



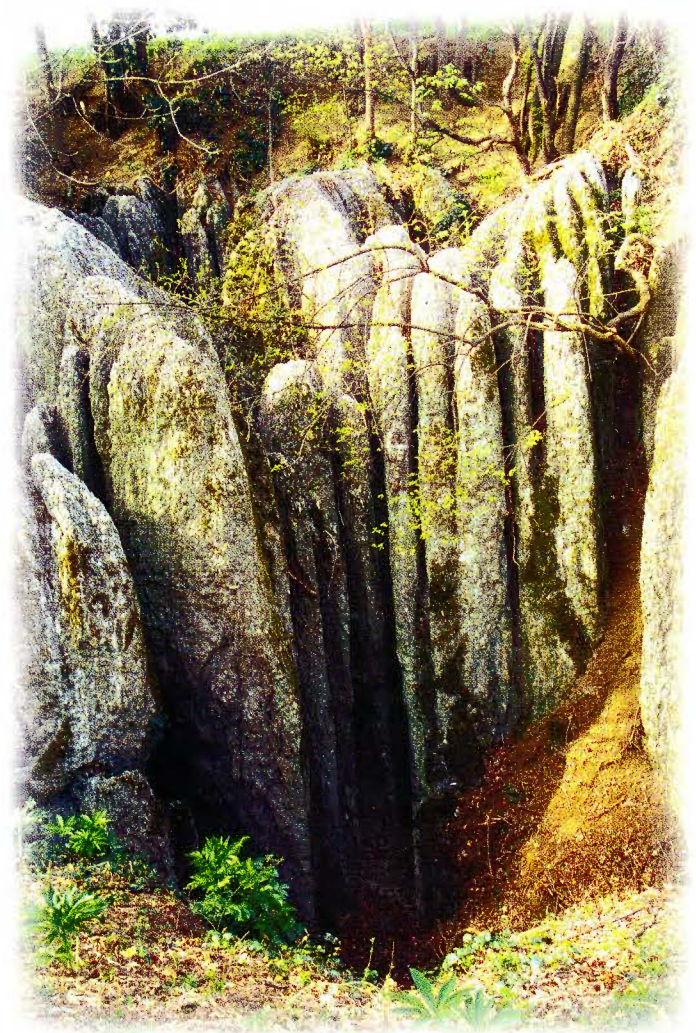
Parco Regionale dei Gessi Bolognesi
e Calanchi dell'Abbadessa



Gruppo Speleologico Bolognese
Unione Speleologica Bolognese

Gypsum Karst Areas in the World: their protection and tourist development

a cura di
Paolo FORTI



Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia
Serie II, vol. XVI

Bologna, 2004

A cura di/Editor:

Paolo Forti

Pubblicato con il contributo di:

**Consorzio di Gestione del Parco Regionale dei
Gessi Bolognesi e dei Calanchi dell'Abbadessa**
Via Jussi n. 171, 40068 – San Lazzaro di Savena
(Bologna)
www.parcogessibolognesi.it

ÆMIL BANCA

Via Mazzini, 152 - Bologna



Comune
di San Lazzaro di Savena

Redazione:

Danilo Demaria

In copertina:

Gessi Bolognesi: le morfologie del Buco delle Candele
in una tavola di G. Capellini (1876) e nell'aspetto
attuale (foto P. Grimandi).

Cover:

*Gypsum karst area of Bologna (Italy): karst morphologies
of the Buco delle Candele from G. Capellini (1876) and
the same area in an actual view (photo P. Grimandi).*

In quarta di copertina:

Alcuni aspetti peculiari dei fenomeni carsici nei gessi
del mondo.

Back cover:

*Peculiar aspects of the gypsum karst phenomena
of the world.*

GYPSUM KARST AREAS IN THE WORLD:
THEIR PROTECTION
AND TOURIST DEVELOPMENT

a cura di
Paolo FORTI

Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia
Serie II, vol. XVI

Bologna, 2004

INDICE

<i>Presentazione</i>	p. 7
<i>Programma del Simposio / Symposium programme</i>	p. 11
<i>Partecipanti / Members</i>	p. 12
CARLOS BENEDETTO <i>Áreas cársticas yesosas en Argentina: una necesaria actualización de datos</i>	p. 15
JOSÈ MARIA CALAFORRA, A.FERNÁNDEZ-CORTÉS, J.A. GÁZQUES-PARRA <i>Environmental control of caves in the gypsum karst of Almeria</i>	p. 23
ALEXANDER KLIMCHOUK <i>Gypsum caves and karst in the Western Ukraine: speleogenetic and typological significance</i>	p. 31
YURI KADEBSKIY, OLGA KADEBSKAYA <i>The Kungur cave: the oldest show cave in gypsum of the world</i>	p. 47
PERIKLI QUIRIAZI, MARIO PARISE, SKËNDER SALA <i>Il carsismo nei gessi del territorio albanese</i>	p. 53
PAOLO FORTI, STEFANO MARABINI <i>Ulisse Aldrovandi and the very first description of speleothems from gypsum karst of Bologna</i>	p. 61
CLAUDIO DALMONTE, PAOLO FORTI, SERENA PIANCASTELLI <i>The evolution of carbonate speleothems in gypsum caves as indicator of microclimatic variations: new data from the Parco dei Gessi caves (Bologna, Italy)</i>	p. 65
YAVOR Y. SHOPOV, DIANA STOYKOVA, PAOLO FORTI <i>Luminescence of speleothems in Italian gypsum caves: preliminary data</i>	p. 83
PAOLO FORTI, DANILO DEMARIA, ANTONIO ROSSI <i>The last mineralogical finding inside the caves of the Gessi Bolognesi natural park: the dolomite moonmilk</i>	p.87
STEFANO LUGLI, MASSIMO DOMENICHINI, CLAUDIO CATELLANI <i>Peculiar karstic features in the Upper Triassic sulphate evaporites from the Secchia Valley (Northern Apennines, Italy)</i>	p. 95

MARCO VATTANO <i>Geomorphological aspects of Monte Conca karst system (Caltanissetta, Italy)</i>	p. 103
GIULIA CASAMENTO, ANGELO DIMARCA, GIOVANNI MENTO, VINCENZA MESSANA <i>La tutela delle aree carsiche gessose in Sicilia: status e prospettive</i>	p. 115
LUCIANO BENTINI, PIERO LUCCI <i>Il tormentato iter dell'istituzione del Parco Naturale Regionale della Vena del Gesso romagnola</i>	p. 125
MASSIMO ERCOLANI, PIERO LUCCI, BALDO SANSAVINI <i>L'esplorazione dei sistemi carsici del Re Tiberio e dei Crivellari (Vena del Gesso romagnola) e la salvaguardia dell'area di Monte Tondo interessata dall'attività di cava</i>	p. 143
DAVID BIANCO <i>1988-2003: l'esperienza del Parco nel campo della tutela e valorizzazione dei Gessi Bolognesi</i>	p. 155
DAVID BIANCO <i>Breve resoconto finale sul Simposio</i>	p. 165

PRESENTAZIONE

Dalla parte del gesso e dei pipistrelli limiti, vincoli ed equilibri

Il Simposio sulla protezione e fruizione turistica delle aree carsiche gessose di cui questo volume costituisce gli atti, riprende la strada iniziata sempre a Bologna nel 1985 con il convegno sulle aree carsiche gessose nel mondo, cercando di riportare all'interno di un quadro unitario e di proficuo scambio di esperienze la migliore conoscenza e gli esempi di tutela di questo importante patrimonio.

Credo sia giusto dedicare l'iniziativa del Simposio e questo volume a Umberto Bagnaresi, lo scomparso Presidente del Parco e famoso docente di Selvicoltura dell'Università di Bologna, convinto che per lui, nato sulla Vena del Gesso romagnola, sarebbe stato facile scrivere il perché e l'importanza di questa iniziativa.

Come feci nel giorno dell'apertura propongo la creazione di un coordinamento tra le aree protette e le città accomunate dalla presenza di affioramenti gessosi, convinto dell'importanza di una rete di relazioni tra quanti hanno a cuore questo splendido minerale ed i suoi ambienti. Immagino qualcosa di snello e concreto, che crei occasioni per scambiarsi idee ed esperienze, per pensare assieme progetti Life e iniziative, per fare crescere una sensibilità ambientale diffusa e una necessaria "Cultura del limite" da contrapporre ad una distorta visione dei vincoli ambientali. L'ecosistema carsico è segnato dalla limitatezza delle risorse e i suoi organismi sono diventati - proprio per questo - specialisti del limite. E con il limite, fisico e simbolico assieme, dell'ambiente carsico non si può scherzare. Sappiamo quanto quelli nel gesso siano equilibri fragili e proprio per questo è necessario stare dalla parte del gesso e dei pipistrelli, involontari indicatori della nostra Civiltà. Di qui la necessità di regole a difesa dell'interesse di tutti. Se mi è consentita una provocazione al riguardo vi chiedo "È più vincolante per le umane attività il sistema dei vincoli, ossia la pratica del sano concetto che presuppone l'esistenza di una "soglia", oppure l'effetto del mancato rispetto dei limiti che ci pone la Natura? Faccio un esempio: la siccità?"

Il nostro Parco sta sviluppando esperienze di fruizione equilibrata del proprio patrimonio speleologico: ogni anno 1200-1300 persone percorrono la Grotta della Spipola, accompagnati da guide che garantiscono la sicurezza dei visitatori e dell'ambiente. Diverse centraline sorvegliano l'impatto di queste comitive e da quando le escursioni avvengono sotto il controllo del Parco un gruppo di rari pipistrelli sverna proprio sul percorso di visita! In questa esperienza è preziosa la continua attenzione e collaborazione garantita dai locali Gruppi Speleologici e dalle Istituzioni scientifiche. Senza loro non saremmo oggi a parlare di grotte e di parchi carsici.

Alla Spipola ci auguriamo si affianchi presto la storica Grotta del Farneto, l'altra grotta cara ai Bolognesi. Scoperta dall'Orsoni nel 1871 e per lungo tempo meta di avventurose escursioni nel seno della montagna ancor oggi "può essere – come recita un volantino di fine '800 - occasione di diletto e può porgere argomento di gravi riflessioni". E le riflessioni sono diverse perché se dobbiamo riaprire la Grotta è perché la limitrofa cava ha fatto il disastro. Un altro limite superato, evidentemente! Il Farneto e la Spipola, l'Orsoni e il Fantini: quanto dobbiamo a queste grotte, quanto a questi Uomini la cui modernità continua a sorprenderci.

Ma allarghiamo i confini del Parco. Da poco tempo il Parco ha sottoscritto una prima intesa con il Comune di Zola Predosa per la tutela dei suoi gessi e delle sue grotte, tra cui ricordo la famosa Gortani, cara a Luigi Fantini. Sono certo che anche questi Gessi potranno in futuro rientrare all'interno di una stazione del Parco.

Per un Parco che tenta un allargamento, un altro che stenta a nascere: il Parco della Vena del Gesso romagnola. Un quasi-Parco che attesta le nostre difficoltà, i nostri limiti. Da parte mia non vi è dubbio che le aree gessose debbano diventare senza indugio aree protette. L'importanza dei luoghi che anche questo Simposio mette in evidenza ci impone di passare dalla teoria ai fatti, dalla parte del gesso e dei pipistrelli.

Buona lettura.

Forte Clò
Presidente del Parco e Assessore
all'Ambiente della Provincia di Bologna

Programma del Simposio

Symposium programme

26 AGOSTO / AUGUST, 26

10,15 – Apertura della Segreteria e registrazione dei partecipanti
Secretariat opening and registration

15,30 – Apertura del Simposio e benvenuto delle Autorità (Sala del Consiglio Provinciale)
Symposium opening ceremony and welcoming address by the Authorities
(Province Council hall)

16,00 – Presentazione del volume: “Le aree carsiche gessose d’Italia”
Official presentation of the book: “Gypsum Karst areas of Italy”

Prima sessione scientifica / First scientific session

I Gessi nel Mondo / Gypsum areas of the world

CARLOS BENEDETTO

Áreas cársticas yesosas en Argentina: una necesaria actualización de datos
Gypsum karstic areas in Argentina: a necessary update

JOSÉ MARIA CALAFORRA, A. FERNÁNDEZ-CORTÉS, J.A. GÁZQUEZ-PARRA
Environmental control of caves in the gypsum karst of Sorbas

ALEXANDER KLIMCHOUK

Gypsum caves and Karst in the Western Ukraine:
speleogenetic and typological significance

YURIY KADEBSKIY, OLGA KADEBSKAYA

The Kungur Cave: the oldest show cave in gypsum of the world

PERIKLI QIRIAZI, MARIO PARISE, SKËNDER SALA

Il carsismo nei gessi del territorio albanese / *Gypsum Karst in Albania*

Seconda sessione scientifica / Second scientific session

Studi e ricerche sui gessi in Italia / *Gypsum areas of Italy: research and studies*

PAOLO FORTI, STEFANO MARABINI

Ulisse Adrovandi and the very first description of speleothems
from Gypsum Karst of Bologna

CLAUDIO DALMONTE, PAOLO FORTI, SERENA PIANCASTELLI

The evolution of carbonate speleothems in gypsum caves as indicator of microclimatic
variations: new data from the Parco dei Gessi caves (Bologna, Italy)

MARCO VATTANO

Aspetti geomorfologici del sistema carsico di Monte Conca (Campofranco, Caltanissetta)
Geomorphological features of the karst system of Monte Conca (Caltanissetta, Sicily)

GIUSEPPE RIVALTA, CARLA LAMBERTINI

Indagini microbiologiche nella grotta laboratorio Novella, Parco dei Gessi Bolognesi
*Microbiologic research in the underground laboratory of the Novella Cave, Gessi Bolognesi
Natural Park*

STEFANO LUGLI

Peculiar karstic features in the Upper Triassic sulphate evaporites from the Secchia valley
(Northern Apennines, Italy)

GIAN PAOLO COSTA

Latest Messinian vertebrate fauna preserved in a paleokarst setting

PAOLO FORTI, DANILO DEMARIA, ANTONIO ROSSI

The last mineralogical finding inside the caves in the Gessi Bolognesi Natural Park:
the dolomite moonmilk

Terza sessione scientifica / Third scientific session

Le aree protette: esperienze e modalità di gestione del patrimonio carsico-speleologico

Protected areas: the management of the karst and caves heritage

DAVID BIANCO

1988-2003: l'esperienza del Parco nel campo della tutela e valorizzazione dei Gessi
Bolognesi / *1988-2003: the case-history of the Park for the protection and the development
of the Gypsum Karst area of Bologna*

GIULIA CASAMENTO, A. DIMARCA, GIOVANNI MENTO, VINCENZA MESSANA

La tutela delle aree gessose in Sicilia: status e prospettive
The protection of gypsum karst areas in Sicily: state and perspectives

DINO SCARAVELLI

Il Progetto LIFE “I Chiroterri di Onferno” come strumento di conservazione nelle aree carsiche

The LIFE Project “Chiropters of Onferno”, a conservation instrument for the karst areas

LUCIANO BENTINI, PIERO LUCCI

Il tormentato iter dell’istituzione del Parco naturale regionale della Vena del Gesso romagnola / *The tormented bureaucratic course of the Natural regional Park of the Vena del Gesso of Romagna*

MASSIMO ERCOLANI, PIERO LUCCI, BALDO SANSAVINI

L’esplorazione dei sistemi carsici del Re Tiberio e dei Crivellari (Vena del Gesso romagnola) e la salvaguardia dell’area di Monte Tondo interessata dall’attività di cava
The exploration of the karst systems of the Re Tiberio and Crivellari (Vena del Gesso of Romagna) and the protection of the Monte Tondo area from the quarrying activity

Seduta conclusiva / *Final session*

Tavola rotonda: Le aree protette a tutela delle emergenze carsiche gessose

Workshop: The protected areas and the conservation of the gypsum karst heritage

Escursioni / *Field trips*

Visita guidata alla scoperta dei gessi della Città di Bologna

The discovery of the gypsum inside the city of Bologna

Mostra sulla biodiversità in Emilia Romagna

Exhibition on the biodiversity of the Emilia Romagna region

Museo della Preistoria “Luigi Donini” (San Lazzaro)

Museum of Prehistory “Luigi Donini” (San Lazzaro)

Parco dei Gessi Bolognesi e Grotta della Spipola

The karst landscape of the Gypsum Park of Bologna and the Spipola Cave

Grotte di Labante (Castel d’Aiano)

The travertine and the caves of Labante (Castel d’Aiano)

Partecipanti / Members

Agnesi Valerio
Altobelli Paola
Benedetto Carlos
Bertoni Paola
Bertoni Giacomo
Bompane Paolo
Bosak Pavel
Brini Anna
Burri Ezio
Calaforra Jos Maria
Camera Paolo
Capitano Lucina
Casadei Turrone Alessandro
Casamento Giulia
Cattabriga Stefano
Cazzoli Maria Angela
Cerminara Stefano
Cerminara Gaetano
Chama Allel
Costa Gian Paolo
Cottignoli Stefania
David Bianco
De Vido Lidia
De Waele Jo
Deidda Delia
Demaria Danilo
Domenichini Massimo
Ercolani Massimo
Fabbri Giancarlo
Felice Gian Luigi
Ferrini Gianluca
Forti Paolo
Fusini Umberto
Ghezzar Mohamed
Grimandi Paolo
Guerra Maria Teresa

Guidi Tiziano
Kadebskaya Olga
Kadebskiy Yuriy
Klimchouk Alexander
Krivochokov Stepan
Lambertini Carla
Longhi Marina
Lugli Stefano
Madonia Giuliana
Mancini Massimo
Mento Giovanni
Messana Vincenza
Michelucci Angelo
Minarini Giuseppe
Montagni Lucia
Ognibene Guglielmo
Panzica La Manna Marcello
Parmeggiani Gabriella
Pavanello Aurelio
Pontrandolfi Pietro
Qiriazzi Perikli
Rivalta Giuseppe
Ropa Andrea
Rossi Antonio
Sannai Angela
Sansavini Garibaldi
Saporito Giovanni
Sassi Andrea
Sauro Ugo
Scaglioni Antonio
Schiassi Stefano
Shopov Yavor
Sola Ivano
Stagni Giancarlo
Vasina Marco
Vattano Marco



Alcuni momenti della cerimonia inaugurale del Simposio.
Moments of the Symposium opening ceremony.

ÁREAS CÁRSICAS YESOSAS EN ARGENTINA: UNA NECESARIA ACTUALIZACIÓN DE DATOS

Carlos Benedetto¹

Resumen

El estudio de los carsos en yeso comenzaron en Argentina hace poco menos de 30 años. Las primeras exploraciones de cavernas en yeso se realizaron en la Provincia de Neuquén, en los faldeos de la Cordillera de los Andes, Nor-Patagonia, donde se encuentra la Cueva del León (más de 800 metros de desarrollo) y la Sima de Huitrín, única sima de la Argentina hasta el momento (-55 metros). En los últimos años, desde 1997, el interés por las cavernas en yeso se trasladó a la región de Poti Malal, Malargüe, provincia de Mendoza (también Nor-Patagonia), a partir del descubrimiento de la Caverna San Agustín y otras. En esa caverna recientemente se encontraron 3 lagos hipogeos y en sus cercanías fueron halladas otras cavernas yesosas, entre ellas una que tiene estimativamente más de 1 km de desarrollo y que está recorrida por un río subterráneo; se trata, según datos disponibles, de la caverna yesosa más extensa de Latinoamérica. El carso yesoso de Poti Malal muestra asimismo una gran importancia hidrogeológica, ya que en casi todas las cuevas allí descubiertas hay lagos o cursos de agua activos. En ambos casos (Neuquén y Mendoza) se trata de cavernas formadas en yesos del Jurásico y que no cuentan con protección legal real a la fecha, a pesar de que ambas provincias tienen legislaciones específicamente espeleológicas.

Palabras clave: áreas cársicas, carso yesoso, Poti Malal, lagos hipogeos, Nor-Patagonia, Neuquén, Malargüe, legislación espeleológica.

Abstract

Gypsum karstic areas in Argentina: a necessary update

The study of gypsum karst began in Argentina almost 30 years ago. The first discovered in gypsum caves were in the province of Neuquén, in the Andes (North-Patagonia): the Cueva del León (more than 800 meters long) and the Sima Huitrín (-55 meters) which is the only vertical cave known in Argentina until now. Since the discovery of San Agustín Cave and other caves in the last few years (since 1997), interest has shifted to the gypsum caves in Poti Malal, Malargüe, Mendoza Province (also North-Patagonia). In San Agustín Cave, there have been recently new discoveries of three subterranean lakes. Nearby another gypsum cave has been found. It is approximately 1km long and it has a subterranean stream; it might well be the longest gypsum cave in Latin America. The hydrology of the Poti Malal Gypsum karst is very important because there are active subterranean streams and lakes in almost all of caves discovered so far. In both provinces (Neuquén and Mendoza), the caves are formed in Jurassic gypsum, and until now they do not have any real legal protection, although both provinces have specific laws regarding these caves.

Keywords: karst areas, gypsum karst, Poti Malal, Subterranean lakes, North-Patagonia, Neuquén, Malargüe, speleological legislation.

¹ Instituto Argentino de Investigaciones Espeleológicas – INAE
Mercedes Tomasa de San Martín 752 – (CP 5613) Malargüe – Mendoza – Argentina
benedetto@rucared.com.ar – www.inae.org.ar

Introducción

Una revisión de los estudios de los carsos en yeso en América indica que no hay estudios ni exploraciones sistemáticas de este tipo de formaciones en el continente. El Atlas de Cavidades no Calcáreas del Mundo (CHABERT & COURBON, 1997) señala que, excepto en Argentina, sólo se registran cavidades en yeso en Canadá, Chile, Colombia, Cuba y Jamaica, todas ellas de menos de medio kilómetro de desarrollo. Estas cavidades parecieran ser casos aislados o cuando menos indican que los espeleólogos no han dedicado esfuerzos ni energías para exploraciones en este tipo de formaciones, con la única excepción de los estudios de las características hidrológicas e hidroquímicas en carso yesoso de Punta Alegre (Ciego de Avila, Cuba), luego de la Expedición Italo-Cubana 1991, en cuyo transcurso se investigaron la dinámica de la circulación de agua y la evolución química de la misma (FAGUNDO *et al.*, s/f).

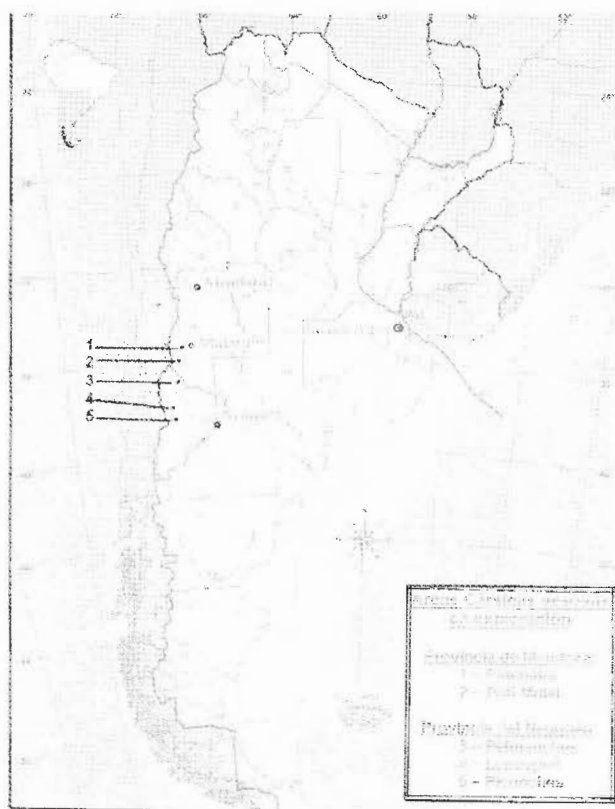


Fig. 1 – Argentina. Provincias de Neuquén y Mendoza con sus áreas cársicas yesosas.

El estudio de las cavernas en yeso en Argentina se inició con la historia misma de la espeleología en este país. En una primera etapa sólo se tenía conocimiento de la existencia de la Cueva del León. Luego se exploraron varias otras cavidades en yesos del Jurásico en esa provincia y en los últimos 7 años estas exploraciones se intensificaron en la provincia de Mendoza, donde se han producido los hallazgos más importantes del país y posiblemente de América Latina a la fecha. Ambas regiones se enmarcan en lo que climatológicamente y biogeográficamente denominamos Nor-Patagonia (ver Fig. 1). Hay datos de carsos en yeso en la provincia de San Juan (Barreal-Cerro Mercedario), pero no hubo hasta ahora exploraciones sistemáticas.

Cavernas en yeso de Neuquén

Neuquén es la provincia más noroeste de la Patagonia Argentina y en ella se han desarrollado importantes exploraciones en la década de los años '80 y hasta avanzados los '90. Las cavidades yesosas más importantes se encuentran en los departamentos de Loncopué, Picunches y Pehuenches.

Sin duda la cavidad más importante en cuanto a su extensión topografiada sigue siendo, a la fecha, la Cueva del León (852 m), trabajo realizado por la asociación GEA (Grupo Espeleológico Argentino). Esta cueva posee un lago hipogeo que ha sido varias veces explorado por buzos. A partir de ese trabajo inicial, se sumaron casi una treintena más de cavernas yesosas en esa provincia, entre las cuales destacamos también la Sima Huitrín (-55 m), que hasta ahora es la principal cavidad vertical argentina.

Las exploraciones y estudios de las cavernas yesosas en la provincia de Neuquén tuvieron, en el período mencionado, un carácter de actividad permanente, que incluyeron no solamente las exploraciones, sino también estudios biológicos y mineralógicos.

A modo de resumen enumeramos los siguientes hallazgos:

En 1985-86 GEA realizó intensivas exploraciones en el Norte de la Provincia de Neuquén, en las cercanías del volcán Tromen, en cuyo transcurso se topografiaron 11 cavidades, entre las cuales se destaca la Caverna de la Yesera (153 m) y la Cueva Mercedes (104 m y 54 m de desnivel) (REDONTE, 1987). GABRIELE describe (1992) varios fenómenos de meteorización de la anhidrita en estas cavernas cercanas al Tromen y más tarde se reportó el descubrimiento de azufre nativo en la Caverna Mercedes (BALOD & REDONTE, 1995). También REDONTE (com. pers.) detectó la presencia de campos de dolinas en la zona cercana al Tromen.

Paralelamente, grupos espeleológicos locales de la provincia de Neuquén (GENEU, GAEMN), iniciaban la exploración e inventariado de cavidades en yeso. El principal trabajo de relevamiento y posterior catastrado lo realizó el Grupo Espeleológico del Neuquén (GENEU), el cual incluye casi 30 cavernas en toda la provincia, destacándose algunas de desarrollo hectométrico: del León (ya mencionada), Aguada La Mula (187 m), de la Laguna (215 m), de La Yesera (150 m), Salado I (130 m), Mercedes (ya mencionada), Pichi Neuquén (515 m), Piedras Blancas (149 m), Salado III (577 m) (DUPONT, 1995).

Algunas de estas cavidades dieron lugar a trabajos específicos relacionados con estudios geoespeleológicos (GABRIELE, 1991a, b).

Desde nuestra perspectiva, debemos señalar que Argentina no tiene cavernas de desarrollo vertical, pero también que la principal sima argentina es una caverna en yeso (Huitrín) (GABRIELE, 1996).

En 1992 el Instituto Argentino de Investigaciones espeleológicas (INAE) organizó una expedición a distintas cavernas de las provincias de Neuquén y Mendoza junto al Dr. Paolo Forti (Universidad de Bologna – Italia), en cuyo transcurso se visitó la Cueva del León y se hicieron observaciones sobre la

influencia del clima en la evolución de las formas cársicas epigeas e hipogeas, con especial atención a la formación de “gypsum chimneys” y “gypsum dust flowstones” (FORTI, 1992; FORTI *et al.*, 1993).

Un año antes, el mismo INAE organizó una expedición a la zona junto a los bioespeleólogos brasileños Eleonora Trajano y Pedro Gnaspini Netto, quienes realizaron el primer relevamiento serio de la fauna en Cueva del León (TRAJANO, 1991). Como consecuencia ulterior de esa expedición, el bioespeleólogo mexicano José Palacios Vargas describió una nueva especie de microartrópodo en Cueva del León y señaló datos interesantes sobre convergencia evolutiva a partir de ese hallazgo (PALACIOS VARGAS, 1999).

Legislación e interrupción de las exploraciones

La Legislatura de la Provincia de Neuquén aprobó en 1997 la Ley 2213, que está dedicada a la protección y estudio de las cavidades naturales.

El comienzo de la vigencia de esta ley hacía pensar que se produciría un avance significativo para la protección de las casi 100 cavernas neuquinas (incluyendo las 30 cavidades yesosas aquí aludidas) y un estímulo institucional al trabajo de las asociaciones espeleológicas.

Sin embargo, y tomando como excusa un derrumbe producido en 1998 en la Cueva del León, las autoridades provinciales decidieron prohibir toda actividad espeleológica en el territorio provincial. Investigaciones posteriores realizadas por la Federación Argentina de Espeleología (FAdeE) demostraron que detrás de la prohibición se esconde la intención de excluir a los espeleólogos para facilitar la habilitación de varias cavernas neuquinas al turismo sin controles. El proyecto incluiría la derogación de la Ley 2213, y esta situación ha originado varias denuncias de los espeleólogos ante organismos de control del gobierno de Neuquén.

Mientras tanto, las actividades espeleológicas están suspendidas, las asociaciones espeleológicas provinciales parecen haber entrado en una etapa de "hibernación" (y en algunos casos una aparente disolución), lo cual ha interrumpido literalmente todas las exploraciones y todos los proyectos exploratorios y científicos relacionados con el importante patrimonio espeleológico de esa provincia.

Eso ha favorecido, no obstante, el desarrollo de las actividades espeleológicas en otras provincias, especialmente Mendoza, donde las exploraciones en los carso yesosos del sur provincial (Departamento de Malargüe) han adquirido gran resonancia pública gracias a los hallazgos de los últimos 5 años.

Espeleología y cavernas en yeso en Mendoza

Hasta 1997 el sur de la Provincia de Mendoza era conocido por las actividades en Caverna de Las Brujas y en algunas cavernas basálticas (Cueva del Tigre). Incluso las expediciones argentino-brasileña (1991) e italo-argentina (1992) desarrollaron sus actividades en Mendoza en estas cavidades (TRAJANO, 1991; FORTI, 1992), sin mayores datos sobre cavidades yesosas.

Hasta entonces sólo se tenían, en Malargüe-Mendoza, datos de unas pocos abrigos yesosos de no más de 6 metros de profundidad, aun a pesar de que la mera observación de las fotos satelitales indicaban la posibilidad muy firme de existencia de cavernas en varias regiones de la provincia.

En 1996 se inició, a escasos 30 km de la ciudad de Malargüe en dirección a la Cordillera, la exploración de un pequeño carso yesoso de reducidas dimensiones, en el que se relevaron unas 10 cavidades de poco desarrollo (la mayor de ellas de tan solo 34 m) y de actividad hídrica inexistente, pero con algunas curiosidades mineralógicas observadas por Paolo Forti y Franco Urbani y que dieron lugar a un breve informe (URBANI & BENEDETTO, 1998) en el que se informa sobre

la existencia de espeleotemas de cristal de yeso. Las cavernas fueron denominadas con el nombre de Pincheira y numeradas de I a X.

Sin embargo, los más importantes aportes al estudio de las cavernas en yeso en el Departamento de Malargüe se iniciarían en el mismo año 1997 en Poti Malal, nombre de un río afluente del Río Grande, el más caudaloso y el menos aprovechado de la provincia de Mendoza.

Diez kilómetros antes de su desembocadura en el Río Grande, el río Poti Malal forma un valle rodeado de macizos yesosos jurásicos de gran potencia. En ellos se describió la Caverna de San Agustín (BENEDETTO, 1998, 1999, 2000), y más tarde en las zonas aledañas se descubrieron otras cavidades sobre las cuales todavía no se han hecho reportes en revistas especializadas aunque sí abundantes informaciones periodísticas.

