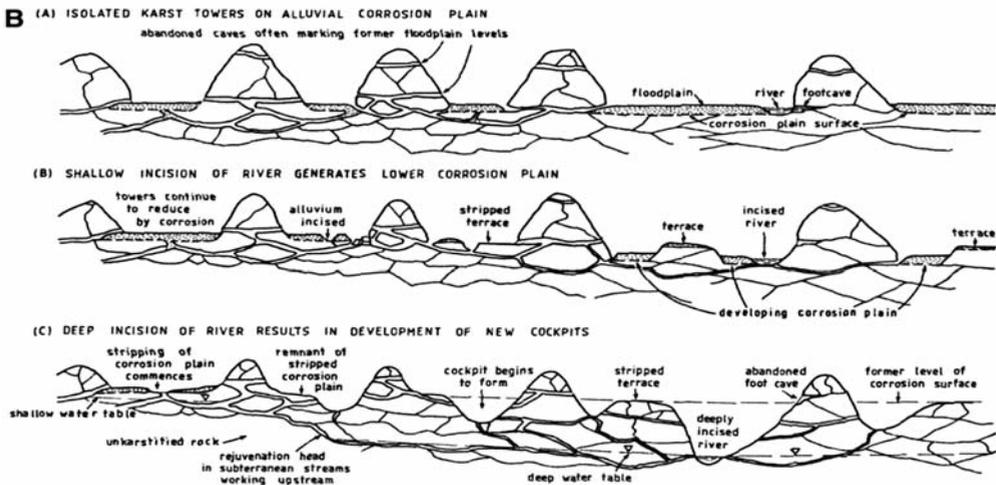


Fig. 13 (la figura 11B di *The science of caves*, pag. 13) - Evoluzione policiclica negli altipiani a 900 m di quota del Guizhou Plateau cinese proposta da FORD & WILLIAMS (1989)⁽²¹⁾.

(A) = Il carsismo nel tempo ha creato un paesaggio a karst tower isolate emergenti da una pianura alluvionale il cui substrato si abbassa per corrosione sottocutanea. Numerose sono le cavità abbandonate spesso indicative di precedenti livelli di base alluvionali locali

(B) = La cattura di acque da parte di cavità al piede porta ad una diminuzione della corrosione e a fatti erosivi. Continua o inizia il denudamento per erosione e dissoluzione della pianura e delle karst tower; i corsi d'acqua incidono le loro alluvioni; si individuano alcuni terrazzi alluvionali; si sviluppa la corrosione sottocutanea nelle piane alluvionali; si ampliano alcune cavità sotto il livello di base generale.

(C) = L'approfondirsi delle incisioni fluviali porta allo sviluppo di nuovi cockpits e i livelli non carsificabili sottostanti la successione calcarea limitano il carsismo profondo dapprima, superficiale poi; restano sempre più isolati alcuni terrazzi; si verificano ringiovanimenti della rete di cavità; iniziano a formarsi nuovi cockpit, l'incisione per erosione e corrosione è sempre più profonda, si genera una falda sotterranea; divengono residuali le cavità abbandonate e le antiche superfici di corrosione.

20) *Nota del traduttore*: la scuola cinese tenta di spiegare l'evoluzione del paesaggio carsico subtropicale e tropicale collegandolo all'energia di rilievo conseguente all'evoluzione geologica della piattaforma carbonatica paleozoica dell'Asia orientale (Cina sudorientale, Vietnam, Thailandia,...)

21) *Nota del traduttore*: il ciclo si evolve in superficie ed in profondità in funzione delle oscillazioni del livello di base ma in tempi geologici (nel nostro caso qualche centinaio di milioni di anni...!).

depositi carbonatici, il loro assetto strutturale e la lunga storia geologica, portano ad un quadro evolutivo derivato da denudazione fluviale e dissoluzione carsica ben fuse assieme in un quadro che migliora il modello di Cvijić del 1918 (Fig. 5B).

La Fig. 13 modella sinteticamente la complessa evoluzione geomorfologica poligenetica e multiciclica del plateau di Guizhou, il più ricco in morfologie carsiche che io abbia visto.



Derek Ford con Paolo Forti nel 1987.

Ringraziamenti

Ringrazio i miei ex studenti per aver discusso con me su molti degli argomenti di cui sopra nel corso degli anni, in particolare Steve Worthington, che è oggi un'autorità in materia di idrogeologia di base. Anche Ralph Ewers, John Mylroie, Arte Palmer, e Will e Bette White, attuali membri del GSA, sono stati di notevole supporto, così come negli ultimi anni, Bill Back e l'incomparabile Jim Quinlan hanno contribuito in modo sostanziale alla mia comprensione dell'evoluzione di queste idee. La Redazione della Geological Society of America va poi ringraziata per le correzioni al mio disordinato manoscritto.

Bibliografia citata

- ADAMS C., & SWINNERTON A.C., 1937 - The solubility of calcium carbonate. *Transactions, American Geophysical Union*, 11 (2): 504-508.
- AHNERT F., & WILLIAMS P.W., 1997 - Karst landform development in a three-dimensional theoretical model. *Zeitschrift für Geomorphologie*, Supplementband, 108: 63-80.
- AUDRA, Ph., 1994, Karst Alpines - Genèse de Grands Réseaux Souterrains. *La Ravoire, Ed. Gap, Karstologia Mémoires* 5: 279 pp.
- AUDRA Ph., & PALMER A.N., 2013, The vertical dimension of karst - Controls of vertical cave development. In J. SHRODER & A. FRUMKIN eds., *Treatise on Geomorphology*, Volume 6:186-206. San Diego, California, *Academic Press*.
- BISCHOF G., 1854 - Chemical and Physical Geology [translated by B.H. Paul & J. Drummond]. London, *Paul & Drummond*, 2 volumes.
- BÖGLI A., 1960 - Kalklösung und Karrenbildung. *Zeitschrift für Geomorphologie*, Supplementband, 2: 4-21.
- BÖGLI A., 1961 - Karrentische, ein Beitrag zur Karstmorphologie. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 5: 185-193.
- BÖGLI A., 1964 - Mischungskorrosion: Ein Beitrag zum Verkarstungsproblem. *Erdkunde*, 18 (2): 83-92, doi: 10.3112/erdkunde.1964.02.02.
- BRETZ J.H., 1942 - Vadose and phreatic features of limestone caves. *The Journal of Geology*, 50 (6): 675-811, doi: 10.1086/625074.
- BRETZ J.H., 1953 - Genetic relations of caves to peneplains and big springs in the Ozarks. *American Journal of Science*, 251: 1-24, doi: 10.2475/ajs.251.1.1.

- BROOK, G.A., 1981, An approach to modelling karst landscapes. *The South African Geographical Journal*, 63 (1): 60-76, doi: 10.1080/03736245.1981.10559642.
- BROOK G.A. & HANSON M., 1991 - Double Fourier series analysis of cockpit and doline karst near Browns Town, Jamaica. *Physical Geography*, 12 (1): 37-54.
- CHAMBERLIN T.C., 1885 - Requisite and Qualifying Conditions for Artesian Wells. *U.S. Geological Survey Annual Report* 5: 619 pp.
- CORBEL J., 1957 - Les Karsts du Nord-Ouest de l'Europe. Lyon, France, *Institut Études Rhodaniennes Université de Lyon*, 531 p.
- CORBEL J., 1959 - Érosion en terrain calcaire. *Annales de Géographie*, 68: 97-120, doi: 10.3406/geo.1959.16541.
- CRAMER H., 1941 - Die Systematik der Karstdolinen. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Päläontologie*, 85: 293-382.
- CURL R.L., 1966 - Scallops and flutes. *Transactions of the Cave Research Group of Great Britain*, v. 7, no. 2, p. 121-160.
- CUVIER G., 1812 - Recherches sur les Ossements Fossils de Quadrupeds. Paris, Deterville.
- CVJIČ J., 1893 - Das Karstphänomen: Versuch einer Morphologischen Monographie. Wien, *Geographischen Abhandlung*, 3: 218-329.
- CVJIČ J., 1901 - Morphologische und glaziale Studien aus Bosnien, der Hercegovina und Montenegro; 2. Die karstpoljen. *Abhandlung Geographisches Geschichte*, 3 (2): 1-85.
- CVJIČ J., 1918 - Hydrographie souterraine et evolution morphologique du karst. *Réceuil des Travaux de l'Institute de Géographie Alpine*, 6: 375-426.
- CVJIČ J., 1960 - La Géographie des Terrains Calcaires. *Academie Serbe des Sciences et des Arts, Beograd*, Monographies T. CCCXLI: 212 pp.
- DANEŠ J., 1908 - Geomorphologische Studien im karst-Gebiete Jamaikas. In *Proceedings of the 9th International Geographical Congress*: Geneva, 2: 178-182.
- DARCY H., 1856 - Les Fontaines Publiques de le Ville de Dijon. Paris, *Dalmont*: 647 pp.
- DAUBRÉE A., 1887 - Les Eaux Souterraines à l'Époque Actuelle. Paris, *Dunod*, 1: 500 pp.
- DAVIS W.M., 1889 - The rivers and valleys of Pennsylvania. *National Geographic*, 1: 183-253.
- DAVIS W.M., 1899 - The geographical cycle. *The Geographical Journal*, 14: 481-504, doi: 10.2307/1774538.
- DAVIS W.M., 1901 - An excursion in Bosnia, Hercegovina and Dalmatia. *Bulletin of the Geographical Society of Philadelphia*, 3 (2): 21-50.
- DAVIS W.M., 1902 - Base level, grade and peneplain. *The Journal of Geology*, 10: 77-111, doi: 10.1086/620982.
- DAVIS W.M., 1930, Origin of limestone caverns. *Geological Society of America Bulletin*, 41 (3): 475-628, doi: 10.1130/GSAB-41-475.
- DUPONT E., 1894, Les phénomènes généraux des cavernes en terrains calcaireux et les circulations souterraine des eaux dans la region Han-Rochefort. *Bullétin de la Société Géologique, Paléontologique et Hydrologique de Belge*, 7: 190-292.
- FLAMACHE A., 1896, Sur la formation des grottes et des vallées souterraines. *Bullétin de la Société Géologique, Paléontologique et Hydrologique de Belge*, 9: 355-367.
- FOLK R.L., ROBERTS H.H. & MOORE, C.M., 1973, Black phytokarst from hell, Cayman Islands, West Indies. *Geological Society of America Bulletin*, 84: 2351-2360, doi: 10.1130/0016-7606(1973)84<2351:BPFHCI>2.0.CO;2.
- FORD D.C., 1968 - Features of cavern development in central Mendip. Cave Research Group of Great Britain. *Transactions*, 10 (1): 11-25.

- FORD D.C., 1971 - Geologic structure and a new explanation of limestone cavern genesis: Cave Research Group of Great Britain. *Transactions*, 13 (2): 81-94.
- FORD D.C., 2006 - Jovan Cvijić and the founding of karst geomorphology. *Environmental Geology*, 51: 675-684, doi: 10.1007/s00254-006-0379-x.
- FORD D.C., & EWERS, R.O., 1978 - The development of limestone cave systems in the dimensions of length and depth. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 15: 1783-1798, doi: 10.1139/e78-186.
- FORD D.C. & WILLIAMS P.W., 1989 - Karst Geomorphology and Hydrology. London, *Unwin Hyman*: 601 pp.
- FORD D.C. & WILLIAMS P.W., 2007 - Karst Hydrogeology and Geomorphology. Chichester, UK, *John Wiley & Sons, Ltd.*: xiii+563 pp.
- GAMS I., 1993 - Origin of the term "karst," and the transformation of the Classical Karst (Kras). *Environmental Geology*, 21: 110-114, doi: 10.1007/BF00775293.
- GRUND A., 1903 - Die Karsthydrographie. *Pencks Geographischjes Abhandlung*, 7 (3): 103-200.
- GRUND A., 1910 - Beiträge zur morphologie des dinarischen Gebirges. *Geographische Abhandlung*, 9 (3): 345-570.
- GRUND A., 1914 - Der geographische Zyklus im Karst. *Gesellschaft für Erdkunde*, 52: 621-640.
- HAGEN G., 1839 - Über die Bewegung des Wassers in engen cylindrischen Röhren. *Poggendorff Annalen*, 122: 423-442, doi: 10.1002/andp.18391220304.
- HILL C.A., 1981 - Origin of cave saltpeter. *The Journal of Geology*, 89: 252-259, doi: 10.1086/628584.
- HORTON R.E., 1945 - Erosional development of streams and their drainage basins. *Geological Society of America Bulletin*, 56: 275-370, doi: 10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2.
- HUTTON J., 1795, Theory of the Earth, with Proofs and Illustrations, Volume II. Edinburgh, UK, *Geological Society*: 248 pp.
- JAKUCS, L., 1977 - Morphogenetics of Karst Regions. Variants of Karst Evolution. Budapest, *Akademiai Kiado*: 284 pp.
- KATZER F., 1909 - Karst und Karsthydrographie, Zur Kunde der Balkanhalbinsel. Sarajevo, *Kajon*: 94 pp.
- KAYE C.A., 1957 - Effects of solvent motion on limestone solution. *The Journal of Geology*, 65: 35-46, doi:10.1086/626404.
- KNOP A., 1878 - Über die hydrographischen Beziehungen zwischen der Donau und der Aachquelle im badischen Oberlande. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie*: 350-363.
- KRANJC A., 1994 - About the name and the history of the region Kras. *Acta Carsologica*, 23: 81-90.
- LACE M.J. & MYLROIE J.E., eds, 2013 - Coastal Karst Landforms. New York, *Springer*: 429 pp.
- LAPTEV F.F., 1939 - Aggressive action of water on carbonate rocks, gypsum and concrete, In Trudy Spetgeo, Volume 1. Moscow and Leningrad, *GONTI* [in Russian].
- LEHMANN H., 1936 - Morphologische Studien auf Java. Stuttgart, Germany, *Geographische Abhandlungen* 3: 114 pp.
- LEHMANN H., 1948 - Der tropische Kegelkarst auf den Grossen Antillen. *Die Erde*, 8: 130-139.
- LEHMANN H., ed., 1954 - Das Karstphanomen in den verschiedenen Klimazonen. *Erdkunde*, 8: 112-139.

- LEHMANN H., 1960a - Internationale Beiträge zur Karstmorphologie. Berlin-Nikolassee, Gebr. Borntraeger, *Zeitschrift für Geomorphologie*, supplement, 2: 107 pp.
- LEHMANN H., 1960b - La terminologie classique du karst sous l'aspect critique de la morphologie modern. *Revue de Géographie de Lyon*, 35: 1-6.
- LIEBIG J., 1840 - Organic Chemistry in Its Application to Agriculture and Physiology. London, *Taylor & Walton*: 387 pp.
- LYELL C., 1833 - Principles of Geology: London, *Murray*: 834 pp.
- MAIRE R., & POMEL S., 1992, Le Levka-Ori (Crète, Grèce): Un Jalon Miocene dans l'évolution des karst méditerranéens. In SALOMON J.-N., and MAIRE R., eds., Karst et Évolutions Climatiques. Bordeaux, France, *Presses Universitaires*: 238-246.
- MARTEL E.A., 1894, Les Abimes. Paris, *Delagrave*: 580 p.
- MARTEL E.A., 1921, Nouveau Traité des Eaux Souterraines. Paris, *Editions Doin*: 840 p.
- MEINZER O.E., 1927, Large Springs in the United States. *U.S. Geological Survey Water Supply Paper 557*: 94 pp.
- MEINZER O.E., 1942, Hydrology: New York, *Dover*: 712 p.
- MEYERHOFF H.A., 1938 - The texture of karst topography in Puerto Rico and Cuba. *Journal of Geomorphology*, 1 (4): 279-295.
- MIJATOVIĆ B., 2005 - Jovan Cvijić, the precursor and founder of modern karst hydrology. In STEVANOVIĆ Z., & MIJATOVIĆ B., eds., Cvijić and Karst. Belgrade, *Serbian Academy of Science and Arts*: 348-364.
- MONROE W.H., 1966 - Formation of tropical karst topography by limestone solution and reprecipitation: *Caribbean Journal of Science*, 6: 1-7.
- OWEN D.D., 1856 - Report of the Geological Survey of Kentucky, Volume 1. Frankfort, Kentucky, *Geological Survey of Kentucky*: 416 pp.
- PANOŠ V., & STELCL O., 1968 - Physiographic and geologic control in development of Cuban mogotes. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 12 (2): 117-173.
- POISEUILLE J.M.L., 1846 - Recherches expérimentales sur le mouvement des liquides dans les tubes de très petits diamètres. *Académie de Sciences, Paris, Memoire 9*: 433-545.
- PRIESTLEY J., 1774 - Experiments and Observations on Different Kinds of Air, Volume 1. London, *W. Bowyer and J. Nichols*: 358 pp.
- PRIESNITZ K., 1974 - Lösungsraten und ihre geomorphologische Relevanz. *Abhandlungen Akademie der Wissenschaften in Göttingen, Mathematisch-Physikalische Klasse 3, Folge*, 29: 68-84.
- QUINIF Y., 1992 - Les variations paleoclimatique dans le domaine karstique intertropical: L'exemple du Bas Zaïre. In SALOMON J.-N., & MAIRE R., eds., Karst et Évolutions Climatiques. Bordeaux, France, *Presses Universitaires*: 115-134.
- RATHJENS C., 1951 - Der Hochkarst im System der klimatischen Morphologie. *Erdkunde*, 5 (4): 310-315, doi: 10.3112/erdkunde.1951.04.05.
- RHOADES R., & SINACORI N.M., 1941 - Patterns of groundwater flow and solution. *The Journal of Geology*, 49: 785-794, doi: 10.1086/625014.
- ROGLIC J., 1960 - Das Verhältnis der Flusserosion zum Karstprozess. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 4: 116-128.
- SALOMON J.-N., & MAIRE R., eds., 1992 - Karst et Évolutions Climatiques. Bordeaux, France, *Presses Universitaires*: 520 pp.
- SANDERS E.M., 1921 - The cycle of erosion in a karst region (after Cvijić). *Geographical Review*, 11: 593-604, doi: 10.2307/208252.