El carso yesoso de Poti Malal

La primera caverna explorada y topografiada en Poti Malal fue San Agustín, aunque exploraciones posteriores dieron como resultado la aparición de nuevas cavernas, casi todas ellas hidrológicamente activas todo el año o estacionalmente: Federación, Doña Palmira, Sima de Leiva, La Buitrera, de los Cangrejos, de la Gotera, Miranda, de Llano Grande, de la Lechuza. La espeleometría de estas cavidades van de los 20 metros a varios centenares de metros. En dos casos (Miranda y Cangrejos) se trata de cavernas recorridas por arroyos hipogeos. En otros dos casos (San Agustín y Doña Palmira) se trata de cavernas que contienen espejos de agua hipogeos. En todos los casos, las aguas epigeas emergen en surgentes epigeas que constituyen luego arroyos tributarios del río Poti Malal. Hay asimismo numerosos arroyos que emergen de los potentes macizos yesosos de la región (de hasta 300 metros de espesor), sin haberse hallado hasta el momento las cavidades respectivas por no

estar visibles las bocas de acceso.

Las exploraciones sistemáticas del área se iniciaron a fines de 1997 y continúan a la fecha. Desde el año 2000 los trabajos de exploración y topografiado los realiza el INAE junto a la asociación espeleológica inglesa Mendip Caving Group (MCG), éste último bajo la dirección de Tim Francis. De estos trabajos anuales se resume la siguiente información:

Caverna San Agustín (450 m – topografía parcial): Se trata de una gran sala con parte del techo colapsado y a cuyo piso inferior se desciende por un talud de arena de unos 60 metros lineales. En esta parte inferior el techo tiene una altura de casi 20 metros y desde allí parte una galería ascendente abierta por grandes derrumbes (ver Fig. 2). En las primeras observaciones llamaba la atención la existencia de una surgente de agua de dimensiones considerables al pie del cerro donde se encuentra la cavidad (FRANCIS, 2002) y se especulaba con la posibilidad de que la caverna pudiera contener agua, hipótesis apoyada por la observación, en Cueva Federación (ver Fig. 3), de marcas de niveles de agua aparentemente estacionales. Así fue que a fines de 2002, en el transcurso de una expedición espeleológica argentino-croata, se descubrieron dos lagos hipogeos bautizados con los nombres de

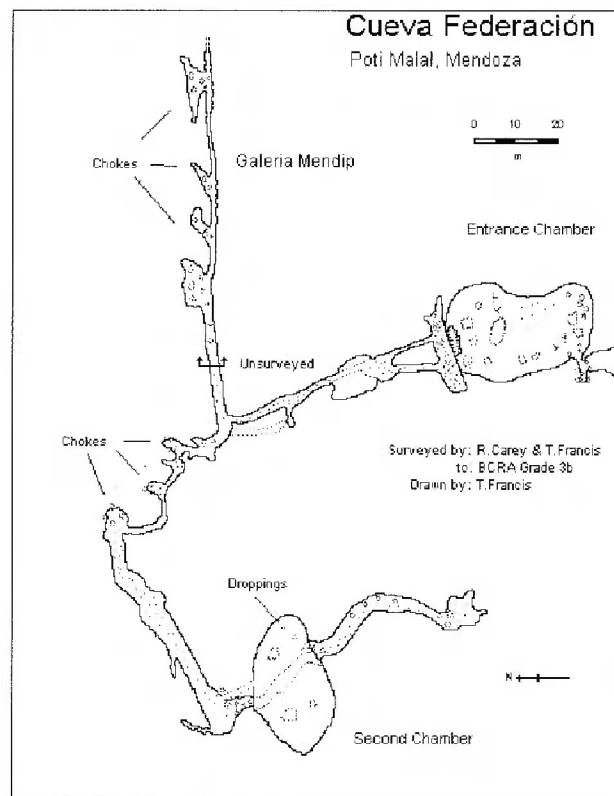


Fig. 3 – Planta de la Cueva Federación MCG 2001

“Croacia” y “Argentina”, de mayores dimensiones incluso que el lago de la Cueva del León en Neuquén. A fines de ese mismo año el INAE organizó la exploración subacuática de estos lagos, con el concurso de tres buzos de la organización MENDOZASUB, quienes midieron una profundidad de hasta 18 m en

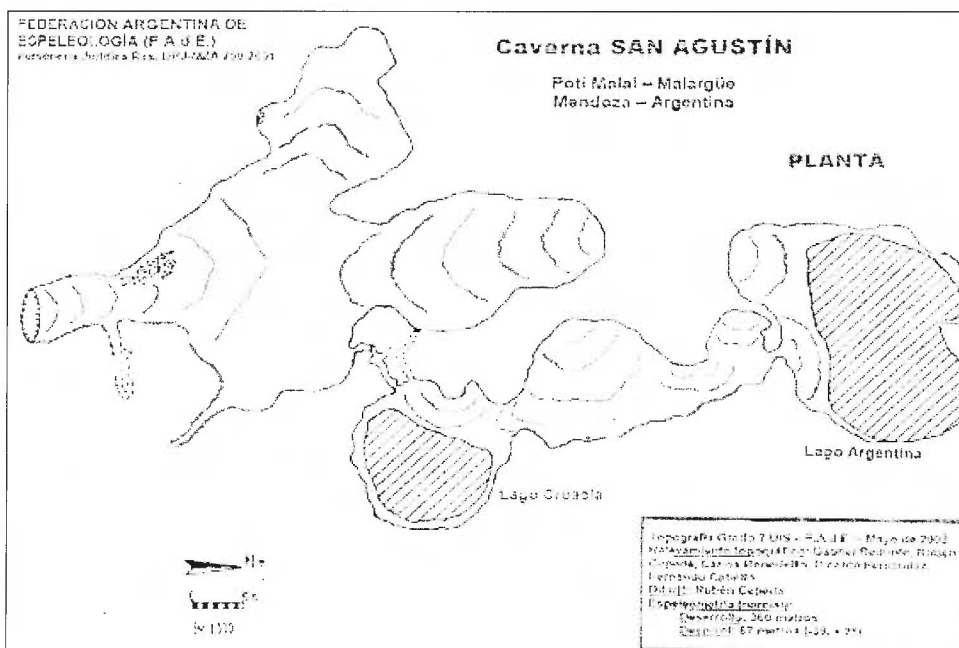


Fig. 2 – Planta de la Caverna San Agustín FADE 2003

el segundo de los lagos, como asimismo la existencia de un túnel profundo que no pudo ser explorado en esa oportunidad. A principios de 2003, en una segunda exploración, los buzos recorrieron ese túnel y hallaron un tercer lago, que en realidad es una cámara donde se experimentó falta de oxígeno y que conformaría en realidad un gigantesco sifón, ya que el mencionado túnel tiene una extensión de 60 m. A ese tercer lago, lamentablemente, solamente puede llegarse buceando y no por las técnicas espeleológicas tradicionales. Estos descubrimientos en el interior de San Agustín permitieron respaldar la idea de que las cavernas de Poti Malal constituyen un gran sistema hidrológico del que sólo se está conociendo una mínima parte.

Cueva Federación (350 m – topografía parcial): se trata de una caverna descubierta a principios de 2000, con una gran sala inicial y estrechas galerías laterales muy concrecionadas, con algunos pasadizos de singular belleza. La caverna muestra indicios de que parte de sus salas están estacionalmente anegadas. Se encuentra en el mismo macizo que Cueva San Agustín y a escasos 300 metros una de otra. No se ha encontrado la conexión entre ambas, pero se especula con que la misma existe en algún punto de sus respectivas topografías.

Cueva Doña Palmira: es una pequeña cavidad de la que al principio se habían relevado sólo 20 metros, pero que en exploraciones posteriores arrojó cifras superiores, todavía no dibujadas. Su extensión total no sería considerable, aunque es de señalar su pequeño espejo de agua hipogeo como indicador de actividad hidrológica.

Cueva Miranda (750 m ¿?). Las cavernas hasta aquí mencionadas se encuentran en la margen derecha del río Poti Malal. En cambio Miranda se encuentra en el margen izquierdo, a muy poca distancia de San Agustín-Federación. La zona fue explorada en 2002

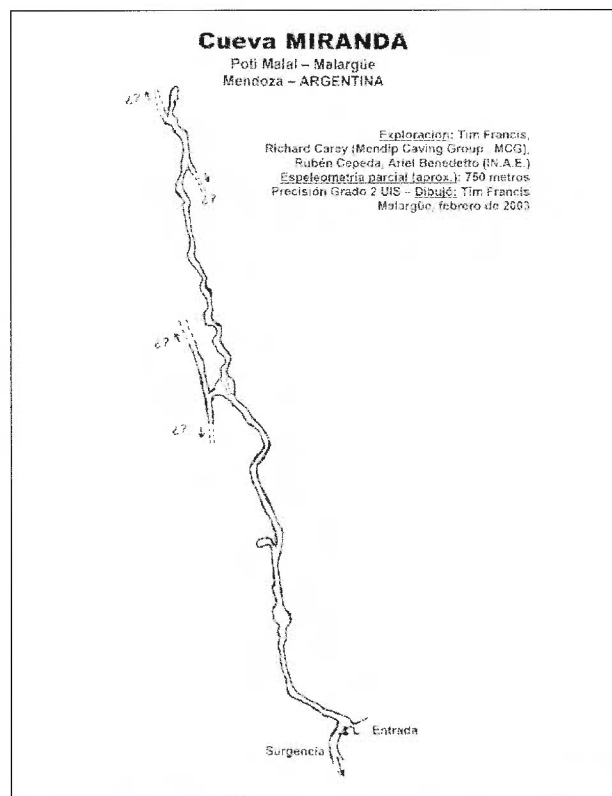


Fig. 4 – Planta de Cueva Miranda MCG-INAE 2003

por espeleólogos ingleses (MCG) y argentinos (INAE), notándose que varios arroyos epigeos se pierden en los macizos yesosos, como que asimismo hay arroyos hipogeos que emergen de esos macizos. Casi toda la campaña 2002 se dedicó a buscar las conexiones entre esos cursos de agua y las cavernas. Finalmente, en 2003 se decidió explorar una surgencia en el puesto Miranda. Los espeleólogos debieron recorrer arrastrándose sobre el lecho del arroyo subterráneo varios cientos de metros. En muy pocos pasadizos pudieron hacer pie y luego de recorrer unos 750 m debieron regresar por el intenso frío del agua y la falta de equipos. Sin embargo estimaron que la longitud total de la cueva puede superar el kilómetro, con lo que se transformaría en la caverna de yeso más extensa de Argentina y de América, a juzgar por los datos disponibles a la fecha. Exploraciones epigeas apoyan esta hipótesis y además arrojan la existencia de muchas otras cavidades en el mismo macizo yesoso, en fallas visibles y en cercanía de arroyos hipogeos que se pierden en la montaña (ver Fig. 4).

Necesidad de un estudio integral

Las cavernas San Agustín, Federación, Palmira y Miranda se encuentran en lo que llamamos “Valle de Poti Malal”, que en realidad es una parte de la cuenca relacionada con este río. Las otras cavidades mencionadas al principio se encuentran fuera de esta sub-área (ver Fig. 5) y son de dimensiones más reducidas, pero comparten la característica de ser hidrológicamente activas. El río Poti Malal viene a ser, en este caso, el principal colector de un sistema hidrológico hipogeo del cual hasta el momento tenemos pocos datos, como los aquí resumidos. Las exploraciones no se detienen y cada campaña a la zona arroja más información sobre cavernas hasta ahora no relevadas. Al promediar al año 2003, la Federación Argentina de Espeleología está estudiando la posibilidad de elaborar un proyecto de relevamiento integral del carso yesoso de Poti Malal con algún tipo de financiamiento externo, habida cuenta de que la magnitud de la formación hace pensar que se trata de un verdadero sistema de grandes proporciones y que merece un estudio integral.

Mención aparte merecen las áreas yesosas de

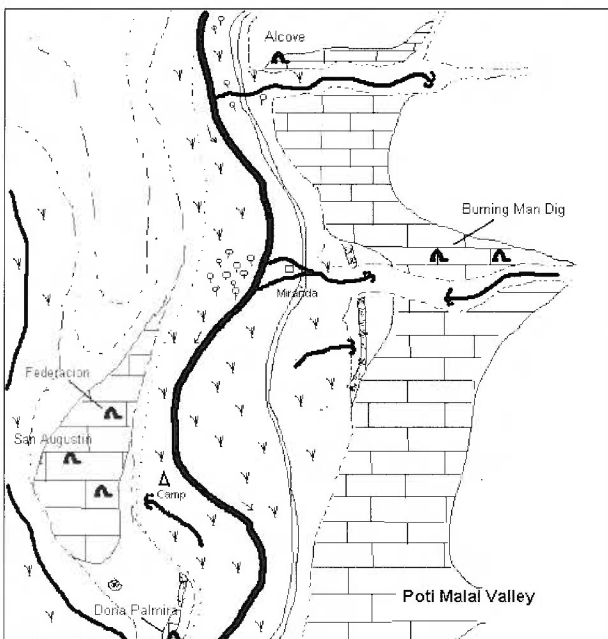


Fig. 5 – Valle de Poti Malal. Dibujo de Tim Francis (MCG)

Sierra de Reyes, Cordón Cara Cura, El Sosneado y las Leñas y Valle Hermoso, también dentro de Mendoza, al norte del área actualmente en estudio. Éstas no han sido exploradas, pero los espeleólogos tienen hipótesis de que se trata de sitios con ocurrencia de cavidades yesosas de importancia.

Aspectos proteccionistas

La provincia de Mendoza tiene, desde 1993, la primera ley de espeleología en Argentina, aunque de alcance provincial (Nro. 5978). La autoridad de aplicación de esta Ley es la Dirección de Recursos Naturales Renovables (DRNR) de la Provincia, pero hasta el momento sólo se ha ocupado de administrar la Reserva Natural Caverna de Las Brujas, la cual está habilitada al turismo y constituye entonces un emprendimiento de tipo económico que aparentemente sería prioritario en comparación con otras formaciones cársicas no rentables.

Las otras cavidades naturales del Departamento de Malargüe y del resto de Mendoza no están siendo objetivo de protección específica por parte de las autoridades. Esto significa que la protección de esas cavidades es producto del entendimiento entre los espeleólogos (que a menudo deben ocultar información para que la misma no caiga en manos de operadores de turismo ilegal, que abundan en la región) y los habitantes del lugar.

En varias oportunidades el Valle de Poti Malal ha sido visitado por operadores de turismo irregular, pero sin resultados. Los espeleólogos han formulado denuncias penales para evitar la invasión de turistas al lugar, y todo ello es producto de que Mendoza todavía no posee una política integral y decidida de proteger el patrimonio espeleológico. Pareciera que solamente importa proteger un bien (la Caverna de Las Brujas) que además configura un buen negocio. Es posible que Poti Malal despierte el interés de las autoridades si se confirmara su

valor turístico potencial, cosa todavía no resuelta a partir de que estamos ante un sistema de cavernas de un yeso que no parece muy estable para este tipo de actividad comercial. Pero por el momento los espeleólogos y los lugareños son los únicos interesados en proteger las cavernas yesosas del valle de Poti Malal.

Bibliografía

- BALOD M., REDONTE G., 1995 - *Descubrimiento de azufre nativo en la Caverna Mercedes, Yesera del Tromen, Neuquén*. Salamanca 8, GEA, Buenos Aires, pp. 37-44.
- BENEDETTO C., 1998 - *San Agustín: una gran cavidad en yeso en el Paraje Poti Malal, Malargüe, Mendoza, Argentina*. Memorias del V Encuentro Argentino de Espeleología. Las Lajas (Neuquén), pp. 43-47.
- BENEDETTO C., 1999 - *La Caverna de San Agustín, Argentina*. El Guácharo 45, SVE, Caracas, Venezuela, pp. 37-42.
- BENEDETTO C., 2000 - *La caverne de Saint-Agustín*. Regards 38, Liege, Bélgica, pp. 32-33.
- CERDA J.G., SECO P., MENA O., 1998 - *Cavidades en yeso cercanas a Pincheira, Malargüe, Mendoza, Argentina*. Memorias del III Congreso Espeleológico de América Latina y del Caribe. El Guácharo 43, Caracas, Venezuela, pp. 117-121.
- CHABERT C., COURBON P., 1997 - *Atlas des Cavités non calcaires du monde*. UIS, 110 pp.
- DUPONT L., 1995 - *Atlas de Cavidades de Neuquén*. Cutral Co, Neuquén, 107 pp.
- FAGUNDO J.R., RODRIGUEZ J.E., DE LA TORRE J., ARENCIBIA J.A., FORTI P., *et al* - *Hydrologic and Hydrochemical characterization of the Punta Alegre Gypsum Karst (Cuba)*. IAH Congress, Shiraz, Persia, pp. 485-498.
- FORTI P., 1992 - *Breves notas en torno a la expedición "Argentina 92"*. Spelaion 3, INAE-Buenos Aires, pp. 7-10.
- FORTI P., COSTA G., OUTES V., RE G., BARREDO S., 1993 - *Two peculiar karst forms of the gypsum outcrop between Zapala and Las Lajas (Neuquén, Argentina)*. Int. Cong. Speleol. Beijing, pp. 54-56.

Agradecimientos

Al Dr. Franco Urbani (Universidad Central de Venezuela, Caracas), por la lectura crítica del borrador de este trabajo, y al Sr. Gabriel Redonte (Grupo Espeleológico Argentino, Buenos Aires) por los datos actualizados de catastro.

- FRANCIS T., 2002 - *Exploration at Poti Malal, Argentina 2002*. News – Mendipo caving Group Newsletter 308, Bristol, Inglaterra, pp. 1-8.
- GABRIELE N., 1991a - *Geoespeleología de la Caverna Salado I (Depto. Loncopué, Prov. Del Neuquén): un parakarst (en yeso) de Montaña*. Spelaion 2, INAE-Buenos Aires, pp. 21-32.
- GABRIELE N., 1991b - *Caverna del Salado II (Depto. Loncopué – Prov. Del Neuquén): espeleogénesis preliminar*. Spelaion 2, INAE-Buenos Aires, pp. 31-40.
- GABRIELE N., 1992 - *Meteorización de la anhidrita en los fenómenos para-kársticos en la Yesera del Tromen y alrededores*. Salamanca 7, GEA-Buenos Aires, pp. 9-16.
- GABRIELE N., 1996 - *Geoespeleología de la Sima de Huitrín – Depto. Loncopué – Neuquén – Argentina*. Spelaion 5, INAE-Malargüe, Mendoza, Argentina, pp. 3-10.
- PALACIOS VARGAS J., 1999 - *Fauna de las cuevas argentinas: un interesante ejemplo de convergencia evolutiva*. Salamanca 10, GEA-Buenos Aires, pp. 26-27.
- REDONTE G., 1987 - *Fenómenos cársicos en la yesera del Tromen*. Salamanca 3, GEA-Buenos Aires, pp. 47-54.
- REDONTE G., BENEDETTO C., 2001 - *El impacto antrópico en las cavernas argentinas. Estrategias para un Desarrollo sustentable*. Proceedings 13th International Congress of Speleology, Brasilia, Vol. 2, pp. 220-225.
- TRAJANO E., 1991 - *Notas biológicas sobre cavernas argentinas (Resultados de la Primera Expedición Espeleológica Argentino-Brasileña, Neuquén-Mendoza)*. Spelaion 2, INAE-Buenos Aires, pp. 3-8.
- URBANI F., BENEDETTO C., 1998 - *Apuntes mineralógicos sobre algunas cuevas del Departamento de Malargüe, Mendoza, Argentina*. Spelaion 6, Malargüe, Mendoza, Argentina, pp. 3-8.

ENVIRONMENTAL CONTROL OF CAVES IN THE GYPSUM KARST OF SORBAS

José Maria Calaforra ¹, A. Fernández-Cortés ¹, J.A. Gázquez-Parra ²

Riassunto

Monitoraggio ambientale di grotte nell'area carsica gessosa di Sorbas.

Viene descritto un sistema di monitoraggio installato nelle grotte in gesso di Sorbas (Almería, Spagna). Il sistema era stato inizialmente progettato per studiare le modificazioni indotte dalla frequentazione umana di una grotta a seguito della sua apertura al turismo. La trasmissione alla stazione dell'Università di Almería dei dati sulla concentrazione dell'anidride carbonica, della temperatura e della umidità relativa assieme al numero di visitatori avviene in tempo reale attraverso un ponte radio. Le informazioni microclimatiche sono rese disponibili su internet (<http://karst-yeso.ual.es>) in maniera che chiunque sia in grado di conoscere in tempo reale la situazione dei parametri microclimatici della grotta e l'evoluzione degli stessi dopo che una visita è stata effettuata. La necessità di effettuare misure automatiche in una stazione remota, assieme al fatto che si rendeva necessario variare l'intervallo di lettura e di sensibilità dei singoli sensori in maniera dinamica, ha fatto sì che si sviluppasse un sistema hardware e software specifico per il monitoraggio in grotta. Tale sistema potrà in futuro essere un interessante mezzo per la gestione di altre grotte turistiche.

Parole chiave: grotte turistiche, grotte in gesso, sistemi di monitoraggio ambientale, telemetria, Spagna.

Abstract

A cave environment monitoring system installed in the gypsum caves of Sorbas (Almería, Spain) is described. The system was initially designed to study the antropogenic change of a cave due to the beginning of tourism activities. Data of carbon dioxide concentration, temperature, relative humidity and presence of visitors are send on real-time via radio to the University of Almería base station. The microclimatic information is published by internet (<http://karst-yeso.ual.es>) so everybody can check the microclimatic conditions of the cave and know the influence and environmental recovery after a real visit in real-time. The combination of a remote location and the need to dynamically alter how readings are taken led to the development of custom hardware and software for a cave-monitoring system. The system could be a very interesting tool for the management of a show cave.

Keywords: show cave, gypsum cave, environment monitoring system, telemetry, Spain.

Environmental importance of the Gypsum Karst of Sorbas: some reasons for conserving the caves

The Sorbas Karst (Almería) is a small gypsiferous outcrop, 12km² in extent, which contains almost 1,000 sinkholes and caves (CALAFORRA, 1998; CALAFORRA & PULIDO-BOSCH, 1997). The enormous concentration and variety of surface and subterranean

karstic formations (CALAFORRA & PULIDO-BOSCH, 1999) make it one of the most important gypsum karst environments in the world. On the other hand, some special environmental conditions like semiarid climate and high levels of soil salinity turns it into a biodiversity hot spot area. The criptogamic flora of the gypsum outcrop have the highest biodiversity level of the Iberian peninsula (GUTIÉRREZ & CASARES, 1994). The gypsum

¹ Department of Hydrogeology and Analytical Chemistry. University of Almería (Spain). - E-mail address: jcalafor@ual.es; acortes@ual.es

² Department of Computer Architecture and Electronics. University of Almería (Spain). - E-mail address: jgazequez@ual.es

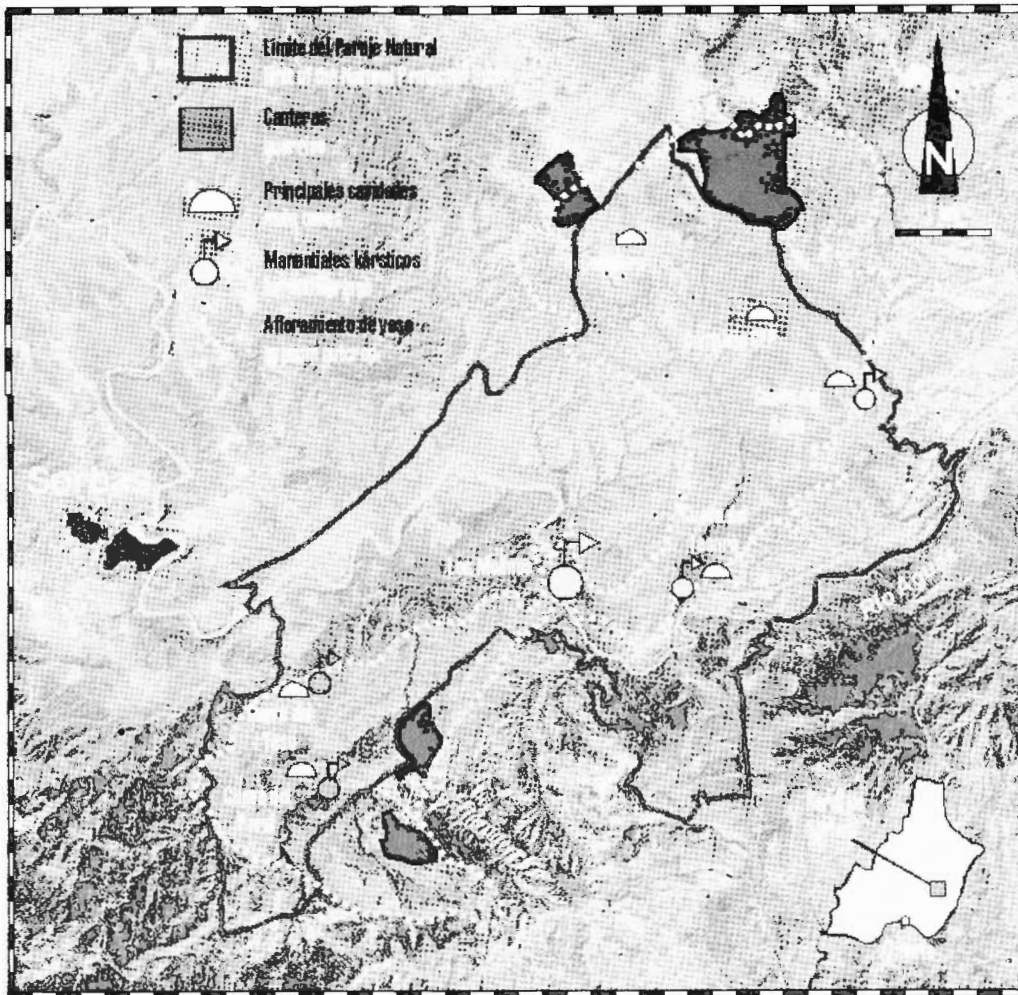


Fig. 1
Gypsum outcrop and Natural Space of the Karst of Sorbas, main caves and springs.

flora also attains a greater significance with three endemic species: *Narcissus tortifolius*, *Helianthemum alypoides* and *Teucrium turredanum*. With respect to the caves the research about cave entomofauna of Sorbas accomplished by University of Almería has provided, at present, the discovery of four new species: *Pseudosinella* sp. nov., *Chthonius* sp. nov., *Coletinia* sp. nov. and *Tychobythinus* sp. nov. (RUÍZ-PORTERO et al., 2000, 2002), *Palliduphantes cortesi* sp. nov., and *Palliduphantes gypsi* sp. nov. (RIBERA et al., 2003).

In addition, the gypsum also comprises a mineral resource that has been exploited since the middle of the last century. The mining sector has played an important role in the development of the region and has forms the socio-economic base of the area. The annual production in 1998 was close to 23.5 million euro generating a quota of employment of

about 400 direct and indirect employments (CONTRERAS-LÓPEZ & CALAFORRA, 2002). Lack of diversification of economic activities, together with the impact of mining on the environment have brought this karstic area to a situation of environmental unsustainability. The absence of a Natural Resources Ordenation Project neither planning the use and management of this natural area is the main problem nowadays. Development around the mineral resources has historically obviated the other functions and values of the natural heritage.

In 1988, the Spanish Administration recognized its rich environmental value and declared it a Protected Natural Space. An extension of 23.75 hectares was protected using the existent lineal infrastructures, specially highways and roads, as limits to define the protection area. For this reason the gypsum outcrop area is not totally protected,



Fig. 2
Main gallery of Sistema Covadura cave (Gypsum Karst of Sorbas).
Photo: Jabier Les

existing karstic areas to the north (Zona Jardín) and to the south (Cerrón Hueli) that are outside the limits the Natural Space and where the gypsum mines are located (Fig. 1). Note that activity and licenses of exploitation are previous to the declaration of Natural Space. Nowadays, the karst outcrop and the mining activity are in fragile environmental. Mining activity is located in the limits of protected area without existing a policie perimeter of control between them.

Tourism and caves into Gypsum Karst of Sorbas

At the present time, the tourist development of the Gypsum Karst of Sorbas is based in the adventure visit of several caves and represents the main sustainable economic alternative to the gypsum mines. There are some private companies that have concerted with the Administration visits of reduced groups (up to 20 visitors per group) in the Cueva del Yeso and in the most subsurface galleries in the Sistema Covadura (Fig. 2).

The “adventure tourism” is based on speleology-type visits with single electrical illumination and absence of paths or artificial structures facilitating the access. According to the data of control of visits 53 visitors daily access

to the Cueva del Yeso. The tourist exploitation of these caves has considerable increased diary level last years.

The research project FEDER-SORBAS: Framework to sustainable management of show caves

Show cave management should be able to preserve the cave environment under risk limits and support a sustainable visitors capacity (CIGNA, 1993; CALAFORRA *et al.*, 2003). It is advisable to have some enviromental tools management which facilitate and characterize the main parameters of the cave and to obtain some environmental indicators under natural conditions. This database will be used as reference for the objective evaluation of the human impact during the tourist exploitation of the cave. In this sense, the research project FEDER-SORBAS (Spanish Interministerial Commission of Science, Project number: 1FD97-1577) constitutes the first phase of tourist potential possibilities of the Gypsum Karst of Sorbas: the opening of a show cave. On the other hand, many cases of exploitation of the environmental heritage assure their conservation, became the added economic and cultural value are reasons that can be used to develop their protection. A correct

environmental management of a show cave can impact favorably when fomenting the environmental education of the visitors.

Objetives of the research project FEDER-SORBAS

The main objectives of this research project are:

- To know the environment of the most significant caves of gypsum karst of Sorbas;
- To determine the inter-annual variation, inside and outside caves, of the environmental parameters: temperature (air-water-rock), relative humidity, natural ventilation, carbon dioxide concentration, relationship between the rainfall and cave drip water rate, etc.;
- To compare the microclimatic stability of each cave and their recovery inertia after different types of human presence;
- To determine the caves that are susceptible of tourist use, evaluating the environmental impact on them.

Intelligent environmental control system of caves

Monitoring of basic physical variables in show caves is highly recommendable because cave lighting and the presence of visitors immedi-

ately modify ambient conditions within the caves. A cave that receives a continuous stream of visitors can suffer changes in relative humidity, air temperature and CO₂ concentration, among other variables, as a result of the presence of visitors. Such variations could mean a change away from the optimal living conditions of the troglobite fauna, or changes in the growing conditions of speleothems. Therefore, measuring these variables is of great value for trying to achieve the appropriate environmental conservation of the cave.

The classical way of measuring and recording variables uses data-loggers and confers the advantage of independence in terms of placement of the instruments and autonomy in the acquisition and storage of the periodic measurements from the sensors. The limitations of such equipment derive from the battery life and the memory available for data storage and so these data acquisition systems require periodic servicing to replace the battery and download the data (Fig. 3). In addition, because they are isolated and have no communication to the exterior, the frequency of readings can not be easily modified according to external events.

In order to determine the influence of cave visits on environmental conditions inside the



Fig. 3
Single environmental control station locates inside Cueva del Yeso (Gypsum Karst of Sorbas).

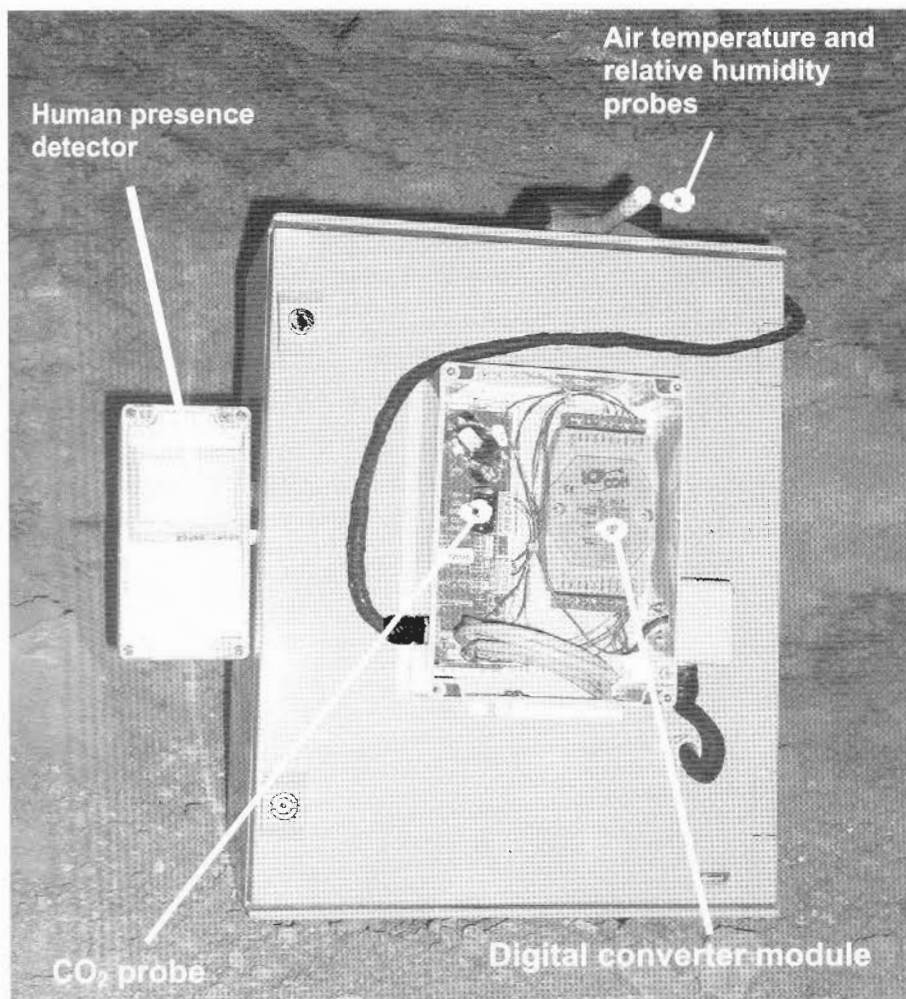


Fig. 4
View of a remote microclimatic control station inside Sistema Covadura cave.

cave, and to assess the degree of impact in terms of physical and biological conservation, it would be useful to automatically increase the frequency of data acquisition of all the sensors in the cave, for example, when people are detected inside. In the Karst of Sorbas these situations have been solved with the installation of microclimatic control system based on techniques of distributed control and telemetry, to allow intelligent and customized dates acquisition. This system supports the measurement and a real time transmission to the station located in the University of Almería.

Environmental control stations

The environmental control stations have the function of acquiring the different variables and to transmit these data to a central station, who is responsible of the storage, treatment and diffusion of this information. Each sam-

pling station contains the following set of environmental sensors with an analog output: (1) carbon dioxide concentration, in ppm, (2) temperature, in °C and (3) relative air humidity as a percentage. It also incorporates a human presence detector to monitor visitors to the cave (Fig. 4). Data is digitized using a commercial data acquisition module.

Data communication and control network

In first instance, the information collected by the various data-sensors at the remote stations is transferred to a local computer situated in a small building close to the cave. This computer is responsible for formatting the data received from the sensors. Subsequently, the information is sent to a central computer for data processing and storage located at the University of Almería. To perform these functions, a mixed communications system was required. The first stage (remote stations

- local computer) utilizes 1km long cable RS-485 communication, while the second (local computer – central computer) requires a wireless communication via radio (GAZQUEZ *et al.*, 2003). The acquisition data system have a protocol who allows the local computer to identify, every 30 seconds, whether there are people present in the cave or not, and so to establish the polling rate for data acquisition using the following criterion:

- (1 min): measurements every minute if human presence was last detected less than one hour ago;
- (1 h): measurements every hour if human presence was last detected more than one hour ago.

The system permits the sampling frequency to be increased to allow a more detailed study of the impact of a visit on the environmental parameters in the cave. In addition, the established intervals of 1 min or 1h can be adjusted if necessary.

The second stage of the communication network is the transfer of information from the local computer to the central station located in the University of Almería. The Sorbas caves lie in a rather remote area with no telephone lines and so the two options available for data transmission are digital mobile telephone or autonomous communication using radiomodem. The second option is better-suited to monitoring of ambient conditions inside show caves because a constant connection is

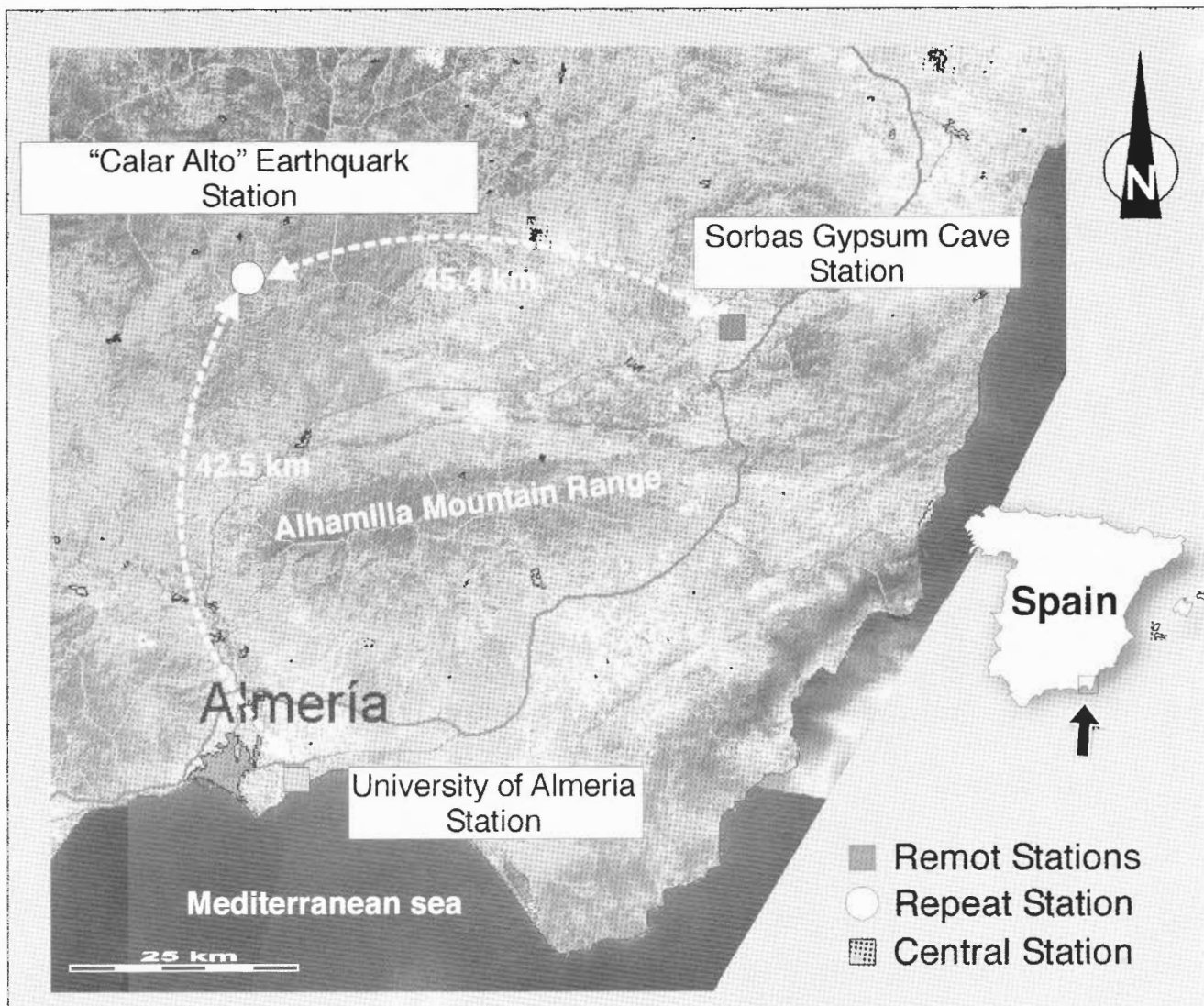


Fig. 5 - Radio communications between local station (Sistema Covadura, Gypsum Karst of Sorbas) and central station (University of Almería).

possible and does not require operators. In addition, the abrupt topography of the province of Almería prohibits a direct connection, due to the lack of cover between the local station in the Sorbas Karst (cave) and the central station (University of Almería). As a result, a repeater had to be installed that is covered by both stations. This repeater radiomodem was placed at the Seismological Station belonging to the Instituto Andaluz de Geofísica. The figure 5 shows the geographical distribution of the data transmission network.

Accessibility to the environmental control of caves in the Gypsum Karst of Sorbas

The data acquisition system installed inside the caves of Sorbas is allowing an intelligent environmental control of great interest for the future management agents of show caves. This system has been operated during last year and they already have a considerable volume of data. On the other hand, the automatic increase of the frequency of data acquisition for the system, according to the presence or absence of visits, offers detailed temporary series of the main environmental variables of a cave. This register will allow to

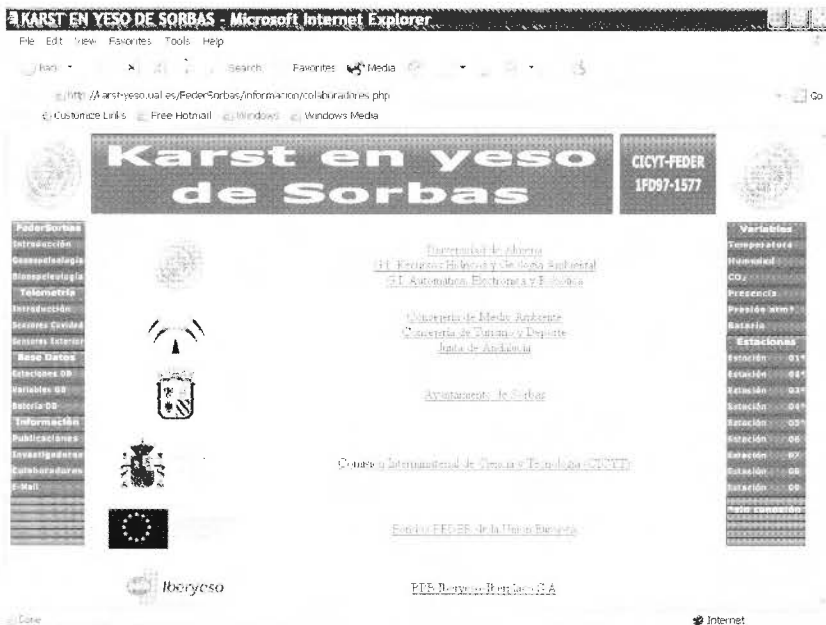


Fig. 6 Main web page of the research project FEDER-SORBAS.

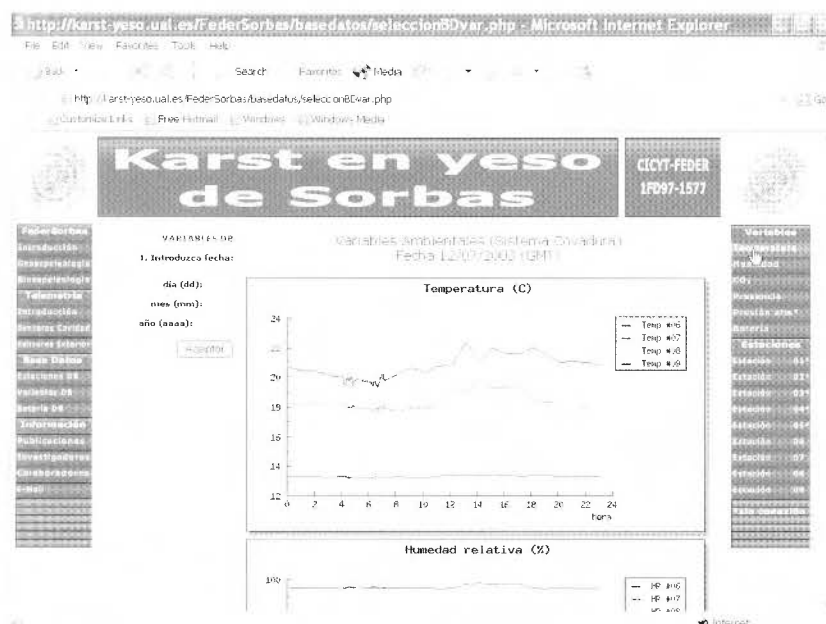


Fig. 7 Real time graph of air temperature inside Sistema Covadura cave (web karst-yeso.ual.es).

determine the ideal regimen of visits, in function of the incidence on each parameter and in many areas of the cave (9 stations with 36 sensors in total has been installed).

Lastly, the transfer of the research results would be direct, since these would have an immediate use for the Administration responsible of caves (Environment and Tourism offices of the Autonomous Government of Andalusia, City council of Sorbas and speleo-adventure companies). With these results the promotion of the rural tourism in these interior districts would be increased. This could suppose the possibility to change or to diversify the economic dependence of this area. The information is published on real time by means of the <http://karst-yeso.ual.es> page web (Figures 6 and 7), so that everybody can consult the microclimatic conditions of the cave and to know the influence and environmental recovery after a real visit.

References

- CALAFORRA J.M., FERNÁNDEZ-CORTÉS A., SÁNCHEZ-MARTOS E., GISBERT J., PULIDO-BOSCH A., 2003 - *Environmental control for determining human impact and permanent visitor capacity in a potential show cave before tourist use*. Environmental Conservation, 30, pp. 160-167.
- CALAFORRA J.M., PULIDO-BOSCH A., 1997 - *Peculiar landforms in the gypsum karst of Sorbas (southeastern Spain)*. Carbonates and Evaporites, 12, pp. 110-116.
- CALAFORRA J.M., PULIDO-BOSCH A., 1999 - *Genesis and evolution of gypsum tumuli*. Earth Surface Processes and Landforms, 24, pp. 919-930.
- CALAFORRA J.M., 1998 - *Karstología en yesos*. Universidad de Almería-Instituto de Estudios Almerienses, 384 pp.
- CIGNA A.A., 1993 - *Environmental-Management of Tourist Caves. The examples of Grotta di Castellana and Grotta Grande del Vento, Italy*. Environmental Geology, 21, pp. 173-180.
- CONTRERAS-LÓPEZ, CALAFORRA, J.M. 2002 - *Valoración contingente del patrimonio kárstico: el caso del Karst en yesos de Sorbas (Almería)*. Carrasco F., Durán J.J. & Andreo B. (Eds.), Karst and Environment, Nerja (Málaga), pp. 359-368.
- GAZQUEZ J.A., CALAFORRA J.M., NOVAS N., FERNÁNDEZ-CORTÉS A., 2003 - *Intelligent telemetry watches cave visitors*. Electronics Systems & Software, 1(3), pp. 24-27.
- GUTIÉRREZ L., CASARES M., 1994 - *Flora líquénica de los yesos miocenos de la provincia de Almería (España)*. Candollea, 49, pp. 343-358.
- RIBERA C., DE MAS E., BARRANCO P., 2003 - *Araneidos cavernícolas de la provincia de Almería (I) y descripción de cuatro especies nuevas*. Revista Ibérica de Aracnología, 7, pp. 3-17.
- RUIZ-PORTERO C., BARRANCO P., FERNÁNDEZ-CORTÉS A., TINAUT A., CALAFORRA J.M., 2002 - *Aproximación al conocimiento de la entomofauna de la Cueva del Yeso (Sorbas, Almería)*. Boletín de la Sociedad Española de Espeleología y Ciencias del Karst, 3, pp. 16-25.
- RUIZ-PORTERO C., BARRANCO P., TINAUT A., FERNÁNDEZ-CORTÉS A., 2000 - *Aportación a la entomofauna del Complejo GEP (Karst en Yeso, Sorbas)*. Santiago A., Martínez-García A. & Mayoral, J. (Eds.), I Congreso Andaluz de Espeleología, Ronda (Málaga), pp. 53-57.

Acknowledgements

This study has been undertaken within the framework Project 1FD97-1577, subsidized by the "Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT)" of the Spanish Government (30%) and funds from the European Union FEDER programme (70%).

GYPSUM CAVES AND KARST IN THE WESTERN UKRAINE: SPELEOGENETIC AND TYPOLOGICAL SIGNIFICANCE

Alexander Klimchouk¹

Riassunto

Carsismo e grotte in gesso dell'Ucraina occidentale: importanza tipologica e speleogenetica

Il carsismo in gesso dell'Ucraina occidentale, che si sviluppa nei gessi miocenici (Badeniano), è famoso per le sue enormi grotte labirintiche. È anche importante a livello internazionale come esempio classico di speleogenesi artesianiana per iniezione basale e/o laterale. Il meccanismo su cui si basa questo meccanismo speleogenetico è brevemente spiegato nell'articolo e illustrato attraverso le caratteristiche delle grotte dell'Ucraina occidentale. Questa regione ospita le 5 grotte in gesso più lunghe al mondo, il cui sviluppo cumulativo corrisponde a ben più della metà di quello complessivo di tutte le grotte in gesso della terra.

L'evoluzione del carsismo in gesso nella regione ha iniziato a svilupparsi negli interstrati in condizioni artesiane. Una neotettonica differenziale ha permesso che nelle varie aree il carsismo si sviluppasse in maniera differenziata mostrando morfologie peculiari che corrispondono a stadi evolutivi successivi: da freatico a epifreatico a non confinato. La successione delle forme carsiche nella regione fornisce un eccellente metodo per la ricostruzione dell'evoluzione del carsismo in gesso di questa regione

Parole chiave: Gessi miocenici, grotte labirintiche, Ucraina

Abstract

The gypsum karst in the Western Ukraine, developed in the Miocene (Badenian) gypsum, is renowned for its giant maze caves. It is internationally important as a model example of artesian transverse speleogenesis. The concept of artesian transverse speleogenesis is described in the paper, and illustrated by characteristics of the studied caves in the Western Ukraine. The region contains the five longest gypsum caves in the world, accounting for well over half of the total known length of gypsum caves on the Earth.

The gypsum karst in the region commenced in artesian conditions as intrastratal deep-seated karst. Differential neotectonic movements have resulted in various parts of the territory displaying different types (stages) of intrastratal karst, from deep-seated, through subjacent, to entrenched. The succession of karst types in the region provides an excellent illustration to the evolutionary typology of karst.

Keywords: Miocene gypsum, maze caves, Ukraine.

Regional geohydrological context

The Miocene gypsum sequence is widespread on the southwestern edge of the eastern European platform, along the Carpathian Foredeep, where it occupies over 20,000km². Gypsum stretches from the northwest to southeast for more than 300km as a belt rang-

ing from several kilometers to 40 to 80km wide (Fig. 1). It is the main component of the Miocene evaporite formation that girdles the Carpathian folded region to the northeast, from the Nida river basin in Poland across the Western Ukraine and Moldova to the Tazleu river basin in Romania.

Most Miocene rocks along the platform mar-

¹ Institute of Geological Sciences, Natl. Academy of Sciences of Ukraine, P.O. Box 136, Kiev-30, 01030 Ukraine. E-mail: klim@speleogenesis.info

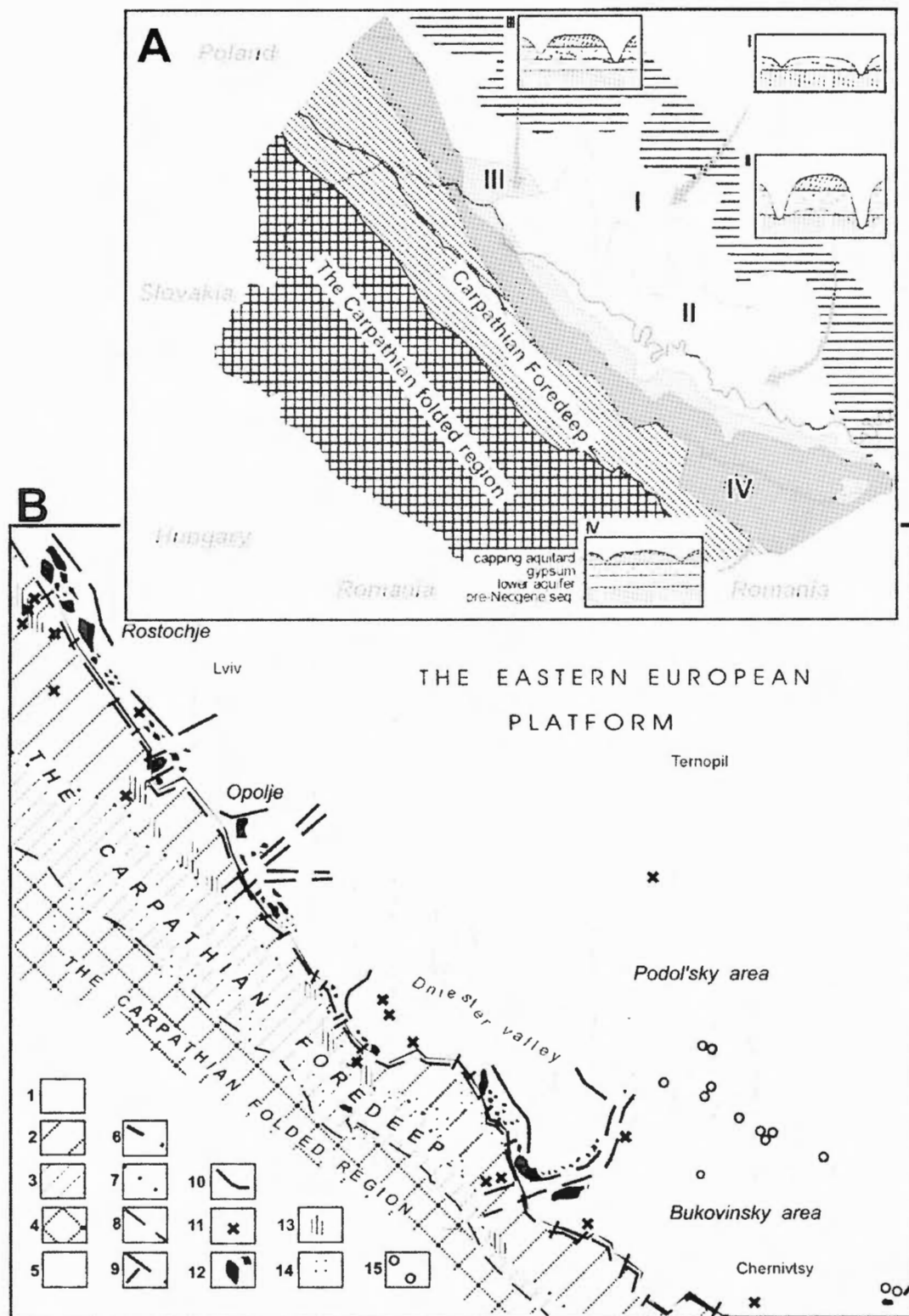


Fig. 1 - A - location and evolutionary types of the gypsum karst of the Western Ukraine. Zones of different karst types are shown by Roman numbers: I = the gypsum is entirely denuded, II = entrenched karst, III = subjacent karst, IV = deep-seated (confined) karst. B - Distribution of the gypsum stratum, sulfur deposits, and large caves in the Western Ukraine (modified from KLIMCHOUK, 2000b). 1 = Eastern-European platform fringe. Carpathian foredeep: 2 = outer zone, 3 = inner zone. 4 = Carpathian folded region; 5 = sulfate rocks on the platform. Tectonic boundaries include: 6 = platform/foredeep, 7 = outer/inner zone of the foredeep, 8 = foredeep/folded region. 9 = other major faults; 10 = flexures. 11 = sulfur mineralization; 12 = sulfur deposits; 13 = gas deposits; 14 = oil deposits; 15 = large maze caves in the gypsum.

Age	Lithostratigraphy			Thickness, meters		Hydrostratigraphy	
				area adjacent to the foredeep	the Podols'ky sub-region		
Plio-Pleistoc.		Alluvial and fluvio-glacial sands, loams and gravels		0-40	0-30	Aquifer	
Neogene	Lower Sarmatian	Clays and marls, with minor aleuritic and sandy beds $N_1 S_1$		20-80	20-50	Confining bed	
	Upper Badenian	Clays and marls with minor sandstone beds at the lower part. Lithothamnion marly limestones (Ternopol'sky Beds in the Podol'sky region) $N_1 Bd_3$		20-80	2-15		
	Middle Badenian	Tyrassky Formation	Pelitic marine and epigenetic limestones, locally substitute the gypsum ("Ratynsky Beds")		5-30	1-5	Aquifer (the supra-gypsum aquifer)
			Gypsum, with increasing content of anhydrite towards the foredeep, with minor beds of clays $N_1 Bd_2$		10-40	10-20	Properties changed through time and the area from aquiclude to conduit aquifer
	Lower Badenian	Opol'sky Formation	Lithothamnion limestones, sands and sandstones, locally marls $N_1 Bd_1$		50-90	10-30	Aquifer (the sub-gypsum aquifer)
Cretaceous	Lower & Upper	Carbonaceous sands and sandstones, detritic limestones, locally marls and marly limestones K_{1+2}		10-50	10-30	Properties vary through the area from aquiclude to aquifer	

Fig. 2 - Generalized litho- and hydro-stratigraphy of the upper part of sedimentary sequence in the south-west edge of the eastern European platform.

gin overlie eroded Cretaceous strata, which include terrigenous and carbonate sediments, mostly marls and sandstones, together with detrital and argillaceous limestones. The Miocene succession comprises deposits of Badenian and Sarmatian age (Fig. 2). The Lower Badenian unit, beneath the gypsum, includes mainly carbonaceous, argillaceous and sandy beds (30-90m thick) adjacent to the foredeep, and these grade into a calcareous biohermal and sandy facies (10-30m thick)

toward the platform interior.

The gypsum sequence, 10-40m in thickness, is variable in structure and texture but almost everywhere occurs as a single bed. A layer of pelitic and cryptocrystalline limestone, ranging from several tens of centimeters to more than 25m in thickness, overlies much of the gypsum. This limestone (locally called "Ratynsky") contains two genetic varieties that differ in carbon isotopic composition. The pelitic limestone has normal "evaporitic"

$\delta^{13}\text{C}$ values (-3 to -8 ‰ $\delta^{13}\text{C}$). The other variety, which is crypto- and microcrystalline, formed bioepigenetically by replacement of the gypsum during sulfate reduction, which is evidenced by ^{12}C enrichment of calcite, with $\delta^{13}\text{C}$ signatures ranging from -32 to -65‰ (MAMCHUR, 1972; LEIN *et al.*, 1977). Where the limestone thickness exceeds 1 to 2m, it consists of mainly epigenetic calcite, which locally replaces the gypsum stratum entirely. Together this limestone and the gypsum comprise the Tyrassky Formation.

The Tyrassky Formation is overlain by the Upper Badenian unit, which begins with argillaceous and marly lithothamnion limestones and sandstone beds. Above this is a succession of clays and marls, with its lower part in the Upper Badenian (the Kosovsky Formation), and its upper part in the Lower Sarmatian, the total thickness ranging from 40-50m in the Podol'sky area to 80-100m adjacent to the foredeep. The clay cover thickens to several hundred meters close to regional faults that separate the platform edge from the foredeep.

The Miocene succession is overlain by Late-Pliocene and Pleistocene glacio-fluvial sands and loams in the north-west section of the gypsum belt, and by sand and gravel alluvial terrace deposits left by the Dniester and Prut Rivers (Late Pliocene – Pleistocene) in the Podol'sky and Bukovinsky areas. Many buried valleys, of Early to Mid-Pleistocene age, are entrenched 30 to 50m into the Kosovsky and Sarmatian clays and, locally, into the upper part of the Tyrassky Formation.

There is a distinct trend in the depth of the gypsum occurrence, position of the overall denudation surface within the Miocene succession and the depth of erosional entrenchment in the direction across the gypsum belt, from the platform interior towards the foredeep. The Tyrassky Formation dips 1° to 3° towards the foredeep and is disrupted by block faults in the transition zone. To the south and south-west of the major Dniester

Valley, large tectonic blocks drop down as a series of steps, the thickness of clay overburden increases, and the depth of erosional entrenchment decreases. Along the tectonic boundary with the foredeep the Tyrassky Formation drops down to the depth of 1000m and more. This variation, the result of differential neotectonic movement, played an important role in the hydrogeological evolution of the Miocene aquifer system and resulted in the differentiation of the platform edge into the four zones (ANDREJCHUK, 1984, 1988; KLIMCHOUK *et al.*, 1985; KLIMCHOUK & ANDREJCHUK, 1988; KLIMCHOUK, 1996, 2000b). The gypsum was entirely removed by denudation within the I-st zone, but other three zones represent the distinct types of karst, according to evolutionary classification of karst types by KLIMCHOUK & FORD (2000): entrenched, subjacent and deep-seated (Fig. 1A). The gypsum bed is largely drained in the entrenched karst zone, is partly inundated in the subjacent karst zone and remains under artesian confinement in the deep-seated karst zone.

In hydrogeologic terms the region represents the southwestern portion of the Volyno-Podolsky artesian basin (SHESTOPALOV, 1989). The Sarmatian and Kosovsky clays and marls serve as an upper confining sequence (Fig. 2). The lower part of the Kosovsky Formation and the limestone bed of the Tyrassky Formation form the original upper aquifer (above the gypsum) and the Lower Badenian sandy carbonate beds, in places along with Cretaceous sediments, form the lower aquifer (below the gypsum), the latter being the major regional one. The hydrogeologic role of the gypsum unit has changed with time, from initially being an aquiclude, intervening between two aquifers, to a karstified aquifer with well-developed conduit permeability (KLIMCHOUK, 2000b). Regional flow is from the platform interior, where confining clays and the gypsum are largely denuded, toward the large and deep Dniester

Valley and the Carpathian foredeep. In the north-west section of the gypsum belt the confined conditions (zone IV) prevail across its entire width. In its wide south-east section the deeply incised valleys of Dniester and its left tributaries divide the Miocene sequence into a number of isolated deeply drained interfluvial areas capped with the clays (Podol'sky area). This is the entrenched karst zone (zone II) where most of the explored, presently relict maze caves are located. To the south-southeast of the Dniester (Bukovinsky area) the gypsum remains largely intact and is partly inundated (the subjacent karst zone - III). Further in this direction, as the depth of the gypsum occurrence below clays increases and entrenchment decreases, the Miocene aquifer system becomes confined (the deep-seated karst zone - IV). In this zone the groundwater flow pattern includes a lateral component in the lower aquifer (and in the upper aquifer but to a lesser extent) and an upward component through the gypsum in areas of potentiometric lows, where extensive cave systems develop as evidenced by numerous data from exploratory drilling.

Geochemical context of speleogenesis in the deep-seated karst zone

The deep-seated karst zone, represented by a dark tint on Fig. 1A, is known for geomicrobiological processes within the Miocene aquifer which are responsible for the formation of groundwater enriched in hydrogen sulfide and for large bioepigenetic sulfur deposits and their host calcite bed.

KLIMCHOUK (1997a) has suggested that artesian "ascending" speleogenesis in the gypsum layer played a fundamental role in regional geochemistry, particularly in the origin of sulfur deposits. This is not only because it provided large amounts of dissolved sulfates needed to fuel the large-scale sulfate reduction but also because speleogenesis opened path-

ways for the flow of groundwater between the lower and upper aquifers through maze cave systems in the gypsum.

The lower aquifer, the major one in the system, has a predominantly Ca-HCO₃ composition with TDS as high as 1.0 g/l. In places Cl-Na methane-bearing waters with TDS up to 7.5 g/l are found, rising along faults adjacent to the foredeep (BABINETS & TSAPENKO, 1960), an oil and gas bearing basin.

Hydrocarbon gas shows have been observed at many sulfur deposits and other localities in this zone (ALEKSENKO, 1967; SREBRODOL'SKY & KACHKOVSKY, 1973). The methane content in released gases sometimes reaches 92%. Methane is believed to be the primary source of organic carbon for sulfate reduction operating in the Miocene sequence.

Within areas of potentiometric lows, groundwater from the lower aquifer flows upward through the gypsum into the upper aquifer and then discharges locally through the zones where the confining properties of the capping clays are weakened by stratigraphic or tectonic discontinuities, or incising erosional valleys. Such flow patterns are shown to generate maze caves in the gypsum, the mechanism being described in KLIMCHOUK (1992, 1996, 2000a, 2000b) and illustrated schematically in Fig. 4. Circulating through the gypsum under sluggish flow conditions, the groundwater gains calcium sulfate. As the dissolved sulfate increases, oxygen and Eh decrease. A reducing environment is established within the gypsum and sulfate reduction processes are widespread, generating H₂S and replacing gypsum with bioepigenetic calcite at the top of the gypsum bed. Water in the upper aquifer commonly has TDS up to 3-5 g/l, SO₃²⁻ of 1.5 - 2.0 g/l, high H₂S (34 - 200 mg/l; up to 370 mg/l in places) and CO₂ (120 to 170 mg/l). KLIMCHOUK (1994) suggested that sulfate reduction in the gypsum helps to maintain aggressiveness with respect to gypsum, hence contributing to speleogenesis.