- SAWICKI L., 1909 - Ein Beitrag zum Geographischen Zyklus im Karst. *Geographische Zeitschrift*, 15: 185-204.
- SCHMIDL A., 1854 - Zur Höhlenkunde des Karstes. Die Grotten und Höhlen von Adelsberg, Planina und Lass. Vienna, *W. Braumüller*: 649 pp.
- SCHWARZENBACH G., 1957 - Complexometric Titrations. New York, *Interscience Publishers*: 490 pp.
- SHALER N.S., 1875 - On the antiquity of the caverns and cavern life of the Ohio valley. *Memoirs of the Boston Society for Natural History*, 2 (12): 355-363.
- SHALER N.S., 1887 - Caverns and cave life. *Scribner's Magazine*, 2: 449-472.
- SHAW T.R., 1992 - History of Cave Science: The Exploration and Study of Limestone Caves to 1900. Sydney, Australia, *Sydney Speleological Society*: 338 pp.
- SILLIMAN B., 1820 - A Journal of Travels in England, Holland and Scotland in the Years 1805 and 1806 (3rd ed.). New Haven, Connecticut, *Converse*: 309 pp.
- SMITH D.I., & ATKINSON, T.C., 1976 - Process, landforms and climate in limestone regions, In DERBYSHIRE, E., ed., *Geomorphology and Climate*. Chichester, UK, *John Wiley & Sons*: 369-409.
- STEVANOVIĆ Z., & MIJATOVIĆ B., eds., 2005 - Cvijić and Karst. Belgrade, *Serbian Academy of Science and Arts*: 405 pp.
- SWEETING M.M., 1958 - The karstlands of Jamaica. *The Geographical Journal*, 124: 184-199, doi: 10.2307/1790245.
- SWEETING M.M., 1966, The weathering of limestones, with particular reference to the Carboniferous limestones of northern England. In DURY G.H., ed., *Essays in Geomorphology*. London, *Heinemann*: 177-210.
- SWEETING M.M., 1973 - Karst Landforms. London, *Macmillan*: 362 pp.
- SWEETING M.M., 1976 - Present problems in karst geomorphology. *Zeitschrift für Geomorphologie, N.F.*, supplement, 26: 1-5.
- SWINNERTON, A.C., 1932, Origin of limestone caverns. *Geological Society of America Bulletin*, 43: 663-693, doi: 10.1130/GSAB-43-663.
- SWINNERTON, A.C., 1942, Hydrology of limestone terranes. In MEINZER, O.E., ed., *Hydrology*. New York, *Dover*: 656-703.
- THEIS C.V., 1936 - Ground Water in South-Central Tennessee. *U.S. Geological Survey Water Supply Paper*. 677: 182 pp.
- THORP J., 1934 - The asymmetry of the pepino hills of Puerto Rico in relation to the Trade Winds. *The Journal of Geology*, 42: 537-545, doi: 10.1086/624198.
- TIMEUS G., 1928 - Nei misteri del mondo sotterraneo. Risultati delle ricerche idrogeologiche sul Timavo 1895-1914, 1918-1927 (Alpi Giulie, v. 29). *Atti e Memorie della Commissione Grotte Eugenio Boegan*, 22: 117-133.
- TOLMAN C.F., 1937 - Ground Water. New York, *McGraw-Hill*: 593 pp.
- TROMBE F., 1951 - Les Eaux Souterraines. Paris, *Presses Universitaires de France*: 128 pp.
- TROMBE F., 1952 - *Traité de Spéléologie*. Paris, *Payot*: 376 pp.
- VON KNEBEL W., 1906 - Höhlenkunde mit Berücksichtigung der Kärstphenomena. Braunschweig, Germany, *Vieweg*: 222 pp.
- WARWICK G.T., 1953 - The origin of limestone caves. In CULLINGFORD C.H.D., ed., *British Caving* (1st ed.). London, *Routledge and Kegan-Paul*: 41-61.
- WARWICK G.T., 1962 - The origin of limestone caves. In CULLINGFORD C.H.D., ed., *British Caving* (2nd ed.). London, *Routledge and Kegan-Paul*: 55-82.

- WEYL P.K., 1958 - Solution kinetics of calcite. *The Journal of Geology*, 66: 163–176, doi: 10.1086/626492.
- WHITE W.B., 1984 - Rate processes: Chemical kinetics and karst landform development, In LAFLEUR R.G., ed., *Groundwater as a Geomorphic Agent*. London, *Allen & Unwin*: 227-248.
- WILLIAMS P.W., 1969 - The geomorphic effects of groundwater. In CHORLEY R.J., ed., *Water, Earth and Man*. London, *Methuen*: 269-284.
- WILLIAMS P.W., 1971 - Illustrating morphometric analysis of karst with examples from New Guinea. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 15: 40-61.
- WILLIAMS P.W., 1972a - Morphometric analysis of polygonal karst in New Guinea. *Geological Society of America Bulletin*, 83: 761-796, doi: 10.1130/0016-7606(1972)83 [761:MAOPKI] 2.0.CO;2.
- WILLIAMS P.W., 1972b - The analysis of spatial characteristics of karst terrains. In Chorley, R.J., ed., *Spatial Analysis in Geomorphology*. London, *Methuen*: 136-163.
- WORTHINGTON S.R.H., 2013 - Development of ideas on channel flow in bed-rock in the period 1850-1950. *Ground Water*, 51 (5): 804-808, doi: 10.1111/gwat.12063.
- YUAN D.X., 1981 - A Brief Introduction to China's Research in Karst. Guilin, Guangxi, China, *Institute of Karst Geology*: 35 pp.
- YUAN D.X., 1991 - Karst of China. Beijing, *Geological Publishing House*: 224 pp.
- ZHU X., 1988 - Guilin Karst. Shanghai, *Shanghai Scientific and Technical Publishers*: 188 pp.

Paolo Forti

Speleotemi non comuni osservati nel Puerto Princesa Underground River (Palawan, Filippine)

Riassunto - Il Puerto Princesa Underground River è una delle cavità più famose al mondo soprattutto per essere un enorme estuario sotterraneo e ospitare uno dei più complessi ecosistemi di grotta del mondo. Recentemente, però uno studio sistematico ha dimostrato che anche gli speleotemi ospitati sono di grande interesse sia scientifico che estetico. In particolare due tipi di concrezione (una “*vela con nervature*” e una eccentrica a forma di “*calice di cristallo*”) risultano essere del tutto nuove e vengono qui descritte assieme ad altri speleotemi che pur essendo già conosciuti in altre zone del globo qui raggiungono dimensioni e caratteristiche inusitate.

Parole chiave: Concrezionamento, nuovi speleotemi, Palawan, Filippine.

Abstract - The Puerto Princesa Underground river is one of the most renown caves of the world: its reputation mainly depends on the fact that this cave is a gigantic subterranean estuary and hosts one of the more complex cave ecosystems of the world. In the last few years a systematic study evidenced also the noticeable scientific and aesthetic peculiarities of its hosted chemical deposits. Among them two new types of speleothems (the *ribbed drapery* and the *crystal flute*) are worth of mention being absolutely novel for the cavern environment. In this paper beside these two new cave formations a few other speleothems are described which, even being already known from different caves worldwide, here reaches unusual dimensions and/or characteristics.

Introduzione

Il Puerto Princesa Underground River (PPUR) a Palawan nelle Filippine è una delle grotte più famose al mondo a causa di alcune peculiarità che la rendono assolutamente unica nel panorama carsico del nostro pianeta.

La cavità è infatti un enorme estuario sotterraneo navigabile, dove le maree si risentono per oltre 5 km al suo interno e, grazie anche all’abbondanza di supporto trofico, ospita, oltre a milioni di pipistrelli e di rondini, un ecosistema estre-

1) Istituto Italiano di Speleologia & La Venta Esplorazioni Geografiche, paolo.forti@unibo.it.

mamente vario e complesso in cui dominano animali predatori quali i serpenti (di cui molti velenosi) e i ragni giganti (migali).

La gran parte delle esplorazioni e degli studi su questa grotta sono stati fatti da speleologi italiani (in particolare di La Venta), che, da oltre 25 anni frequentano con continuità il carso di Palawan e questa incredibile grotta (PICCINI & ROSSI, 1994; PICCINI et al., 2007; DE VIVO & PICCINI, 2013; BADINO et al., 2014).

Le esplorazioni, dopo aver portato alla scoperta di enormi saloni e di oltre 32 km di gallerie, sono ben lungi dall'essere completate (DE VIVO et al., 2009; DE VIVO & FORTI, 2014). Nel frattempo si è studiata in dettaglio l'idrodinamica e l'idrochimica del PPUR in funzione dell'alternanza delle maree (BADINO et al., 2017; FORTI et al., 1993b; FORTI, 2014), si è iniziato lo studio biologico (SBORDONI, 2007), che ha già portato alla scoperta di alcune specie nuove per la scienza, e si sono osservati alcuni minerali nuovi per l'ambiente di grotta (FORTI et al. 1993a; FORTI & GALLI, 2012; BILLI et al., 2013).

Il concrezionamento, invece, non aveva attirato quasi per nulla l'interesse degli esploratori anche perché, almeno lungo il ramo principale, non era abbondante e vario, essendo essenzialmente rappresentato da banali, seppur mastodontiche formazioni stalagmitiche (Fig. 1), o da baldacchini aggettanti sul fiume, presenti questi ultimi essenzialmente nel primo tratto navigabile della cavità.



Fig. 1 - PPUR, Salone della Cattedrale: la grande stalagmite è attualmente inattiva per la maggior parte dell'anno, essendo interessata da stillicidio solamente durante o poco dopo le forti piogge. La sua evoluzione attuale è indotta essenzialmente dalla corrosione esercitata dalle deiezioni dei pipistrelli e delle rondini (foto Vittorio Crobu, La Venta).

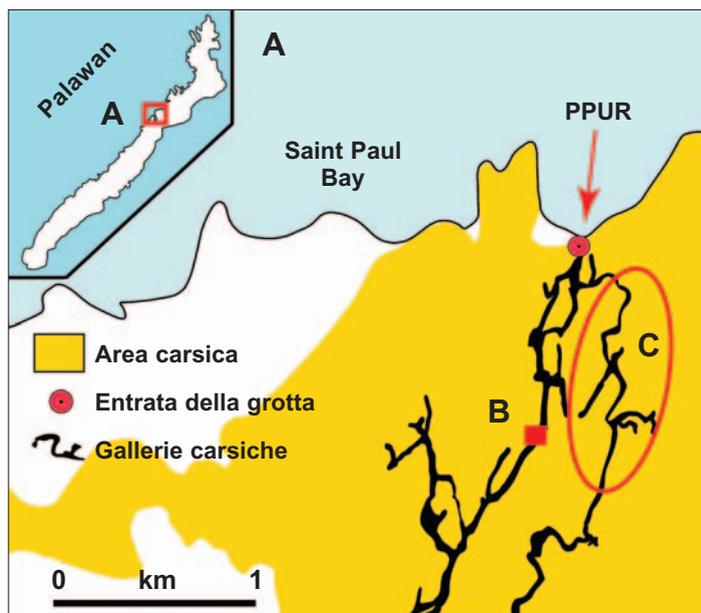


Fig. 2 - A: localizzazione e pianta schematica parziale del PPUR con riportati il luogo di rinvenimento della vela con nervature (B) e l'area (C) in cui sono state osservate tutte le altre concrezioni descritte in questo lavoro.

Pertanto solo recentissimamente (De Vivo et al., 2017) si è iniziato a studiare in dettaglio gli speleotemi, che si sono in verità dimostrati molto più interessanti di quanto ci si poteva aspettare: qui di seguito ne vengono brevemente descritti alcuni dei più rari sino ad oggi osservati (Fig. 2).

Uno solo di questi (la vela con nervature) si trova lungo il breve percorso turistico che si snoda nella prima parte dell'estuario sotterraneo, mentre gli altri cinque (i cristalli di calcite trasparente, le vaschette triangolari, le stalagmiti monocristalline, l'erba di grotta e il calice di cristallo) si trovano tutti nei rami alti, parzialmente esplorati da La Venta tra il 2011 e il 2016, ove si realizzano particolari condizioni ambientali che facilitano lo sviluppo naturale di concrezioni monocristalline davvero inusuali nei normali ambienti di grotta.

La vela con nervature

Il primo speleotema che ha attirato la nostra attenzione è stata una grande vela, che si è sviluppata lungo la grande galleria navigabile (*God's Highway*) a poco più di un chilometro dallo sbocco in mare del fiume sotterraneo.

Questa vela (Fig. 3) presenta simmetricamente, sulle sue facce laterali, degli ispessimenti improvvisi a formare come delle "nervature" suborizzontali, o leggermente inclinate verso l'alto, che la percorrono per tutto il suo sviluppo spaziale. Le nervature non potevano in alcun modo essere generate da apporti idrici differenti da quello che causava il flusso di acqua sulle facce laterali dello speleotema e, pertanto, bisognava capire come fosse possibile che la stessa acqua depositasse in punti ben definiti e costanti una maggior quantità di carbonato di calcio.

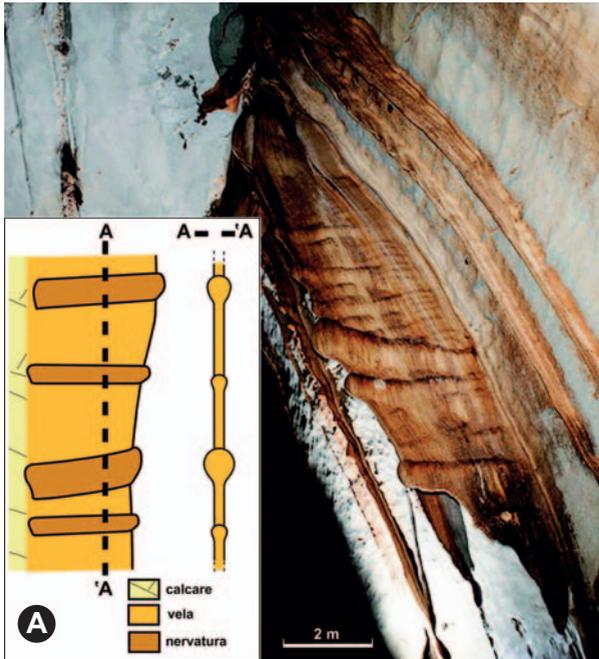


Fig. 3 - PPUR lungo la God's Highway: la grande "vela con nervature" (foto Natalino Russo, La Venta) e A: schema della struttura della vela (modificato da BADINO et al., 2016).

L'analisi di dettaglio (BADINO et al., 2016) ha permesso di scoprire che lo sviluppo delle nervature è da imputarsi esclusivamente al particolare regime idrico che caratterizza l'alimentazione di questa vela. Infatti per la stragrande maggioranza del tempo le sue facce laterali non sono alimentate per nulla, mentre durante i rari forti temporali, che caratterizzano la stagione delle piogge, il flusso d'acqua diviene improvvisamente turbolento, con conseguente creazione di specifiche zone in cui la sovrassaturazione risulta stabilmente più elevata, così da permettere una maggiore deposizione di carbonato di calcio e quindi l'evoluzione delle nervature stesse. Il processo di sviluppo delle nervature è poi autocatalitico: infatti una volta che sia iniziata la loro genesi, l'improvvisa variazione di acclività che si forma a livello della nervatura facilita l'ulteriore maggiore deposizione esattamente in quel punto.

Cristalli di calcite trasparenti

Dopo la risalita, che permette di arrivare dal fiume sotterraneo nei pressi dell'uscita ai rami alti all'inizio della Galleria dei 150 anni, vi è una zona intensamente concrezionata con colate e crostoni stalagmitici di un colore rosso mattone acceso (Fig. 4). Alla base di questi speleotemi vi sono diverse vasche al cui interno si sono sviluppati grandi cristalli di calcite del tutto trasparenti (Fig. 5).

La colorazione rossa delle grandi colate e dei crostoni stalagmitici è del tutto logica dato che si sviluppano per percolazione rapida di acqua che, provenendo dalla foresta pluviale sovrastante, è ovviamente ricca di acidi fulvici ed umici. Tali

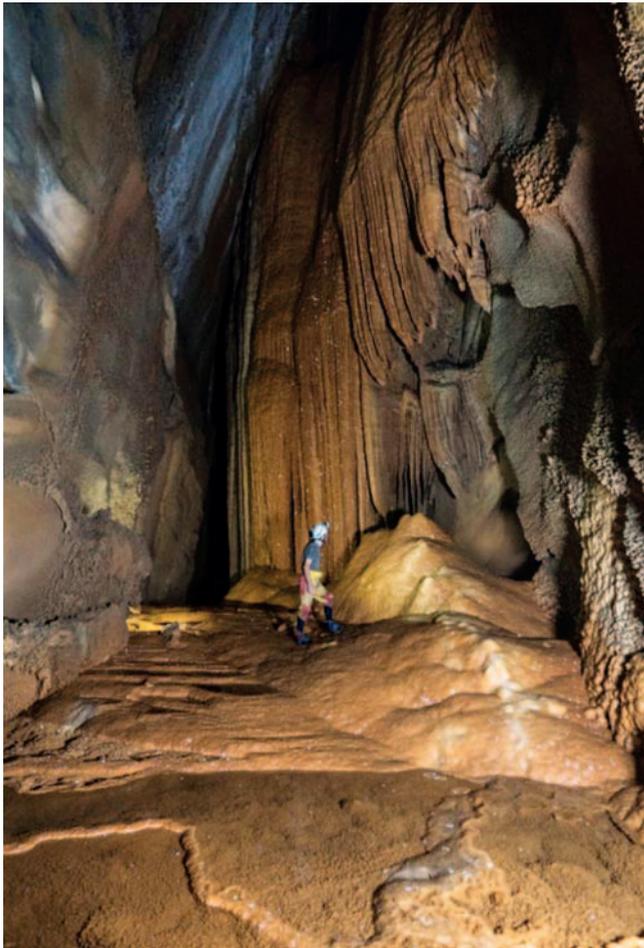


Fig. 4 - PPUR Galleria dei 150 Anni: le grandi colate rossastre (foto Alessio Romeo, La Venta).

acidi, essendo fortemente colorati di rosso-bruno se vengono inglobati da concrezioni di calcite (minerale trasparente), danno loro un colore che, in funzione della loro concentrazione relativa, va dal giallo pallido al rosso bruno scuro (HILL & FORTI 1997).

Ma perché nel PPUR i macrocristalli di calcite, che sono alimentati praticamente dalla stessa acqua, sono invece perfettamente trasparenti? La spiegazione è data dalla velocità di sviluppo: molto rapida per le concrezioni, sicuramente lenta o molto lenta per i cristalli.

È noto infatti che il processo di cristallizzazione tende ad espellere dal reticolo cristallino tutte le eventuali impurezze presenti nell'acqua di alimentazione e più lenta è la cristallizzazione più pura è la sostanza che precipita. Già questo ci spiega la colorazione più chiara delle concrezioni di fondo della vaschetta, che evidentemente crescono ad una velocità molto inferiore delle grandi colate e costoni stalagmitici.