The transition from confined to unconfined

conditions and subsequent lowering of the water table occurred in the part of the region in response to neotectonic uplift, breaching of the confining clays and erosional incision. In places such transition has been greatly accelerated by antropogenic activity such as quarrying and groundwater abstraction (Kryvsky gypsum quarry in the Bukovinsky area; Jazovsky sulfur quarry in the north-west part of the gypsum belt), causing the transitional hydrogeochemical processes to occur intensely in the karstified gypsum aquifer (ANDREJCHOUK & KLIMCHOUK, 2001). The transitional hydrogeochemical stage is characterized by lowering of the water table,

the general intensification of groundwater circulation, recharge from the perched (on the clay sequence) aquifer, as well as the surface recharge via breakdown structures, and inflow of surface organics and atmospheric oxygen. Reducing conditions increasingly change through gley to oxidizing conditions, being preserved only in the lower section of the aquifer, the bottom layer of perched cave pools and in moisture in the silt deposits. Sulfate reduction processes still occur there, evidenced by the light carbon isotopic signatures in CO₂ of the present cave air (Zoloushka Cave) and by the presence and relatively high activity of some microorgan-

No	Cave name*	Development (m)	Specific volume (m ³ /m)	Density of passages (km/km ²)	Areal coverage (%)	Cave porosity (%)
<i>The Podol'sky sub-region</i>						
1	Optymistychna	>220,000	2.8	147	17.6	2.0
2	Ozerna	111,000	6.0	150	44.6	5.0
3	Mlynki	25,000	3.3	141	37.6	3.4
4	Kristalna	22,000	5.0	169	29.2	6.0
5	Slavka	9,100	3.7	139	27.6	3.4
6	Verteba	7,800	6.0	118	34.7	12.0
7	Atlantida	2,520	4.5	168	30.0	4.0
8	Ugryn	2,120	3.8	177	33.3	5.7
9	Jubilejna	1,500	2.3	278	37.0	4.0
10	Komsomol'ska	1,240	2.1	177	24.3	3.0
11	Dzhurinska	1,130	2.4	126	17.8	2.0
<i>The Bukovinsky sub-region</i>						
12	Zoloushka	92,000	8.0	142	48.4	3.8
13	Bukovinka	2,400	2.5	120	21.5	4.4
14	Gostry Govdy	2,000	1.7	270	17.5	4.0
Totals		493,820	-	-	-	-
Averages		-	3.9	164	29.5	4.5

Table 1 - Parameters of large caves and cave fields in the Western Ukraine

* The names are given here according to the Ukrainian spelling. In many other publications Russian spelling is common, where most of names ended here with "a", end with "-skaja" or "aja".

isms. Neutralization of water during the transitional stage, as well as oxidation, resulted in massive deposition of Fe and Mn hydroxides, at least partly bacterially mediated (ANDREJCHOUK & KLIMCHOUK, 2001).

Recent deposits of Fe and Mn hydroxides are abundant in the Zoloushka Cave, and layers of such deposits are common within the clay fill in many relict caves of the entrenched karst zone.

Regional speleogenesis

Fourteen large caves over 1km in length are known in the region (Table 1). Most of these caves are presently relict, located north of the Dniester River within the II-nd zone (entrenched karst). Two other large caves, Zoloushka and Bukovinka, are in the Bukovinsky region, near the Prut River and the border with Moldova and Romania, generally in the area of artesian flow within the Miocene aquifer system (IV-th zone) but

within local, particularly uplifted blocks, where entrenchment into the upper part of the gypsum caused unconfined (water table) conditions to establish in Holocene. Most of the caves have only one entrance, either through swallow holes at the interfluves or from gypsum outcrops in slopes of the major valleys. Some caves and their entrance series were known to local people since long ago (e.g. Ozerna, Kristal'naa, Mlynki, Verteba), others were discovered by cavers via digs (e.g. Optimistychna, Slavka, Atlantida, Jubilejna, Komsomol'ska). Three caves (Zoloushka, Bukovinka and Dzhurinska) became accessible when opened by gypsum quarries.

All the large gypsum caves in the region are mazes arranged into laterally extensive multi-storey networks, which have developed along vertical and steeply-inclined fissures. Interconnecting passages form lateral two- to four-storey systems that extend over areas of up to 1.5km². Such areas, termed here cave fields, are defined by drawing an arbitrary

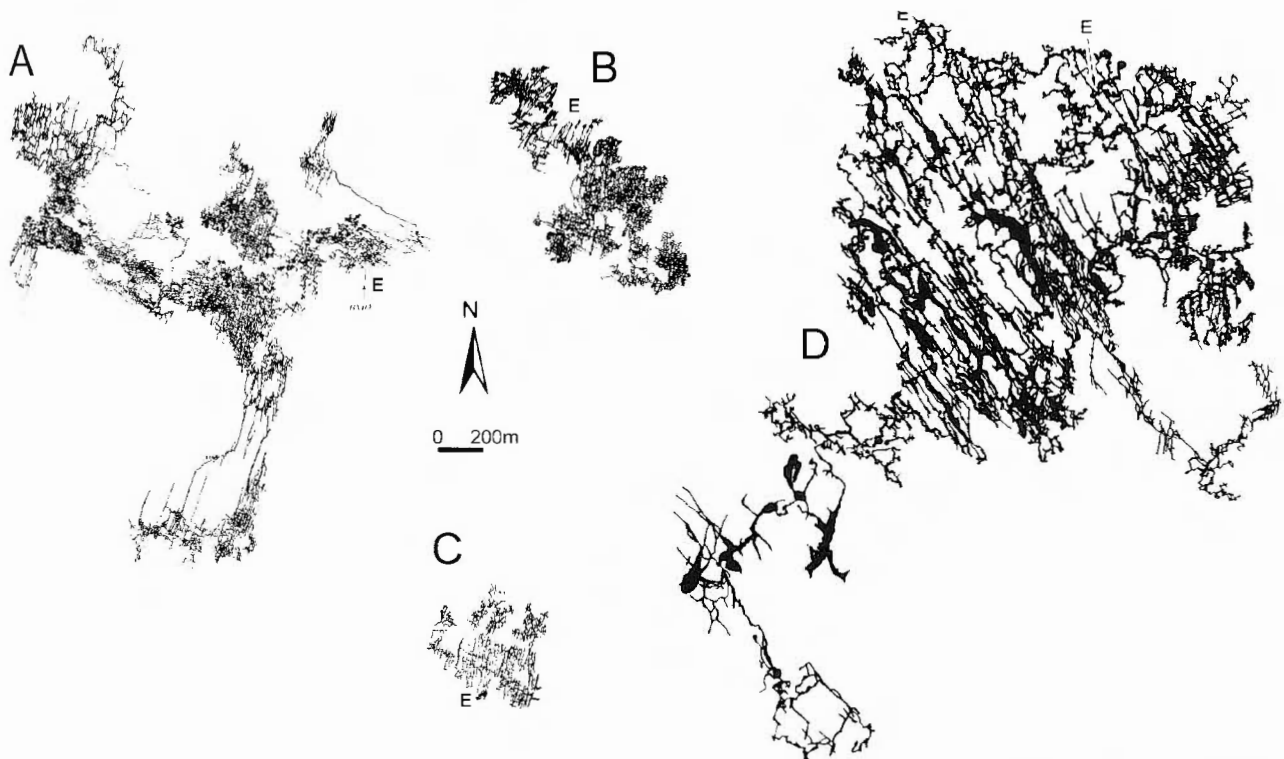


Fig. 3 - Characteristic patterns of some maze caves in the Western Ukraine (A through C) and Black Hills, USA (D). Cave maps are brought to approximately the same scale. A = Optymistychna, B = Ozerna, C = Krystal'na (maps courtesy of caving clubs of Lviv and Ternopil). Wind Cave, Black Hills, South Dakota is shown here (D) as an example of a limestone cave which shares broadly the same (artesian, transverse) origin. Map courtesy of Wind Cave National Park.

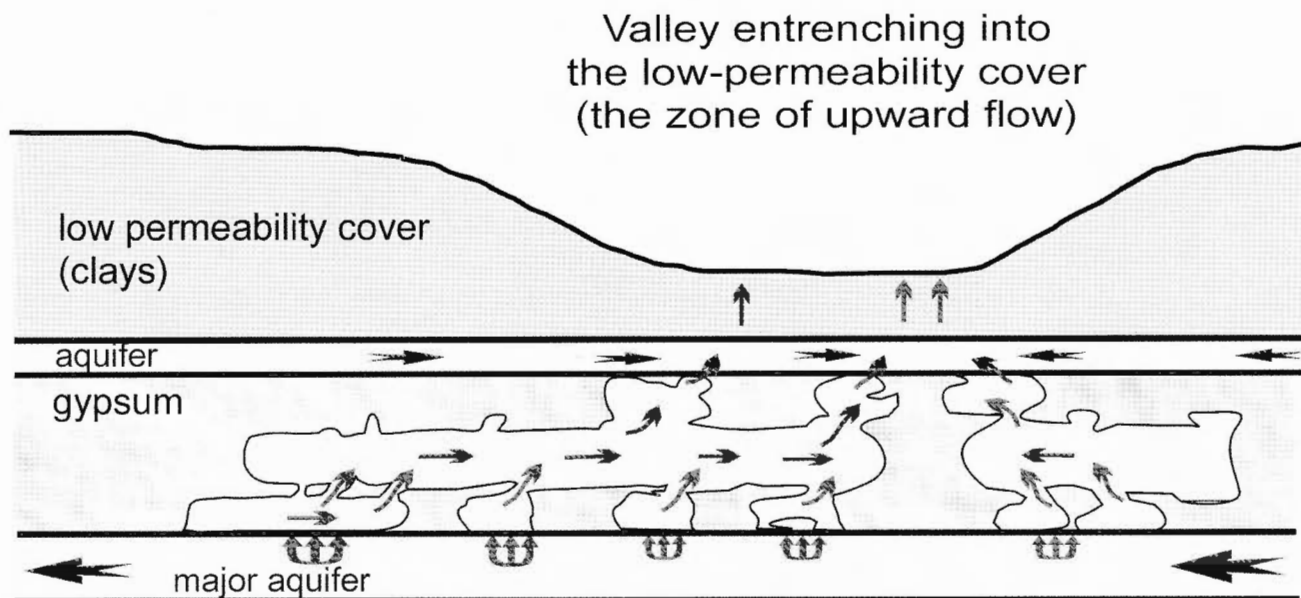


Fig. 4. The conceptual model of speleogenesis and flow pattern in the Miocene aquifer in the Western Ukraine (from KLIMCHOUK, 1996).

boundary closely enclosing the passages on a cave map. Significant morphological parameters of the caves are summarized in Table 1. Fig. 3 illustrate some typical cave patterns.

Optymistychna Cave, with more than 220km of surveyed passages, is the longest gypsum cave and the second longest cave of any type known in the world. The Western Ukraine contains the five longest known gypsum caves in the world, accounting for well over half of the total known length of gypsum caves on the Earth. By area and volume the largest caves are Ozernaja (330,000m² and 665,000m³) and Zoloushka (305,000m² and 712,000m³), followed by Optymistychna Cave (260,000m² and 520,000m³).

The absolute parameters of cave systems change as exploration progresses. Specific parameters are more informative. Specific volume (the cave volume/length ratio, which is in fact the average area of passage cross-section) characterizes an average size of cave passages in a cave system. For the caves of the region this parameter ranges from 1.7 (Gostry Govdy Cave) to 8.0 (Zoloushka Cave) m³/m. The average value for the region is 3.9 m³/m. Passage network density is characterized conveniently by using the ratio of cave length to a unit area of the cave field (km/km²). This

parameter varies within the region from 118 (Verteba Cave) to 278 (Jubilejnaja Cave) km/km², with an average value of 164 km/km².

The availability of detailed morphometrical data on caves and host rock bodies allows calculation of areal coverage and cave porosity parameters (fractions of the total area and the volume of the rock within a cave field occupied by passages). The areal coverage varies from 17.5 to 48.4%, the average value being of 29.5%. Cave porosity varies from 2 to 12%, with an average value of 4.5%.

Maze caves in the region have been developed (and are presently developing in the IV-th zone) under confined conditions, due to upward transverse groundwater circulation between the sub-gypsum and supra-gypsum aquifers (KLIMCHOUK, 1992, 1996, 2000b). Such a flow pattern is characteristic of potentiometric low areas, related to topographic lows (valleys), which commonly coincide with zones of enhanced fluid conductivity created within the capping clays by tectonic or stratigraphical discontinuities (Fig. 4). Overall discharge from artesian aquifer systems occurs in such areas. Under conditions of transverse circulation in a multi-storey

artesian system, all available fissures in the gypsum, which hold similar positions within analogous flow paths, enlarge at comparable rates because of the availability of dispersed aggressive recharge from below and suppressed hydraulic competition due to constrained outflow. This behaviour generally favours the development of maze cave structures, but the actual conduit arrangement in any given locality depends upon the initial fissure pattern.

Three major components can be distinguished in the cave systems based on shape, arrangement and hydrologic function of cave mesoforms during the main (artesian) speleogenetic stage (Figs 5 and 6):

1) *Feeder channels*, the lowermost components in a system: vertical or sub-vertical conduits through which water rose from the sub-gypsum aquifer to the master passage networks. Such conduits are commonly separate but sometimes they form small networks at the lowermost part of the gypsum, along the top of the underlying bed. The feeder channels join master passages located at the next upper level and are scattered rather uniformly through their networks.

2) *Master passages*: horizontal passages that form laterally extensive networks within certain horizons in the middle part of the gypsum bed. They received dispersed recharge from numerous feeder channels and conducted flow laterally to the nearest outlet feature.

3) *Outlet features*: domes, cupolas and vertical channels (domepits) that rise from the ceiling of the master passages to the bottom of the overlying bed. They discharged water from cave systems to the overlying aquifer.

By far the predominant sediments in the maze caves of the region are successions of fine

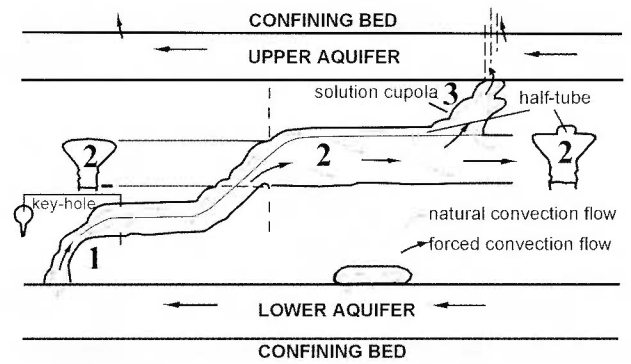


Fig. 5 - Main morphogenetic features of maze cave systems in the Western Ukraine shown at their hydrologic functionality. 1 = feeder channels, 2 = master passages, 3 = outlet features.

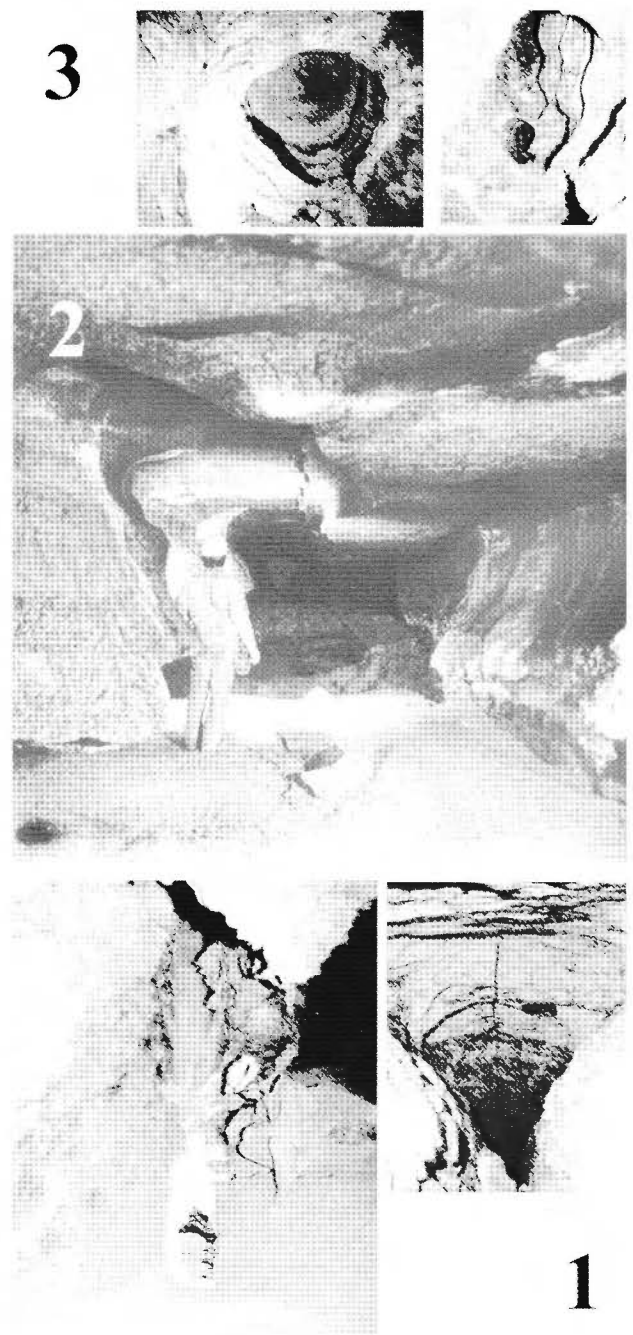


Fig. 6 - Examples of typical morphogenetic features in the caves: 1 = feeder channels, Mlynki and Ozerna caves; 2 = master passage, Dzhurinska cave; 3 = outlet features, Slavka and Optymistycha caves. (Photo by A. Klimchouk)

clays, with minor beds of silty clays. These fill passages to a variable extent and can reach 5 to 7m in thickness. Breakdown deposits are also quite common in the caves. They include chip, slab and block breakdown material from the gypsum, as well as more massive breakdown from the overlying formations. Calcite speleothems (stalactites, stalagmites, flowstones and helictites) occur locally in zones of vertical water percolation from overlying formations. Gypsum crystals of different habits and sizes are the most common cave formations. They have largely subaerial origin. Hydroxides of Fe and Mn occur as powdery layers within the clay fill of many caves, indicating repeated transitional cycles from a reducing to an oxidizing geochemical environment. Massive deposition of Fe/Mn compounds in form of powdery masses, coatings, stalactites and stalagmites has occurred in Zoloushka Cave, where a rapid dewatering caused by groundwater abstraction during the last 50 years gave rise to a number of transitional geochemical processes, some of which appear to show considerable microbial involvement (ANDREJCHUK & KLIMCHOUK, 2001).

The Western Ukrainian maze caves provide the most outstanding and unambiguous evidence for the transverse artesian speleogenetic model. Artesian speleogenesis in the Podol'sky sub-region took place during the Late Pliocene through Early Pleistocene when the overall maze structure of caves became established. Breaching of artesian confinement and further incision of the valleys during the Middle Pleistocene caused substantial acceleration of groundwater circulation within the Miocene artesian system. The majority of passage growth, as well as breakdown formation, probably occurred during this transitional period. Where the water table was established in the gypsum for a prolonged time, further widening of passages occurred. Eventually, with the lowering of the water table below the lower gypsum contact, cave systems in the

entrenched karst zone became entirely fossilized. Cave development under confined or semi-confined conditions continues today within the zones of deep-seated and subjacent karst (the IV-th and III-rd zones). Regional background for karst evolution is further discussed below.

The conceptual model of artesian transverse speleogenesis

The study of the giant maze caves in the Western Ukraine had revealed, yet back in 1980s, that their genesis could not be adequately explained within the traditional speleogenetic theories, based on regularities ascertained for unconfined settings. These caves and the regional geohydrologic settings appeared to be very instructive for the development of the new speleogenetic theory specific to the conditions of multi-storey artesian basins. The new theory is based on the following keystones:

- 1) modern views of groundwater circulation in stratified artesian systems and vertical cross-formational hydraulic communication in such systems;
- 2) an idea of conversion of hydrogeologic functions of soluble beds in an artesian system (soluble units may initially serve as separating beds between "normal" aquifers but they change their hydrogeologic role to karstic aquifers in the course of speleogenetic evolution);
- 3) the concept of transverse speleogenesis.

The basis of the artesian speleogenetic theory has been summarised in KLIMCHOUK (2000a, 2002, 2003). In this section the concept of transverse speleogenesis is described, originally developed from the study of the Western Ukrainian gypsum mazes.

The conventional approach to speleogenesis implies that groundwater flows laterally through an aquifer, from a recharge boundary to an output boundary. This applies either to

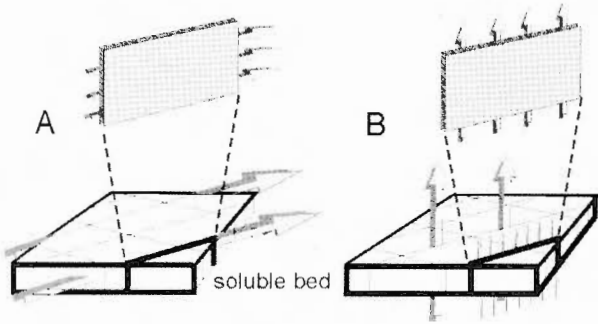


Fig. 7 - A diagram illustrating general concepts of lateral (A) versus transverse (B) flow through a single fissure and a fissure network encased in a soluble bed. See also Fig. 8.

unconfined settings (with the exception of the vadose zone) and to confined settings within the “old” simplistic artesian concept.

Furthermore, it is commonly implied that water flows along the long dimension of a fissure, which is commonly lateral relative to bedding (Fig. 7A), or along a pathway that combines long dimensions of several laterally connected fissures. Long flow lengths and therefore low discharge/length ratios (*sensu* PALMER, 1991), particularly during the early stages of speleogenesis, are inferred in such configuration which is commonly used in

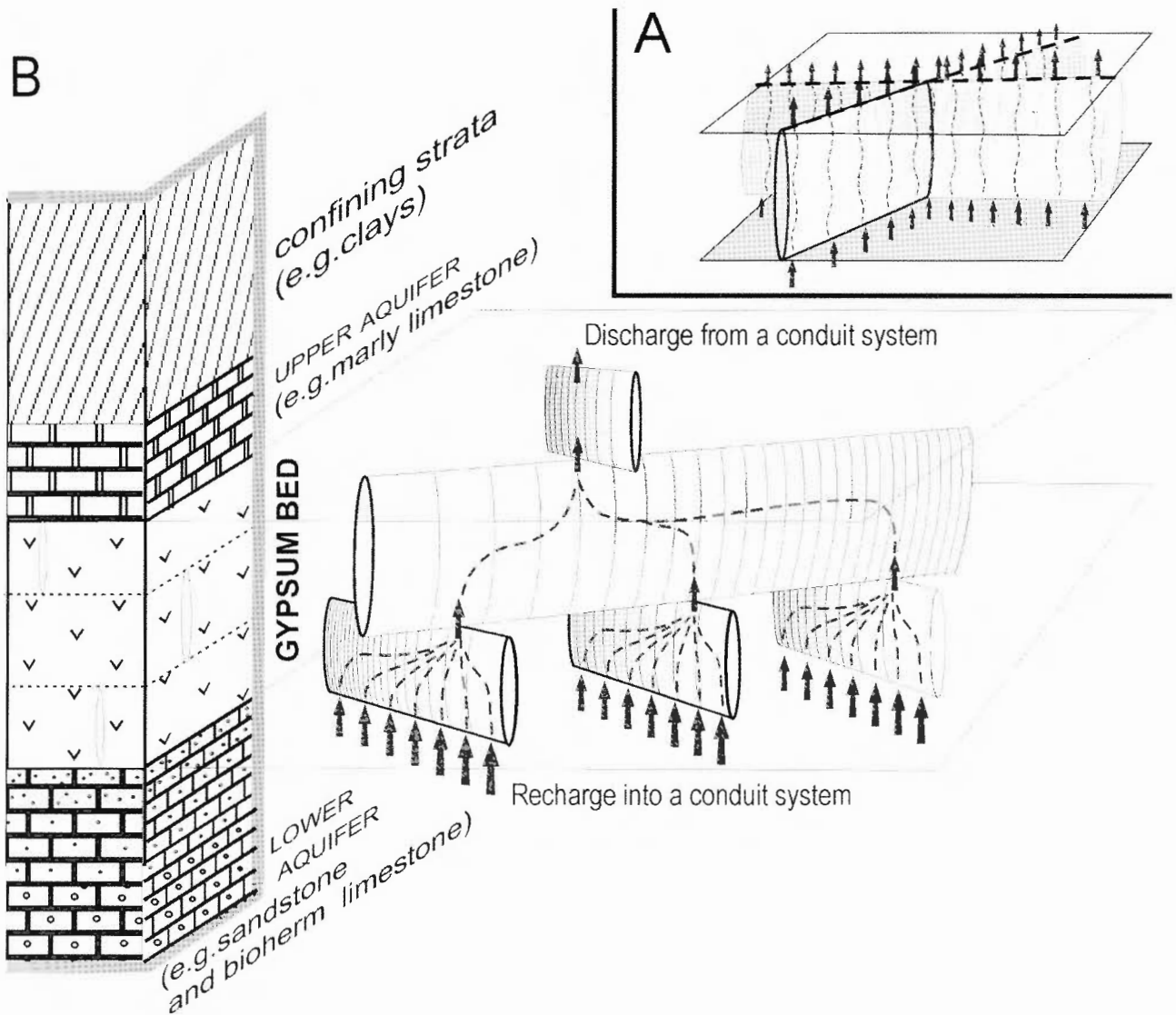


Fig. 8. A = Transverse flow through a fissure network in a single level, with fissures crossing a bed for the whole thickness; B = transverse flow through fissure networks in multiple levels. Litho- and hydrostratigraphy depicted corresponds to the case of the Western Ukraine, although such multi-level arrangement of fissure networks is common for stratified carbonate and sulfate sequences.

modelling of early conduit development. Similarly, the parameter of passage length, or cave development, derived from speleological mapping, tacitly implies the meaning of the length of flow that formed a passage. Such views represent what can be called *lateral* (or *longitudinal*) *speleogenesis*, a concept that is generally adequate when applied to unconfined settings. It is deeply rooted in the speleogenetic literature and is commonly extended to encompass speleogenesis in confined settings, resulting in misleading implications.

In multi-storey artesian systems, vertical hydraulic communication predominates across soluble beds, which hydraulic conductivity is originally several orders of magnitude lower than that of the adjacent “normal” aquifers. However, the conventional concept of lateral speleogenesis does not seem to adequately reflect arrangement of flowpaths in this case. A concept of transverse speleogenesis has been suggested (KLIMCHOUK, 2000a) to describe conduit development in a soluble bed sandwiched between aquifers in multi-storey artesian systems.

Where vertical, commonly upward, circulation occurs through a fissured soluble bed, which is treated as a leaky aquitard, flow actually follows along a fissure height (Fig. 7B and 8A), or along a sequence of heights of vertically connected fissures (Fig. 8B). Flow distances through a soluble rock are rather short, commonly of orders of meters or a few tens of meters, thus allowing rather high discharge/length ratios. Where laterally continuous fissure networks are present and exploited by transverse speleogenesis, maps of caves formed in this way may display tens or even a few hundred kilometres of integrated passages. The flow length is conventionally associated with the length of some laterally continuous series of passages across a cave field, which can be hundreds of meters or a few kilometres, but these figures have nothing to do with the actual flow pattern and flow

length through the soluble unit.

Transverse speleogenesis denotes conduit development driven by the vertical head gradient across a soluble bed so that flow is directed transversely relative to bedding, stratiform fissure networks and the long dimensions of intrastratal fissures (Fig. 7B and 8). In this concept uniform aggressive recharge to all fissures available at the lower contact and short flow paths in a soluble unit are of primary importance. In the case of transverse speleogenesis, laterally extensive cave systems do not imply long conduit flow paths.

A single fissured bed of small thickness can occur sandwiched between diffuse aquifers, in which each fissure directly connects the bottom and top boundaries (Fig. 8A). More commonly, there are several beds or horizons of varying character within a soluble unit, each horizon encasing a largely independent fissure network (Fig. 8B). Fissures along a given horizon are rarely co-planar with fissures of an adjacent horizon, but they may have vertical connections at discrete points. Moreover, fissure frequency may differ between horizons. Such discordance in permeability structure between horizons causes some lateral component in the generally transverse flow. The same effect is caused by discordance in permeability structure and values between the lower and upper aquifers. Because of the lateral component, the morphology of passages on some master levels can be shaped correspondingly, giving a misleading impression of a generally lateral flow through a soluble unit. Multi-storey (three-dimensional) maze caves with stratiform levels formed in this way may have tens to a few hundreds of kilometres of laterally integrated passages, which further favours the misleading interpretation that they developed laterally. As demonstrated by numerous quantitative modelling studies, speleogenesis in unconfined settings tends to produce broadly dendritic patterns of channels due to the development of competing flowpaths. Such devel-

opment occurs because the positive feedback relationship between dissolution rate and discharge causes accelerated growth of selective favourable paths. Discharge increases with the growth of the conduit before and, more dramatically, after breakthrough. Discharge through a developing conduit is governed by the resistance of the conduit itself, by its narrowest (downgradient) part in particular, until the amount of available recharge begins to limit the flow.

Transverse speleogenesis in the confined settings as depicted above proceeds through an essentially different mechanism. After breakthrough, the rate of conduit enlargement does not increase dramatically because the vertical hydraulic gradient along the successful path quickly diminishes. As the hydraulic resistance of the conduit becomes smaller than that of the aquifers, discharge through the conduit is controlled by the hydraulic conductivity of the aquifers and by the boundary conditions, but no longer by the diameter of the conduit. Unless and until the boundary conditions change, the flow rate and the enlargement rate in the conduit remain constant at some level. The positive feedback loop is no longer the determinant of conduit development. Moreover the growth of alternative transverse proto-conduits does not languish, as would happen in unconfined settings after the breakthrough in the winner conduit. Because the vertical head gradient between the aquifers is still maintained, although diminished, at some lateral distance apart from the successful conduit, alternative conduits continue to grow and eventually reach breakthrough, either to the downgradient aquifer or laterally to the conduit that had been “broken through” earlier. This is a hydrogeologic mechanism that suppresses the speleogenetic competition in a network and favours to development of maze patterns in confined settings where appropriate structural prerequisites exist. The conceptual model of transverse speleogenesis has been developed intu-

itively (KLIMCHOUK, 1990, 1992, 1994, 1997, 2000a), based on extensive field observations in caves of various regions, but most of all in the giant gypsum caves of the Western Ukraine (KLIMCHOUK, 2000b), which provides probably the most instructive field area for studying artesian speleogenesis. The validity of this conceptual model has been recently supported by numerical modelling for the case of gypsum bed sandwiched between aquifers in an artesian system (BIRK, 2002; BIRK *et al.*, 2003). This study provided useful insight into functional relationships between conduit growth and various hydrogeologic parameters and demonstrated the dependence of the general structure of evolving cave systems upon these parameters. Although the model set-up was only a rough approximation of natural settings found in the Western Ukrainian gypsum karst, the model simulation gave a good agreement with field observations. In particular, it was found that the formation of multi-storey maze structures is favoured:

- 1) by the presence of systematic heterogeneities in vertical conductivity of a fissure system. These are represented in the Western Ukraine by discordance in permeability between fissure networks at various intervals of the gypsum bed, or between fissure networks in gypsum and in the adjacent aquifers (KLIMCHOUK, 1992, 2000b; KLIMCHOUK *et al.*, 1995). This discordance determines imperfect vertical connectivity between fissure networks occurring in different intervals, producing the effect somewhat similar to that of the presence of low permeable intercalations (see Fig. 8B, where term α indicates varying exchange coefficients between permeability structures occurring at different levels);
- 2) by the presence of a low permeable layer at the top of the soluble unit which restricts the vertical flow to a degree. In fact, in field examples known to the author it is quite common for the permeability of the immediately overlying (receptacle) aquifer to be consider-

ably lower than that of the lower (feeding) aquifer;

3) by the variation of boundary conditions in time, as in the case of increasing hydraulic gradient across the soluble unit due to incision of the river into the upper confining bed and increase of leakage from the system. The importance of changing boundary conditions to artesian speleogenesis, in response to uplift and incision of valleys, was discussed earlier in KLIMCHOUK (2000a).

PALMER (1991, 2002) suggested that maze caves could form only if the growth rate is similar in many alternate flow paths. He further specified that this can happen only if all passages reach breakthrough conditions quickly and hence the maximum enlargement rates controlled mainly by kinetics, which is favoured by the high ratio of discharge to flow distance (Q/L).