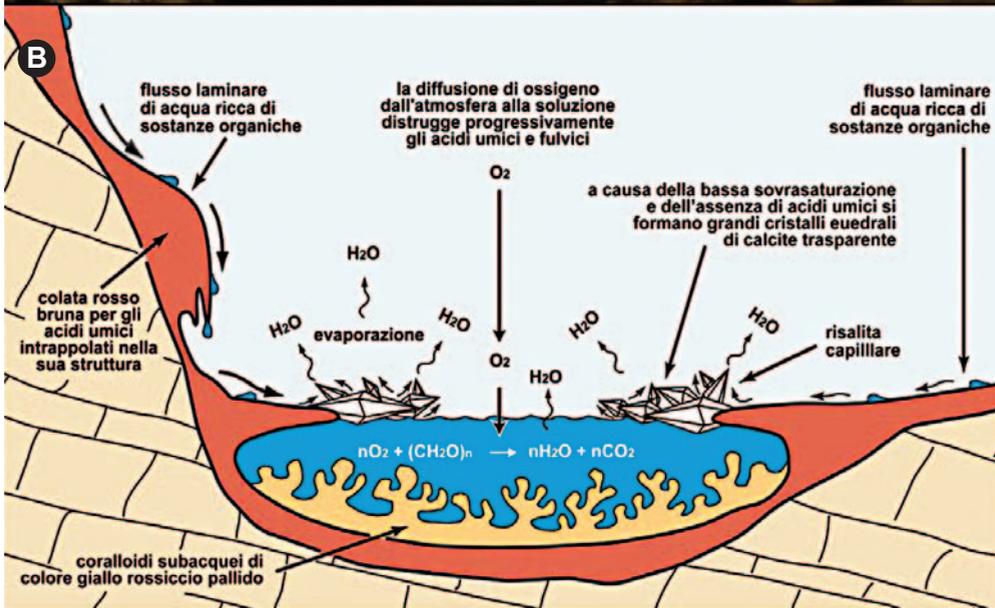


Fig. 5 - PPUR, Galleria del 150 anni: A) la vaschetta bordata da grandi cristalli di calcite trasparenti (foto Alessio Romeo, La Venta); B) schema evolutivo.

Ma l'assoluta purezza e trasparenza dei macrocristalli di calcite è dovuta anche ad un altro fattore fondamentale: la progressiva ossidazione degli acidi umici e fulvici al contatto con l'atmosfera di grotta.

I cristalli infatti si accrescono essenzialmente per risalita capillare e lenta evaporazione: pertanto strati molto sottili di acqua sono a contatto con l'atmosfera di grotta per un tempo relativamente lungo, favorendo così il processo ossidativo che rapidamente distrugge le molecole organiche colorate.

Per quanto detto, l'effetto combinato della ossidazione e della cristallizzazione lenta permettono quindi di avere reticoli cristallini perfetti e senza impurezze inglobate: pertanto i cristalli di calcite risultano perfettamente trasparenti anche in un contesto di concrezioni fortemente colorate di rosso.

Vaschette triangolari

Sono state osservate solamente in alcune zone dei nuovi rami che si dipartono del *Gaia Branch*. Si tratta di piccole vaschette a forma di piramide triangolare rovesciata, ognuna costituita da una struttura monocristallina di calcite (Fig. 6): tali speleotemi sono già stati descritti in altre grotte del modo (HILL & FORTI 1997), anche se si tratta di forme molto rare a causa della necessità di ben precise condizioni al contorno per la loro genesi.

In particolare è necessario che vi sia una alimentazione rapida, che porta a riempire le depressioni del terreno con acqua non necessariamente sovrassatura, a cui segue un periodo sufficientemente lungo di assenza di alimentazione, per



Fig. 6 - PPUR, Gaia Branch: vaschette triangolari (foto Alessio Romeo, La Venta).

cui si innesca il processo di risalita per capillarità ed evaporazione sul bordo esterno delle depressioni medesime. L'evaporazione però deve essere sufficientemente lenta da impedire la nuova nucleazione: in questo modo si formeranno solo strutture monocristalline.

In pratica la sovrasaturazione è tale da permettere la deposizione di calcite solo lungo il bordo prominente della depressione, mentre al centro della vaschetta non si può formare il deposito.

In questo modo la struttura cristallina che si sviluppa non è euedrale ma a tramoggia: in pratica crescono solo le facce esterne dello scalenoedro di calcite, mentre all'interno il cristallo rimane vuoto.

Inizialmente il processo di risalita capillare ed evaporazione sul bordo superiore dura un tempo molto piccolo, dato che l'acqua immagazzinata nella depressione è molto poca e quindi, in breve tempo, si giunge ad un momentaneo stop nell'evoluzione di queste forme, che riprendono a crescere solo dopo che l'acqua di infiltrazione a seguito di una nuova pioggia, riempiendo le depressioni, innesca nuovamente il processo.

Con il progressivo innalzamento delle pareti esterne aumenta di conseguenza la quantità d'acqua che può essere immagazzinata all'interno del cristallo a tramoggia, e quindi rende sempre più lunghi i successivi periodi di crescita delle vaschette triangolari.

L'allargamento progressivo verso l'alto di questi speleotemi è poi la conseguenza diretta del fatto che la lenta evaporazione avviene solo dalla sommità del bordo superiore e pertanto la deposizione deve necessariamente seguire la struttura del cristallo scalenoedrico di calcite, allargandosi quindi progressivamente ma mantenendo la simmetria triangolare.

Nel caso però che le condizioni ambientali locali varino, permettendo una evaporazione più veloce allora la sovrasaturazione all'interno delle depressioni diventerà più elevata, favorendo quindi la nuova nucleazione con sviluppo di una normale concrezione invece che una struttura monocristallina. A questo punto, allora, le vaschette triangolari progressivamente si trasformeranno in semplici gour microcristallini, che oltretutto tenderanno a svilupparsi solo verso l'alto e non ad allargarsi progressivamente non seguendo più la forma del cristallo scalenoedrico della calcite.

Se poi la sovrasaturazione aumenterà ulteriormente, allora la deposizione avverrà anche all'interno delle vaschette che progressivamente si riempiranno di depositi, trasformandosi così in un banale crostone stalagmitico

Le stalagmiti monocristalline

A poche centinaia di metri dalle vaschette triangolari è stato scoperto e parzialmente esplorato un nuovo ramo (*Carlita's Branch*), al cui interno è presente un concrezionamento molto ben sviluppato e vario tra cui sono state notate una

serie di stalagmiti triangolari (Fig. 7) assolutamente non comuni, seppur già descritte in altre grotte del modo (HILL & FORTI, 1997).

Si tratta di strutture monocristalline di calcite che morfologicamente sono l'esatto opposto delle vaschette triangolari appena descritte: sono infatti piramidi col il vertice verso l'alto e del tutto piene.

La loro genesi, comunque, richiede condizioni al contorno simili a quelle delle vaschette per quel che concerne la sovrasaturazione, che deve rimanere bassa per evitare che la nuova nucleazione possa comprometterne la struttura monocristallina. Anche in questo caso l'evaporazione è probabilmente il processo dominante, anche se non è possibile escludere un certo apporto dalla diffusione della CO_2 dalla soluzione all'atmosfera di grotta.

Nel caso delle stalagmiti, però, però l'alimentazione deve essere molto più costante, dato che non vi è la possibilità di formazione di un "serbatoio di acqua", che possa garantirne l'alimentazione in periodi di secca.

Infine, sicuramente, il gocciolamento non deve essere troppo violento, altrimenti sarebbe possibile che, a causa dell'impatto, e della conseguente formazione di goccioline da splash, invece di una terminazione singola si vadano sviluppando più terminazioni, che comunque sempre conserveranno la struttura monocristallina dello speleotema, che non dipende dall'energia dell'acqua di alimentazione ma dalla sua energia di cristallizzazione, che è a sua volta controllata dalla sovrasaturazione.



Fig. 7 - PPUR, Carlita's Branch: Gruppo di stalagmiti monocristalline triangolari (foto Vittorio Crobu, La Venta).

Erba di grotta

Questo particolare tipo di speleotema (Fig. 8) è stato osservato nella galleria dei 150 anni. In pratica si tratta di eccentriche monocristalline di calcite, apparentemente prive di canalicolo interno di alimentazione (antoditi), che presentano uno sviluppo essenzialmente subverticale. Analoghe forme erano già state osservate in altre grotte (HILL & FORTI, 1997), ma quelle del PPUR risultano essere a tutt'oggi le più grandi e sviluppate al mondo.

La mancanza di un canalicolo centrale implica che queste eccentriche monocristalline si sviluppino esclusivamente per la risalita capillare di acqua che evapora a livello della loro sommità: infatti la struttura in parte "erratica" dell'erba di grotta non è assolutamente compatibile con uno sviluppo dovuto ad un eventuale gocciolamento dal soffitto. Per la loro genesi è dunque necessario che, a livello del pavimento, vi sia la possibilità di un parziale accumulo di acqua in sedimenti porosi da cui poi viene rilasciata progressivamente per capillarità: in questo modo l'alimentazione alla base degli speleotemi viene mantenuta per un periodo ragionevolmente lungo anche dopo la fine della precipitazione piovosa. L'eccezionale sviluppo in altezza dell'erba di grotta del PPUR è dovuta poi al fatto che quella zona è caratterizzata da fortissime correnti ascensionali, indotte dalla differente densità dell'aria nella grotta, soprattutto nei periodi immediatamente successivi ad un forte temporale, che facilitano la risalita capillare sulla superficie esterna delle eccentriche fino ad oltre un metro di altezza.



Fig. 8 - PPUR Galleria dei 150 anni: visione generale dell'erba di grotta (foto Roberto De Luca, La Venta).

Il calice di cristallo

Questo particolarissimo speleotema (attualmente, a nostra conoscenza, unico al mondo) (Fig. 9) è stato notato durante l'esplorazione delle Gallerie dei 150 anni.

La sua struttura, che ricorda da vicino quella di un bicchiere da champagne, è costituita da una parte inferiore strutturalmente simile ad una cannula, che però si è sviluppata dal basso verso l'alto, su cui si è impostata una vaschetta romboidale molto sottile e allungata.

Data la sua unicità (anche durante l'ultima spedizione del 2016 non è stato possibile trovare una concrezione analoga) si è deciso di non campionarla e pertanto la sua descrizione morfologica e genetica è stata fatta basandosi esclusivamente sulle fotografie.

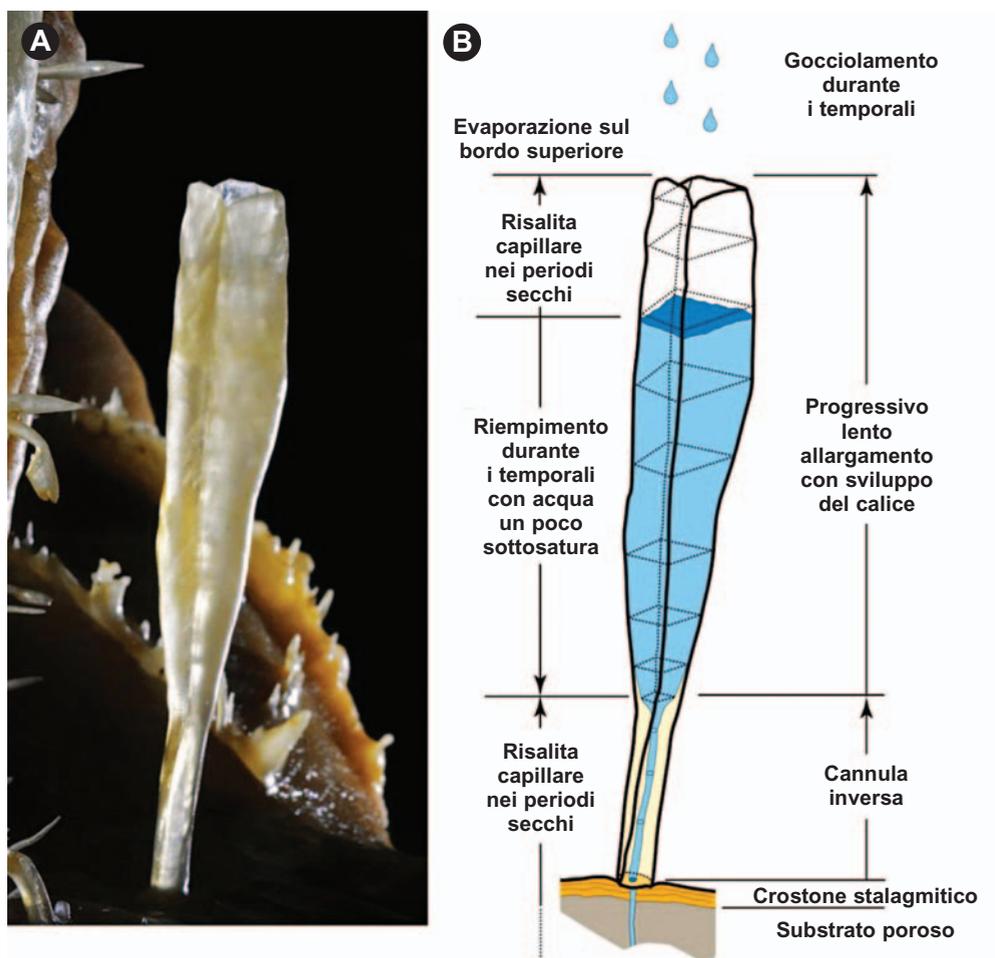


Fig. 9 - PPUR, Galleria dei 150 Anni: A: il calice di cristallo, eccentrica monocristallina di calcite (foto Alessio Romeo, La Venta); B: struttura interna e meccanismo evolutivo.

Il peduncolo è essenzialmente costituito da una struttura di calcite macrocristallina il cui diametro esterno, per uno sviluppo di circa 5 cm, è assolutamente analogo a quello delle normali stalattiti tubolari.

Al suo interno sembra esserci un canalicolo di alimentazione di cui però è impossibile definire il diametro solo sulla base delle foto a nostra disposizione. Tale canalicolo alimentava la cannula inversa grazie all'acqua che veniva immagazzinata all'interno di un substrato poroso (sabbia e/o argilla) presente al di sotto del sottile strato di concrezione su cui la cannula si è sviluppata.

Il fatto però che il diametro esterno della cannula inversa sia costante e analogo a quello delle normali tubolari ci porta a ritenere che l'alimentazione fosse abbastanza da permettere, almeno saltuariamente, la fuoriuscita di acqua della sua sommità, permettendo così allo speleotema di svilupparsi con un diametro costante e corrispondente alla goccia di equilibrio.

Sopra il peduncolo inizia la formazione del calice, altro circa 15 cm, che, in realtà, è costituito da due strutture a sezione triangolare in parte coalescenti. Il netto cambio morfologico che è avvenuto a livello nel punto di inizio dell'allargamento romboidale ci suggerisce un concomitante cambio radicale nell'alimentazione dello speleotema: si dovrebbe infatti essere passati da una circolazione ascendente all'interno del gambo a una prevalentemente discendente dovuta alla cattura di uno gocciolamento (o due) direttamente dal soffitto o da un'altra concrezione sviluppatasi sempre al di sopra del calice.

L'alimentazione per gocciolamento, a differenza di quella dal basso, è però attiva solamente durante le grandi piogge e nei brevi periodi immediatamente successivi a queste ultime e permette pertanto che si instauri un processo di risalita capillare ed evaporazione assolutamente analogo a quello descritto precedentemente per le vaschette triangolari. L'evoluzione porta quindi allo sviluppo di una piramide rovesciata cava e a base romboidale.

A differenza delle vaschette monocristalline, in questo caso la struttura è molto più affusolata e le pareti esterne sono molto più sottili: il motivo di questa struttura più delicata è da ascrivere da un lato alla condizione di partenza (lo spessore della parete esterna della cannula prima dell'allargamento apicale) e dall'altro al fatto che, con ogni probabilità, durante i temporali l'acqua che riempie il "calice" inizialmente è parzialmente sottosatura e pertanto è in grado di sciogliere gli eventuali allargamenti apicali che si fossero sviluppati durante il processo di risalita capillare e di evaporazione attivi nei periodi secchi.

Seppure la ricostruzione genetica appena fornita sia coerente con la forma dello speleotema e con il clima di Palawan, una conferma definitiva si potrà avere solo se in un futuro più o meno lontano saranno ritrovate altre concrezioni dello stesso tipo in un numero tale da rendere accettabile il sacrificio di una di loro per la sua analisi di laboratorio.

Conclusioni

Anche se solo da poco si è iniziato ad analizzare in dettaglio il concrezionamento del Puerto Princesa Underground River, questa grotta si è dimostrata essere estremamente interessante anche dal punto di vista degli speleotemi ospitati.

In questa cavità, infatti, si trovano alcune concrezioni che, pur essendo conosciute da tempo a livello mondiale, sono assolutamente rare e in alcuni casi (come per esempio per le eccentriche monocristalline “*erba di grotta*”) nel PPUR si trovano di gran lunga le più sviluppate ad oggi note. Inoltre sono stati osservati due speleotemi che attualmente sono del tutto nuovi a livello planetario: la “*vela con nervature*” e “*il calice di cristallo*”.

Allo stato attuale praticamente tutte le concrezioni presentate in questo lavoro devono la loro genesi ed evoluzione al particolare clima di Palawan che è caratterizzato da una alternanza di una stagione secca e una stagione delle piogge, queste ultime sempre molto intense ma di breve durata.

Considerato che lo studio del concrezionamento ha riguardato per ora solo una piccola parte del sistema carsico è molto probabile che in un prossimo futuro altri speleotemi interessanti saranno trovati.

Ringraziamenti

Si ringrazia la Tagbalay Foundation per il lungo lavoro che ha permesso al Progetto Plawan di venire finanziato dall'*Italy-Philippines Debt for Development Swap Program*, la Municipalità di Puerto Princesa e la Direzione del Parco del PPUR per aver facilitato in ogni modo il lavoro all'interno del PPUR e le Guide del Parco per il costante aiuto fornito in grotta. Infine, questo lavoro non sarebbe stato possibile senza l'apporto entusiastico di tutti i soci di La Venta.

Bibliografia

- BADINO G., DE VIVO A., FORTI P. & PICCINI L., 2014 - Puerto Princesa Underground River 2015: un nuovo salto di qualità delle attività di La Venta. *Kur*, 21: 43-45.
- BADINO G., DE VIVO A. FORTI P., & PICCINI L., 2017 - Puerto Princesa Underground River (Palawan, Philippines): some peculiar features of a high energy, tropical coastal karst system. *Geological Society of London*: submitted.
- BILLI S., FORTI P., GALLI E. & ROSSI A., 2013 - Robertsite: un nuovo fosfato di grotta scoperto nella Tagusan Cave (Palawan - Filippine). *Congresso Nazionale di Speleologia, Trieste 2011*: 306-311.
- DE VIVO A. & PICCINI L. (eds), 2013 - The River of Swallows. *La Venta*, 87 pp.
- DE VIVO A. & FORTI P. (eds), 2014 - Puerto Princesa Underground River (Palawan Philippines): geological sketch, plan view, projected section and main points of interest (1991-2011). *Map, supplement to Kur*, 21.
- DE VIVO A., FORTI P. & PICCINI L., 2017 - Support for sustainable eco-tourism in PPUR (Puerto Princesa Underground River) - project 2016-2017. *International Congress of Speleology, Sidney, July 2017*, in press.

- DE VIVO A, PICCINI L. & MECCHIA M., 2009 - Recent explorations in the St. Paul karst (Palawan, Philippines). *Proc. XV International Congress of Speleology, Kerville, Texas (USA), July 19-26 2009*, vol. 3: 1786-1792.
- FORTI P. (ed.), 2014 - Puerto Princesa Underground River (Palawan, Pilippines). Bathimetric, Hydrochemical, Hydrodynamical, and climatological data (1990-2011). *Map, supplement to Kur*, 21.
- FORTI P., BADINO G., CALAFORRA J.M, & DE WAELE J., 2016 - The ribbed drapery of the Puerto Princesa Underground River (Palawan, Philippines): morphology and genesis *International Journal of Speleology*, 46: 93-97.
- FORTI P. & GALLI E., 2012 - Un eccezionale scrigno mineralogico. *Kur*, 18: 14-15.
- FORTI P., GORGONI C., ROSSI A. & PICCINI L., 1993b - Studio Mineralogico e Genetico delle pisoliti nere della Lyon Cave (Palawan-Filippine). *XVI Congr. Naz. Spel., Udine 1990*, vol.1: 59-72.
- FORTI P., PICCINI L., ROSSI G. & ZORZIN R., 1993a - Note preliminari sull'idrodinamica del sistema carsico di St. Paul (Palawan, Filippine). *Proc. European Conference on Speleology. H el ecine (Belgium), 1992, Bulletin Soci et  G eographique de Liège*, 29: 37-44.
- HILL C. & FORTI P., 1997 - Cave minerals of the world. *National speleological society*, Huntisville, 464 p.
- PICCINI L. & ROSSI G., 1994 - Le esplorazioni speleologiche italiane nell'Isola di Palawan. *Speleologia*, 31: 5-61.
- PICCINI L., MECCHIA M., BONUCCI A. & LO MASTRO F., 2007 - Recent speleological explorations in the St. Paul Karst. Technical Notes. *Kur*, 9.
- SBORDONI V., 2007 - Life in caves. *Kur*, 9: 14-15.

Bruno Pani[†]

Il mio approccio al Circolo Speleologico: appunti e ricordi

Nel numero del 2016 di Mondo Sotterraneo abbiamo pubblicato un breve ricordo di Bruno Pani, rimandando a questo numero un meritato approfondimento.

Sapevamo che stava mettendo per iscritto i suoi ricordi e preparando un suo intervento sull'evoluzione della speleo-subacquea friulana di cui è stato un precursore, ma il nostro "teorico" ha pensato bene di proteggere i suoi file nel computer con password sicuramente non vulnerabili da hacker dilettanti.

Malgrado tutto, siamo riusciti a mantenere, almeno parzialmente, le nostre promesse pubblicando alcuni brani che mi aveva inviato nel tempo, quando gli chiesi "fatti vissuti" per iniziare una puntuale ricostruzione della storia del nostro sodalizio.

Il primo capitolo, da Bruno stesso intitolato "approccio", fornisce l'idea della meticolosità con la quale stava descrivendo tutto il suo passato speleologico ...ma non desistiamo con i tentativi di forzatura del suo scrigno.

Ho chiesto aiuto a Federico Savoia e Luigi Tardivello per tracciare, seppure a grandi linee, la sua attività di sub, sia in grotta che, soprattutto, quella di istruttore.

I testi, senza una continuità cronologica sono vengono accompagnati da foto d'epoca appartenenti all'archivio CSIF ed ad alcuni paleo-soci.

Umberto Sello

Per comprendere il complesso di sensazioni e impressioni associate alla mia "iniziazione" al C.S.I.F. occorre che descriva il contesto in cui mi trovavo all'epoca e le mie prime esperienze speleologiche.

Premessa: le mie esperienze pregresse

Nel 1958, ai primi di Agosto, la mia famiglia fu trasferita a Udine da Rieti (ove risiedevamo da meno di un anno, dopo aver abitato a Roma per diversi anni).

Io e mio fratello Renato a Roma, assieme ad alcuni amici, con equipaggiamenti ben lontani dai requisiti minimi richiesti⁽¹⁾ avevamo esplorato grotte orizzontali di notevole sviluppo - e anche di una certa complessità - lungo l'alveo incassato dell'Aniene (poco prima della confluenza col Tevere) a Nord-Est di

1) Indossavamo indumenti usati e adoperavamo, anche per tre-quattro ore di permanenza, piccole torce elettriche portandoci - fortunatamente! - pile di scorta.

Roma. Si tratta della zona dove la via Salaria raggiunge (o meglio raggiungeva!) l'allora estrema periferia della città (ora estesasi per almeno altri dieci chilometri) vicino a Villa Ada.

Allora la zona era letteralmente coperta da una baraccopoli-bidonville del tutto simile a quelle della città sudamericane: baracche di legno e lamiera, spesso di cartone catramato (dato il clima abbastanza dolce) senza servizi igienici, abitate in buona parte da sottoproletariato (costituito da persone che però avevano un lavoro seppur misero) e in parte da persone che vivevano di espedienti...sacche comunque di miseria e di ignoranza a contatto con le quali si correva un qualche rischio... Per avere un riferimento si pensi all'ambiente umano descritto da Pasolini in "Accattone" o - meglio - nel suo "Ragazzi di vita".

Bene, le aperture delle grotte che esploravamo erano su una scarpata che costituiva il confine naturale di tale area, che dovevamo quindi attraversare per raggiungere gli ingressi! I quali erano quasi sempre sub-orizzontali in discesa, ed erano i naturali depositi di ogni tipo di rifiuto della bidonville, oltre che latrine collettive a integrazione di quelle di cui erano dotate le baracche, latrine che erano costituite, quasi sempre, da una buca recintata che veniva gradualmente... colmata.

È facile quindi immaginare che l'addentrarsi nella grotta fino a profondità igienicamente accettabili comportava difficoltà, chiamiamole pure di natura tecnica ma non certo squisitamente speleologica. Iniziando dall'attraversamento della bidonville, dove, con l'istinto comportamentale che avevano naturalmente acquisito i giovani della mia generazione (per le esperienze umane vissute, sia pure da bambini, durante la guerra e il dopoguerra!) riuscivamo a tenere in modo spontaneo atteggiamenti idonei a farci accettare senza particolari reazioni in quell'ambiente degradato in cui eravamo comunque degli intrusi almeno fastidiosi...

In quel periodo al cinema vedemmo un documentario²⁾ girato da un gruppo speleologico del Trentino: ci avevano impressionato gli equipaggiamenti individuali: tuta, cinturone, torcia da 40 cm appesa alla vita (al Circolo apprendemmo poi che tale mezzo, molto scenico, per la sua fragilità era inutilizzabile e da bandire!), acetilene, elmetto bianco, fanalino frontale, numero dello speleologo scritto sul fianco dell'elmetto assieme al prefisso PIP(istrello).

Il documentario, troppo ingenuamente concepito nel tentativo di mostrare in modo avvincente una scoperta-esplorazione avventurosa, mostrava un'impresa di questo gruppo che, ricercando ossa di *ursus spelaeus* in una caverna (ovviamente con ampia esibizione di uno scheletro quasi completo ovvio ritrovamento della spedizione!) sente un soffio d'aria in un'innocente fessura laterale.

2) Allora nei cinema la proiezione dei film era intercalata da documentari sui temi più strani, per nulla collegati al soggetto del film proiettato!

Di lì scoperta di una prosecuzione con pozzi (pronte le scalette!), fiume sotterraneo (pronti i canotti, ovviamente al seguito come se si trattasse di una pila di riserva) fino ad arrestarsi, solo momentaneamente arresi, di fronte a una cascata che - almeno al momento - era impossibile risalire. La sfacciata falsità della "scoperta-casuale-con-esplorazione-avventurosa" documentata non mancava di provocare ilarità generale, stimolata dagli arguti commenti di cui la cultura romanesca è prodiga. Ma comunque, per noi, era stato entusiasmante vedere equipaggiamenti e tecniche di esplorazione avanzate e avvincenti anche se in una vicenda taroccata. Qualcosa del genere - ma realistico - dovevamo trovarlo pochi anni dopo al Circolo!

In quel periodo tentammo anche qualche contatto con un gruppo speleologico operante nella Capitale (mi sembra fosse lo Speleo Club Roma) ma - come spesso per le associazioni delle grandi città - l'ambiente era abbastanza esclusivo: presentazioni, curriculum, dotazione personale adeguata etc..

Trasferitici a Udine nel 1958, dopo qualche giorno mio fratello contattò (in base ad accordi presi da tempo) un suo amico di Roma la cui famiglia paterna - trapiantata da vari decenni a Roma - era di Paluzza, ove avevano mantenuto la casa avita, e dove veniva tutti gli anni almeno per le ferie estive.

Costui, con cui abbiamo perso poi tutti i contatti, ci propose una due-tre giorni di escursioni che dovevano cominciare (come fu) con una visita alle Grotte/miniere di Timau, per poi proseguire verso Monte Croce Carnico, raggiungere il Marinelli, pernottare, fare il Coglians e rientrare.

Cosa che avvenne, sia pure con un giorno in più per il maltempo. Spostamenti Udine-Paluzza e viceversa: in corriera, ovviamente...

In quella circostanza, con i pochissimi risparmi delle mie finanze di studentello spiantato, acquistai il primo embrione di equipaggiamento escursionistico: un paio di pedule di pezza (le più economiche esistenti, che mi servirono per diversi anni!) in un negozietto quasi di fronte alla vecchia pescheria (il proprietario mi sembra fosse Barducci) e uno zaino semplicissimo (anche questo il più economico) senza bastino, ovviamente, e col fondo a busta da Fioretti in via Vittorio Veneto. Non avevo ancora scoperto Fiascaris (quello di allora, che trattava indumenti ed equipaggiamenti ex-militari, grezzi, economici ma molto funzionali), cui fui introdotto dal Circolo Speleologico, del quale Fiascaris fu fornitore di riferimento per molti anni.

Il mio approccio alle grotte del Friuli non avvenne quindi attraverso il Circolo Speleologico, ma ...privatamente,

La visita alle Grotte/miniere di Timau fu interessante e richiese anche un certo impegno tecnico (per la mia esperienza di allora): ricordo una piccola arrampicata che bisognava fare per superare un gradone di tre - quattro metri, un cunicolo-quasi-camino con una pendenza di una cinquantina di gradi da risalire, etc.

Non trovammo un pozzo descritto dal Lazzarini (e dato come inesplorato) su "In Alto" che eravamo riusciti a consultare alla S.A.F. per la circostanza. Ricordo ancora con piacere la cordiale e amichevole accoglienza che ebbe mio fratello (forestiero e non iscritto!) quando chiese di poter consultare la rivista nella collezione storica...

Questo avveniva a cavallo del ferragosto del '58 (giorno in cui fummo in vetta al Coglians).

La prima uscita col C.S.I.F.

Nel '59, mentre mio fratello si era trasferito subito di Università iscrivendosi a Trieste, io avendo esami da recuperare senza frequenze, restai iscritto a Roma. Mio fratello faceva il pendolare Udine-Trieste e fra i gli studenti che come lui facevano la spola conobbe Valerio Barbina e apprese che era speleologo. Dalle descrizioni di Valerio apprese di attrezzature e tecniche che per noi appartenevano a un altro mondo e che ci ricordavano quanto avevamo visto nel documentario a Roma.

Mio fratello fu invitato da Valerio a partecipare a un'uscita nella primavera del '59. L'uscita fu - lo ricordo ancora - alla grotta del Canal di Grivò. Con tanto di immersione in acqua per superare una zona allagata. Ho invitato mio fratello a scrivere un ricordo di quell'uscita.

La mia prima uscita avvenne qualche mese dopo. Anch'io avevo avuto occasione di conoscere Valerio, il quale mi disse - se la cosa mi interessava - di presentarmi a nome suo una certa mattina alla sede del Circolo, davanti al Museo di Storia Naturale (la cui sede era allora l'Ospedale Vecchio, accanto alla ex chiesa di San Francesco). Questo doveva avvenire tra fine Luglio - inizio Agosto del '59.

Ricordo nettamente che davanti al Museo incontrai - per primo - Franco Moro, con un paio di calzoncini corti ex militari opportunamente adattati alla sua taglia (46?, forse anche più piccola!), forse a torso nudo, con l'elmetto bianco scrostato in testa. Presentatomi, con una specie di grugnito mi impose "Vieni a caricare!". E si avviò su per la scala d'accesso al Museo, dove, dopo le sale del primo piano, c'era un ripostiglio con le attrezzature del circolo. Strabillato vidi tre tipi di scaletta (superleggera, leggera, normale: vedremo di cosa si trattava e i parametri di riferimento per definire la "leggerezza"!⁽³⁾), numerose matasse di corda di canapa di manila a fibra lunga, qualche elmetto, molte lampade ad acetilene etc. etc.

3) Non so se esista ancora al Circolo un campionario completo dei tipi di scaletta allora in uso. Le scalette superleggere avevano i pioli in tubo d'alluminio, cavetti da 5 mm ed erano in spezzoni da 5 metri. Quelle leggere cavetti da 6 mm, pioli quadrati in carpino ed erano in spezzoni di 10-12 metri. La larghezza dei pioli non la ricordo ma era identica a quella delle superleggere e più stretta rispetto alle scalette normali. Le scalette normali avevano cavetti da 8 mm (non credo di sbagliare), piolo esagonale (o ottagonale?) in carpino ed erano in spezzoni di 20 metri. La costruzione autarchica delle scalette (in cui mi impegnai molto in seguito) richiedeva una certa abilità e richiederebbe una trattazione a sè.



Sul cassone del camion militare, da sinistra: Valerio Barbina, Bruno Pani, Rodolfo Piccaro (?) e Paolo Massa. Sul pianale il famoso cane Speleo e - forse - il cane di Piccaro.

Con un altro grugnito seguito da una bestemmia esortativa Franco mi disse “...Prenditi un elmetto!!”⁽⁴⁾

Il camion militare⁽⁵⁾ (OM Leoncino: OM CL 4x4 in gergo militare) della Divisione Mantova ci aspettava all'ingresso. Nel frattempo erano arrivati altri due parteci-

4) Si trattava degli elmetti da parata del U.S. Army, realizzati in bachelite (materiale oggi scomparso) armati da tessuto sintetico cui i soldati, in caso di impiego, sovrapponevano un'identica calotta d'acciaio. Tali elmetti hanno comunque protetto le nostre teste per molti anni, e posso assicurare che pesavano meno e avevano un fattore effettivo di protezione superiore a quelli di molti elmetti da lavoro certificati ora in uso. Erano verniciati di bianco, avevano un pipistrello sul davanti e sul fianco il logo CSF (non CSIF!!) adattato dentro un cerchio.

5) L'Istituto Geografico Militare - IGM richiedeva la collaborazione dei gruppi speleologici per avere informazioni sulle cavità al fine di un loro interesse militare. Ciò era particolarmente importante in zone di confine caldo come la nostra. In cambio di tale collaborazione l'Istituto dava la disponibilità (attraverso i reparti militari presenti nel territorio) di un automezzo militare per le missioni o anche altro supporto logistico. L'opera del Circolo è sempre stata particolarmente apprezzata: così qualche settimana dopo, ad esempio, in una (per me) memorabile spedizione non avemmo difficoltà nell'ottenere dal Genio Militare scale a baionetta che usammo per raggiungere un ingresso alto. In una spedizione sul Mataiur usammo muli militari con relativi conducenti per il trasporto materiali.

panti: Paolo Ippoliti “Paoletto” e Dino Chiappa. Ci raggiunse poi un quinto: francamente non ricordo se fosse Nino Colle (più probabile) o Ennio Budai.

Destinazione prima: la voragine del Rio di Costaverde.

Il responsabile della spedizione (Franco Moro in questo caso) prendeva posto accanto all'autista per indicargli la strada, Tavoleta IGM alla mano⁶⁾.

Imparai subito, nonostante il breve tragitto, la difficoltà del camminare in pendii non sempre agevoli portando sulle spalle e sul collo un rotolo da 20 metri di scaletta da tenere fermo con le due mani: la cosa non agevola certamente la respirazione (non a caso la crocifissione determinava la morte per asfissia!). Paradossalmente, era meno disagiata portarle se si aveva anche uno zaino cui poggiare il rotolo!

Vidi come si imbracava la scaletta a un ancoraggio sicuro e come la si doveva calare per evitare aggrovigliamenti (impossibili in quel caso perché il pozzo d'accesso è a bottiglia). La voragine è costituita da due pozzi di 36 e 38 metri. Se ben ricordo.. Dino Chiappa (!!) e il quinto (Nino Colle?) scesero il primo pozzo assieme a Paoletto e Franco Moro, che proseguirono per il secondo nell'intento di fare un rilievo accurato (mancava) e verificare se il bacino d'acqua al fondo del pozzo fosse acqua morta ristagnante o avesse una prosecuzione attiva. Anche dalle risultanze di successive spedizioni pare si trattasse del secondo caso.. se così è (non so quali altri accertamenti siano stati fatti negli ultimi decenni) ho il rimpianto di non aver provato a verificarne la prosecuzione quando negli anni successivi fui il primo speleosub del Circolo (nella preistoria di tale attività..). Io quindi restai fuori per assicurare l'ultimo a scendere nel primo pozzo e il primo a risalire: quello con più esperienza, Franco Moro, avendo la comitiva qualche legittimo dubbio sull'affidabilità della sicurezza fatta da un neofita. Franco mi aveva insegnato, con una sequenza di bestemmie didattiche, a mettermi nella posizione giusta per fare “sicura” senza molto attrito per la corda e senza il rischio di essere trascinato in caso di caduta dell'assicurato. Io, d'istinto, mi ero posizionato sul pendio a valle dell'imbocco (per sicurezza: un eventuale trascinamento per caduta dell'assicurato avrebbe dovuto farmi risalire il pendio) ma questo, ovviamente, creava un attrito notevole nello scorrimento della corda. Franco, dopo un'altra serie di bestemmie (più pedagogiche), mi fece posizionare a monte dietro la roccia cui era imbragata la scaletta, sulla quale potevo puntarmi.