The configuration of the transverse speleogenesis model implies generally high Q/L ratios because the length of flow across a soluble unit is short and hydraulic gradients across it are relatively high. However, the importance of this condition for artesian transverse speleogenesis is probably limited because similarity of growth rates after breakthrough is achieved by switching of control over discharge to the hydraulic conductivity of one of the adjacent aquifers before the maximum growth rates could be reached. When time-variant boundary conditions change to increase flow through the system (as in case of local breaching of artesian confinement), many alternate conduits, being already initiated, would exhibit high Q/L ratios and maximum enlargement rates. However, this would be the development of already established structure rather than the effect of establishing the pattern structure. The question about importance of high Q/L ratios to the development of maze patterns in artesian transverse speleogenesis needs in further analysis and modelling evaluation.

It is apparent from the above consideration

that there is a specific hydrogeologic mechanism inherent in artesian transverse speleogenesis (restricted input/output). This mechanism suppresses the speleogenetic competition in fissure networks and accounts for the development of more pervasive channelling in confined settings, of maze patterns where appropriate structural prerequisites exist.

Regional evolution of gypsum karst: the formation of zones of different karst types

As noted above, the depth of occurrence of gypsum, the extent of denudational uncovering and depth of erosional entrenchment change regularly in the direction across the platform/foredeep boundary, as result of differentiated vertical neotectonic movements and regional geological structure. The Western Ukraine gypsum karst display a range of intrastratal karst types that evolved with time from one to another as the successive stages of karst development: deep-seated, subjacent and entrenched (KLIMCHOUK & FORD, 2000). Respective zones change to each other more or less gradually in the direction of regional deep; they are elongated according to the strike of the platform/foredeep boundary and major tectonic structures. The example of the Western Ukraine, where successive types of karst are present together, is very instructive for understanding of karst evolution because different stages can be observed simultaneously within the same formation and aquifer, and the role of inheritance in evolution of gypsum karst is apparent. Gypsum karst of the Western Ukraine develops on the outskirts of the East-European Platform along the boundary with the Carpathian Foredeep. Evolution of the platform margin since the late Miocene, when the gypsum strata had been deposited and buried, resulted in differentiation of the platform edge into the four zones (Fig. 1A). In the first zone the gypsum strata has been completely removed by denudation. The zones II, III and

IV represent the distinct types of intrastratal gypsum karst: entrenched, subjacent and deep-seated. Patches of denuded karst locally intersperse within the zone II. Karst evolution was guided by differential neotectonic movements on the edge of the platform and entrenchment of the major valley of the Dniester river during the late Pliocene and Pleistocene.

Across the entire region, confined hydrogeological settings with constrained discharge and sluggish flow prevailed during most of the Pliocene, when slow speleogenetic initiation occurred. By the Late Pliocene to Early Pleistocene the early, shallow and wide fluvial plain of the pre-Dniester had formed. This initial erosional entrenchment into the confining clays increased leakage across them, and activated the transverse groundwater flow within the artesian system. The "great cave belt" of the Podols'ky region lies entirely within the limits of this ancient pre-Dniester Valley. Since the end of the Early Pleistocene and through Pleistocene, continued uplifts in the part of the region resulted in incision of the Dniester and its northern sub-parallel tributaries into the confining sequence and the Miocene aquifer system. Following the entrenchment of the main valley, the northern tributaries of the Dniester incised rapidly, dividing the area north of the Dniester into elongated sub-parallel interfluvial massifs. This led to a substantial acceleration of groundwater circulation within the Miocene artesian system, breaching of its artesian confinement and involvement of the subjacent karst zone. With further deepening of the valleys during the Late Pleistocene, conditions of entrenched karst (zone III) established along Dniester and to the north of it, and artesian caves became entirely fossilized. Modern dissolution is restricted to the lower part of gypsum, where the water table is present in places, at rare points of focused vertical percolation (where vertical dissolution pipes develop) and along underground streams that

are fed via swallow holes that receive periodic surface flow. In the latter situation linear through caves form, in full accordance with regularities of gypsum speleogenesis in unconfined conditions (KLIMCHOUK, 2000c, 2002).

In the area to the south-southwest of the Dniester Valley, overall uplift rates during most of the Pleistocene were much slower, and there was a relative subsidence of some tectonic blocks adjacent to the foredeep. This imposed slower rates of speleogenetic development, which activated only during the late Pleistocene in some of the more uplifted blocks entrenched by the Prut Valley (Zoloushka and Bukovinka caves). The zone of subjacent karst has formed and encompassed the whole Prut-Dniester interfluvial, where karst hydrologic features are diverse and contemporary linear caves are developing now. The zone of deep-seated karst has further shrunken toward the foredeep. In the northwestern part of the gypsum belt this zone is wider. Deep-seated speleogenetic processes, induced by incision of valleys into the confining sequence, had been active there in the Middle Pleistocene but later uplift has slowed down and even turned into subsidence. Speleogenesis has been reactivated recently in response to Holocene uplifts and increasing anthropogenic impacts such as opencast quarrying and groundwater abstraction. Intense maze-like karstification of the gypsum strata in this zone is evidenced by borehole hydrogeological data.

Acknowledgement

I thank to Prof. Paolo Forti, Mr. David Bianco and Parco Regionale dei Gessi Bolognesi for making it possible my attendance of the Second International Gypsum Karst Symposium in Bologna.

References

- ALEKSENKO I.I., 1967 - *Sulfur of the Pre-Carpathian*. Moscow, Nedra. 303 pp. (in Russian).
- ANDREJCHUK V.N., 1984 - *The regularities of karst development in the south-east of the zone of junction between the Russian platform and Carpathian fore-deep*. PhD Thesis, Chernovitsky University (Russian).
- ANDREJCHUK V.N., 1988 - *The tectonic factor and peculiarities of the sulfate karst of Bukovina: geology, geomorphology and hydrogeology of karst*. Sverdlovsk, 66 pp. (Russian).
- ANDREJCHOUK V.N., KLIMCHOUK A.B., 2001 - *Geomicrobiology and redox geochemistry of the karstified Miocene gypsum aquifer, Western Ukraine: a study from Zoloushka Cave*. Geomicrobiology 18 (3), pp. 275-295.
- BIRK S., 2002 - *Characterization of karst systems by simulating aquifer genesis and spring responses: Model development and application to gypsum karst*. Tubingen Geowissenschaftliche Arbeiten, Reine C, 60. Tubingen, 118 pp.
- BIRK S., LIEDL R., SAUTER M., TEUTSCH G., 2003 - *Hydraulic boundary conditions as a controlling factor in karst genesis: a numerical modeling study on artesian conduit development in gypsum*. Water Resour. Res. 39 (1), 1004, doi: 10.1029/2002WR001308.
- KLIMCHOUK A.B., 1990 - *Artesian genesis of the large maze caves in the Miocene gypsum of the Western Ukraine*. Doklady Akademii Nauk Ukrainskoj SSR ser. B 7, pp. 28-32 (Russian, res. Engl.).
- KLIMCHOUK A.B., 1992 - *Large gypsum caves in the Western Ukraine and their genesis*. Cave Science 19 (1), pp. 3-11.
- KLIMCHOUK A.B., 1994 - *Speleogenesis in gypsum and geomicrobiological processes in the Miocene sequence of the Pre-Carpathian region*. D. Sasowsky and M. Palmer (Eds.), Breakthroughs in Karst Geomicrobiology and Redox Geochemistry. Karst Water Institute Special Publications 1, pp. 40-42.
- KLIMCHOUK A.B., 1996 - *Gypsum karst in the Western Ukraine*. Klimchouk A.B, Lowe D.J, Cooper A.H and Sauro U. (Eds.), Gypsum karst of the World. Int. Journal of Speleology Theme issue 25 (3-4), pp. 263-278.
- KLIMCHOUK A.B., 1997a - *The role of karst in the genesis of sulfur deposits, Pre-Carpathian region, Ukraine*. Environmental Geology 31 (1/2), pp. 1-20.
- KLIMCHOUK A.B., 1997b - *The role of speleogenesis in the Miocene gypsum in the Western Ukraine in groundwater circulation in the multi-storey artesian system*. Karst Waters & Environmental Impacts. Balkema, Rotterdam, pp. 281-291.
- KLIMCHOUK A.B., 2000a - *Speleogenesis under deep-seated and confined settings*. Klimchouk A., Ford D., Palmer A. and Dreybrodt W. (Eds.), Speleogenesis: Evolution of karst aquifers. Natl. Speleol. Soc., Huntsville, pp. 244-260.
- KLIMCHOUK A.B., 2000b - *Speleogenesis of the great gypsum mazes in the Western Ukraine*. Klimchouk A., Ford D., Palmer A. and Dreybrodt W. (Eds.), Speleogenesis: Evolution of karst aquifers. Natl. Speleol. Soc., Huntsville, pp. 261-273.
- KLIMCHOUK A.B., 2000c - *Speleogenesis in gypsum*. Klimchouk A., Ford D., Palmer A. and Dreybrodt W. (Eds.), Speleogenesis: Evolution of karst aquifers. Natl. Speleol. Soc., Huntsville, pp. 431-442.
- KLIMCHOUK A.B., 2002 - *Evolution of karst in evaporites*. Gabrovsek F. (Ed.), Evolution of karst: from prekarst to cessation. Založba ZRC, Postojna-Ljubljana, pp. 61-96.
- KLIMCHOUK A.B., 2003 - *Conceptualisation of speleogenesis in multi-storey artesian systems: a model of transverse speleogenesis*. Speleogenesis and Evolution of Karst Aquifers 1 (2), www.speleogenesis.info, 18 pp.
- KLIMCHOUK A.B., ANDREJCHUK V.N., 1988 - *Geologic and hydrogeologic conditions of the development of large gypsum caves in the Western Ukraine and their genesis*. Peshchery (Caves). Gypsum and Anhydrite Caves. Perm University, Perm, pp. 12-25 (in Russian).
- KLIMCHOUK A.B., ANDREJCHOUK V.N., TURCHINOV I.I., 1995 - *Structural pre-requisites of speleogenesis in gypsum in the Western Ukraine*. Ukrainian Speleol. Assoc., Kiev, 104 pp. (in Russian and English).
- KLIMCHOUK A.B., FORD D.C., 2000 - *Types of karst and evolution of hydrogeologic settings*. Klimchouk A., Ford D., Palmer A., Dreybrodt W. (Eds.) - *Speleogenesis: Evolution of karst aquifers*. Natl. Speleol. Soc., Huntsville, pp. 45-53.
- KLIMCHOUK A.B. et al., 1985 - *The study of geological and hydrogeological conditions of karst development of the Pridnestrovsky Podolia in the connection with the establishment of a karstological monitoring site*. Sokolovskij I.L. and Klimchouk A.B. (Eds.), Karst of the Ukraine. Fizicheskaja Geografija i Geomorfologija, vol. 32. Vyscha Shkhola, Kiev, pp. 47-54 (in Russian).
- LEIN A.JU., IVANOV M.V., RIVKINA E.M., BONDAR V.A., 1977 - *Differences in isotope composition of carbon between the pelitomorphic and crystalline limestones of sulfur deposits in the Pre-Carpathians*. Geokhimija (Geochemistry) 4, pp. 578-588 (in Russian).
- MAMCHUR G.P., 1972 - *Peculiarities of carbon isotopes distribution in carbonates of exogenous sulfur deposits and the possibility of their application for practical purposes*. Geokhimija i mineralogija serij. Nauka, Moscow, pp. 240-252 (in Russian).
- PALMER A.N., 1991 - *Origin and morphology of limestone caves*. Geol. Soc. Am. Bull., 103, pp. 1-21.
- PALMER A.N., 2002 - *Speleogenesis in carbonate rocks*. Gabrovsek F. (Ed.), Evolution of karst: from prekarst to cessation. Založba ZRC, Postojna-Ljubljana, pp. 43-60. (Also published in the Journal of Speleogenesis and Evolution of Karst Aquifers 1 (1), 2003, www.speleogenesis.info, 11 pp.).
- SHESTOPALOV V.M. (Ed.), 1989 - *Water exchange in hydrogeological structures of the Ukraine. Water exchange under natural conditions*. Naukova Dumka, Kiev, 288 pp. (in Russian).
- SREBRODOL'SKY B.I., KACHKOVSKY I.V., 1973 - *Vertical migration of hydrocarbons and chemical elements as related with block movements in the Pre-Carpathians*. Izvestija AN SSSR (In Russian).

THE KUNGUR CAVE: THE OLDEST SHOW CAVE IN GYPSUM OF THE WORLD

Yuryi Kadebskiy¹, Olga Kadebskaya¹

Riassunto

La Grotta di Kungur: la più antica grotta turistica in gesso del mondo

La Grotta di Ghiaccio di Kungur è una delle più famose cavità naturali della Russia: è anche la più antica grotta turistica in gesso del mondo essendo stata utilizzata per scopi scientifici, e turistici, nonché come magazzino alimentare per oltre 300 anni.

Dopo una breve descrizione dei principali eventi turistici e scientifici che hanno caratterizzato questa grotta negli ultimi tre secoli, vengono descritte le caratteristiche attuali della grotta con particolare riguardo alla geologia e alla biologia nonché al suo sviluppo turistico.

Parole chiave: Grotte turistiche, ghiaccio, carsismo in gesso, Russia

Abstract

Kungur ice cave is one of the most famous caves of Russia: it is the oldest show cave in the world in fact it has been used for scientific, tourist and storage purposes for over 300 years.

After a short review of the main scientific and tourist events which characterized this cave in the last 3 centuries, the present days tourist, geologic and biologic characteristics of the cave are reported.

Keywords: Show cave, Ice, Gypsum karst, Russia

Kungur Ice Cave is one of the most famous caves of Russia. Up to 1960 it thought to be the longest in the country and the largest gypsum cave of the world (4.6km). Though nowadays it does not rank this, there are still a lot of specialists and lovers of nature who take great interest in it. This is due to the fact that it has been researched for a long period of time and has interesting ice decorations. For 300 years it has been used for scientific, tourist and stock-houses purposes. First the cave was a natural of a refrigerator for keeping and storing fish. Gypsum was obtained and burned near the cave.

In 1703 a well-known geographer and cartographer S.U. Remezov made its first plan (Fig. 1). Later it was copied by the researcher of



Fig. 1 - The first plan of the cave

¹ Mining Institute, Ural Branch Russian Academy of Sciences
Academy of Sciences st. 1, Kungur, Perm region, Russia 617470 T: + 7 34 271 3 97 19 E-mail: iccave@bk.ru

Siberia D. G. Messerschmidt, one of the participants of these expeditions, the Swedish researcher F.I. Stralenberg published the book in 1730, which contained the description and



Fig. 2 -
A.T. Khlebnikov- the first guide of the cave

the plan of the cave.

In the 18th century in St. Peterburg, Stokholm, Gettinhem, Amsterdam were published 12 scientific papers of general geographical trend in Russian, French, Spanish, German and Latin (V.N. Tatishchev, V.I. Gennin, F.I. Stralenberg, I.G. Georgy, I.P.

Falk, G.F. Miller) in which Kungur Ice Cave was mentioned.

The first air temperature measurements in the cave were made by the Prof. of St. Peterburg Academy of Sciences I.G. Gmelin in 1733. He opened the era of meteorological observations in the caves of the world.

Since that time the cave is thought to be worth seeing by all researchers and tourists coming to Kungur.

In 1914 Kungur's commoner A.T. Khlebnikov rented a piece of land including the cave for a period of 12 years for 300 roubles (Fig. 2).

According to the agreement he had the right to increase the size of the entrance to the cave, to light it, to keep some servants and guards and after the rent time he gained an advantage over the rest to make a new treaty for a new period of time.

People could visit the cave any time of day and night they liked. At the railway station a guide in a special uniform met visitors coming to the cave. During excursions they were provided with warm clothes and boots. Candles, torches and "Bengal lights" were used for lighting.

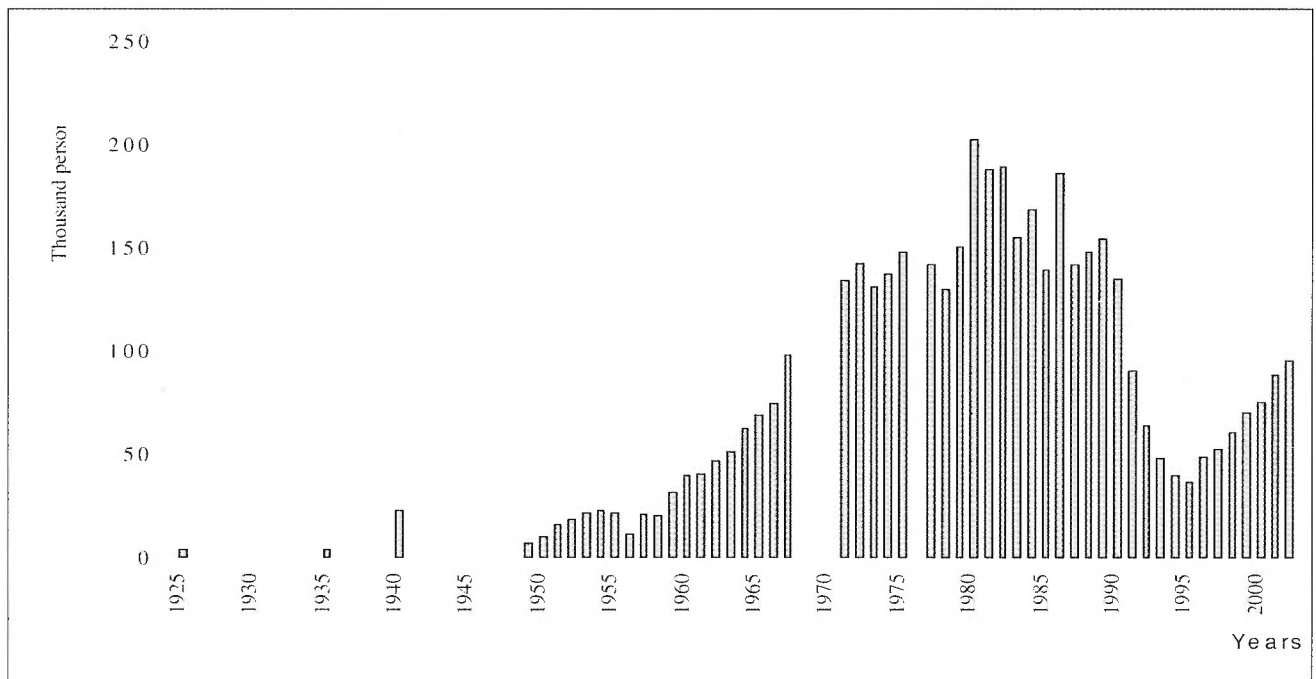


Fig. 3 - The number of Kungur Ice Cave visitors from 1925 to 2002

The Ice Cave sightseeing tour up to the Great Underground Lake lasted for 3-5 hours depending on the size of the group.

Volunteers could cross the Great Underground Lake by raft and admire some grottoes behind the lake. The entrance fee was in agreement with visitors and wasn't high.

After the revolution the cave was under the authority of the local education board and 1930-1940 excursions to the cave were organized by All-Russian trade union tourist centre in Kungur. There was a hostel for 60 visitors near the cave.

A.T. Khlebnikov had been managing the cave being a guide-instructor up to his death.

A scientific Karst-speleological station of the USSR Academy of Sciences was organized in 1948 just near the cave. Since that time permanent observations are being made in the cave.

A big amount of work for improving the path have been done by Kungur's branch of the Ural department of the USSR Academy of Sciences.

In 1957 the tourist route 1.3km was electrified and the paths were constructed under more safety parts of arches; perched and unstable blocks were destroyed and long duration stones arches were strengthened.

During the course of works entrance and exit tunnels were equipped; the paths between grottoes were cleaned from stones, clay and so on.

In October 1969 the excursion base was separated from the Ural Department of the USSR Academy of Sciences and transferred to the possession of a newly organized Kungur Tourist Center, which became subordinate to Perm Regional Tourist centre.

Concrete works of the excursion path in the cave near complex "Stalagmite" for 350 visitors was constructed.

For tourists except visiting the cave were offered-hiking, water and skiing routes in Kungur's district.

Since 1914 the cave has been visited by more than 5 million people and thanks to it the cave can be compared with such karst pearls as the Ice Cave in Icerizenvelt in Austria and Postojna in Slovenia (Fig. 3).

Geologic-geographical conditions of Ice Mountain

Ice Mountain (in the bowels of which Kungur Ice Cave is) is situated on the right bank of the Sylva river in the north-eastern outskirts of Kungur.

According to botany-geographical relationship it is referred to Kungur insular forest-steppe with forest (birch groves and plantations of young pines), meadow (steppe on the plateau surface) and vegetation of limestone-gypsum stone baring (the original bank of the Sylva river).

The entrance to the Ice Cave is located in the foundation of rocky baring of gypsum, anhydrite and dolomite. The cave reminds a labyrinth formed near the slope of Ice Mountain. The climate of the district of Kungur Ice Cave is temperate continental, with severe, long snow winter and short temperate warm summer. An average temperature of a cold period is -6.3°C , warm $+13.6^{\circ}\text{C}$. An annual precipitation is about 500mm. Its quantity is uneven during a year: about 68% from May to October. It mainly snows from November till March (settled top snow is 170 days, water reserve in snow is 130mm).

It rains from May till September. Daily max. is 72mm. On the surface of Ice Mountain about 35% of precipitation is absorbed by karst forms and diverted deep inside solid mass. Ice Mountain consists of 3 carbonates and 3 sulphate bands of the Iren level of Lower Permian period. It is determined that a part of cave grottoes is placed an ancient karst breccia. Kungur Ice Cave is 5.7km long; amplitude $\sim 30\text{m}$, square $\sim 65,000\text{m}^2$; volume $182,000\text{m}^3$. The cave is initially staged in phreatic conditions (labyrinth in a plan, sump

canals, dead-end passages with oval profiles, pressure canals, domes and manholes, rock bridges and “suspensions”, cello forms, grey autochthonous clay), and later it transformed in vadoze conditions (gash joint passages, erosion trenches, chimneys, cave swallow holes, perched blocks deposits, pebble, gravel, allochthonous clay with an interlayer of sand).

There are about 70 lakes in the cave with the total area of 7,400m², the largest of them is

the Big Underground Lake (1,460m²) The level of water in lakes is connected with the level of underground water carrying complex; in spring flood it is influenced by the water level of the Sylva river. All lakes have the same annual course of levels. Underground waters of Ice Mountain have a riverain type of regime though flawing further from the river it becomes underground water divide.

Its periods coincide synchronously with the Sylva river (before spring flood low water, the



beginning of freshet, its peak, recession and after freshet low water).

The level of water in cave's directional wells in a low water period comes down-stream, in freshet – in the Sylva river gives the evidence of ground water recharging all the year round, and in freshet in the cave's lakes.

Mineralization of water in the lakes is 2 g/l. Mineralization of ice is 1 g/l.

Microclimate of Kungur Cave has an intensive air exchange with atmosphere. The water temperature in the lakes increases from the brow from 1°C to 5°C. Maximum multiyear temperature in the lake of the grotto Druzby Narodov 5.2°C, minimum – in the hole grotto Krestoviy (1.0°C). Some lakes are frozen in hard winters.

An average air temperature increases from the entrance up to the grotto Druzby Narodov (-3.7 - + 5.0°C), from the exit up to the grotto Dlinnyy (0.3 - + 3.8°C). During a year the air temperature close to the surface grottoes has a clear influence by the temperature of the surface, which weakens deeper in the massif. Kungur Cave is referred to dynamically developed caves. According to V.S. Lukin's data, in winter an ascending circulation becomes evident at the temperature - above + 5°C one can witness the changing of air direction movement.

Though Kungur Cave is famous for its Ice formations. Three types of genetic ice are marked out in the cave: sinter, ~98%, sublimation and sedimentary – metamorphic (2%).

Sinter Ice (sinter, lakes ice, segregational, ice-cement and vein), are formed during water freezing. The mineralization of main components SO₄, Ca, Mg during this process diminishes 3-10 times, but pH and hydrochemical type of water is constant.

Sublimation ice comes into existence due to air exchange between atmosphere and underground cavity and their separate parts. For the formation of the sublimation crystals the air temperature should be below zero and the

object on which crystallization takes place should have temperature below dew point.

Morphologically they are very different among them are leaf like, launders, pyramidal, right-angled, needle-shaped crystals including complex forms (growths). The sublimation process does not occur in all grottoes, its maximum is near the arches of grottoes (Brilliantoviy, Polarniy). Special observations for the intensity of accumulation of hoarfrost in the cave show that the intensity of sublimation equals 0.2mm per twenty-four hours in the layer of water or 7×10^{-4} g/sm² per hour ice. These ices have low mineralization and react sensitively on pollution (on the presence of ions Cl, NO₃, NO₂, NH₄).

Sedimentary-metamorphic ices are known only at the old entrance.

In the cave a number of minerals have been found there (in 1995-15, up to 2003 – 31). They are minerals of 6 classes – fluoride (fluorite), oxide (ice, quartz, pyrolusite), hydroxides (goethite, hydrogoethite, iron hydroxide, psilomelane), carbonate (calcite, dolomite), sulphate (barite, celestite, anhydrite, gypsum, thenardite, mirabilite), silicate (palygorskite, chlorite, glauconite, illite, ferroillite, kaolinite, allofane, montmorillonite saponite, plagioclase, common potash fel spar, microcline, orthoclase). There are also mixed layering silicate (smectite) and structural transition from chlorite to montmorillonite. They are found in different forms (granulate, crystal, microcrystal gypsum milk, powder, flakes, bundles, dendrite, incrustations, powdery coatings, oolite, membrane, stalactites, stalagmites, columns, sinters, cascades, flakes and so on.

Biology of Kungur Ice Cave

The peculiarity of structure and microclimate of Kungur Cave are determined by its relatively poor speleofauna. The usage of the cave as an excursion sight has led to the fact, that among its dwellers there are organisms, which in normal conditions seldom can become

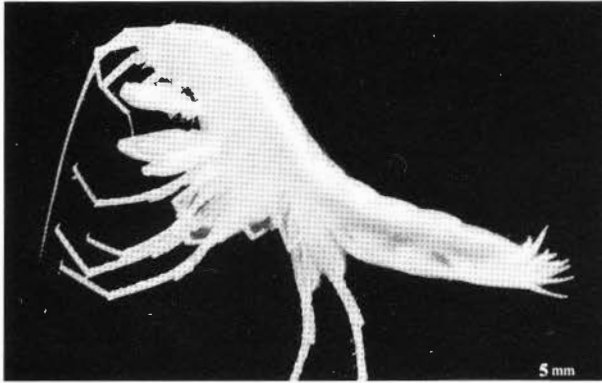


Fig. 4 - *Crangonix chlebnikovi*

troglobionts. The development of the cave by a man has caused its occupation by surface organism and “biological pollution”.

One can rarely come across bats in tourist and reserved parts of the cave. The presence of *Myotis* is known for sure. There are 3 groups of spineless there springtail, dipterous and amphipods crustaceans.

Springtails (Collembolan) - It is an order of primitive primary-wingless insects. They usual inhabitants of the cave living on the surface of clay, between stones, on the floating water calcite fill. Seldom there is an outbreak of quantity of springtails there, which is connected with the supplies of organic substances from the outside. Fauna of springtails of Kungur Ice cave hasn't been studied yet.

Dipterous (Diptera) – flies and mosquitos live and reproduce in the warm part of the cave. Their quantity is believed to be connected with the man's long activity in the cave; taxonomical belonging of these insects still has not been known.

Amphipods crustaceans troglobionts amphipoda: the only cave endemic form of Kungur Ice Cave is *Crangonix chlebnikovi*, discovered in 1926 in the group lakes Druzhby Narodov, Coliseum, Mokraya Kochka and Khlebnikov. It has been described as a species nova for science (Fig. 4).

It is scientifically proved that the cave was formed about 300-400 thousand years ago.

A number of scientific experiments have been held in the cave. Geophysics scientific research have been made in sub-aerial (land-locked, water) and underground modifications: electric profiling, vertical electric probe, radiotranslucency, method of underground registration of space radiation, method of refractive waves, gravity surreyings, seismometry, tiltmeter works, thermal investigations, etc.

The most interesting results have been obtained by gravimetric measurements (the absence of large cavities over the cave), temperature (seasonal and twenty-four hours variations, connected with excursion visits, to say noting about progressive fall of temperature); tiltmetering (movements of crust and separate blocks of rocks as a result of earthquakes and lunar-sun tides) and also underground observations of electric field of filtration (notions about ways of filtration and places of relaxation karst water massif have been concretized).

Investigations of saturation deficit of natural waters, the rate of solution of gypsum and anhydrite have been carried out. Dripping and its chemical structure have been studied. Numerous investigations of the detection of interrelations of water objects in the region of the cave have been carried out.

Nowadays Kungur Ice Cave is one of the most interesting tourist's sights and scientific research places.

Main Literature

- GORBUNOVA K.A., 1961 - *History of karst caves of Perm region*. Caves. Perm.
- DOROFEEV E.P., ANDREUCHUK V.N., 1991 - *Kungur Ice Cave: Bibliographical Reference Book*. Kungur.
- KLIMCHUK A.B., SHESTOPAVALOV B.M., 1990- *Large-scale labyrinth gypsum caves of west Ukraine: speleogenesis in artesian conditions*. Magazine geology, 5.
- MIKHAILOV G.K., 2002 - *Evolution of water carrying levels in the Process of Neotectonical Uplifts*. Hydrogeology and Karst, Perm.

IL CARSISMO NEI GESSI DEL TERRITORIO ALBANESE

Perikli Qiriazhi¹, Mario Parise^{2,3} & Skënder Sala⁴

Riassunto

Le rocce evaporitiche affiorano nel 1,7% del territorio albanese. Le aree carsiche in evaporiti rappresentano un ecosistema peculiare e molto importante da vari punti di vista. Ciononostante in questi ultimi anni tali aree sono state oggetto di molti episodi di degradazione e di inquinamento, acuiti dalla grave situazione economica in cui versa tutta l'area balcanica. Tuttavia queste zone conservano ancora alcune forme carsiche peculiari, che potrebbero essere utilizzate per attivare uno sviluppo sostenibile di alcuni settori del territorio albanese.

Nel presente lavoro vengono brevemente descritte geologicamente e morfologicamente tutte le principali aree carsiche in gesso dell'Albania.

Parole chiave: Evaporiti permo-triassiche, gessi messiniani, aree carsiche, Albania

Abstract

Gypsum karst of Albania

Karst areas in the evaporites of Albania are described in this paper. In Albania, evaporitic rocks cover 1.7% of the territory, which corresponds to 7.6% of the areal outcropping of soluble rocks in the country. The evaporite karst areas represent a peculiar and very important natural ecosystem from many points of view. Notwithstanding their naturalistic and speleological relevance, they have been the object in recent years of many events of degradation and pollution, exacerbated by the difficult social and economical situation in the Balkans. However, these areas still preserve some typical karst environment, which might be used for a sustainable development of sectors of the Albanian territory.

The areas here described are: the zone of Korab, located in eastern Albania, at the boundary with Macedonia; the district of Dumre, in central-southern Albania; the area of Kavaja, few tens of kilometres south-west from Tirana. The first two areas are characterized by outcropping of evaporites of Permian-Triassic age, which landscape results in flat-lying morphologies, scarce presence of caves (most of the cavities are clogged by residual deposits and detritus), and development of karst lakes. The latter, in particular, characterize the district of Dumre, where about 80 lakes of karst origin are present. At Kavaja, on the other hand, Messinian evaporites crop out, giving rise to a different landscape, with several macro- and micro-karst features, and many caves, some of which have been explored and surveyed in the past by Italian speleological expeditions.

This paper is a contribution to the project "Karst ecosystems of Albania – Values and risks – Problems of management for a sustainable development", included in the Protocol of Scientific and Technological Cooperation between Italy and Albania for the period 2002-2004. The main project aim is to gain a better knowledge of the karstic areas in Albania, as regards both the superficial morphology and karst hydrology, and the underground and speleological features.