Mentre Dino Chiappa e il quinto uomo attendevano l'esplorazione del secondo pozzo da parte di Franco e Paoletto, il tempo fu impiegato in uno scambio scherzoso-provocatorio fra me (fuori) e Dino (sul fondo del primo pozzo) di epiteti in

6) Oh le vecchie stupende tavolette IGM 1:25000 a tre colori che l'Istituto ci forniva gratuitamente!! Le piegavi, prendevano la pioggia, le sporcavi di fango e non si rovinavano e restavano sempre leggibili!! Cosa questa che constatai anche nell'addestramento avanzato che feci nella mia esperienza militare. Le carte Tabacco attuali le apri e le chiudi due volte e si spezzano lungo la piega!!

romanesco (allora era la mia parlata di provenienza: ma fu lui a iniziare!) cui seguì una cantata a tre a squarciagola, con forte amplificazione delle voci nel pozzo. Qualche mese prima Modugno aveva vinto per la seconda volta consecutiva Sanremo con “Piove” e la versione del testo era stata boccaccescamente adattata da Dino. Risaliti i quattro esploratori mi fu prestato un cinturone e, dopo avermi assicurato, mi fu concesso di scendere per qualche metro il pozzo. Non avevo ancora la tuta militare che era l’abbigliamento tecnico-protettivo per le esplorazioni. Ovviamente mi furono fatte cinque raccomandazioni diverse su tecniche, posizioni, movimenti etc. I suggeritori erano per fortuna solo quattro... Comunque prevalse d’autorità l’imposizione di Franco che disse “D.. ..e, si fa così E BASTA!!!”

Il mio training continuò con l’apprendere come si recupera e si riavvolge (“far su”) una scaletta e come si fa altrettanto con la corda (cosa che parzialmente già conoscevo). Tornati al camion, scaricammo i materiali e proseguimmo a piedi per la vallata per raggiungere il Foran des Aganis.

A distanza di decenni sto considerando che, in cinque, avevamo trasportato (oltre all’equipaggiamento individuale):

- Quattro rotoli di scaletta da 20 metri; - Due matasse di corda; - Cavo di imbragamento e moschettoni; - Tre lampade acetilene con relativa scorta di carburante; - Mazzetta e un po’ di chiodi da roccia forgiati (si portavano sempre al seguito).

Raggiunto il Foran, percorremmo fino al fondo la breve grotta d’uscita attiva in un nugolo di pipistrelli. Probabilmente il motivo della visita era osservare la mia reazione (non l’ho mai saputo..). I pipistrelli furono in seguito attori di uno scherzo alla “Amici miei”.. ma eventualmente ne parleremo in altra occasione⁽⁷⁾. Come, del resto, la zona d’ingresso della voragine del Rio di Costaverde fu in seguito teatro di uno degli episodi più gustosi fra quelli di cui Bernardo Paguro fu protagonista⁽⁸⁾. Il Foran des Aganis fu anche, molti anni dopo, teatro della mia prima esplorazione speleo-sub⁽⁹⁾.

7) *n.d.r.* Fra le varie vicende goliardiche che puntreggiano la vita del CSIF (ma - riteniamo - di tutti i sodalizi speleologici e non) ci è stato raccontato come i pipistrelli raccolti (servivano per un innellamento, ci pare organizzato dal Museo di Genova) fossero molto più dei necessari per cui quelli in eccesso vennero liberati... al cinema Margherita di Tarcento durante la proiezione di un film. I pipistrelli non erano allora fauna protetta dalla Direttiva Habitat e, in ogni caso, pensiamo che l’eventuale reato sia oramai prescritto!

8) *n.d.r.* Si tratta probabilmente di quando Bernardo Chiappa - rimasto incastrato in un pozzo - venne imbragato e “tirato su a peso” con il risultato di vari strappi alla tuta mimetica e, soprattutto, numerose escoriazioni. Possiamo immaginare la scena e ...le diverse invocazioni!

9) A completamento delle note riportate l’amico Luigi Tardivello illustra la carriera sub di Bruno: ha iniziato come allievo di 1° grado nel corso 12/01/1972 organizzato dalla Società Subacquei G.Tardivello con esami fatti a Trieste, ha poi conseguito i brevetti di 2° e 3° grado negli anni 1973/74 con il Club Subacqueo Udinese. Frequentando i corsi per istruttori a Nervi e ha conseguito i brevetti di istruttore di 1-2° e 3° grado negli anni 1973-1976-1978. Nel 1983 gli è stato rilasciato dalla Sede Fips di Roma su proposta della Scuola di Udine per la capacità e la collaborazione il Brevetto di Maestro d’immersione (va tenuto presente che i brevetti di maestri in Italia erano dati con il contagocce e a Udine i Brevetti sono stati 3: n°3 Tardivello, n°4 Cesca e n°5 Pani).

Non ricordo dove ci fermammo a mangiare: era tradizione portarsi ovviamente al seguito il necessario ma fermarsi in un'osteria -ove allora era abbastanza normale che gli avventori potessero mangiare al sacco, magari integrando con qualche piatto di soppressa o di formaggio ...o una pastasciutta; d'inverno, polenta. Ovviamente il vino era richiesto comunque e consumato in dosi industriali.. in tanti anni non ho mai visto nessuno bere una Coca Cola, un'aranciata o qualche altra schifezza: era a stento tollerata la birra. Altre abitudini che appresi fin da quella prima uscita:

- le sigarette che si fumavano (quasi tutti eravamo fumatori, magari occasionali) dovevano essere rigorosamente Alfa o Gauloise (si trattava di un tabacco secco, fortissimo anche se meno dannoso delle attuali Marlboro);
- guai a lavarsi le mani prima di mangiare;
- infine era vivamente raccomandato non separare ciò che ci si era portato da mangiare, ma preparare il "panino-totale-alla-Franco-Moro". In cosa consisteva?



Sul camion militare (1959-60): da sinistra Bruno Pani, Paolo Ippoliti con il cane speleo, Bernardo Chiappa, Valerio Barbina, Nino Colle e Franco Moro; dal camion spunta l'autista Fenu (foto R. Moro).

Prendiamo i generi-tipo che ci si portava al seguito: pane, carne in scatola o tonno o sardine, eventualmente qualche affettato, formaggio, cioccolata, frutta in barattolo (in genere ananas). Si apriva il panino e si ponevano - uno strato sopra all'altro - i vari ingredienti, cioccolata e frutta compresa. Non mancava mai la grappa e si aggiungeva una spruzzata di questa. Si chiudeva il panino e si mangiava.

Ad ogni boccone c'era un po' di tutto e i sapori si mescolavano in bocca.. ma in fondo la rinomata cucina cinese non è basata sulla mescolanza della totalità dei sapori? Ovviamente mi fu concesso/imposto il favore/obbligo di bagnare la mia prima uscita.

Dopo mangiato, Paoletto propose di raggiungere Obenetto, sulla strada - allora sterrata - che nella Valle del Corizza collega Clodig con Drenchia e il passo Solaria perché sapeva che ivi vi erano diverse piante di prugne abbandonate dai proprietari (che conosceva) che ben gradivano che qualcuno raccogliesse direttamente i frutti. Il camion militare, paradossalmente rispetto alle severissime regole che ne regolavano rigidamente gli spostamenti in servizio, quando si spostava su richiesta dello IGM per nostre "missioni" aveva itinerari abbastanza liberi: bastava che si facesse firmare il foglio di marcia presso una Stazione Carabinieri con la presenza di qualcuno del Circolo che segnava l'itinerario svolto. Le richieste che dovevano essere inoltrate, mi pare, una settimana prima, proprio per tale motivo, indicavano missioni molto generiche ("esplorazione cavità in zona Povoletto-Cividale e valli ivi confluenti").

Con un itinerario abbastanza lungo raggiungemmo Obenetto e facemmo il pieno di prugne. Al ritorno vi fu un'immane altra sosta all'osteria: non ricordo dove, ma mi pare a Scrutto. Non ricordo - ma probabilmente fu così - se fu in questa tappa e non a pranzo che dovetti bagnare la prima uscita.

Il rientro comportò (cosa che mi colpì moltissimo) il mettere rigorosamente a posto i materiali lasciando il magazzino in perfetto ordine, la spunta su un registro dei materiali rientrati (preventivamente registrati in uscita).

Vi fu anche un consultivo informale della giornata, soprattutto propedeutico agli incarichi di relazione/rilievo che venivano affidati: qualcosa che potrebbe assomigliare a un debriefing in versione paesana.

Che sensazioni riportai da quella prima uscita? Senz'altro di essere entrato in contatto con una struttura solida, non improvvisata, dotata di mezzi adeguati, che aveva una forte esperienza e tradizione (allora non avevo la minima idea della storia del Circolo!). Senz'altro di avere un rafforzato interesse per l'attività. Senz'altro di un contesto umano molto essenziale nei rapporti, tutt'altro che esente da rudezza in cui non mi sarebbe stato facile inserirmi se non dopo una gavetta molto lunga che mi sarebbe stata imposta.

Senz'altro mi stimolò il desiderio di avere, con quella struttura e quei mezzi, esperienze esplorative entusiasmanti, paragonabili a quelle - sia pure taroccate



Di ritorno da una spedizione di scavo al Ciondar des Paganis (Borgo Poiana, fra il 1959 e il 1963) da sinistra Franco Moro, Bernardo Chiappa, Paolo Rapuzzi, Paolo Sassano, Adriano Del Fabbro, Maria Teresa Moro, Sergio Polo, Paolo Paiero, sotto Dino Pitt, Bruno Pani, un ragazzino di Poiana e Renzo Moro (foto R. Moro).

- che avevo visto nel documentario sopra citato.. non avrei pensato che qualcosa di molto vicino l'avrei potuto vivere col Circolo qualche settimana dopo!!

La serata di presentazione a Nimis: una rassegna - anche - di preziose testimonianze sull'evoluzione della tecnica esplorativa subacquea, fra memorie personali

La riuscitissima serata svoltasi a Nimis per presentare il lavoro sul complesso Vigant - Pre Oreak, è stata una rassegna di testimonianze una più avvincente dell'altra. Prima fra tutte il lucidissimo rendiconto - circostanziato e dettagliato quanto coinvolgente - di De Beni sulle prime spedizioni nel Viganti!

Ma anche la parte storica documentale-fotografica sull'esplorazione del sifone finale condotta da valle (Pre Oreak), fino alla sua forzatura definitiva ha avuto, almeno per gli addetti ai lavori (mi riferisco agli speleo sub storici, categoria cui appartiene chi scrive!) un interesse tutt'altro che trascurabile.

Perché, anche se ciò non è percepito dai più, nelle foto proiettate si vedono alcuni cambiamenti chiave nella tecnica esplorativa subacquea delle grotte, che hanno segnato veri e propri passaggi generazionali. Tali passaggi sono stati

segnati in parte dall'evoluzione delle attrezzature, in parte dal metodo usato. Un passaggio generazionale è stato costituito dall'introduzione delle mute in neoprene umide in sostituzione di quelle di foglia di lattice di gomma, che nulla avevano a che vedere con le moderne mute stagne: nelle foto proiettate si vede tale cambiamento.

Le mute di cui parliamo erano in due pezzi e la loro vestizione richiedeva l'aiuto di due persone pratiche. I due pezzi erano costituiti dalla parte superiore testa-braccia-tronco e da quella inferiore vita-gambe-piedi (i calzari erano in pezzo unico con le gambe come nelle moderne mute stagne); per mantenere la tenuta stagna fra le due parti, queste venivano sovrapposte all'altezza della vita e ripiegate più volte a zig zag sopra un anello rigido di gomma (armata con un tondino interno di metallo), dotato di un solco lungo il perimetro-circonferenza esterno: ovviamente l'anello di taglia unica doveva essere dimensionato per essere infilato attorno alla vita anche ai sommozzatori più corpulenti; dopo tale sovrapposizione, un grosso anello elastico di caucciù (ci volevano due persone a dilatarlo!) veniva a stringere le due parti sovrapposte della muta attorno all'anello rigido interno già descritto in modo da tenere il tutto stretto e pressato dentro al solco esterno.

L'ingombro attorno alla vita scoraggiava il passaggio attraverso qualunque sezione che non fosse più che ampia.. per non dire delle difficoltà di zavorramento (non ricordo neppure come si ancorasse la cintura coi piombi, dato l'ingombro alla vita!), la zavorra necessaria era enorme (l'aria che restava inclusa nella muta era notevole!), le variazioni di assetto difficilmente controllabili, e dato che venivano usate con l'ARO⁽¹⁰⁾ si doveva ricorrere al sacco-polmone di questo per compensare l'assetto inevitabilmente negativo (per riduzione di volume dell'aria dentro la muta!) solo a qualche metro di profondità - non dirò nulla sullo squilibrio di assetto fra le varie parti del corpo - a dieci metri circa di profondità la muta finiva per aderire in massima parte al corpo e le pieghe che si formavano (ho dimenticato di dire che era abbondante e non aderente all'atto delle vestizione!) nonostante la grossa combinazione di lana aderente al contatto delle pelle, diventavano veri e propri coltelli soprattutto nelle gambe! Quindi non ci si spingeva a profondità molto superiori non tanto per i limiti imposti dall'uso dell'ARO ma per la sofferenza!

L'introduzione delle mute umide in neoprene (nella presentazione si vede tale passaggio da un'esplorazione all'altra) ha fatto segnare un enorme passo avanti nell'ingombro, nella facilità di movimenti e nel controllo dell'assetto.. ma tali mute erano in generale sottili (mai più di 5 mm!) non felpate all'interno, indossate ovviamente a contatto con la pelle e quindi così difficili da vestire che spesso erano suddivise in molte parti (da sovrapporre opportunamente per qualche centimetro: corpetto, cappuccio con collare, bracciali, calzoni a mezza coscia, gambe, calzari ...tutto in parti separate!). Non essendo felpate la loro vestizione

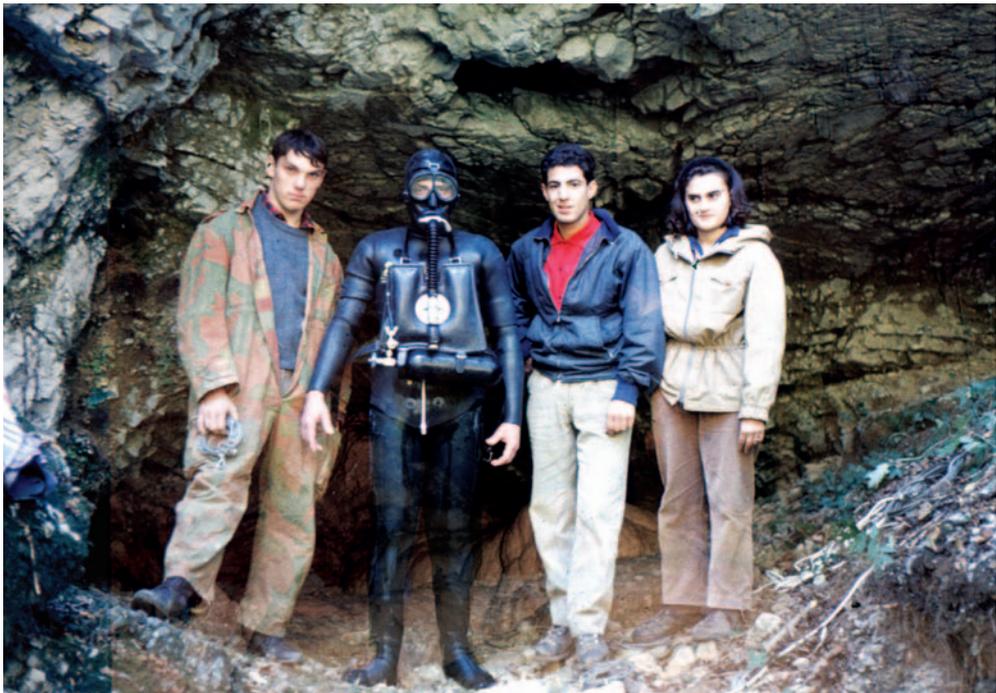
10) Auto Respiratore Ossigeno per i non addetti ai lavori!

richiedeva abbondantissimo uso di talco (ricordo che ne portavo al seguito quasi mezzo chilo!). La mobilità era decisamente migliorata (sganciando il sacco polmone dalla vita e protendendolo avanti alla testa, come ebbi occasione di fare al Foran di Landri nell'agosto del 1964, si passava agilmente attraverso strettoie), il controllo dell'assetto anche ...ma quanto freddo!

Infatti il neoprene, abbastanza sottile, era a cellula aperta (una sorta di spugna) e l'acqua penetrava facilmente, oltre che attraverso questo, attraverso le giunzioni delle parti componenti.

Il primo avanzamento concreto nel sifone del Pre Oreak lo si deve all'uso di questa muta (oltre che alla capacità degli esploratori!) che ha consentito di avanzare fino alla famosa strettoia (chi scrive si era fermato a questa, risultava però che prima del superamento finale - che resta comunque una grande impresa - fosse stata "addolcita"!).

Ma la rassegna di foto illustra un cambiamento di metodo apparentemente trascurabile per chi non lo ha vissuto o per i non addetti ai lavori, ma che è stato cruciale per l'evoluzione dell'avanzamento soprattutto in acque torbide (sempre, nei sifoni tipo Pre Oreak!). Il cambiamento cioè del sistema d'uso della sagola-guida per il sommozzatore (filo d'Arianna essenziale per il ritorno in acque ferme, ove il latte di roccia e il fango sollevati all'andata riducono la visibilità a pochi



Dopo il primo tentativo di superare sifone della Buse da l'Ors in Val Cornappo (1966-67): da sinistra Leo Feregotto, Bruno Pani, Dino Pitt e Maria Teresa Moro (foto R. Bardelli).

centimetri!). Il cambiamento riguarda il passaggio nell'uso della sagola dal sistema "filato dall'esterno" al sistema di svolgimento/riavvolgimento da apposito rocchetto direttamente da parte del sommozzatore.

In un primo tempo si pensava di vincolare il sommozzatore a una sagola guida (questa talvolta veniva ragionevolmente assicurata con uno scorsoio al polso, ma talvolta veniva addirittura legata all'attrezzatura) e questa veniva filata dall'esterno, tenuta sempre in leggera tensione.

Questo comportava: - che l'attrito aumentava all'avanzare del sommozzatore; di conseguenza oltre una certa lunghezza chi era all'esterno perdeva la sensibilità alla velocità di avanzamento e il sommozzatore d'altro canto sentiva un ostacolo crescente al suo avanzamento; - che la sagola tendeva a mettersi, per effetto delle tensioni, lungo la linea di minimo percorso.

Il secondo problema comportava talvolta suspense drammatici al ritorno. Immaginiamo una sezione stretta a forma romboidale, molto allungata orizzontalmente o verticalmente, ove il passaggio è possibile solo al centro. Per effetto della tensione, se le due parti della galleria a monte e a valle non sono sullo stesso asse (come normalmente avviene!) al ritorno, con visibilità zero, il sommozzatore si trovava all'improvviso a sbattere contro una fessura impraticabile entro la quale era finita la sagola che lo collegava all'esterno.. se chi recuperava la sagola, inconsapevolmente, non si rendeva conto che il sommozzatore si era arrestato e continuava la trazione, questo imbarazzava ulteriormente il sommozzatore nelle decisioni da prendere e lo ostacolava negli spostamenti trasversali che - se aveva presenza di spirito - doveva effettuare per ritrovare il punto giusto della sezione "momenti di ...imbarazzo"!

L'uso del rocchetto eliminava completamente tali inconvenienti: apparentemente più lento (il sommozzatore aveva un compito in più) dava tuttavia maggior sicurezza: il sommozzatore poteva fissare speditivamente (un mezzo collo intorno a un masso o una sporgenza: altro compito in più) lungo il percorso la sagola nelle posizioni più opportune che gli consentivano, anche con visibilità zero, di ritrovare il percorso esattamente attraverso i passaggi che aveva scelto all'andata.

Inoltre, con tale metodo, nelle immersioni in coppia (senza le quali non avrebbero potuto compiersi le esplorazioni più importanti) era consentito al secondo utilizzare agevolmente la sagola guida, alla quale era assicurato "a teleferica" mediante un moschettone al polso; facendo scorrere questo lungo la sagola, poteva allontanarsi o avvicinarsi al compagno senza intralciarlo ed eliminando comunque il rischio perdere il contatto. La fase finale dell'esplorazione del Pre-Oreak è stata svolta con tale metodo. I passaggi evolutivi sopra indicati, e rappresentati nella sequenza del foto-documento, si ritiene che nel loro complesso abbiano rappresentato nell'attività speleo sub un cambiamento paragonabile a quello che, nell'esplorazione verticale, ha rappresentato il passaggio dalla scaletta alla corda statica.

Nota finale. Quanto sopra esposto riguarda esclusivamente la tipologia di esplorazione di grotte sommerse orizzontali o sub-orizzontali, in generale anguste, poco profonde e con acque non correnti.

Per altri tipi di esplorazione subacquea (es. grotte risorgenti a grande volume d'acqua corrente, tipo Goriuda; pozzi verticali di grande profondità tipo Gorgazzo) i progressi evolutivi sono stati determinati, oltre che da quanto descritto, da molti altri fattori.

Le prime esplorazioni a “valore aggiunto” del Foran di Landri: cronache di un protagonista dell'epoca basate sulla nostalgia della gioventù e sul ricordo sempre vivo

La prima ripetizione (dopo De Gasperi) dell'esplorazione della saletta superiore

Le mie prime uscite al Circolo (domanda d'iscrizione inoltrata - su proposta di Franco Moro - ma non ancora formalmente accettata) ...la mia gioventù remota ...22 anni ...l'esplorazione della saletta superiore del Foran di Landri, alla mia seconda o terza uscita: la cosa mi fece toccare il cielo con un dito!!!

Quel giorno avevamo fatto un'altra grotta verticale - non ricordo quale - in zona. Eravamo Franco Moro, capospedizione, Ennio Budai, Paolo Ippoliti, io e un certo D: personaggio tutt'altro che adatto alla speleologia rude di allora, lamentoso, viziato scansafatiche anche quando la sua pur limitata attitudine alle attività fisiche di un certo impegno gli avrebbero consentito di fare qualcosa ...fra l'altro mi si dice che anche nella vita non abbia concluso un granché. Comunque dovevamo andare al Foran des Aganis non ricordo perché (forse per verificare l'entità della colonia di pipistrelli sempre presente). Dalla carta IGM il Foran di Landri risultava raggiungibile, sia pure con difficoltà, dal Foran des Aganis.

Quindi ci caricammo attrezzature individuali, attrezzature fondamentali per una normale esplorazione speleologica (“carbure” e carburo, mazzette, scaletta, braga, moschettoni, chiodi, corde che servivano per la manovra delle scale) e in più quattro scale a baionetta del Genio Militare, e raggiungemmo (prima tappa) il Foran des Aganis. Fatto quello che dovevamo fare, cominciammo il percorso per raggiungere il Foran di Landri. Percorso difficile, ripido, quasi sempre a contatto con la parete, coperto da macchia. Dino Pitt e il suo machete non era ancora al Circolo quindi, per liberare il percorso dalla vegetazione, usavamo le baionette di cui eravamo tutti congruamente dotati.

La manovra migliore risultò quella del passamano a catena mobile: ci scagliavamo lungo il percorso individuato come migliore, chi era più in basso passava la scala a quello subito sopra e appena lasciata la scala partiva per portarsi in testa pronto a ricevere la scala che, lungo la catena, era risalita ovviamente con più lentezza...

Non fu certo un'impresa facile né riposante, intercalata dai piagnistei di D. che invocava un aiuto da "Paolino" (Paolo Ippoliti, allora diciassettenne o giù di lì, era noto nell'ambiente come "Paoletto" ma D. non lo aveva afferrato) provocando le bestemmie-rampogna di Franco (seguite da una promessa-minaccia di farlo rotolare a calci fino al camion militare - che ci attendeva al ponticello - alla successiva lamentela...). Ma quando arrivammo al Foran, già tardi quasi a buio, ci sentivamo esaltati per il coronamento dello sforzo..

Fu laborioso montare le scale: se ben ricordo le montammo a terra e le innalzammo gradualmente, poggiandole sulla parete, sollevandole vicino alla parete il più possibile anche con delle pertiche tagliate all'uopo e spingendole alla base fino a che l'estremità libera fu in grado di scorrere sulla parete e di far raggiungere alla scala una posizione quasi verticale.

Le scale non arrivavano esattamente all'imboccatura: anche quasi verticali, tenute dal basso, bisognava, dall'ultimo gradino, superare una piccola pancia leggermente strapiombante rispetto al termine delle scala di oltre 1 metro. Vi riuscì Paolo Ippoliti - non so come - poi trovò all'interno un ancoraggio per un chiodo da roccia a cui non ricordo se fu ancorata una scaletta o semplicemente una corda per consentire a tutti il superamento del tratto finale oltre la scala fissa.

Non disponevamo di un cordino per lasciare il richiamo per armare agevolmente il percorso in successive spedizioni. Il primo tratto del cunicolo, inoltre, era impraticabile anche per Franco Moro (magrissimo): non capisco come sia potuto passare il De Gasperi. Dovemmo lavorare di mazzette per rimuovere una lunga appendice bassa per fortuna staccata dal pavimento. Raggiunto l'interno, ci sembrò toccare il cielo con un dito per la bellezza dello spettacolo (l'avventura della salita laboriosa, la scoperta, la bellezza del risultato!) tanto più che si intravedeva una prosecuzione ... non sapevo, allora, che non eravamo i primi esploratori ma solo i ripetitori: ma l'emozione fu impagabile comunque!

Nello smontare le scale pensammo bene di legare una corda al piolo più in alto per fare cerniera alla base e accompagnare le scale innestate fino a terra ma superati i 45° non eravamo abbastanza lontani (per gli spazi limitati) per reggere lo sforzo senza la giusta inclinazione (posizionandoci più in alto della scala!) e le scale piombarono fragorosamente a terra: quella centrale trovò appoggio su un masso e si spezzò ...mascherammo bene l'incidente al Genio Militare attribuendolo a possibile difetto di fabbricazione della scala (figurarsi, con la severità di collaudi di allora dell'Esercito e del Genio in particolare!) e la cosa fu accettata!! La discesa fino al camion militare fu laboriosa ma più agile perché trovammo uno scivolo per legname ripidissimo che da vicino alla grotta arrivava fino alla sottostante mulattiera, non lontano dal camion militare.

Arrivammo a casa in prossimità della mezzanotte coi familiari in moderata preoccupazione: rifocillatomi (adeguatamente!) mentre facevo il bagno a

immersione nella vasca (cambiamenti di costume: allora lo si preferiva alla più funzionale oltre che igienica doccia!) mio padre volle sentire il resoconto dell'impresa che mi aveva tanto entusiasmato.. poi appresi che non ero l'unico ad avere i familiari interessati - anche se moderatamente - alle avventure dei figli!

La successiva spedizione per attrezzare la risalita

La successiva spedizione, con l'intento specifico di armare un ancoraggio per consentire dal basso la risalita con mezzi speleo (scaletta) avvenne nel '65. Ovviamente, rivisitando anche accuratamente la scaletta.

Il Circolo si era dotato di palo per la risalita "alla francese": un set i tubi per ponteggio innestabili, di lunghezza trasportabile, per una dozzina di metri lineari di lunghezza (con spine di irrigidimento delle giunture e morsetti) che venivano montati e innalzati dal basso con ancorata all'estremità superiore una scaletta speleo per consentire il raggiungimento di aperture alte. Conoscevamo la tecnica dai manuali francesi (Martel, Casteret), ma l'avevo vista applicata solo a Trieste, quando avevo partecipato al 2° Corso della Scuola Nazionale di Speleologia del CAI. Il camion militare non c'era più: motivi assicurativi non consentivano di fare utilizzare i mezzi militari a terzi. Iniziavano le prime sporadiche disponibilità delle utilitarie familiari, eccezionalmente concesse ai figli!

Quindi un gruppetto costituito da E. Moro, D. Pitt, B. e R. Pani, e altri⁽¹¹⁾ utilizzando la "tecnica francese" raggiunsero nuovamente l'entrata superiore preoccupandosi essenzialmente di lasciare un robusto ancoraggio con cordino di richiamo che consentisse dal basso di attrezzare agevolmente la salita con idonei mezzi (scalette speleo o corda). Manovra che fu subito provata. Le due estremità libere del cordino vennero lasciate ben separate a congrua altezza fuori della portata di stupidi curiosi pronti a fare il danno per manovrarlo senza motivo particolare.

Qualche anno dopo ci accorgemmo che le nostre precauzioni erano state inutili: qualcuno aveva maldestramente tentato di tirare giù in parte il cordino, intrecciandone le due estremità libere, una delle quali non più materialmente raggiungibile perché troppo in alto. Non so come fu risolto dopo il problema della risalita da chi negli anni Ottanta completò esplorazione e rilievo della parte superiore. Fu interessante la manovra di smontaggio del palo: si usò il cordino per calare l'estremità superiore del palo che fu quindi smontato agevolmente a terra.

11) Uno dei partecipanti, Robi Morassutti, qualche mese dopo moriva tragicamente con la propria 500 in incidente stradale il mattino del primo giorno in cui andava a prendere servizio a Pordenone come Sottotenente di Complemento (di leva) nei Bersaglieri. Era grande amico di Dino Pitt. Proprio la 500 di Robi servì a portare il fascio di tubi per ponteggio verticale a fianco del guidatore nella macchina decapottata.

Il primo forzamento del sifone

L'acqua non mi aveva e non mi ha mai creato problemi. Praticavo la subacquea - in apnea - fino dai 15 anni. La fisiologia respiratoria e la tecnica di utilizzo del respiratore a ossigeno le conoscevo: da militare nel corso incursori un po' di pratica l'avevamo fatta. Non avevo certo esperienza sufficiente per imprese avanzate, ma sicurezza e autocoscienza del rischio (ma soprattutto controllo del comportamento) ne avevo abbastanza per tentare quello che mi affascinava troppo: scoprire cosa c'era al di là dell'acqua in cui terminavano molte, troppe grotte della regione. L'attività speleosub era all'inizio, e a Trieste, dove esisteva già una pattuglia di Speleo-sommozzatori esperti (Cobol, Tomei, Kozic e altri) avevano ancora un mare di problemi nelle proprie grotte per interessarsi al Friuli.

Così decisi di tentare il sifone del Foran. Con qualche risparmio avevo acquistato una muta scomponibile (corpetto, cappuccio, pantaloni, calzari, bracciali erano indipendenti) di neoprene bipelle (liscio dai due lati) da 5mm. Non esistevano ancora mute felpate, e per vestirle bisognava intalcarsi (mezzo chilo di talco ogni volta), restando, alla svestizione, tutti impiestrati di poltiglia bianca. Le giunzioni nelle parti indipendenti creavano infiltrazioni d'acqua non certo calda. Per non danneggiare la muta, sopra a questa si metteva quella di tela.

Una prima volta saggiai il cunicolo del sifone in apnea, per vedere come si sviluppava e individuai che dopo due o tre metri, dopo una strettoia, si allargava in una specie di saletta circolare sommersa con la volta a circa -3 di profondità.

Ci organizzammo quindi per una spedizione col respiratore a ossigeno che ottenni in prestito non so per quale via da un subacqueo di Mestre, ove prestavo servizio militare. Ero in licenza di convalescenza per gli esiti di una frattura procuratami in lancio col paracadute. Il gruppo era costituito da Esa Moro (aveva disponibilità della R4 familiare: meravigliosa macchina per gli speleologi!), Dino Pitt, forse Walter Pitt, il sottoscritto. Oltre all'immane cane Speleo. Non essendo dotato di fotocamera subacquea (allora costosissime) avevo chiuso la mia normale Canon7 (la Leica giapponese) in un bidoncino da latte a tenuta stagna nell'intento di fotografare ciò che avessi trovato in un eventuale prosecuzione asciutta.

Nella zavorratura non avevo tenuto conto della spinta del contenitore: a corto di pesi, compensai chiudendo un sasso di dimensioni adeguate in un sacchetto di plastica e mi addentrai tenendo in una mano contenitore e sasso equilibratore. Per superare la strettoia, soprattutto nel timore di danneggiare il sacco-polmone, lo sganciai dalla vita spingendolo davanti alla testa per riagganciarlo dopo. Fu quasi automatico che in questa manovra, ormai fuori dal cunicolo nella piccola saletta sommersa, il bidoncino mi scappasse di mano partendo verso il soffitto.. Ma avevo già intravisto, proiettando il fascio della torcia nell'acqua ancora limpida, due zone a pelo libero, color argento per effetto della riflessione

totale e il desiderio di raggiungerle prevalse sulla preoccupazione per la macchina (se saggiamente non l'avessi abbandonata avrei potuto documentare la mia emersione nella prosecuzione asciutta). Pensai: la recupererò al ritorno, tanto galleggia. Abbandonai quindi l'ormai inutile sasso-zavorra. Vent'anni dopo o giù di lì, presente al primo tentativo di svuotamento (parziale) ritrovai intatto il sacchetto di plastica col mio sasso dentro!!

Una stranezza delle tecniche dell'epoca era data dal fatto che la sagola-guida, il filo d'Arianna che consente comunque la via del ritorno specie quando la visibilità - come in questo caso - diventa zero per effetto del limo sollevato, non veniva svolto (da apposito rocchetto avvolgitore) dallo speleosub man mano che procedeva e riavvolto al ritorno, ma filato da chi dava appoggio all'esterno.

Ciò aveva origine, probabilmente, dalle immersioni tecniche (civili e militari) in acqua libera, ove il sommozzatore comunicava con chi era d'appoggio in superficie attraverso i "segnali alla sagola", successione convenzionale di strappi (il codice rientra tuttora nel programma di addestramento dei sommozzatori sportivi).

Ma con l'attrito della sagola lungo i tortuosi cunicoli era tutt'altra cosa. Il sistema ha retto finché le penetrazioni (siamo nella preistoria dello speleosub) era di qualche decina di metri, ed era fonte di inconvenienti che potevano portare a crisi di panico⁽¹²⁾. Cercavo di muovermi, come veniva suggerito dagli esperti quando si è in cunicoli col fondo limaccioso (come questo) cercando di non pinneggiare e tentando di aggrapparmi con le dita alla volta.

La prima zona a pelo libero, una volta raggiunta, si rilevò una piccola nicchia cieca⁽¹³⁾: la seconda era l'inizio di un cunicolo in salita abbastanza ampio che faceva intravedere al fondo una saletta concrezionata con evidenti segni di fango fino a un certo livello delle concrezioni (evidente effetto delle piene). Posto che non potevo fotografare, avevo fatto abbastanza, anche perché chi era dall'altra parte sapeva che avrei solo dato un'occhiata e sarebbe restato legittimamente preoccupato. Iniziai quindi il ritorno ...nella polenta! Sentivo solo al tatto il sagolino che veniva recuperato portandomi all'uscita: della macchina fotografica, neanche l'ombra, a meno che vi sbattessi contro il viso. Emerso, annunciavi la scoperta, pregando chi mi assisteva di consentirmi di tornare qualche giorno dopo (il tempo di far depositare il limo) per recuperare il mio bidoncino con la preziosa macchina fotografica.

12) La sagola in tensione tendeva infatti a porsi secondo la spezzata di minimo percorso: in sezioni con solo la parte centrale praticabile specie se a 8, poteva andare a porsi nella parte più stretta: al ritorno, con visibilità nulla (spesso si spegneva l'inutile torcia che illuminava solo il limo sospeso per pochi centimetri) seguendo la sagola il sommozzatore palpava una sezione per lui impraticabile: senza una grande freddezza ("sono passato all'andata, quindi di qui devo tornare") che lo spingesse a esplorare a tatto una zona estesa intorno a lui, rischiava il panico!

13) Le successive esplorazioni a grotta svuotata non consentono di individuare queste sacche, che dipendono dal livello del pelo libero dell'acqua.

Ciò avvenne dopo quattro giorni: inoltratomi con prudenza, vidi che nella saletta sommersa il livello del limo impalpabile (una soglia nettissima) era sceso poco più di un metro, lasciando al disopra l'acqua limpida e restando caffè e latte al disotto. Ma nella zona trasparente, poggiato sulla volta vidi il mio prezioso bidoncino che mi affrettai a recuperare. Emersi protendendolo avanti in modo che venisse fuori prima di me, determinando l'applauso di chi mi aveva assistito.

Al Circolo feci il resoconto della spedizione. Ciano Medeot, non certo l'ultimo arrivato nell'intuire la morfologia ipogea, ipotizzò che la configurazione del sistema doveva essere costituita da una serie di caverne intercalate da sifoni: cosa che si constatò vera quando, negli anni '80 e '90, si svuotò (in periodo di gran secca invernale) l'intero sistema con l'ausilio di una motopompa (l'impiego di speleo-sommozzatori era impensabile sia per i passaggi angusti che per la complessità del sistema costituito da alternanze di gallerie e caverne asciutte a sifoni). L'esplorazione prima ebbe un sequel che - per colpa mia - rischiò di diventare una tragedia.