Keywords: Permian-Triassic evaporites, Messinian gypsum, karst areas, Albania

Premessa

Circa un quarto del territorio albanese (più esattamente il 23%) risulta costituito in affioramento da rocce solubili (KRISTO *et al.*, 1987), sia carbonatiche (calcari, dolomie) che

evaporitiche (gessi, anidriti, salgemma; Fig. 1). Queste percentuali divengono ancora più elevate se si escludono dal conto le aree pianeggianti costiere. Le rocce evaporitiche occupano una superficie pari all'1,7% del territorio albanese e corrispondente al 7,6% del ter-

¹ Dipartimento di Geografia, Università di Tirana, Albania

² Consiglio Nazionale delle Ricerche, IRPI, Bari

³ Gruppo Puglia Grotte, Castellana-Grotte (Bari), Italia

⁴ Centro di Studi Geografici, Tirana, Albania

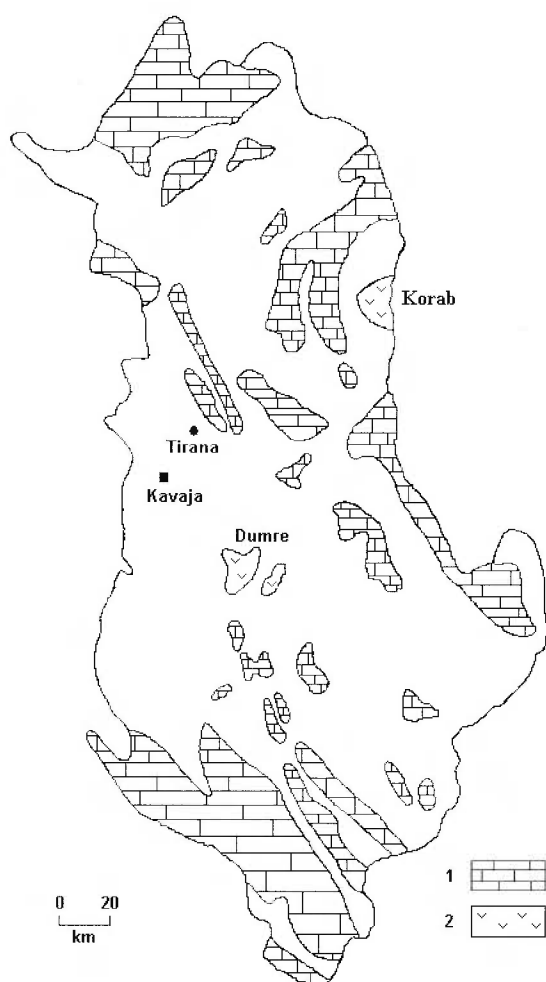


Fig. 1 – Carta schematica degli affioranti di rocce solubili in Albania, con indicazione delle località descritte nel testo. 1) rocce carbonatiche; 2) rocce evaporitiche.

territorio interessato da affioramenti di rocce solubili. Morfologicamente e cronologicamente le rocce evaporitiche albanesi (DIAMANTI, 2002) possono essere distinte in:

- rocce evaporitiche diapiriche di età permiano – triassica;
- rocce evaporitiche stratificate di età messiniana.

L'alta percentuale di rocce solubili implica una notevole importanza dei processi carsici in Albania, che localmente divengono il principale fattore nella morfogenesi del territorio. In aggiunta all'interesse geomorfologico e speleologico, le aree carsiche albanesi rivestono un ruolo di primaria importanza ai fini dell'utilizzo delle risorse idriche sotterranee e meritano di essere oggetto di approfonditi

studi finalizzati alla loro salvaguardia e corretta gestione (SELENICA, 1988).

Le rocce evaporitiche hanno grande rilevanza dal punto di vista naturalistico-ambientale ed economico: le caratteristiche litologiche di tali rocce si riflettono sui caratteri delle acque sotterranee, dei suoli e degli ambienti vegetali associati (BIANCO *et al.*, 2003) e determinano, a loro volta, la formazione di specifici e suggestivi paesaggi e lo sviluppo di peculiari ecosistemi ad essi associati.

Questa nota rientra nell'ambito delle attività del progetto "Ecosistemi carsici dell'Albania – Valori e rischi – Problemi di gestione per uno sviluppo sostenibile" (Settore: Ambiente Energia e Territorio, AM6), incluso nel Protocollo di Collaborazione Scientifica e Tecnologica tra Italia e Albania per il triennio 2002-2004. Il progetto è finalizzato ad una migliore conoscenza delle aree carsiche albanesi, incluse quelle in evaporiti, sia per quanto riguarda gli aspetti di morfologia ed idrologia carsica epigea, che per ciò che concerne le caratteristiche sotterranee e speleologiche.

Caratteristiche del carsismo albanese

Per le caratteristiche geologiche e geomorfologiche, l'Albania presenta un'enorme ricchezza di forme carsiche (KRISTO, 1990). La grande varietà di tipologie connesse ai processi carsici sul territorio albanese si differenzia in funzione delle condizioni geologico-strutturali e morfologiche. In base alle caratteristiche orografiche e climatiche, si può operare la seguente suddivisione dei principali tipi di carsismo presenti in Albania (QIRIAZI, 2001; PARISE *et al.*, 2003):

- carso di bassa quota, tipicamente mediterraneo, al margine sud-occidentale, presso il confine con la Grecia;
- carso di alta montagna, con morfologie anche di carattere glacio-carsico, nella zona settentrionale del paese (Alpi Albanesi);
- carso classico dei rilievi mediterranei, con evoluzione attuale governata dalle condizioni

pluvio-nivali e notevole diffusione di forme carsiche di superficie.

In questa suddivisione le aree carsiche nei gessi albanesi, che saranno descritte nel seguito di questo lavoro, rientrano per la gran parte nella terza categoria, anche se localmente le rocce evaporitiche affiorano anche in zone di alta montagna.

Le aree carsiche nei gessi albanesi

Korab

La zona carsica di Korab è sita nella parte più orientale del paese, nei pressi di Peshkopi, al confine con la Macedonia. Essa presenta depositi evaporitici di età permiano – triassica (INSTITUTI I STUDIMEVE DHE I PROJEKTIMEVE GJEOLGO – MINERARE, 1970), con struttura di tipo diapirico, che costituisce la catena montuosa di Mali i Bardhë (Monte Bianco). In zone limitrofe vi sono anche altre piccole aree con depositi evaporitici, anch'essi derivanti da tettonica diapirica.

Lo spessore complessivo dei depositi di gessi, che si presentano stratificati, con colore dal bianco al grigio chiaro, è pari a 1200 m. Nell'ambito della successione, affiorano localmente strati di calcari metamorfosati (INSTITUTI I STUDIMEVE DHE I PROJEKTIMEVE TE GJEOLGJISE & ISTITUTI GJEOLGJIK I NAFTES, 1993).

La zona evaporitica di Mali i Bardhë (Monte Bianco) è di alta montagna, e raggiunge la quota massima di 1966 m s.l.m., con topografia molto accidentata. Quest'area è stata esplorata speleologicamente dal Gruppo Speleologico Faentino nel corso di una spedizione durante il 1995 (BASSI *et al.*, 1999).

Di contro ad una grande ricchezza di forme carsiche superficiali, essenzialmente costituite da numerosissime doline, depressioni e valli carsiche, e da microforme di dissoluzione carsica superficiale nelle rocce evaporitiche, gli speleologi italiani hanno riscontrato nei dintorni di Peshkopi una scarsità di grotte, a

causa dell'occlusione da parte di spesse coltri di detrito degli accessi alle cavità, posti al fondo o ai margini delle doline.

Dumre

Il settore di Dumre, sito a sud della città di Elbasan, è caratterizzato dalla presenza di rocce evaporitiche di età permiano-triassica che coprono complessivamente un'estensione di circa 210 km². Analogamente al settore precedentemente descritto, anche l'area di Dumre è un duomo diapirico, ubicato in una zona caratterizzata da tettonica trascorrente trans-distensionale (ALIAJ, 1999). Le evaporiti permiano-triassiche sono intruse nei sedimenti flyschiodi oligocenici, lungo un'estesa lineazione trascorrente ad andamento NNE; il fianco occidentale del diapiro di Dumre sovrascorre, oltre che sui flysch oligocenici, anche sulle molasse mioceniche e plioceniche, indicando così un'attività del diapiro estesa al Pliocene-Quaternario (ALIAJ, 1999).

In superficie i gessi di Dumre sono misti a breccie calcaree e dolomitiche, dolomiti, argille, tufo vulcanico. Il tutto risulta notevolmente tettonizzato e la successione completa presenta uno spessore tra i 150 e i 600 m. Sulla base di sondaggi terebrati nell'area, risulta che al di sotto di questa copertura sono poi presenti gessi, anidriti e salgemma, con scarsi calcari dolomitizzati e dolomiti, per uno spessore che raggiunge i 5000–6100 metri (DIAMNTI, 2002).

La zona carsica di Dumre presenta caratteristiche morfologiche analoghe a quella di Korab: l'antica età dei gessi, insieme alla scarsa resistenza che le rocce evaporitiche offrono all'azione degli agenti erosionali, hanno consentito un intenso modellamento morfologico che ha prodotto l'addolcimento delle forme carsiche del paesaggio (Fig. 2). Anche in quest'area, quindi, il ritrovamento di imbocchi di cavità e forme ipogee risulta difficile per l'abbondante presenza di coltri detritiche, lo sviluppo di suolo, la presenza di

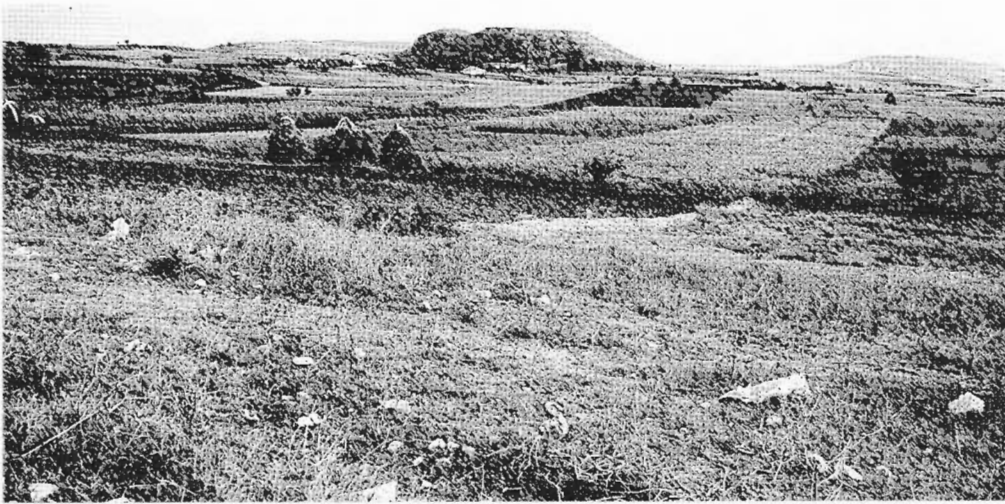


Fig. 2
Collina residuale nei
gessi permiano-triassi-
ci del distretto di
Dumre.

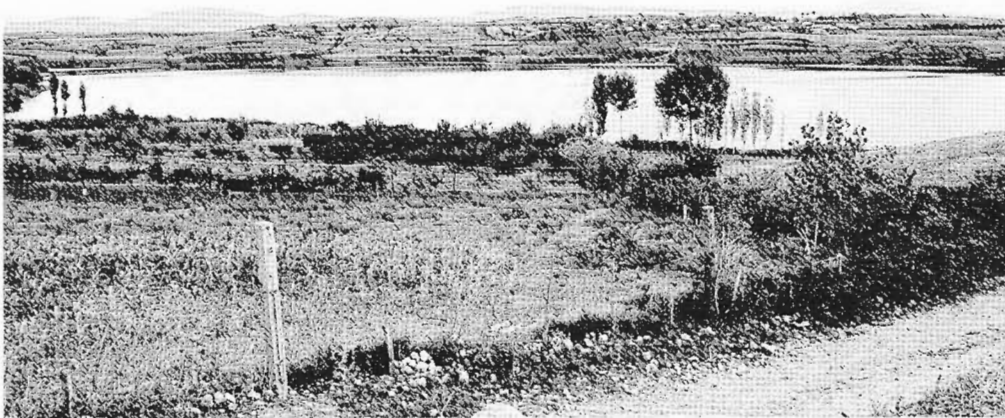


Fig. 3
Vista panoramica del
lago Merhoja.

vegetazione e, non ultima, l'attività antropica. La zona di Dumre è infatti intensamente interessata da coltivazioni, principalmente grano, mais e tabacco (GRAZHDANI *et al.*, 1999).

Un ruolo importante nello sviluppo dei fenomeni carsici nella zona di Dumre è svolto dalla tettonica (GOCEV *et al.*, 1970; ARGNANI *et al.*, 1996), dato che le principali forme carsiche risultano concentrate soprattutto lungo zone di fratturazione o di disgiunzione tettonica. Ne risulta un paesaggio fortemente modellato dal carsismo, con tipiche morfologie epigea quali fossi carsici, doline, uvala,

polje, in cui si sono sviluppati ecosistemi carsici di notevole interesse.

Depressioni carsiche si trovano soprattutto nella parte meridionale di Dumre, dove raggiungono una densità di 15-20 per chilometro quadrato. Esse hanno forma variabile, da piatto o scodella, a conica, a cilindrica (KRISTO, 2002). Le prime hanno una forma regolare, diametro di 15 - 50 m e profondità di 10-15 m. Le seconde (forma conica) sono mediamente più piccole, con diametro di 30 m, e profondità di 5-7 m. Queste forme si trovano soprattutto lungo le creste e sui ver-

santi di pendii collinari; di frequente, esse terminano con inghiottitoi. Le terze (forma cilindrica) si trovano nella parte bassa delle colline, spesso in corrispondenza di fratture tettoniche. Esse si sono formate per il crollo di volte di cavità sotterranee carsiche. Queste fenomenologie sono ancora frequenti a Dumre, a testimonianza dell'attività dei fenomeni nella zona.

Uvala e polje carsici sono distribuiti soprattutto nell'area centrale del diapiro, e sono anch'essi concentrati lungo le principali fratture tettoniche. Il diametro delle uvala arriva fino a 300 – 400 m e la profondità fino a 30-40 m (KRISTO, 2002). La maggior parte deriva dall'unione di forme carsiche di minori dimensioni. I polje, di estensione alquanto limitata, sono particolarmente frequenti nell'area centrale.

La caratteristica principale dell'area carsica di Dumre è rappresentata dalla presenza di laghi carsici (Fig. 3), la cui formazione è connessa a livelli impermeabili (argille di decalcificazione). Si conta nell'area un numero complessivo di circa 80 laghi, i maggiori dei quali superano in lunghezza un chilometro e mezzo, e raggiungono profondità massime di 61 metri (Tab. 1). La maggior parte hanno profondità di 10 m e superficie variabile tra 3 e 100 ha. Complessivamente, coprono un'area di 640 ha. La maggior parte ha forma circolare o ad ellissoide, ma sono anche presenti laghi allun-

gati (ad esempio, il lago Deges) e a forma irregolare (è il caso specialmente dei laghi di maggiori dimensioni), derivanti dall'unione di doline e uvala.

I laghi sono distribuiti a diverse altezze sul livello medio del mare: ad esempio, il lago Merhoja a 122-123,3 m s.l.m.; il lago Seferajt a 125,8 – 127,8 m s.l.m.; il lago Deges a 111,5 – 112,7 m s.l.m. Essi non presentano comunicazione sotterranea (QIRIAZI *et al.*, 1999; QIRIAZI, 2001) e la loro alimentazione risulta essenzialmente dipendente dalle precipitazioni atmosferiche, che in quest'area presentano regime tipicamente mediterraneo.

A parte il settore dei laghi, dove sono evidenti morfologie carsiche connesse ad una fase antica di carsismo, nella zona di Dumre si possono trovare anche altri settori, lungo le creste delle colline, caratterizzati da carsismo attivo. Quest'ultimo è evidenziato da frequenti crolli, da fenomeni di subsidenza (ALIAJ *et al.*, 2001) e dalla formazione di pozzi e imbusti carsici. Il caso più recente è avvenuto nel gennaio 1998, quando in una sola notte nel villaggio di Fierza è avvenuto uno sprofondamento che ha creato un pozzo della profondità di 38 m e con un diametro di 8 m.

Il carsismo sotterraneo è poco sviluppato, con grotte generalmente prossime alla superficie, con forme regolari. Queste grotte, tutte fossili, sono prevalentemente distribuite lungo fratture tettoniche; tra le più importanti, si

n.	lago	superficie (ha)	profondità media (m)	profondità max (m)	lunghezza (km)	larghezza (km)	perimetro del lago (km)
1	Çestija	98,6	4,4	11,1	1,2	0,72	6,3
2	Seferai	87,5	4,5	20,8	2,05	0,5	5,95
3	Merhoja	65,5	17,5	61	1,42	0,73	3,6
4	Deges	37,4	-	17,9	1,6	0,3	3,8
6	Paraska	27,4	5,4	-	0,78	0,5	2,2
7	Belshi	26,9	4	13,1	0,76	0,4	2,4
8	Çeraga	18,8	-	29	-	0,5	1,4

Tab. 1 - Caratteristiche morfometriche dei laghi principali di Dumre (da KRISTO, 2002).



Fig. 4 – Ingresso alto della Grotta dei Criminali (Shpella e Kriminelëve).

possono citare: la grotta di Shkëmbit te Turbullt, la grotta di Gradishte, la grotta di Sopi te Gesteres, ecc. Lo sviluppo planimetrico non sembra essere particolarmente rilevante. Va comunque notato che in questa area non si sono mai svolte esplorazioni speleologiche.

Kavaja

La zona di Kavaja è ubicata ad ovest di Tirana, a pochi chilometri dalla fascia costiera adriatica. Essa è di elevato interesse naturalistico e paesaggistico (QIRIAZI & BEGO, 1999) per la presenza di forme carsiche epigee ed ipogee, entrambi minacciate da attività umane che stanno alterando fortemente l'assetto naturale di questa zona. Inoltre, ad accrescere ancora di più l'interesse dell'area di Kavaja ci sono i numerosi ritrovamenti di carattere archeologico, data la vicinanza della zona al tracciato della Via Egnazia, principale arteria di collegamento in epoca romana tra l'occidente e i paesi dei Balcani orientali.

La zona di Kavaja è geologicamente caratterizzata dall'affioramento di sedimenti evaporitici del Messiniano, disposti lungo una stretta fascia ad andamento circa NW-SE, a contatto con i sedimenti sabbioso-argillosi pliocenici. Gessi, anidriti, alabastri e salgemma (INSTITUTI I STUDIMEVE DHE I PROJEKTIMEVE GJEOLIGO – MINERARE, 1970) sono anche stati in passato oggetto di intensa attività

estrattiva, che ha tra l'altro determinato la distruzione di alcune grotte.

Il settore di maggiore interesse è localizzato nei dintorni dell'abitato di Mengaj e presenta un discreto numero di cavità. Anche il carsismo epigeo risulta notevolmente sviluppato, con presenza di numerose forme micro- e macro-carsiche (MACALUSO *et al.*, 2003): da scannellature, solchi e vaschette di corrosione, sino a doline e valli cieche.

L'area è stata oggetto in passato di una spedizione speleologica nell'ottobre del 1995, durante la quale sono state esplorate le grotte più note della zona: la Grotta di Mengaj e la Grotta dei Criminali (Shpella e Kriminelëve), così denominata poiché fu nascondiglio, nei primi anni '60, di alcuni banditi che avevano ucciso il sindaco di Mengaj (BASSI *et al.*, 1999). Le cavità sono ad andamento prevalentemente orizzontale, talora con sviluppo su più livelli sovrapposti.

La prima cavità (Mengaj) si trova alla base di una piccola parete ben mimetizzata da una bassa vegetazione. Dopo un ingresso a fessura si entra in una galleria lungo un torrente, mentre varie tracce erosionali evidenziano i livelli più antichi di scorrimento idrico. Nel talweg compaiono grossi ciottoli di arenaria e una sorgente di acqua ferruginosa che si immette nel corso d'acqua principale, mentre sul soffitto si osserva una colonia di pipistrelli del genere *Rhinolophus*. Al momento la Grotta di Mengaj, con i suoi 280 m di sviluppo, risulta essere la più lunga della zona (BASSI *et al.*, 1999).

La seconda (Shpella e Kriminelëve - la Grotta dei Criminali) è anch'essa orizzontale, con sviluppo di circa 200 m, e presenta due ingressi a diversi livelli (Figg. 4 e 5). Nel torrente sotterraneo gli speleologi del Gruppo Faentino hanno trovato granchi d'acqua dolce, un esemplare di tartaruga comune (*Testudo hermanni*) e una moneta di rame. Le concrezioni più belle sono nei pressi di un affluente a cascatella che s'incontra sulla destra idrografica, mentre nel ramo fossile che corre parallelo

GRUPPO SPELEOLOGICO FAENTINO

SHPELLA E KRIMINELËVE GROTTA DEI CRIMINALI

GESSI DI KAVAJA - ALBANIA

Rilievo: Fabbri I. - Lega V. - Santandrea S.
Disegno: Evilio R.

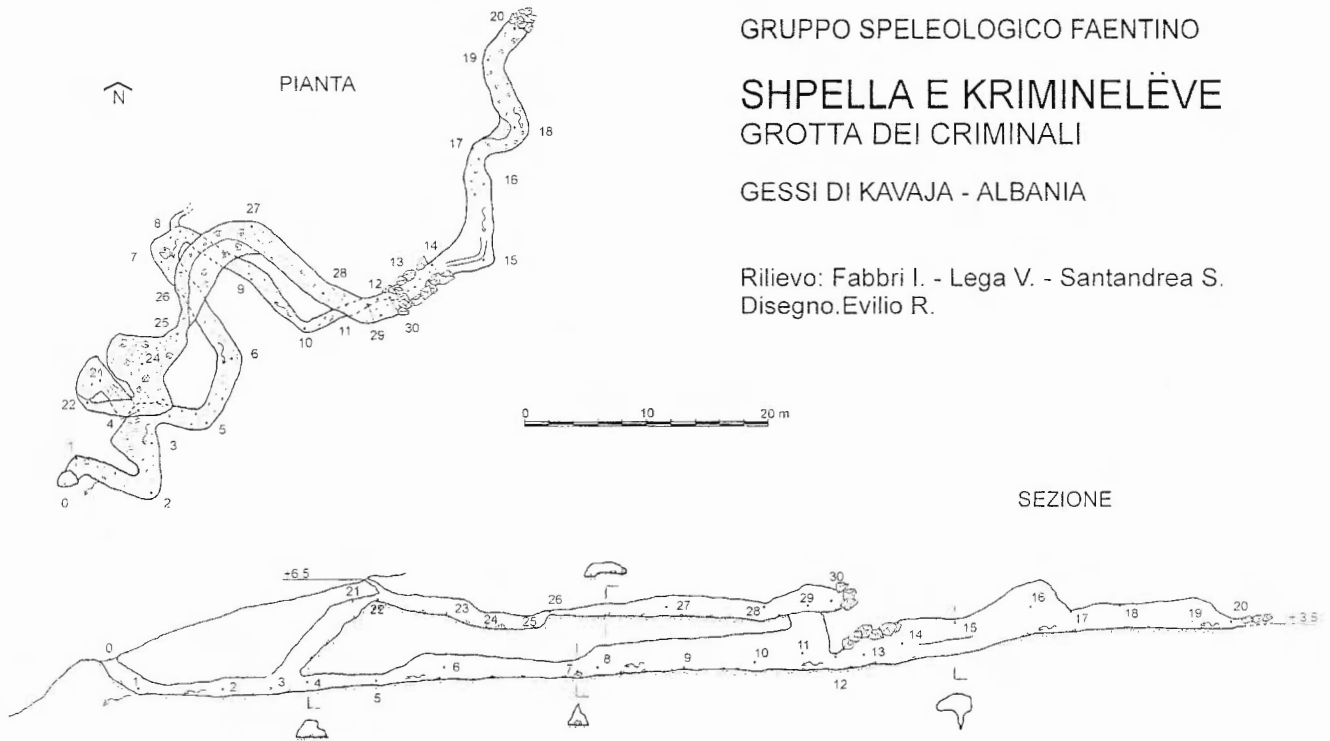


Fig. 5 – Rilievo della Grotta dei Criminali (Shpella e Kriminelëve) presso Mengaj (rilievo del Gruppo Speleologico Faentino; da BASSI *et alii*, 1999).

al torrente si possono osservare numerosi chiroteri.

Nella zona di Kavaja è presente un carsismo molto diffuso, che interessa quasi tutte le aree di affioramento dei gessi, attraversate da torrenti che hanno generato cavità di modesto sviluppo. Il contatto tra le evaporiti e le limitrofe formazioni sabbioso-argillose mioceniche e plioceniche determina di frequente l'emergenza di piccole sorgenti; l'area si presterebbe particolarmente allo studio di carattere idrologico ed idrogeologico, ai fini della valutazione della qualità delle acque presenti.

Conclusioni

I gessi albanesi rivestono, nell'ambito del più generale tema del carsismo in Albania, un ruolo di notevole interesse per i molteplici elementi naturalistici, paesaggistici e speleologici connessi alle rocce evaporitiche. Nel presente lavoro, illustrando brevemente alcuni dei caratteri principali delle più importanti aree gessose del territorio albanese, si è inteso porre

l'accento sulla necessità di salvaguardare un patrimonio carsico di notevole rilevanza, che purtroppo è stato oggetto negli ultimi decenni di frequenti situazioni di degrado ed inquinamento, accentuate dalle vicende politiche e sociali che si sono verificate nel paese d'oltre Adriatico (QIRIAZI & SALA, 2000).

La fragilità dei territori carsici è ben nota (PARISE & PASCALI, 2003) e le conseguenze di fenomeni di degrado e di cattiva gestione dell'ambiente sono purtroppo ben visibili. Ciò nonostante, è ancora possibile operare ai fini della tutela di quei paesaggi che ancora resistono al violento impatto antropico. In questo senso diventa fondamentale l'opera di sensibilizzazione nei confronti del patrimonio carsico, inteso in tutte le sue sfaccettature, dagli ecosistemi, alle grotte, al paesaggio carsico superficiale, alla storia dei rapporti tra uomo e ambiente in aree carsiche. Le aree qui descritte hanno ancora oggi una notevole potenzialità ai fini di uno sviluppo sostenibile che tenda a valorizzare le risorse naturali del territorio. Il primo passo per la protezione degli ecosistemi

carsici e delle relative risorse idriche, anche per un loro razionale utilizzo, consiste nell'acquisire una più approfondita conoscenza dei caratteri geologici, carsici, idrogeologici e speleologici (GRUPPO PUGLIA GROTTA & GRUPPO SPELEOLOGICO DAUNO, 1994; PARISE, 2001; PARISE & SAVINO, 2002). È questo il fine primario del progetto che stiamo svolgendo, in collaborazione tra ricercatori italiani ed albanesi, per contribuire, sulla base delle nostre specifiche competenze ed esperienze, a fornire elementi di base per una corretta pianificazione e gestione delle ricchezze ambientali e naturali del territorio carsico albanese.

Bibliografia

- ALIAJ S., 1999 - *Transverse faults in Albanian orogen front*. Albanian Journal of Natural & Technical Sciences, n. 6, pp. 121-132.
- ALIAJ S., BALDASSARRE G., SHKUPI D., 2001 - *Quaternary subsidence zones in Albania: some case studies*. Bulletin Eng. Geol. Env., vol. 59, pp. 313-318.
- ARGNANI A., BONAZZI C., EVANGELISTI D., FAVALI P., FRUGONI F., GASPERINI M., LIGI M., MARANI M., MELE G., 1996 - *Tettonica dell'Adriatico meridionale*. Mem. Soc. Geol. It., vol. 51, pp. 227-237.
- BASSI S., FABBRI I., SCARAVELLI D., 1999 - *Speciale Albania*. Ipogea, '99, pp. 39-63.
- BIANCO D., PANZICA LA MANNA M., SAURO U., 2003 - *Tutela e valorizzazione delle aree carsiche italiane nelle rocce evaporitiche: problemi e prospettive*. Le aree carsiche gessose d'Italia, Mem. Ist. It. Spel., s. II, vol. XIV, pp. 115-120.
- DIAMNTI F., 2002 - *Formazioni evaporitike në Shqipëri, mundësia e kurthëzimeve hidrokarbureve dhe e kërkimit të mineraleve të tjerë të dobishëm*. Buletini i Shkencave Gjeologjike, 2.
- GOCEV P., HAIDUTOV I., BONCEV E., 1970 - *Problemi tettonici della Penisola Balcanica*. Boll. Soc. Geol. It., vol. 89, pp. 333-345.
- GRAZHDANI S., SULCE S., DHIMA S., 1999 - *Conservation farming effect on soil and nutrient erosion in agricultural land of mountainous terrain*. Albanian Journal of Natural & Technical Sciences, n. 6, pp. 77-86.
- GRUPPO PUGLIA GROTTA, GRUPPO SPELEOLOGICO DAUNO, 1994 - *Albania: dobbiamo crederci ancora?* Speleologia, 30, pp. 43-47.
- ISTITUTI I STUDIMEVE DHE I PROJEKTIMEVE GJEOLGJIKO-MINERARE, 1970 - *Gjeologjia e Shqipërisë*. Tirane.
- ISTITUTI I STUDIMEVE DHE I PROJEKTIMEVE TE GJEOLGJISE, INSTITUTI GJEOLGJIK I NAFTES, 1993 - *Harta gjeologjike e RPS te Shqipërisë*. Tirane.
- KRISTO V., 1990 - *Tipare të karstit në ultësirën bregdetare dhe në rajonet kodrinore të saj*. Studime Gjeografike, 4, pp. 23-31.

Ringraziamenti

Lavoro svolto nell'ambito del Progetto "Ecosistemi carsici dell'Albania – Valori e rischi – Problemi di gestione per uno sviluppo sostenibile" (Settore: Ambiente Energia e Territorio, AM6), Protocollo di Collaborazione Scientifica e Tecnologica tra Italia e Albania (Responsabile per l'Italia: Dr. Mario Parise; per l'Albania: Prof. Perikli Qiriazzi).

- KRISTO V., KRUTAJ E., MEZINI B., 1987 - *Visoret karstke te Shqipërisë dhe problemet e shfrytëzimit racional të tyre*. Studime Gjeografike, 2, pp. 257-268.
- KRISTO V., 2002 - *Veçoritë fiziko – gjeografike të pllajës së Dumre – Darsisë*. Tiranë.
- MACALUSO T., MADONIA G., SAURO U., 2003 - *Le forme di soluzione nei gessi*. Le aree carsiche gessose d'Italia, Mem. Ist. It. Spel., s. II, vol. XIV, pp. 55-64.
- PARISE M. (a cura di), 2001 - *Atti della Tavola Rotonda "Gestione e salvaguardia delle falde acquifere in ambiente carsico"*. Grotte e Dintorni, anno 1, n. 2, Castellana-Grotte, 96 pp.
- PARISE M., SAVINO G., 2002 - *Esplorazione e ricerca speleologica, strumenti indispensabili per la conoscenza delle aree carsiche e la valutazione del relativo inquinamento*. Atti Seminario Internazionale "La gestione sostenibile delle acque interne e marine in Albania", Elbasan, 30 novembre 2002.
- PARISE M., PASCALI V., 2003 - *Surface and subsurface environmental degradation in the karst of Apulia (southern Italy)*. Environmental Geology, vol. 44, pp. 247-256.
- PARISE M., QIRIAZI P., SALA S., CARA G., 2003 - *Problemi di gestione e salvaguardia di ecosistemi carsici in Albania*. Atti XIX Cong. Naz. di Speleologia, Bologna, 27-31 agosto 2003, pp. 105-114.
- QIRIAZI P., 2001 - *Gjeografia fizike e Shqipërisë*. Aferdita, Tirane, 367 pp.
- QIRIAZI P., BEGO F., 1999 - *Monumentet e natyrës së Shqipërisë*. Tiranë, 116 pp.
- QIRIAZI P., SALA S., 2000 - *Environmental problems of Albania*. Remote sensing for environmental data in Albania: a strategy for integrated management, Kluwer Academic Publishers, pp. 13-30.
- QIRIAZI P., SALA S., MELO V., LACI S., BEGO F., 1999 - *Ekosistemet karstike te Shqipërisë*. Botuar nga Shtepia Botuese Fan Noli dhe fondacioni Soros, Tirane, 71 pp.
- SELENICA A., 1998 - *Present water uses and their evolution in the framework of national water strategy for Albania*. Albanian Journal of Natural & Technical Sciences, n. 5, pp. 131-137.

ULISSE ALDROVANDI AND THE VERY FIRST DESCRIPTION OF SPELEOTHEMS FROM GYPSUM KARST OF BOLOGNA

Paolo Forti¹, Stefano Marabini¹

Riassunto

Ulisse Aldrovandi e la prima descrizione di speleotemi dall'area dei Gessi Bolognesi

Nuove ricerche archivistiche hanno permesso di retrodatare le prime descrizioni di concrezioni delle grotte in gesso alla seconda metà del XVI secolo. Ulisse Aldrovandi, infatti, non solo descrisse nel suo "*Musaeum Metallicum*" alcune concrezioni delle grotte bolognesi ma anche, nel manoscritto "*Historia Fossilium*" ne stabilì correttamente il meccanismo genetico. Pertanto, in base alle conoscenze attuali, l'Aldrovandi deve essere considerato il primo studioso in assoluto del carsismo e delle grotte dell'Emilia Romagna.

Parole chiave: Concrezioni, grotte in gesso, storia della speleologia, Bologna.

Abstract

New archive findings allow to backdate the first description of speleothems in gypsum caves of Bologna to the second half of the XVI century. Ulisse Aldrovandi not only described some speleothems from Bologna in his "Musaeum Metallicum", but also correctly defined their genetic mechanisms in his manuscript "Historia Fossilium", thus resulting the first scientist writing of karst and caves of the Emilia Romagna region.

Keywords: *Speleothems, gypsum caves, history of speleology, Bologna*

Recent studies related to the development of the speleological investigation within the Emilia Romagna region (AA.VV., 1995) put in evidence that Gypsum karst areas near Bologna, like Croara, but much more Monte Donato, were visited and described during 1700 by several scientists like Tommaso Laghi, Luigi Ferdinando Marsili and Serafino Calindri. But now, thanks to new archive findings, it is possible to backdate over 150 years the first written notes related to gypsum caves of Bologna.

Ulisse Aldrovandi (1522-1605) (Fig.1) was a well renown Professor of the University of Bologna and during his life he wrote some of the most important scientific treatises of the 16th century, the most renown of which is the huge *Musaeum Metallicum*, which describes all what Aldrovandi collected in his life from the "inside of the earth". In this book, printed 43 years after his death by the compiler Bartolomeo Ambrosini, there are two tables dedicated to speleothems, which Aldrovandi named *stelechiti* after the greek word $\sigma\tau\eta$ -

¹ Istituto Italiano di Speleologia, Via Zamboni 67 - 40126 Bologna. forti@gcomin.unibo.it; stemarabini@libero.it



MEMORIE
DELLA VITA
DI ULISSE
ALDROVANDI

MEDICO E FILOSOFO BOLOGNESE

Con alcune Lettere scelte d'Uomini eruditi a lui scritte, e coll'Indice delle sue Opere Mss., che si conservano nella Biblioteca dell'Istituto

DEDICATE

AGLI ERUD.^{MI} ACCADEMICI
DELL'ISTITUTO DI BOLOGNA.



In Bologna per le Stampe di Lelio dalla Volpe 1774.
Con licenza de' Superiori.

Fig. 1 - Ulisse Aldrovandi 78 years old in an engraving from his memoirs printed by Giovanni Fantuzzi (1774)

λευκος meaning trunk (Fig. 2, 3). The second of these tables surely reports speleothems from the gypsum karst near Bologna.

Until now all the historians of Speleology (GORTANI, 1909; SHAW, 1992) stated that the whole samples described by Aldrovandi in his *Musaeum Metallicum* were collected in limestone caves of Dalmazia, probably near Dubrovnik, visited by Aldrovandi around 1582.

But they were wrong because Aldrovandi himself in his second table clearly indicated that the speleothems he named "pyramidal stelechites" were from caves around Bologna:

"Aliae quod stelechitis species effodiuntur in agro Bononiensi,.....in cauernis montium quidam succi concrescunt, imitantes illas glaciei stirias, quae ex tectis, brumali tempore,

dependent. Huius generis est stelechites, cuius icon hic datur, et ob figuram, stelechites pyramidalis iscribitur"

["Some species of stelechites were found around Bologna.... They grow inside the caves in the mountains due to some fluids and they are similar to the ice pendants, which during winter hang from roofs. This kind of "stelechites" herewith reported is named pyramidal stelechites due to their shape."]

It is evident that these samples of the actually lost Aldrovandi's collection have been taken inside caves near Bologna. Moreover even if in *Musaeum Metallicum* no exact location is given for the caves of the pyramidal stelechites

Stelechitem, in hac Historia, cognominatus stipitem illum faxum, quem Natura E format ex materia lapidea, ad imitationem trunci arborum; quoniam, apud Graecos, *στέλεχος* vocatur truncus, siue candex, nempe arboris illa pars, quae ex radice surgit, & proflea in ramos finditur, & quamvis apud eodem Graecos *στέλεχος* exponatur caudicofus, & trunci speciem gerens: nihilominus steleor des nuncupari minime possunt trunci, & caudices à nobis hoc in loco propositi, quoniam non ex lignea, sed ex lapidea materia constant, sic; nomen Stelechitis sibi comparant. Huius varias icones in hac tabella exhibemus, in qua primo loco Stelechites iugofus figuratur.

Variae Stelechitis differentiae.

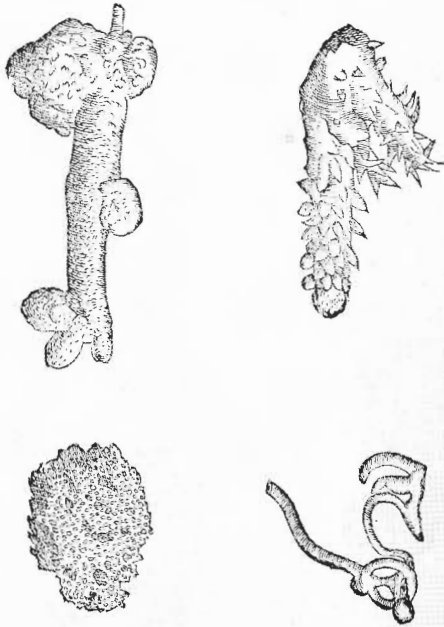


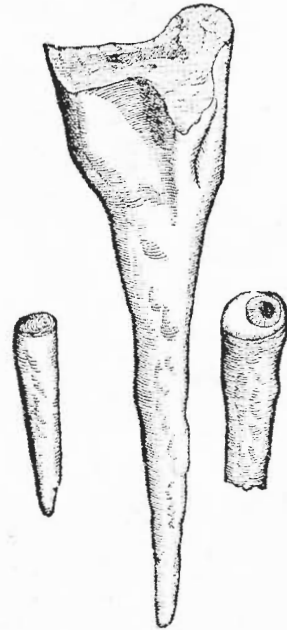
Fig. 2 - *Musaeum Metallicum*, p. 502: definition and different types of "stelechites". The images refer to materials taken in limestone caves, probably from Istria. The upper left is surely a calcite tubular stalactite partially modified into a pool finger by the deposition under phreatic conditions after a lake partially submerged its tip. The lower right is an helictite, probably made by aragonite.

it is sure that they came from gypsum caves because this is the single kind of cavities existing close to Bologna.

An indirect confirmation of this fact can be found in some other different pages of the same book and in some other of the Aldrovandi manuscripts, where he speaks of caves within the gypsum hills near the locality of San Raffaele (now San Ruffillo) which is some hundreds of meters away from the gyp-

A. Aliæ quoq; Stelechitis species effodiuntur in Agro Bononiensi, quarum nonnullæ ferream quasi naturam sortiuntur, atq; illarum locus ut plurimum indicare solet aliquâ ferri mineram ibidem latitanti; cum ex venis ferricis illiter humor, qui frigore concrevit in hos stipites, & paruos caudices: quemadmodum in caueris montiâ quidam succi concreverunt, imitantes illas glaciei strias, quæ ex reâs, brumali tempore, depe- dent. Huius generis est Stelechites, cuius icon hic datur, & obliq;uram, Stelechites pyramidalis inferibitur.

Stelechites Pyramidalis.



Tam

Fig. 3 - *Museum Metallicum*, p. 503: the "pyramidal stelechites" from the caves of Bologna. They are small calcite stalactites and/or flowstones probably collected inside the small natural cavities destroyed by quarrying activities in Monte Donato hill close to San Ruffillo.

sum outcrops of Croara and Monte Donato. At that time Croara was an absolutely wild place completely covered by woods, thus it is hard to believe that its karst systems were known and visited. On the contrary, Monte Donato was utilised for gypsum quarrying activities since the Roman age and therefore well known and visited: moreover quarrying activities often crossed small cavities (MARSILI, 1678; SANTAGATA, 1850).

Therefore it is rather sure that the *pyramidal stelechites* described by Aldrovandi were found in some of the small cavities destroyed by the quarrying activities.

The *Musaeum Metallicum* is not the single place where speothems from gypsum cave were reported by Adrovandi: probably many others even older descriptions not only of speleothems but also of speleogenetic mechanisms exist in the huge Aldrovandi's manuscripts collected in the library of the University of Bologna, which still wait to be printed as many scientists are strongly supporting in the occasion of the 4th centennial of his death.

For example in the last page of the manuscript "*Historia Fossilium*", the most important and large of the still unprinted Aldrovandi's manuscripts, he wrote:

"Tophi ex montibus nostri gypseis aquis stillatitiis geniti....., quibus ututur Bononie ad ornandas fontes in viridariis"

["Tufa from our gypsum mountains, deposited by dripping waters..., utilized to beautify the fountains in the gardens of Bologna"]

In the same manuscript Aldrovandi demonstrated to have an exact idea of the genetic mechanisms responsible for the evolution of such speleothems. In fact *tufa* were defined as:

"Tofi etiam dicuntur Lapides in spelancis ex succo quo stillant ... concreti ...quem stilititium lapidem... voco"

["Tufa are defined also the rocks deposited by dripping water inside the caves....which I call dripping rocks"]

The description of speleothems made by Aldrovandi in his *Musaeum Metallicum* and that of their genetic mechanism in his manuscript *Historia Fossilium* are actually the very first related to gypsum caves.

Therefore Aldrovandi was the first scientist who clearly spoke of the karst of the Emilia Romagna Region in general and of the caves of Bologna in particular, which were evidently known and visited since the XVI century. Anyway it should be very important to perform in the near future a detailed analysis of all his still unprinted manuscripts, where probably more on speleogenesis on gypsum caves would be found.

References

- AA.VV., 1995 - *Precursori e pionieri della speleologia in Emilia Romagna*. Atti del Convegno di Casola Valsenio, Novembre 1995, Speleologia Emiliana, s. IV, n. 6, 160 pp.
- ALDROVANDI U., 1648 - *Musaeum Metallicum*. Bologna, Ferronius, 979 pp.
- FANTUZZI G., 1774 - *Memorie della vita di Ulisse Aldrovandi*. Della Volpe, Bologna, 264 pp.
- GORTANI M., 1909 - *Intorno ai primi studi di speleologia e idrologia sotterranea*. Mondo Sotterraneo, 5 (3/5), pp. 81-87; 5 (6) pp. 122-128.
- MARSILI L.F., 1698 - *Dissertazione epistolare sul fosforo minerale o sia la pietra illuminabile bolognese*, Lipsia.
- SANTAGATA A., 1850 - *Iter ad montem vulgo Donatum*. Memorie dell'Accademia delle Scienze di Bologna, v. 1.
- SHAW T.R., 1992 - *History of Cave science*. Sydney Speleological Society, 338 pp.

THE EVOLUTION OF CARBONATE SPELEOTHEMS IN GYPSUM CAVES AS INDICATOR OF MICROCLI- MATIC VARIATIONS: NEW DATA FROM THE PARCO DEI GESSI CAVES (BOLOGNA, ITALY)*

Claudio Dalmonte¹, Paolo Forti², Serena Piancastelli¹

Riassunto

L'evoluzione di concrezioni carbonatiche in grotte in gesso quali indicatori di variazioni microclimatiche: nuovi dati dalle grotte del Parco dei Gessi Bolognesi (Bologna, Italia)

In questo articolo vengono presentati i risultati di misure effettuate a partire dal 1993 riguardanti l'accrescimento delle concrezioni carbonatiche in tre grotte che si sviluppano nel gesso delle colline bolognesi.

Questi risultati vengono correlati alla piovosità ed interpretati tenendo conto delle differenti situazioni microclimatiche proprie di ciascuna stazione di misura.

Al termine di un decennio di osservazioni e misure è stato possibile dimostrare come i comportamenti evolutivi di ogni singola concrezione dipendano direttamente dalle variazioni microclimatiche osservate in ciascuna grotta quale conseguenza delle variazioni nel regime delle precipitazioni esterne, che ha progressivamente portato a una concentrazione delle piogge annuali in due periodi ben definiti, alternati da altri due periodi siccitosi.

Parole chiave: Concrezionamento, grotte in gesso, evoluzione climatica, Bologna.

Abstract

This paper presents the results of measurements performed from 1993 onwards regarding the growth of carbonate speleothems developing in the gypsum caves near Bologna.

These results are then correlated to the rainwater and interpreted while keeping in consideration the different micro-climatic situations typical of each measurement station.

At the end of a ten year observation and measurement period it is possible to demonstrate how the developing behavior of each single speleothem is directly dependant on the micro-climatic variations observed in each cave as consequences of the variations of the external rainfall regime. This has progressively induced a concentration of yearly rainfall in two well defined periods alternated by two dry periods.

Keywords: Speleothems, gypsum cave, climatic evolution, Bologna

Introduction

The difference from similar studies in a carbonate cave where there are already data from the XIX century (NAGEL, 1819; DAWKINS, 1871; HOVEY, 1896; HILL & FORTI 1997), is that quantitative studies of the carbonate

speleothems evolution in gypsum caves have only begun relatively recently, and therefore, still remain confined to very few gypsum karst areas, as witnessed by the scarce bibliography (CAZZOLI *et al.*, 1998; CALAFORRA, 1998; DALMONTE & FORTI, 1996; FORTI & PIANCASTELLI, 1997).

¹ Gruppo Speleologico Bolognese & Unione Speleologica Bolognese

² Istituto Italiano di Speleologia, Gruppo Speleologico Bolognese & Unione Speleologica Bolognese

* Lavoro effettuato nell'ambito del progetto MPI ex40% "Studio morfologico e genetico di speleotemi di particolari ambienti carsici italiani e dell'America Centrale" Resp. Paolo Forti

The importance of this type of study is connected to the close existing relation between speleothem growth and climate and above all micro-climatic control (CALAFORRA & FORTI, 1999), and therefore to the contribution that can be derived not only for the paleo-environmental study but also to identify micro-climatic variations, "in real time".

It has recently been demonstrated how sulfate-carbonate speleothems eventually present in a gypsum cave (FORTI, 2003) can also be an extremely sensitive indicator to the variations in the meteoric precipitation regime that has been observed in the last few years (from a maximum of 10-20 years up to now). The sensitivity of chemical deposits in a gypsum environment to micro-climatic variations essentially depends on different mechanisms which, from time to time, cause the deposition of calcium carbonate (diffusion of CO₂ or incongruent dissolution of gypsum) or the deposition of calcium sulfate (evaporation or incongruent dissolution of calcium carbonate) and they in turn are then controlled by the regime of water infiltration, and more in general therefore, by the regional climate.

In 1993 a study was begun which aimed at a quantitative definition of the evolution in time of a series of calcium carbonate speleothems present inside three different gypsum caves: the Novella, the Buco dei Buoi and the Acquafredda caves, all located inside the Gessi Bolognesi natural park.

These three caves had been chosen because they hosted large calcite speleothems that, at least in appearance, seemed to be all in active growth; however the first data (DALMONTE & FORTI, 1996) already brought to light much more complex behaviors with an alternation of growth periods and periods of partial re-dissolution.

After a ten year period of observation and measurement it has been possible to correlate the evolutive behavior of each single speleothem with the micro-climatic variations noticed in each cave following the variations

in the regime of external rainfalls, that has progressively brought to a concentration of annual rainfall in two well defined periods, alternated by two dry periods.

This article starts recalling briefly the methods used for the quantitative definition of the speleothem evolution and goes on to report all the experimental data that are discussed as a function of the climatic variations that have happened in the last ten years.

At the end an appendix has been added with some practical suggestions to localize and settle up the experimental spots to carry out similar measures in other caves.

Methodology, measurement stations and instrumentation

The quantitative measurement of the variations in the evolution of carbonate speleothems on relatively short time periods necessitate instruments, not only capable of accurately measuring values up to an hundredth of a millimeter or even less, but they also have to allow the repeatability during the time of the measure exactly on the same point.

This was the motive for the decision to utilize the Micro Erosion Meter technique (TRUDGILL *et al.*, 1981), that it is able to univocally identify the point to measure, and, to detect in optimal conditions, variation of level up to 5 microns with an average error less than 10 microns.

The instrument consists of a micrometer mounted on three metallic legs that have a particular support base that fits perfectly on the heads (two hemispheric and one flat), of special rivets previously fixed on the speleothem surface. The micrometer-rivets assembly therefore, becomes a six kinematics constrains system (three on the axial movement and three on the rotational one) that allows us to univocally locate the position of the point where the instrument makes the

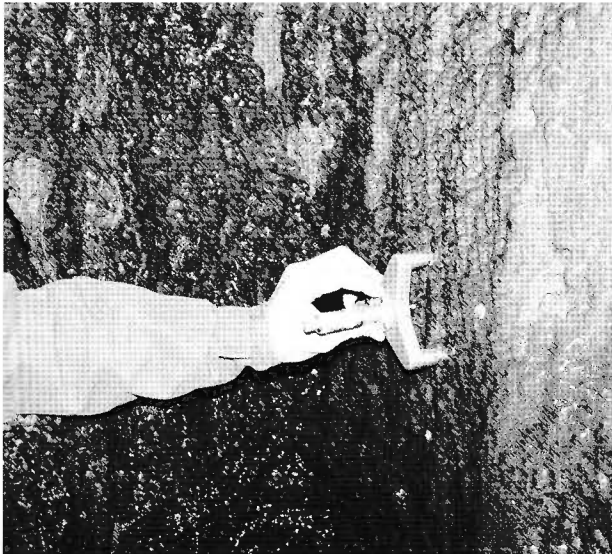


Fig. 1 - MEM (Micro Erosion Meter) while being used for measuring in the Novella 1

measurement through a micro-metrical screw (Fig. 1). The measurements have been carried out on spots constructed by four rivets that, therefore, permit the measure in two distinct points. This way made it possible for each spot to evidence eventually abnormal behavior of one of the points.

A description of spots utilized for this study follows, subdivided in three caves in the

Messinian gypsum near Bologna. These three caves are situated only a few kilometres in distance from each other in two distinct karst zone: the Novella Cave opens in the Farneto area, while the Buoi and Acquafredda caves are part of the Spipola-Acquafredda karst system. This cave crosses all the Croara high plain and, with its 11km length, is the most extensive gypsum karst system in Italy. All the stations have been positioned in places where it was believed that the phenomenon of carbonate deposition was active, following morphology observations and/or measurements carried out previously (FORTI & POSTPISCHL, 1986; CAZZOLI *et al.*, 1988).

Novella Cave

This cave was chosen because it had already been used since 1972 as a natural laboratory. Four stations were positioned along the principal axis of the cave starting from a few meters inside the entrance up to the “laboratory” (Fig. 2) to analyze how the progressively major distance from the rainwater infiltration point could influence the speleothem

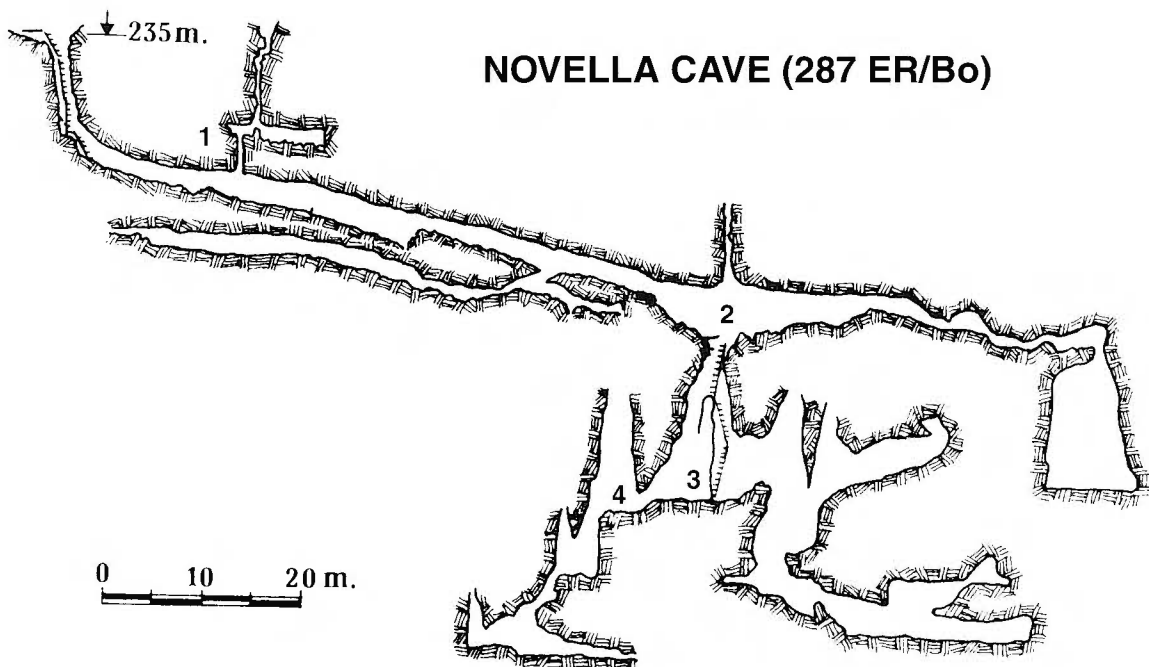


Fig. 2

Longitudinal section of Novella Cave: the points indicate where the MEM spots have been positioned

	Δ	21/7/93	23/2/94	29/10/94	8/3/95	1/9/95	29/2/96	10/9/96	9/11/97	4/12/99	9/2/02
Rain	R	0.0	403.8	750.3	182.9	533.3	393.9	356.2	930.0	583.3	2059.5
	C	0.000	403.8	1154.1	1337.0	1870.3	2264.2	2620.4	3550.4	4133.7	6193.2
Novella1.1	R	0.000	0.010	0.035	0.000	0.030	0.000	0.035	0.025	0.165	-0.005
	C	0.000	0.010	0.045	0.045	0.075	0.075	0.110	0.135	0.295	0.290
Novella1.2	R	0.000	-0.010	0.025	0.055	0.035	0.005	0.025	0.100	0.060	-0.025
	C	0.000	-0.010	0.015	0.070	0.105	0.110	0.135	0.235	0.295	0.270
Novella21	R	0.000	0.000	-0.015	0.005	-0.030	0.010	-0.010	0.025	0.030	-0.010
	C	0.000	0.000	-0.015	-0.010	-0.040	-0.030	-0.040	-0.015	0.015	0.005
Novella2.2	R	0.000	-0.055	0.025	-0.035	-0.030	0.010	-0.030	0.030	0.040	-0.02
	C	0.000	-0.055	-0.030	-0.065	-0.095	-0.085	-0.115	-0.085	-0.045	-0.065
Novella3.1	R	0.000	-0.010	-0.015	0.005	-0.015	-0.005	-0.015	0.02	0.02	-0.045
	C	0.000	-0.010	-0.025	-0.020	-0.035	-0.040	-0.055	-0.035	-0.015	-0.060
Novella3.2	R	0.000	0.015	-0.010	-0.005	-0.01	-0.01	-0.065	0.015	0.025	-0.025
	C	0.000	0.015	0.005	0.000	-0.010	-0.020	-0.085	-0.070	-0.045	-0.070
Novella4.1	R	0.000	0.015	0.005	0.000	0.000	-0.015	-0.005	0.020	0.040	-0.025
	C	0.000	0.015	0.020	0.020	0.020	0.005	0.000	0.020	0.060	0.035
Novella4.2	R	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.010	0.000	0.005	0.005	0.045	-0.060
	C	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.010	-0.010	-0.005	0.000	0.045	-0.015
Buoi1	R	0.000	-0.075	-0.010	0.005	-0.005	-0.025	-0.015	0.005	0.045	-0.04
	C	0.000	-0.075	-0.085	-0.080	-0.085	-0.110	-0.125	-0.120	-0.075	-0.115
Buoi2	R	0.000	-0.080	0.005	0.000	-0.010	-0.020	-0.030	0.000	0.040	-0.030
	C	0.000	-0.080	-0.075	-0.075	-0.085	-0.105	-0.135	-0.135	-0.095	-0.125
Acquafredda1	R	0.000	0.050	0.080	0.030	0.070	0.080	0.095	0.160	0.120	0.130
	C	0.000	0.050	0.130	0.160	0.230	0.310	0.405	0.565	0.685	0.815
Acquafredda2	R	0.000	0.045	0.075	0.045	0.070	0.095	0.085	0.145	0.105	0.165
	C	0.000	0.045	0.120	0.165	0.235	0.330	0.415	0.560	0.665	0.830

Tab.1 - Relative (R) and cumulative (C) values for the rain and the growth of calcium carbonate speleothems from 1993 to 2002 (values in mm)

evolution.

- Novella 1 (in proximity of the entrance a few meters from the surface); the station is placed in a vertical position on an orange-red sub-vertical flowstone that is often wet by a thin water film.

- Novella 2 (at the entrance to the “blade” shaft) on a sub-horizontal flowstone along the stream falling into the shaft. The flowstone is beige, contains vegetable threads and it is often covered by a sandy lime layer: this station is subject to a discontinuous water stream.

- Novella 3 (at the base of the “blade” shaft) in a sub-vertical position over a orange-red flowstone covered by splash knobs, several cm in size. In the past the intense dripping coming from the shaft made it almost constantly wet, while it was noticed to be dry only in particular cases. Recently, though, the situation is almost inverted with very long dry periods alternating with brief periods with the presence of water.

- Novella 4 (in the laboratory room) the station is placed in a vertical position on an orange-red flowstone constantly wet by a film of water: this station is positioned exactly in the same point where, in the 70s, the first experiences on calcite deposition in gypsum caves were conducted (FORTI *et al.*, 1978).

Buco dei Buoi Cave

This cave was chosen because one of its active stalagmites had been studied for seismo-tectonics (FORTI & POSTPISCHL, 1986) which had also made it possible to define the velocity of growth. The spot was placed in the first chamber below the passage equipped with fixed ropes: it is on an orange - beige flowstone, generally partially wet or covered by a film of water. Anyway over the last few years the concretion appeared completely dry, just like the rest of the chamber.

Acquafredda Cave

The station is positioned in a sub-horizontal part of the waterfall in the Sala del Caos, which is constantly covered by an abundant film of flowing water. This spot was chosen because in the past it was right here that the first quantitative measurements of a calcite growth on a thread of nylon were performed (CAZZOLI *et al.*, 1988; FORTI & PIANCASTELLI, 1998).

Experimental data

All the stations were activated in 1993 and measurements continued until the beginning of 2002 with an initial period of about 6 months, which was later extended until it became two years, for a total of 10 measurements. All the collected data are summarized in Tab. 1. Due to the absence of a meteorological station inside the Gessi Bolognesi Gypsum Park, the rainfall values for the cave area have been extrapolated from the nearest stations (Prugnolo, Bologna San Luca, Bologna Stazione Idrografica).

The comparative analysis of the evolution for each speleothem has evidenced the complexity of this phenomenon as each station has its own particular course, which has brought about both a global positive or negative evolution in some, and an alternating course in others; though all the stations but one had alternating concretioning and re-dissolution periods.

The following briefly describes the results achieved in each single station of measurement, apart from the data concerning to the global observation period, it was considered logical to also indicate those relevant to a shorter period correspondent to that already published (PIANCASTELLI & FORTI, 1998; DALMONTE & FORTI, 1995).

Novella 1 (Fig. 3): continuous growth, though not constant, a substantial stability noticed in the last period: the speleothem has a global increase of $280\mu\text{m}$ (the average of the two values, homogeneous between them and respectively of 290 and $270\mu\text{m}$) equivalent to a ten year “yearly” average of $31\mu\text{m}/\text{year}$ and

a maximum oscillation between the different measures, respectively $+100$ and $-25\mu\text{m}$. If we consider the periods of 1993-96 and 1996-2002 individually, they pass from a yearly average growth of 41 to one of $26\mu\text{m}$, which represents a slowing down of the deposition by almost 40% .

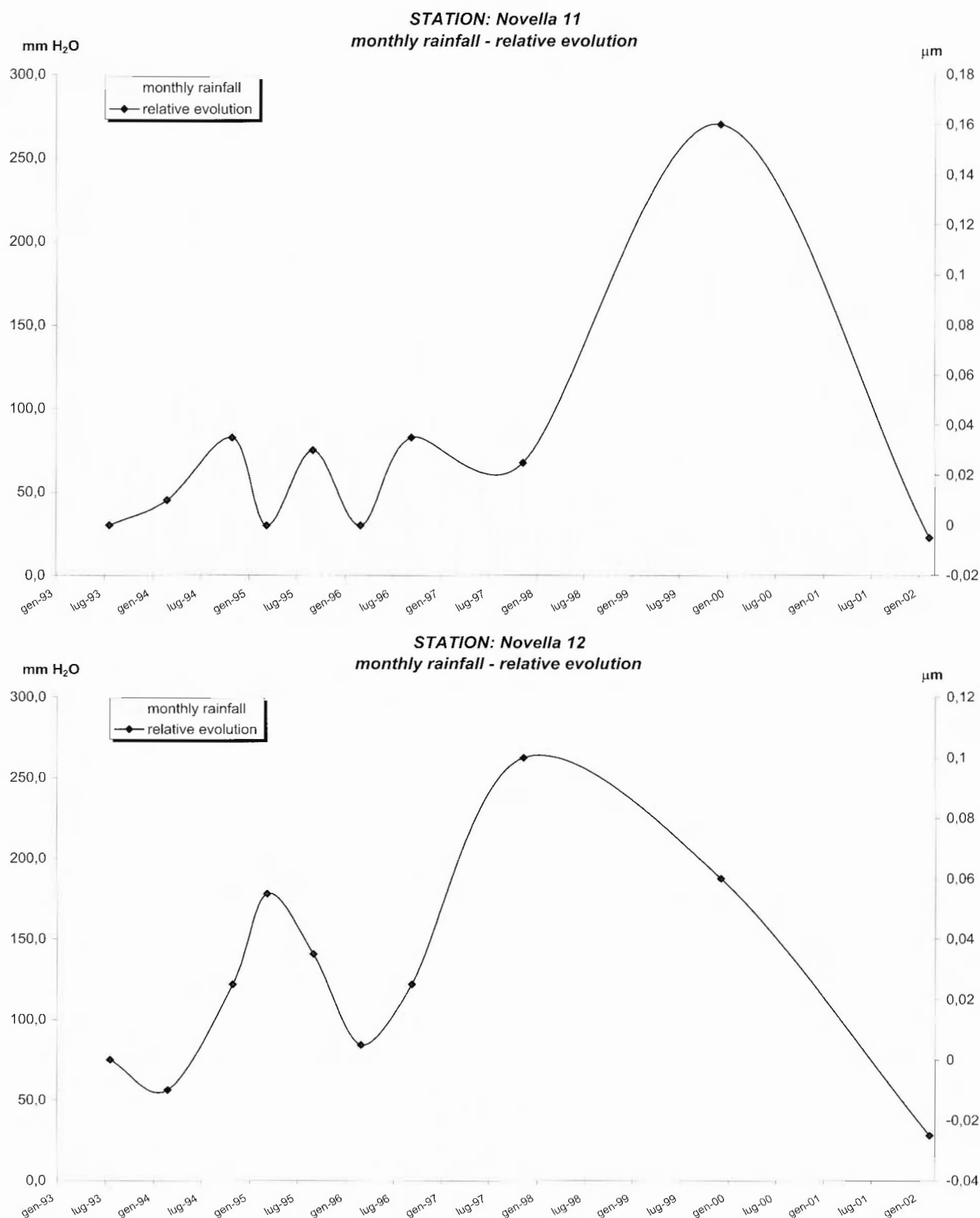


Fig. 3 - Relative evolution and monthly rainfall for 2 points of measurement in Novella 1

Novella 2 (Fig. 4): fluctuating evolution over time. The speleothem results diminished in a global way by $30\mu\text{m}$ (average of the two values, that however are different enough

between them $+5$ and $-6\mu\text{m}$ respectively) with an yearly average of $-3\mu\text{m}$ and oscillation between the various measures that can vary from $+40$ to $-55\mu\text{m}$. If we consider the 1993-

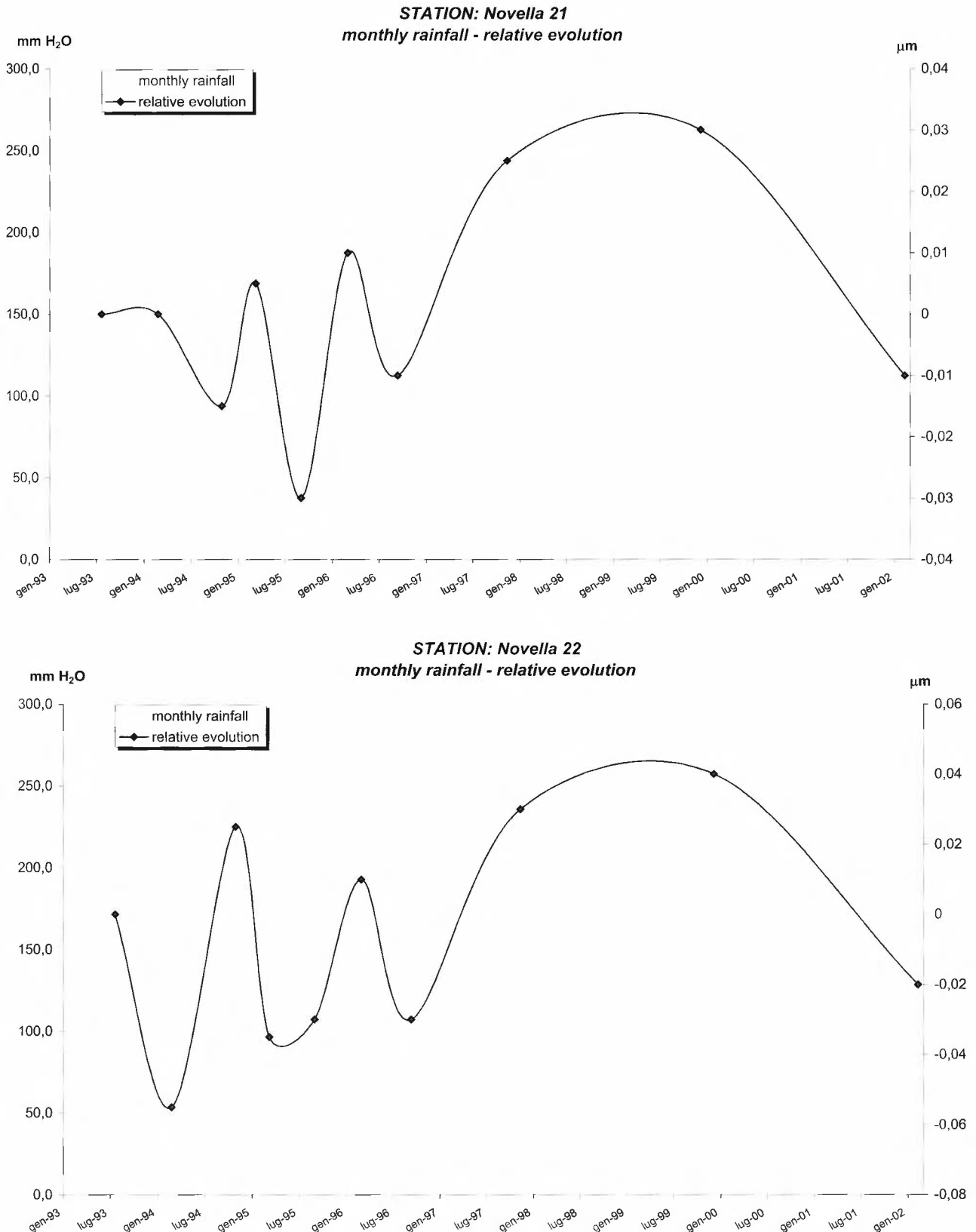


Fig. 4 - Relative evolution and monthly rainfall for 2 points of measurement in Novella 2

96 and 1996-2002 periods individually, it passes from an yearly average dissolution of $26\mu\text{m}$ in the first period to a growth of $7\mu\text{m}$ in the second.