Pensai bene di proporre al Circolo una ripetizione completa dell'esplorazione ricorrendo alla collaborazione di Gianni Tomei, esperto speleosub triestino, già socio del Circolo e poi di un'associazione creata a Trieste con l'appoggio del Circolo (mi sembra si chiamasse Gruppo Ricercatori Subacquei) per accontentare una delle non rare paturnie di Ciano Medeot.

Organizzammo quindi una buona spedizione: non ricordo i partecipanti, abbastanza numerosi per il trasporto delle attrezzature: Dino Pitt di sicuro, Gianni Tomei, la moglie, Dino Chiappa ed Esa Moro.. Dino convocò anche il cronista della radio - RAI per lo scoop.

Immersici, ovviamente andai avanti per primo con la sagola guida. Muovendoci in due, la visibilità cadde rapidamente anche all'andata: così puntai sul riflesso sbagliato, ed emergemmo entrambi nella nicchia cieca!! Toltici di contatto col respiratore (si usava la maschera gran facciale con il boccaglio incorporato), spiegai la situazione dicendo di tentare di spostarci a destra dove doveva essere la prosecuzione. Ci riemmergemmo, ma niente da fare: senza visibilità era impossibile individuare il pelo libero. Eravamo a contatto fisico con la mano di Gianni sulla mia schiena. Gli presi la mano e gli indicai, chiaramente, che a questo punto dovevamo rinunciare e rientrare. Mi diede cenno di conferma.

E qui feci la colossale fesseria. Chi ha la sagola guida, all'andata deve stare davanti, ma al ritorno dietro in modo che il compagno non perda il contatto con la sagola stessa!⁽¹⁴⁾ Quindi, seguendo la sagola guida recuperata dall'esterno,

14) Oggi, con lo svolgitore, tutto è diverso: chi va avanti svolge la sagola, facendola passare nei punti opportuni e se del caso ancorandola in modo che non si sposti dai passaggi cruciali; chi segue (non si è mai in più di due!) ha un moschettone fissato al polso col quale si sposta "a teleferica" senza perdere mai il contatto con la sagola e avvicinandosi o allontanandosi dal compagno secondo necessità.



Per Bruno Pani la fotografia era una vera passione.

e le ipotesi di configurazione di Medeot, come se tutto fosse avvenuto quel giorno, praticamente in diretta.

Non ebbi più l'opportunità di ripetere quell'immersione: il matrimonio, le bambine, il senso di responsabilità (lo speleosub non è decisamente un'attività orientata a chi aspiri - ove possibile - a una serena longevità) per cui ho fatto il subacqueo in modo impegnativo a tutti i livelli (sono diventato Istruttore internazionale CMAS a tre stelle), ho fatto anche immersioni in grotta anche impegnative ma non più al Foran⁽¹⁵⁾.

La competenza di Medeot topografo

Fra i documenti gelosamente catalogati e custoditi da Umberto nella sede del Circolo, vi è un appunto autografo di Luciano Medeot, che riporta le coordinate

15) Federico Savoia ricorda: sono entrato al Club Subacqueo Udinese nel 1976 partecipando ai corsi sub di I e II grado fino ad ottenere nel 1979 il brevetto di istruttore.

Bruno era una delle colonne della scuola sub Udinese. Ci siamo immersi insieme molte volte in Adriatico ed essendo iscritto anche al CSIF mi parlava spesso delle sue esperienze speleosub. I suoi cavalli di battaglia erano la Buse da l'Ors, la Grotta di Vedronza e il Foran des Aganis. Fu Bruno a darmi tutte le indicazioni sui sifoni da lui visionati in precedenti esplorazioni ma che esplorò solo parzialmente perché era il solo all'interno del CSIF a praticare questa attività. Bruno mi aveva preso sotto la sua ala come allievo prediletto per portare a termine le esplorazioni da lui iniziate e non concluse ed io le portai a termine in collaborazione con Luciano Russo, Renato Giurgevich e Carlo Rossetti di Trieste. Ci fece conoscere Angi Stefanon e con lui andammo a Capo Palinuro per studiare le pozze d'acqua dolce al largo della costa cilentana, ma questa è un'altra storia.

parto lasciando indietro Gianni, rientro ed emergo, giusto in tempo per accorgermi che mi ero dimenticato di Gianni privo di contatto e dietro di me! Mi volto di scatto e mi rituffo precipitosamente senza dire nulla a chi era all'esterno, provocando legittima ansia a chi vede questa manovra affannosa. Mi inoltro nel cunicolo giusto in tempo per incontrare Gianni che lo stava imboccando per uscire dalla saletta sommersa: da grande esperto, quando sono partito lasciandolo solo, restando verso il soffitto con la torcia seguiva la turbolenza delle mie pinne inseguendola da presso! All'uscita la mia doppia mortificazione fu compensata dal fatto che tutti concordarono nel descrivere al cronista RAI (il servizio andò in onda qualche giorno dopo) la mia prima esplorazione

di un relitto romano, abbastanza sottocosta fra Grado e Lignano ...non dico nulla di più per evidente riservatezza della notizia (i cacciatori di reperti sono sempre in agguato!).

Conosco bene la storia di quel relitto: una prima segnalazione proveniva da un gradesano (un ingegnere, citato nell'appunto di Ciano) che forniva una prima posizione: Medeot organizzò ivi una prima immersione con Cobol (antesignano speleo-sommozzatore triestino, morto nell'esplosione avvenuta mentre tentava di preparare, con attrezzature domestiche, una miscela da alto fondale idrogeno - ossigeno!); ma il relitto risultò non essere un relitto romano.

A questo punto da un contatto con un pescatore che viveva ad Anfora o a Porto Buso (all'inizio degli anni '50 qualcuno viveva ancora in quelle isole!) Medeot seppe la posizione esatta del relitto, diversa dalla precedente. Medeot, portato sul posto dal pescatore (che evidentemente si basava su allineamenti a terra) fece i suoi rilievi e annotò le relative coordinate sull'appunto.

Su questo sono riportate:

- le coordinate polari da alcuni punti cospicui permanenti, ben individuabili sulla carta IGM e a terra;
- le coordinate UTM per la carta IGM;
- le coordinate geografiche;

Queste ultime, riportate sulla carta IGM sulla scala delle coordinate geografiche a margine della carta stessa, danno un punto non coincidente col punto individuato coi due precedenti sistemi!

Mistero. E mi sorge un dubbio... Vuoi vedere che le coordinate geografiche - come è naturale - sono state opportunamente ricavate dalle due precedenti e convertite per le carte nautiche?

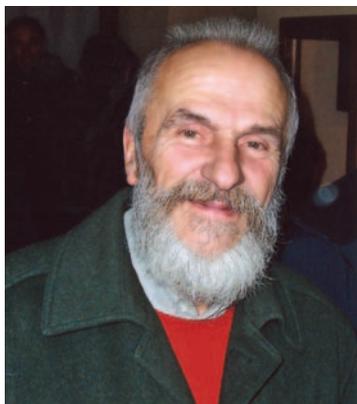
Le carte nautiche, almeno quelle usate al tempo dei rilievi, erano basate su proiezioni diverse (in generale sulla proiezione conica trasversale di Lambert e non su quella di Mercatore), su ellissoide di riferimento diverso e così via: la conversione di coordinate UTM per una carta IGM in coordinate geografiche per una carta nautica non è immediata: almeno per me.

Spinto dalla curiosità, con l'aiuto di un amico, il prof. Angi Stefanon - ben noto al Circolo: fu colui che ci accompagnò la prima volta nel Cilento (dove il CSIF torna da moltissimi anni) e ci introdusse in quella zona - sottoponiamo il problema a un cartografo della Marina Militare.

Costui fa due o tre ipotesi, e col supporto di adeguato software professionale per geodesia-cartografia, fa la conversione di coordinate ...e le coordinate geografiche ricavate coincidono (a meno di differenze percentualmente irrilevanti) con quelle annotate da Medeot!

Come questi abbia fatto a calcolare una conversione non elementare resta un mistero: è certo che, come topografo, il mestiere lo conosceva molto ma molto bene!!

Adriano Del Fabbro
(26.6.1936 - 19.04.2017)



Nasce a Martignacco (UD) il 26 giugno 1936, entra a far parte del Circolo Speleologico e Idrologico Friulano nel lontano 1957 quando viene coinvolto da alcuni suoi compagni del Liceo Scientifico Marinelli di Udine, Paolo Paiero e Valerio Barbina, già attivi nel sodalizio friulano da alcuni anni.

Le cavità classiche degli speleologi udinesi di quel tempo furono il suo campo di battaglia, Doviza, Viganti, Ta-Zacel (dove alla fine degli anni '70 è coordinatore di un esperimento di colorazione delle acque carsiche in collaborazione con Francesco Giorgetti), Vernasso, e più in generale nelle Valli del Natisone.

Con il suo carattere taciturno ma arguto nelle sue risposte, oltre al lato puramente esplorativo - passando per una feroce gavetta da trasportatore di materiali come a quei tempi era più che naturale - si appassiona all'entomologia ed ancora di più alla paleontologia delle cavità friulane.

Forse è stato il primo socio della "età moderna", quella post-bellica, che abbia iniziato a campionare la fauna cavernicola con una certa sistematicità e a studiarla, ma sono sicuramente le ricerche nel campo paleontologico che hanno fatto conoscere Adriano all'esterno anche grazie all'individuazione di insediamenti friulani molto importanti (non si può dimenticare lo studio sul castelliere di Ponte San Quirino nelle Valli del Natisone e sul sito di Molin Nuovo); a lui si devono certamente i ritrovamenti di manufatti nei saggi di scavo compiuti in alcune grotte in quel periodo (fra la fine degli anni '50 e l'inizio degli anni '70, ricerche sintetizzate nella sua pubblicazione del 1975).

La sua lunga militanza nel sodalizio friulano fu "attiva" per periodi relativamente brevi ma intensi, intervallati dal suo girovagare per il mondo. Dopo aver



Dal basso: Adriano Del Fabbro, Gianni Tomei e Francesco Giorgetti (foto Mirabile).

ottenuto nel 1964 la Laurea in Farmacia all'Università degli Studi di Trieste con una tesi in biochimica, si spostò, infatti, in Libia dove lavorò nel campo dei suoi studi fino al rimpatrio forzato voluto dal colonnello Gheddafi verso i "coloni" italiani. In questo periodo non fece scemare la sua passione per la paleontologia scoprendo alcuni insediamenti preistorici nel Fezzan e in Tripolitania e di queste ricerche rimane traccia sulla nostra rivista Mondo Sotterraneo.

Dopo il suo rientro prese, nel 1973, una seconda Laurea in Scienze Naturali, sempre presso l'ateneo triestino, con una tesi in botanica.

Intraprese così la sua attività di insegnante di Chimica Agraria presso l'Istituto Tecnico Agrario di Cividale del



Escursione a Erto (primi anni Sessanta). Da sinistra: Renzo Moro, Sergio Polo, Adriano Del Fabbro, Paolo Fabbro, l'autista del camion militare, Valerio Barbina, sotto Ninetto Forabosco con il cane speleo (foto R. Moro).

Friuli; parallelamente, però, dirigeva la Sezione Ricerche Applicate sugli isotopi leggeri (^{14}C , ^3H) presso il laboratorio del CRAD (Centro Ricerche Applicate e Documentazione, lavorando in questo campo assieme a Valerio Barbina), istituito dalla Camera di Commercio di Udine, fino al 1997.

Tra le attività scientifiche sul campo, partecipò come entomologo nel 1973 alla spedizione petrografia con l'Università di Trieste nell'Azerbajjan Iraniano, tra il 1973 ed il 1977 a spedizioni geologiche nel Tassili Algerino, Fezzan Libico, Iran Orientale e nel Tibesti (Tchad) concludendo nel 1993 con la spedizione nel Tassili Algerino per lo studio dei suoli desertici e delle acque di falda.

Fu anche socio della Società Internazionale della Scienza del Suolo (SISS), dell'Istituto Francese per le ricerche scientifiche per i territori d'oltre mare (ORSTOM), dell'Associazione Italiana Naturalisti (AIN) e socio esperto dell'Agrer Ingenieurs Conseil di Bruxelles.



Sul camion militare: da sinistra Paolo Fabbro, Sergio Polo, Ninetto Forabosco, Pietro Gariup, Valerio Barbina, Mauro Badaracchi, Adriano Del Fabbro, Maria Teresa Moro, Dino Pitt ed in primo piano lo scarpone di Renzo Moro autore della foto.

All'interno del Circolo fece parte per alcuni anni del consiglio direttivo e cercò di traghettare la direzione del sodalizio dopo il cambio generazionale con la rinuncia del prof. Piercarlo Caracci, ma la sua esperienza durò solo poco più di un anno, dal 1976 al 1977: gli impegni dell'insegnamento e quello del laboratorio del CRAD gli lasciavano poco spazio per altri incarichi.

Adriano ci ha lasciato il 19 aprile 2017.

Bibliografia

- 1965 - Sulla presenza di alcune specie di *Carabus* non troglobii nella voragine Ta-Na Gabricie di Vernasso. *Mondo Sotterraneo*, n. u. 1965: 77-80.
- 1966 - La stazione preistorica neolitica di Sidi Ben Ur (Uadi Ramla) - Tripolitania. *Mondo Sotterraneo*, n. u. 1966: 57-67.
- 1970 - Giacimento a industria campagnana nei pressi di Uadi Bouzna (Fezzan). *Mondo Sotterraneo*, n. u. 1970: 48-64.
- 1971 - Ulteriore contributo alla conoscenza dell'insediamento umano nelle grotte friulane: i nuovi scavi al Ciondar des Paganis. *Mondo Sotterraneo*, n. u. 1971: 23-36.
- 1972 (con P. RAPUZZI) - Primi risultati delle ricerche sugli insediamenti preistorici nella Val Natisone (Udine). *Udine: ed. Società Filologica Friulana*, serie Preistorica, 1: 1-51.
- 1972 (con P. RAPUZZI) - Primi risultati delle ricerche sugli insediamenti preistorici nella Val Natisone (Udine). Udine. In *Valli del Natisone numero unico in occasione del 49° congresso della Società Filologica Friulana*: 14-19.
- 1972 (con P. RAPUZZI) - Tracce di un insediamento eneolitico nei pressi di Qualso (Udine). *Udine: ed. Società Filologica Friulana*, serie Preistorica, 2: 1-29.
- 1973 (con F. CALLIGARIS & P. CIUTI) - Studio per un servizio di radiodatazione con C14. Udine, *CRAD, rapporto tecnico*, 5.
- 1975 - Insediamenti preistorici nel Friuli Orientale. *Atti del I Convegno di Speleologia del Friuli Venezia Giulia, Trieste*: 30;
- 1975 - Insediamenti preistorici nel Friuli Orientale. Udine, *Udine: ed. Società Filologica Friulana*, serie Preistorica, 3: 1-58;
- 1975 (con E. FEOLI & G. SAULI) - Un'analisi indiretta dei gradienti sulla componente biologica dei magredi friulani. *Giornale Botanico Italiano*, 100 (6): 361-374.
- 1975 - La datazione con C14 e le sue applicazioni nello studio dei sedimenti quaternari e del profilo dei suoli. *Atti del Convegno Internazionale di Geologia e Sedimentologia, Udine*.
- 1977 (con V. BARBINA) - La datazione con il C14. Principi e metodi. In *Atti del Convegno di studi sull'età del bronzo e del ferro nell'Isontino*, Gorizia.
- 1977 (con A. GATTO) - Evoluzione dell'ambiente lagunare veneziano ed analisi della sedimentazione in base ai dati forniti dalla radiodatazione con C14. *Bollettino del Laboratorio per la dinamica delle grandi masse*. CNR, Venezia: 101-144.
- 1977 (con P. TOMASI) - La datazione dei sedimenti del lago di Tovel e dei tronchi radicati di *Larix decidua*, connessi con l'evoluzione dei suoli del comprensorio. *Atti Museo Tridentino di Scienze Naturali, Trento*.
- 1977 - Relazione morale 1977. *Mondo Sotterraneo*. n.s. II (1): 4.
- 1978 (con A. CURTO) - La datazione della tela della mummia della tomba di Kha (Deir el Medina, XVIII dinastia) e raffronto fra l'età radiocarbonio, età archeologica e stratigrafica pedologica dell'area. *Atti Museo Egizio di Torino*, IV : 79-86.

- 1978 - Principi generali e caratteristiche chimiche del servizio di radiodatazione. *Quaderno csif*, 1, allegato a *Mondo Sotterraneo* n.s. II (1): 1-16.
- 1979 (con A. Castiglioni) - Analisi di un suolo torboso in località Rubano (PD). *Bollettino dell'Istituto di Geografia Università di Padova*.
- 1979 - Servizio di radiodatazione con C-14: studio delle condizioni sperimentali per la sintesi del benzene. *Udine, CRAD, rapporto tecnico*, 1.
- 1982 (con S. SORBINI) - La datazione di un livello torboso presso Avesa (VR) nel quadro delle indagini geomorfologiche e geologiche dell'area del Lago di Garda. *Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale di Verona*, I: 201-220.
- 1982 (con V. BARBINA, A. DIONISIO, S. GERDOL & G. SAULI) - Cartografie tematiche a supporto della pianificazione e valutazione di impatto ambientale dei bacini estrattivi di marmorino nel comune di Caneva di Sacile (PN). *Atti del XVIII Convegno Nazionale, Trieste*.
- 1983 (con A. ZAFFANELLA) - Stratigrafia dei livelli torbosi delle località Peraro e Valle delle Alonte (Fe) e loro studio nell'ambito dei suoli dell'area. *Università degli Studi di Ferrara*.
- 1983 (con V. BARBINA & F. CALLIGARIS) - Metodi e tecniche di datazione. *Atti del seminario internazionale su metodologie e ricerca storica, Udine*.
- 1984 (con F. D'ALESSANDRO) - Analisi sedimentologiche dell'area medio padana (Sermide) e considerazioni sull'evoluzione dei suoli in rapporto ai dati di età assoluta. *Geoexpert International srl, quaderno tecnico*, 4.
- 1984 (con V. BOSI) - L'analisi delle torbe dell'area dello stretto di Messina e loro posizionamento nell'evoluzione geomorfologia in relazione alle datazioni con C14. Stretto di Messina spa. *Quaderno tecnico*, 8.
- 1985 (con A. CASTIGLIONI & F. PELLEGRINI) - La datazione delle argille dell'area Patavina e considerazioni sulla loro posizione stratigrafica in relazione ai suoli. *Bollettino Dipartimento di Geografia dell'Università di Padova*.
- 1988 (con R. BERTRANTI & G. PAPUCCI) - Radiodatazione, analisi sedimentologiche e geochemiche del sito H1 (Oceano Atlantico - piattaforma delle isole Azzorre). *Enea: Centro Ricerche Energia ed Ambiente S. Teresa (La Spezia). Bollettino interno*, 9.
- 1989 (con A. VACCAIO) - Studio dei depositi quaternari della Val Padana: i livelli a sabbie e argille torbose dell'area mantovana. Considerazioni fra età assoluta ed età geologica. *Geoexpert International, quaderno tecnico*, 5.
- 1989 - Ultimi aggiornamenti sulla preparazione ed utilizzo degli standards C14 ottenuti secondo le procedure del NBS e dell'ANU (saccarosio ed acido ossalico). *CRAD Udine, relazione tecnica*, 6.
- 1990 (con V. BARBINA, F. CALLIGARIS & S. PERRONE) - Udine radiocarbon list III. *Radiocarbon*, 32 (1).
- 1994 (con V. Barbina & F. Calligaris) - An overview of the reliability of radiocarbon dating. *Archeological monographs of the British School of Rome*: 25-33.

Umberto Sello

Giovanni Badino **(1953 - 2017)**



Per circa trent'anni Giovanni Badino ha semplicemente rappresentato la "Speleologia" con la lettera maiuscola (in Italia certo, ma non solo!). Questo perché ha saputo coniugare capacità sportive non comuni ad altrettanto rare qualità di ricerca e di divulgazione a tutti i livelli. Nessuno come lui, infatti, è riuscito a portare nelle più remote punte, dominio incontrastato dei grandi esploratori, le conoscenze tipiche di uno scienziato e, contemporaneamente, ad affascinare generazioni di speleologi, o anche di persone assolutamente digiune di speleologia, nelle centinaia di conferenze da lui tenute annualmente in ogni angolo d'Italia.

Ma non si è limitato a questo: ha dedicato, infatti, una parte importante della sua vita all'organizzazione della attività speleologica, prima all'interno del Corpo Nazionale di Soccorso Alpino e Speleologico, quindi come consigliere e successivamente Presidente della Società Speleologica Italiana e infine, negli ultimi otto anni della sua esistenza, come membro del Bureau dell'Unione Internazionale di Speleologia. Fondamentale il suo ruolo per la nascita del Team "La Venta" e per la sua successiva crescita.

La sua facilità innata per la scrittura, basata anche su un'enorme cultura, degna di un erudito di un'altra epoca (conosceva tra l'altro a memoria tutta la Divina Commedia), gli ha permesso di tramettere al grande pubblico la sua "frenetica e multiforme" attività attraverso una serie di libri, immediatamente diventati "bestseller", che hanno accompagnato e accompagneranno ancora per decine di anni l'attività di generazioni di speleologi, per non parlare della sua rilevante produzione scientifica.



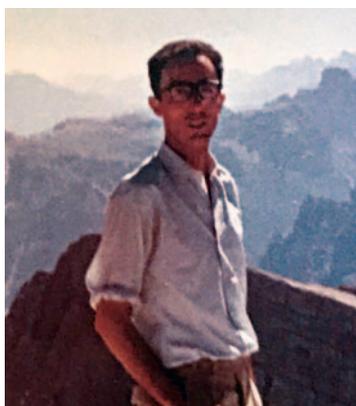
2013, Siberia del Nord: Giovanni all'ingresso di una vecchia miniera nel permafrost durante la nostra ultima spedizione comune (Foto P. Forti).

Per alcuni di noi Giovanni è stato, oltre a tutto questo, non solo un compagno ideale nelle spedizioni negli angoli più remoti del pianeta, ma anche un vero amico, quello con cui potevi parlare e discutere di tutto e che era sempre pronto ad aiutarti senza fartelo pesare troppo.

Per la Speleologia e per tutti noi il mondo ora è un poco più povero.

Paolo Forti

Pietro Miani (1929 - 2017)



Come molte volte ho ribadito, ogni socio vecchio o nuovo che passa per il Circolo deve essere ricordato e non possiamo certamente esimerci da farlo per Piero.

Conoscevo Piero, così tutti lo chiamavano, da molti anni, le famiglie storiche udinesi si conoscono tutte anche se, alcune volte, troppo superficialmente. È stata una occasione di lavoro che ci ha permesso di parlare delle attività private, io sono speleologo, forse ho detto in uno dei colloquio cordiali intrattenuti, ed a lui subito gli sono brillati gli occhi: anche io lo sono stato, mi disse!

Ed è così che è iniziato il tutto, racconti su racconti, molti goliardici secondo la migliore tradizione speleologica, ma anche momenti difficili e tragici come la morte l'8 agosto 1947 sul Monte Chiadenis del suo amico Piero Biasutti (1923-1947) colui che alcuni anni prima (1941) aveva tentato di discendere il grande pozzo dell'Abisso di Viganti con materiali autocostruiti.

Mi fece conoscere anche Franco Dal Dan (classe 1922) anche lui speleologo in gioventù che raccolse intorno a se un gruppo di coetanei appassionati al brivido dell'imprevisto (Sergio Cipolla, Francesco Volpi Ghirardini, Sergio Zueneli, Roberto ed Amedeo Tonazzi) e ci fu anche il tentativo di creare (prima della II Guerra Mondiale) un Gruppo Speleologico Friulano, raccogliendo le sorti del vecchio CSIF. Non fu una operazione che diede i frutti sperati, il periodo non era tra i più felici, molti andarono al Fronte, alcuni a studiare fuori Udine. I più motivati entrarono poi nel 1949 a far parte del nostro neo ricostituito Circolo.

Proprio durante un incontro a tre tra me, Piero e Franco, mi regalò la sua tessera di appartenenza al Circolo datata 11 giugno 1949 e sottoscritta da Aligi



Cossio che reggeva di fatto la direzione essendo il prof. Feruglio ad insegnare all'Università di Torino.

Ho fatto una ricerca nelle polverose carte dell'archivio del nostro sodalizio e ho potuto rintracciare una lettera inviata al prof. Feruglio il 15 aprile 1950 che riassumeva quanto fatto in una fortunata esplorazione nella

Grotta di San Giovanni d'Antro, cronaca e risultati che vennero pubblicati sul Gazzettino del 19 aprile 1950 ed una relazione manoscritta datata 17 settembre 1948 a firma di Piero, del fratello Paolo e di Franco Dal Dan che illustrava, con dovizia di particolari, l'esplorazione del fetente ramo laterale della grotta Pre-Oreak. I testi della documentazione ho creduto bene di riproporli alla conclusione di questo mio breve ricordo.

Piero è citato anche in un verbale di riunione tenutasi a Vedronza il 6 luglio 1948 dove rappresentava il CSIF con la funzione di segretario; in tale riunione presenti Pio Sgualdino (presidente del CSIF! Solo nell'aprile 1949 la presidenza venne assegnata ad Egidio Feruglio), il Sindaco di Lusevera ed il suo vice, il signor Micconi in rappresentanza del Comune di Tarcento, il signor Blarasin per l'Ente del Turismo, il signor Pietro Negro per gli Esploratori di Villanova, venne costituito il Comitato Grotte di Villanova che mirava a salvaguardare quanto fatto in precedenza ma tentava di dare un assetto nuovo alla gestione assumendo a sezione di Villanova del CSIF quanti operanti in zona. Detto fatto andrebbe approfondito ma credo sia tutto naufragato per l'appunto con la ricostituzione, nel 1949 del glorioso nostro Circolo.

Per quanto riguarda la sua vita, Pietro nasce a Udine il 27 marzo 1929, figlio di Cesare famoso architetto udinese. Compiuti gli studi udinesi, si laurea in medicina all'Università di Padova ottenendo la specializzazione in Otorinolaringoiatria attività che svolse per tutta la sua vita prima a Cremona e poi di nuovo nella sua Udine, intervallata dalla docenza presso l'Università di Parma.

Una lunga malattia lo condusse alla fine il 14 giugno 2017 lasciandomi il rimpianto di non aver registrato alcuni dei suoi pittoreschi incontri narrativi.

Umberto Sello

Appendice

Tarcento 17 settembre 1948

Al Circolo Speleologico ed Idrologico Friulano con sede a Tarcento

Durante una esplorazione della grotta di Pro-Reak, avvenuta il 12 settembre 1948 cui parteciparono il dott. Renzo Dall'Acqua, il dottor Aulo Cossio, ed i soci del C.S.I.F. Paolo e Piero Miani, veniva percorso un nuovo cunicolo diramazione del condotto principale. L'entrata principale di tale cunicolo trovasi a circa 120 metri dall'ingresso della grotta e si presenta come una spaccatura orizzontale sulla parete destra a 2 metri circa dal suolo. Questa diramazione in tutta la sua lunghezza ha una volta molto bassa e questo rende particolarmente faticoso il procede. I primi 60 metri circa hanno il soffitto all'altezza di circa un metro, il pavimento è, in tutto il percorso, accidentato. Oltrepasato in questo primo tratto una grossa trave incastrata ed uno specchio d'acqua si giunge ad una saletta dove si può stare ritti. Da qui il cunicolo porta in direzione S. fino ad una brusca curva che è anche il punto più basso di tutta la diramazione. Fino a questo punto si era giunti con la prima esplorazione. Il giorno 17 settembre 1948, i soci del C.S.I.F., Piero Miani e Franco Dal Dan portarono a termine l'esplorazione. Essi continuarono per il cunicolo che si rende sempre più disagiata e più basso (con una altezza di molto inferiore al mezzo metro) e fino a giungere ad un piccolo allargamento che continua in uno specchio d'acqua. Non era possibile proseguire oltre per la manifestata mancanza d'aria, per la presenza di acqua e per l'estrema bassezza del soffitto. Lunghezza totale del percorso metri 200 circa; tempo impiegato in andata, ora 1 e mezza; terreno abbastanza asciutto. A nostro parere il cunicolo rappresenterebbe uno sfogo dell'acqua della grotta di Pro-Reak durante il periodo di massima piena. Notevole la presenza di grossi tronchi d'albero. Durante le due esplorazioni sono stati eseguiti rilievi che si riassumono nella cartina allegata.

Firmato: Franco Dal Dan, Paolo Miani, Piero Miani.

Egregio professore [Feruglio]

come le avevamo promesso le inviamo la relazione sulla esplorazione da noi fatta alla grotta di San Giovanni d'Anfro. Come lei vede dopo il tratto di 330 metri, già conosciuto, vi è un altro tratto però più breve che a noi è parso avere le stesse caratteristiche del primo: soffitto non molto alto, pavimento liscio e pulito forse per la forte corrente d'acqua in periodo di piogge, pareti parallele l'una all'altra e quasi verticali. Superata invece una fessura l'aspetto cambia completamente, non solo nel tracciato della via, ma anche nella conformazione delle pareti e del fondo accidentatissimo per la presenza di massi caduti. Inoltre è solamente in quest'ultimo tratto che un corso d'acqua si fa ben distinto senza

mai scomparire. Dobbiamo aggiungere che non abbiamo potuto portare a termine la nostra spedizione, che è durata sette ore senza alcun intervallo, perché temevamo di rimanere senza luce. Noi le assicuriamo che se dovessimo tornare a S. Giovanni non mancheremo di tenerla informata.

Sperando di averla con noi in un prossimo lavoro, la salutiamo.

Udine 15 aprile 1950

Ardita esplorazione di speleologi friulani nelle Grotte di San Giovanni d'Antro. Tre soci del locale Circolo Speleologico e Idrologico Friulano hanno scoperto una vasta sala e un complesso cavernicolo. Difficile traversata in canotto di un laghetto.

Una interessante esplorazione è stata compiuta in questi giorni dai soci del Circolo Speleologico e Idrologico Friulano Franco Dal Dan, Pietro Miani e Sergio Gonano, nelle grotte di San Giovanni d'Antro. I tre esploratori sono riusciti a scoprire una vasta sala di 40 metri per 30 ed hanno accertato che la famosa grotta, dopo 500 metri perde il suo carattere di semplice cunicolo che sembra servire di sfogo ad acque di raccolta, e si presenta come un vero e proprio sistema cavernicolo. Inoltre risulta che il tratto descritto da Grisi, Mutinelli e Sassoli non è di 400 metri, come la loro relazione alla Società, bensì di soli 200. Lo scopo della nuova esplorazione era quello di stabilire il tracciato della parte già percorsa da alcuni triestini, da udinesi nel 1941 e da cividalesi nel settembre dello scorso anno e di completare la visita. Dalla relazione dei tre esploratori si apprende che alcuni metri prima del termine del tratto di 330 metri già descritto da Tellini e dal Marinelli sulla "Guida delle Prealpi" la via sale per 5 metri a destra e ridiscende per continuare in un agevole corridoio in direzione N-NO. Percorsi 55 metri, vi è una salita di 8 metri con gradini tagliati in roccia dalla spedizione triestina; indi percorsi altri 50 metri, con presenza di poca acqua corrente, si giunge ad una piccola pozza, sorpassata la quale, si trovano le firme dei triestini e le prime dei cividalesi. Immediatamente dopo si impone la traversata in canotto di un difficile e profondo laghetto di 12 metri di lunghezza e altezza minima della volta sul pelo dell'acqua di m. 0,50 che porta ad un difficile approdo e quindi ad un tratto di 10 metri di cunicolo stretto, con diramazione breve e cieca, a cui segue un ultimo laghetto superabile facilmente in canotto. Abbandonato questo, si sale tortuosamente per 50 metri e con circa 20 di dislivello con presenza di acqua corrente, fino a giungere ad un posto dove si vedono le ultime iniziali C.M. lasciate dai cividalesi. Dopo alcuni metri, attraverso una fessura, si sbocca nella vasta sala, già accennata, attraversata da acqua ed il cui fondo è occupato a est da argilla e nel rimanente da grandi massi e presentante verso ovest una diramazione di 15 metri che termina con un camino sotto il

quale venne eretto un ometto di sassi. La via continua per 50 metri a N-NO della sala , in salita, con un largo ramo ricco di camini e cunicoli secondari da vari piani volgendo quindi ad O-SO, per giungere ad una cascatella che scende attraverso una stretta via difficilmente sorpassabile. Qui venne eretto un altro ometto di argilla, sempre molto abbondante in quest'ultimo tratto. Durante l'esplorazione, a 500 metri dall'entrata fu trovato, su di un sasso bagnato, un piccolo insetto sconosciuto, che consegnato poi al dott. Renzo Dall'Acqua, sarà oggetto di studio.

Il Gazzettino 19 aprile 1950

PRESIDENZA E CONSIGLIO DIRETTIVO DEL C.S.I.F. PER IL 2017

Presidente: Umberto Sello

Vice Presidente: Andrea Mocchiutti

Consiglieri: Loris Biasizzo, Andrea Chiavoni, Adalberto D'Andrea, Roberto Lava, Rosa Romanin, Stefano Turco

Probiviri: dr. Arrigo A. Cigna, prof. Paolo Forti, Pino Guidi

Sindaci: dr. Cesare Feruglio Dal Dan (presidente), avv. Gian Paolo Massa, ing. Giovanni Luca, dr. Paolo Fabbro (supplente)

Soci che ricoprono particolari incarichi

Coordinatore dell'attività scientifica: Andrea Mocchiutti

Archivio fotografico e sito Web: Adalberto D'Andrea

Archivio storico: Umberto Sello

Biblioteca: Enrico Stagni e Antonella Raddi

Catasto grotte: Andrea Borlini e Andrea Chiavoni

Magazzino: Stefano Turco e Christian Simonetti

Museo: Paolo Maddaleni

Responsabile Scuola di Speleologia: Roberto Lava

Direttore dei corsi: Adalberto D'Andrea

Ispettore al bivacco Modonutti-Savoia: Federico Savoia

Ispettore al bivacco Bertolutti: Emanuele Degano

SOCI DEL CIRCOLO SPELEOLOGICO E IDROLOGICO FRIULANO

Soci Ordinari

Roberto BARDELLI
Giuseppe BASSI
Renzo BERNARDINIS
Alberto BIANZAN
Loris BIASIZZO
Paolo BLASONI
Andrea BORLINI
Paolo CAPISANI
Giuseppe CAPPELLO
Matteo CATANIA
Andrea CHIAVONI
Roberto CIRIANI
Cinzia CODELUPPI
Cristina COIANIZ
Sara COMISSO
Ida COSSETTINI
Piero CRISTIN
Franco CUCCHI
Adalberto D'ANDREA
Emanuele DEGANO
Pietro DONATIS
Luca DORIGO
Cristofer DOZZI
Dario ERSETTI
Furio FINOCCHIARO
Resi FORGIARINI
Eliana FRANCO
Marco GARDEL
Fausto GEI
Gian Paolo GIGANTE
Giovanni GIULIANI
Elio Emanule INGROSSO
Bostjan KIAUTA
Roberto LAVA
Raffaella LEITA
Mario LEONCINI
Elisabetta LEONE
Giovanni LUCA
Paolo MADDALENI
Francesco MAGNABOSCO
Francesco MARSIGLIA
Milena MARTINIS
Matteo MIATTO
Andrea MOCCHIUTTI
Gino "Smeraldo" MONAI

Paolo MORETTIN
Giuseppe MORO
Giuseppe MUSCIO
Gianluca PACCAGNIN
Renzo PAGANELLO
Alberto PALUMBO
Lorenzo PATINI
Giovanni PERATONER
Federico PERESANI
Sara PERESSUTTI
Franco PERSELLO
Ranieri PERSELLO
Gabriele PINGITORE
Marco PIVA
Maurizio PONTON
Roberto PUPOLIN
Antonella RADDI
Rosa ROMANIN
Monica ROMANO
Stefania ROS
Giulio ROSA
Federico SAVOIA
Mariilda SCARBOLO
Umberto SELLO
Christian SIMONETTI
Margherita SOLARI
Enrico STAGNI
Giovanni STEFANINI
Maura TAVANO
Claudio TESSITORI
Carlo TONAZZI
Moreno TOSOLINI
Mario TRIPPARI
Stefano TURCO
Franco VAIA
Marco VASI
Marco VECIL

Soci Benemeriti

Pino GUIDI
Dario MARINI
Paolo PAIERO
Piero PIUSSI

Soci Onorari

Trevor R. SHAW

INDICE

Umberto SELLO - Relazione morale per l'anno 2016	pag.	3
Derek FORD - La scienza delle grotte e del carsismo: dalla fondazione della Società Geologica Americana agli anni '60 (libera traduzione di Franco CUCCHI)	pag.	11
Paolo FORTI - Speleotemi non comuni osservati nella Puerto Princessa Underground River (Palawan, Filippine)	pag.	45
Bruno PANI - Il mio approccio al Circolo Speleologico: appunti e ricordi	pag.	59
- Adriano Del Fabbro (26.06.1936 - 19.04.2017)	pag.	81
- Giovanni Badino (1953 - 2017)	pag.	87
- Pietro Miani (1929 - 2017)	pag.	89