Novella 3 (Fig. 5): practically continuous dissolution in the time. Globally the speleothem has diminished by $65\mu\text{m}$ (average of two values that are homogeneous between them of -60 and $-70\mu\text{m}$) with a yearly average larger than $-7\mu\text{m}$ and maximum oscilla-

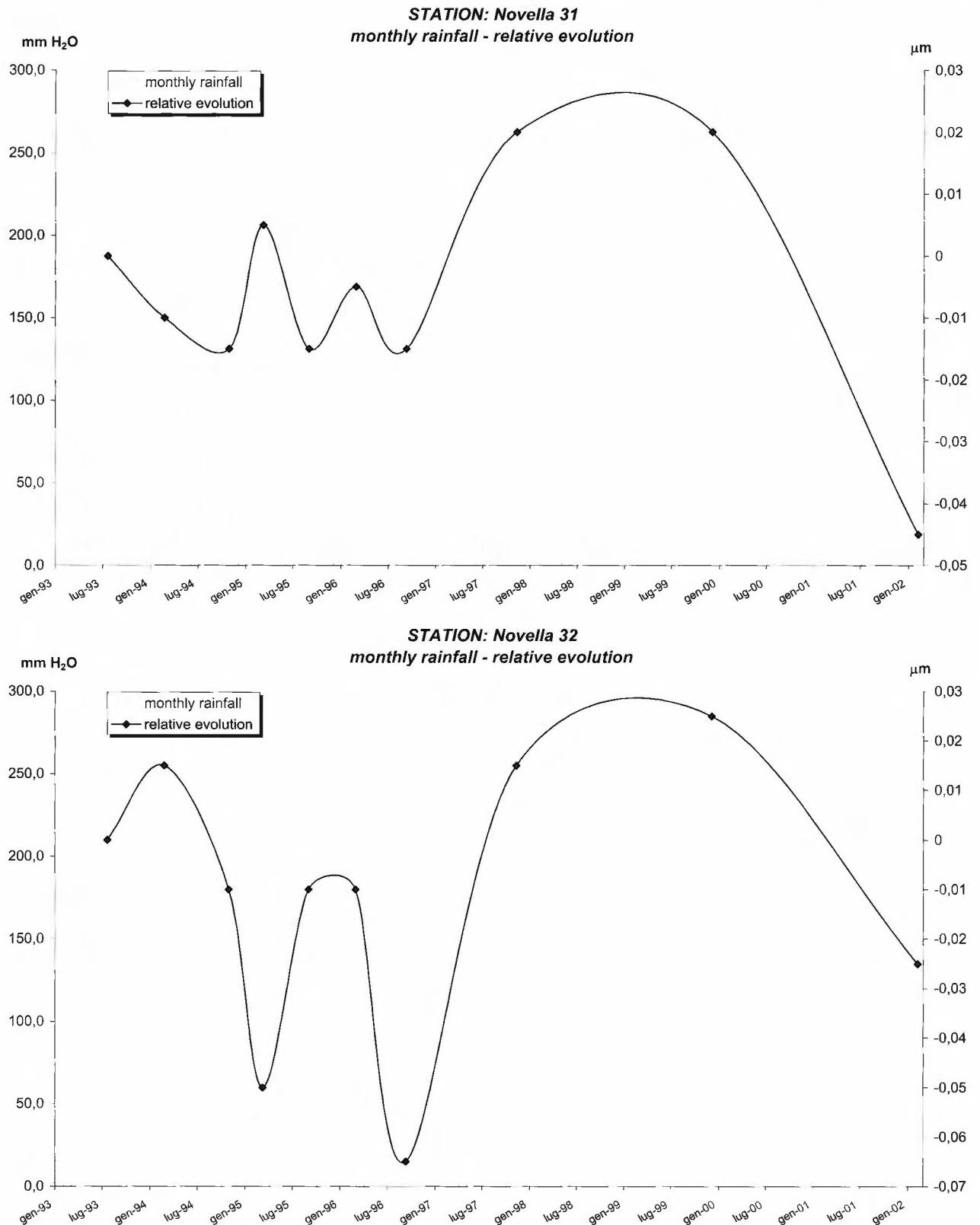


Fig. 5 - Relative evolution and monthly rainfall for 2 points of measurement in Novella 3

tions between the various measures of -45 and $+20\mu\text{m}$. If we consider the periods of 1993-96 and 1996 -2002 individually, they pass from an yearly average dissolution of $23\mu\text{m}$ in the first period to less than $1\mu\text{m}$ in the second.

Novella 4 (Fig. 6): maintaining the conditions in time with a slight growth in the last period. Globally, the concretion has grown by $10\mu\text{m}$ (an average of two partially non-homogeneous values between them of $+35$ and $-15\mu\text{m}$) with a yearly

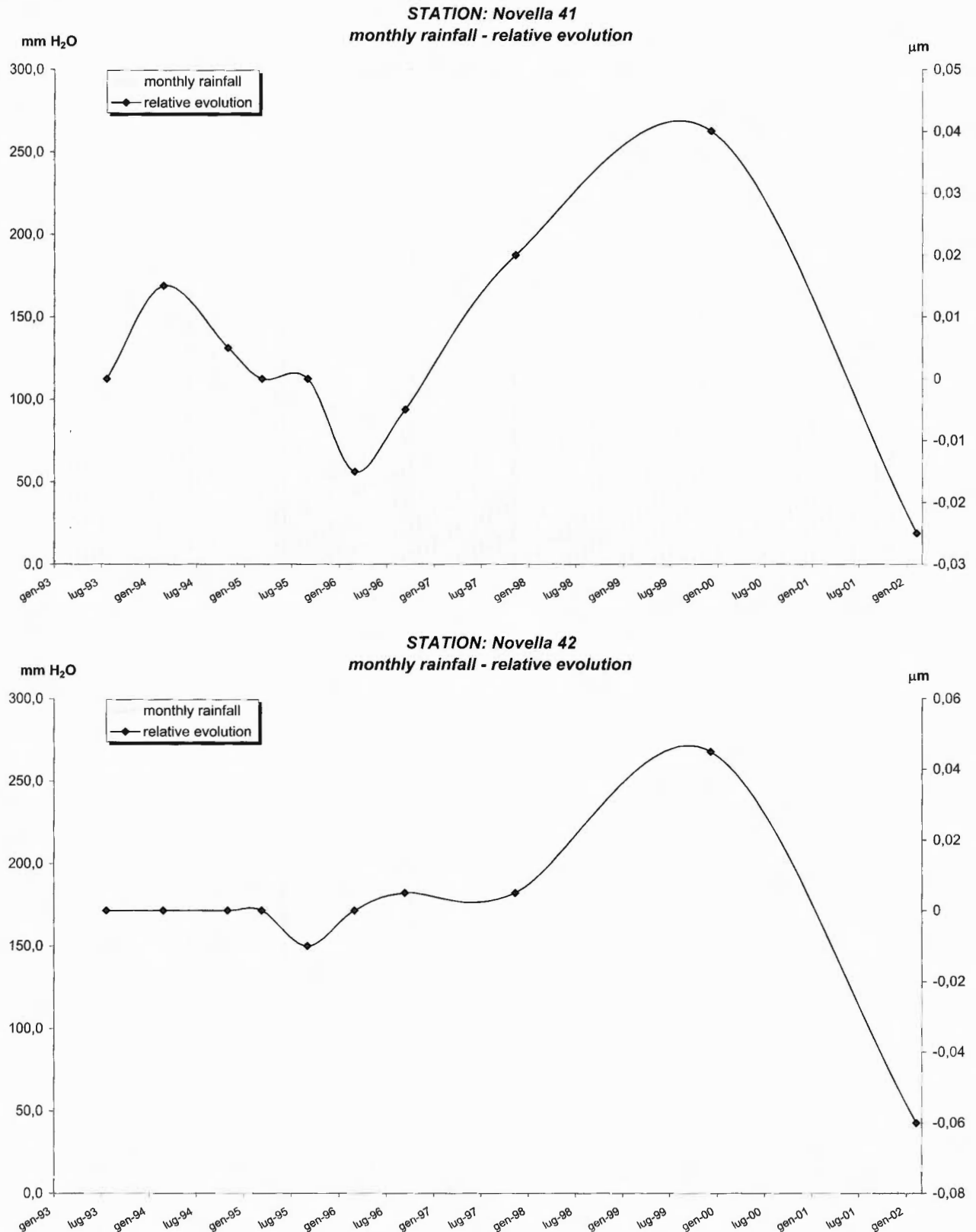


Fig. 6 - Relative evolution and monthly rainfall for 2 points of measurement in Novella 4

growth of little more than $1\mu\text{m}$ and maximum oscillations of $+29$ and $-60\mu\text{m}$, this last value (much more negative than all the proceeding ones) was registered exactly at the last measurement. If we consider the periods of 1993-96 and 1996-2002 individually, they pass from a yearly average

dissolution to less than $1\mu\text{m}$ in the first period to a growth of $2\mu\text{m}$ in the second.

Buco dei Buoi (Fig. 7): collected data evidences that the mechanism of dissolution is almost constantly prevalent in this cave. Globally the

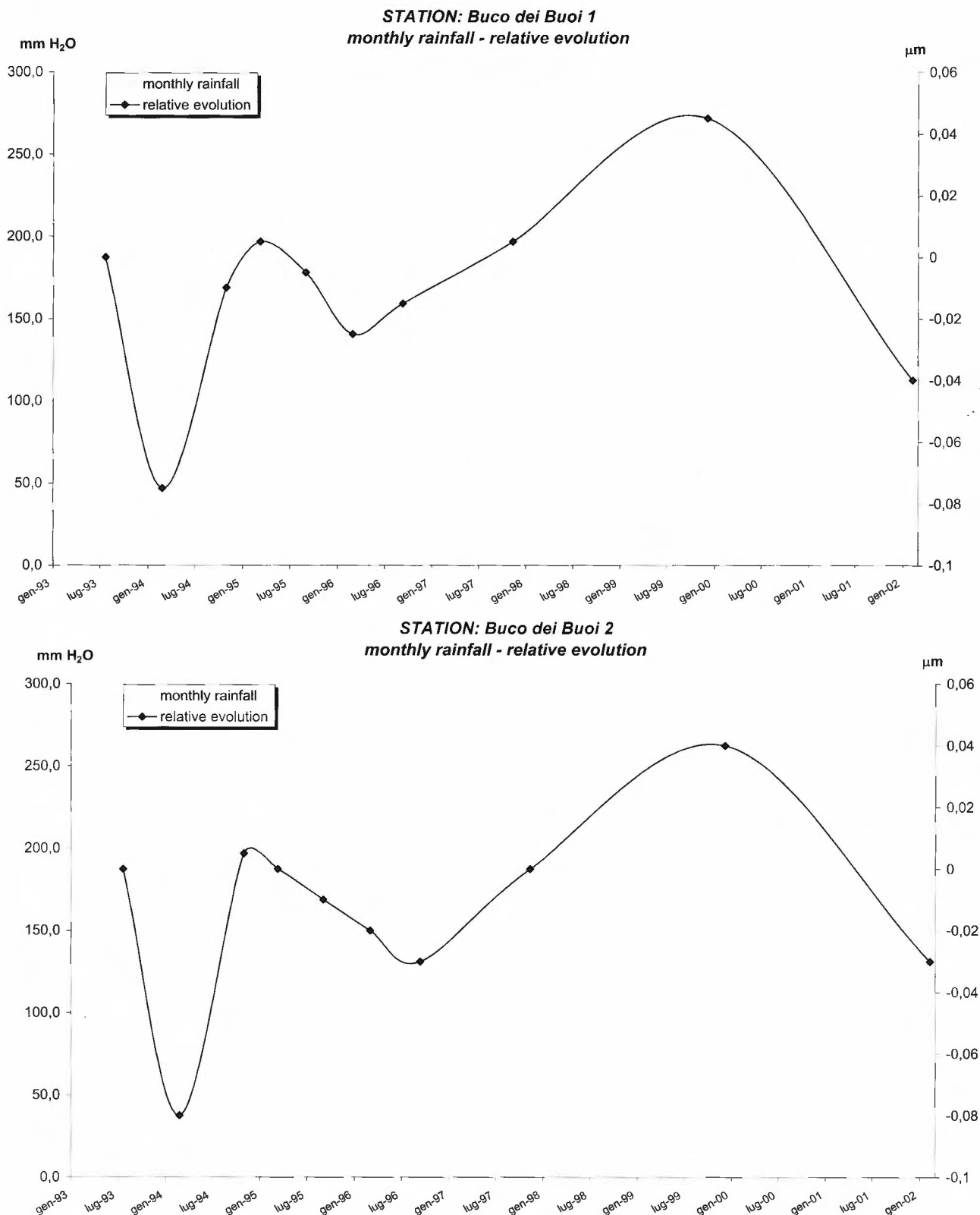


Fig. 7 - Relative evolution and monthly rainfall for 2 points of measurement in Buco dei Buoi

speleothem has withdrawn by $120\mu\text{m}$ (average of the two homogeneous values between them of -115 and $-125\mu\text{m}$) with a diminished yearly average of $13\mu\text{m}$ and maximum oscillations between two successive observations of $+45$ and $-75\mu\text{m}$. If we consider the periods of 1993-96

and 1996-2002 individually, they pass from a yearly average dissolution of $42\mu\text{m}$ in the first period to a growth of almost $2\mu\text{m}$ in the second.

Acquafredda (Fig. 8): this spot is the only one where only deposition has always been observed.

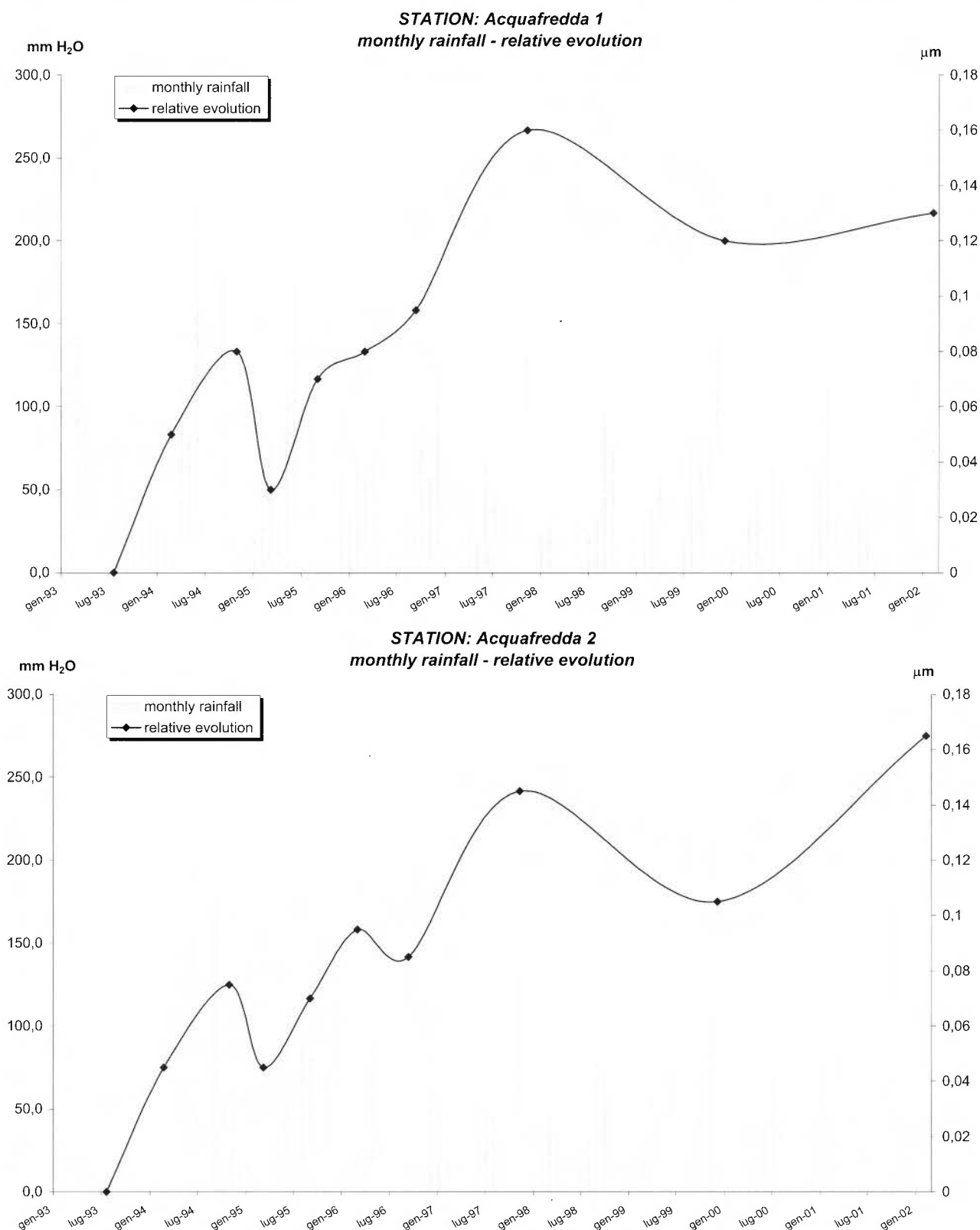


Fig. 8 - Relative evolution and monthly rainfall for 2 points of measurements in Acquafredda

Globally the speleothem has enlarged by $822\mu\text{m}$ (an average from two absolutely coherent values of $+815$ and $+830\mu\text{m}$) corresponding to more than $90\mu\text{m}/\text{year}$. If we consider the periods of 1993-96 and 1996-2002 individually, they pass from a yearly average growth of $170\mu\text{m}$ in the first period to a growth of $70\mu\text{m}$ in the second, with a slowing down in the average yearly deposition of almost 60%.

Discussion

The most interesting thing that is evident from the present work is that the calcite speleothems, though looking morphologically

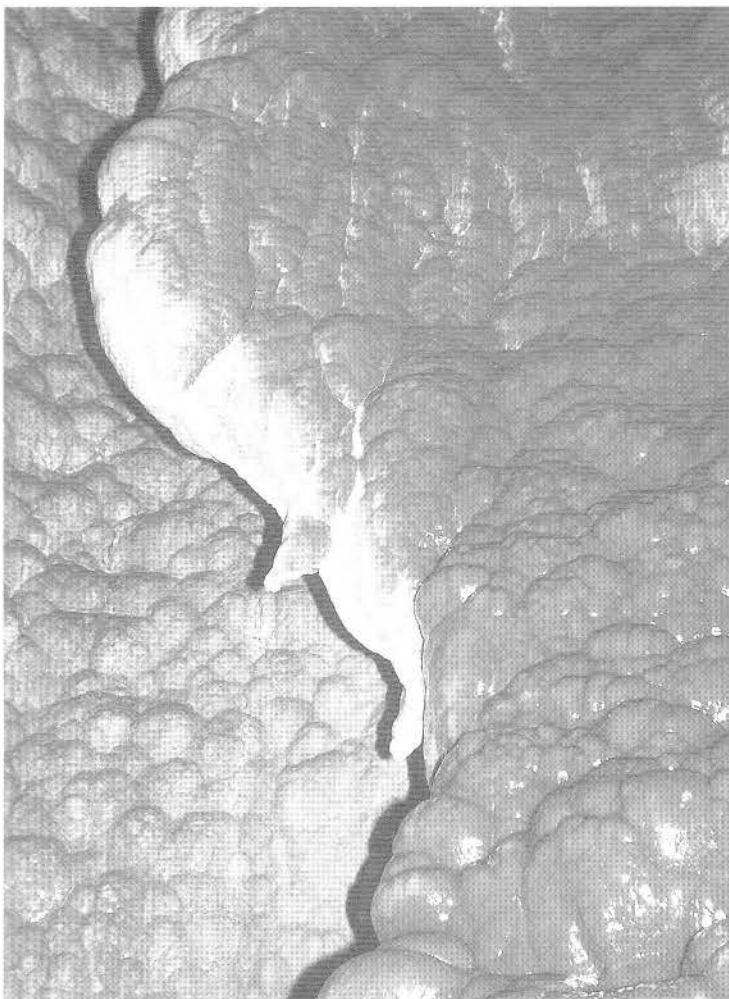


Fig. 9 - Novella Cave: the calcite flowstone in a chimney very near the Novella 1 station: in the last few years it has begun to show lighter colored spots due to the oxidation of fulvic and humic acids present in its structure and brought into contact with the atmosphere by condensation corrosion.

as always in continuous active growth, in reality often endure alternating processes of deposition-corrosion which does not alter the exterior. All the analyzed spots were chosen on the base of the morphologic observations indicating that the speleothems were certainly growing (such morphologic observations were also confirmed by previous studies in Novella 1 and Acquafredda, though performed with different methods) (FORTI & POSTPISCHL, 1986; CAZZOLI *et al.*, 1988).

The effect of condensation corrosion brings marked morphologic evidence only when this happens in a very rapid and accentuated manner as in some parts of the speleothem near the Novella 1 station. While in all the other cases corrosion was not directly observed and neither did microscopic evidence: this because, due to the slowness of the phenomenon, the concretion manages to maintain the structure of the crystal unchanged, even though it all withdraws.

In the case where it was possible to demonstrate the active corrosion morphologically (Fig. 9) this was shown with a partial loss of the strong red-brown color (due to the presence of humic and fulvic acids entrapped in the speleothem layers) in the areas most exposed to condensation. This is due to the condensation water being aggressive in respect to the calcium carbonate which tends to dissolve the external layer of the speleothem thereby allowing the trapped humic and fulvic acids to return in contact with an oxygenated environment thus oxidizing with consequent loss of the characteristic color. Moreover, the oxidation causes a release of high amount of CO_2 . When the phenomenon of condensation is more active, with consequent water flows, evident furrows of corrosion develop where the streams of condensation water is higher (Fig. 10). Before globally considering the experimental results, it would be important to discuss those relative to the Novella Cave, the only cavity where there were different spots progressively more deep.

The basic idea that the different location of the speleothem could affect the evolution has revealed correct, even though the results have evidenced a more complex behavior not only dependent on the distance from the infiltration of supply water.

The station nearest the surface (Novella 1) has confirmed that there the gypsum incongruent dissolution and consequent deposit of calcite are most active.

It was possible to also evidence periods of corrosion connected to the phenomenon of condensation obviously active when the contribution of percolation water was absent and/or lower than that of condensation. These periods have progressively increased in the last years, as a logical consequence of a concentration of rain events and a parallel expansion of dry periods. To confirm the fact that the corrosion phenomenon has developed much more in the last few years in this area of the cave, it must be remembered how the only clear corrosion has been observed, as mentioned before, in a flowstone just a few meters away from the spot.

The deepest station (Novella 4) is more or less constantly interested by a diffused percolation of water and by an almost absolute thermal stability (the temperature variations are below the instrumental limits of the thermometers that are 0.1°C). It is therefore logical that the condensation process (corrosive) is quite limited while the distance from the infiltration zones makes the phenomenon of the incongruent gypsum dissolution quite inactive. Therefore it is not to be wondered if this station has registered conditions of stability.

The stations Novella 2 and 3 have had a similar behavior basically, presenting a periodic oscillation with alternating periods of deposition and corrosion with a global prevalence of the latter. Novella 2 station has shown a minor corrosion in respect to Novella 3. This however, can not be put in relation to the difference in "distance" from the infiltration points of the two stations: in fact objectively,



Fig. 10 - Particular of the speleothem of fig. 9: corrosion furrows developed along the preferred flow of condensation water.

this is minimum, while instead, the presence between the two of a vertical shaft where the percolation waters smash into tiny drops, allowing the diffusion of CO_2 in the cave atmosphere and should make the deposition to prevail in station 3 in respect to station 2. The position of the station situated on the pavement in Novella 2 played a fundamental role, while Novella 3 is situated on a vertical flowstone with jutting protuberances. It is evident that, while the evaporation is more probable in station 2 with a consequent major deposition, condensation and therefore corrosion is more probable in station 3. So, the space location of the spot is evidently the factor that has controlled the slightly different

Caves	< 1970 ¹	1970-87	1988-96 ³	1993-96 ⁴	1996-2002 ⁵
Buoi	150			-42	2
Novella 1		140 ¹		41	26
Novella 2				-26	7
Novella 3				-23	-1
Novella 4				-1	+2
Acquafredda		271 ²	201	140	70
Spipola	120				

Tab.2 - Outline of the medium annual growth data (μm) for the analyzed calcite speleothems.

behavior of the two calcite speleothems. Now considering the general aspect of the calcite deposition in the Gessi Bolognesi caves, the progressive lowering of deposition and/or corrosion velocity, observed over time in all three caves under study (see Tab. 2), is evident. In fact all the experimental observations proved that, apart from the fluctuation of a single observation, the tendency of the phenomenon is going to a rapid fading away. The growth, in two stations in particular

where this dominant phenomenon has been demonstrated (Novella 1 and Acquafredda), has resulted to be in the last 6 years almost 50% lower in respect to the 3 years before and respectively by more than 70% (Novella 1) and 50% (Acquafredda) relative to data of twenty years 1970-1990. During all the observation period through MEM, however, the evolution trend in these two spots has been absolutely analogous even if the average value of yearly growth was different (Fig. 11).

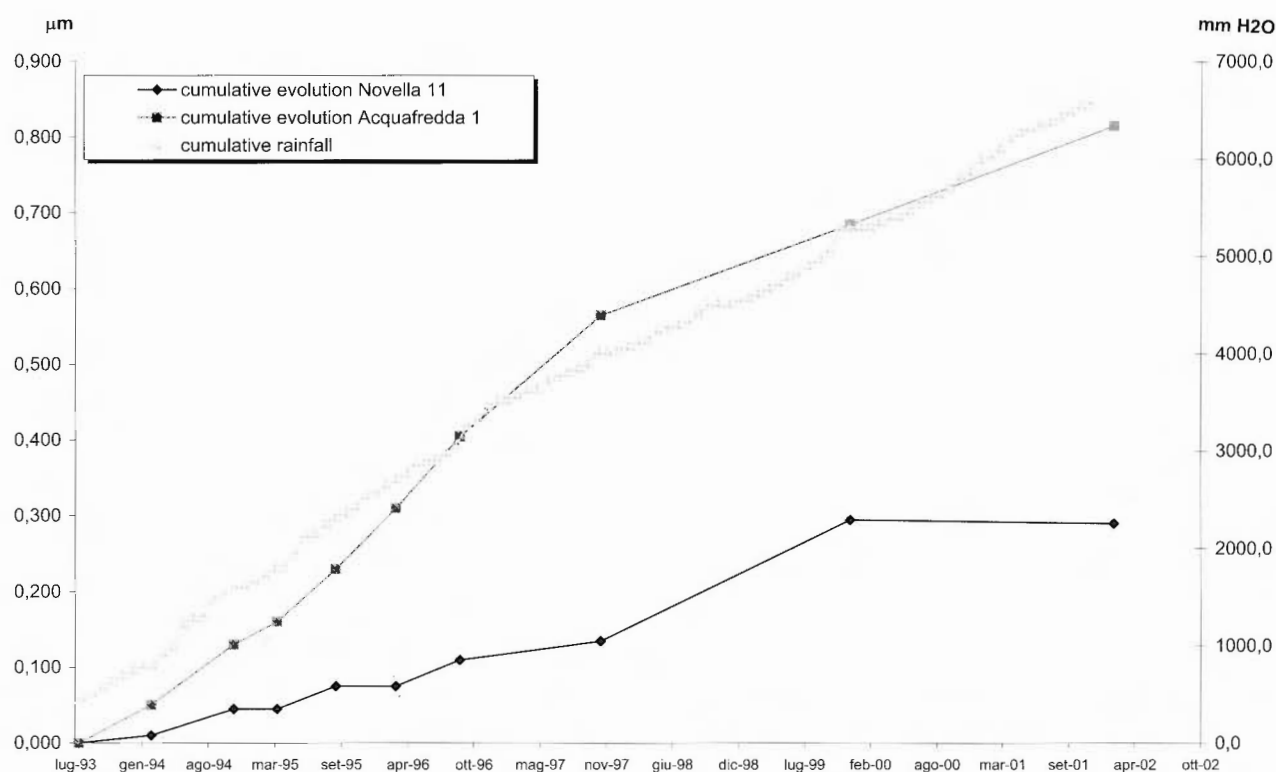


Fig. 11 – In time evolution in Novella 1 station and Acquafredda and cumulative rainfall during the whole monitoring period: the trend is absolutely analogous excluding the measurements made immediately after the exceptional rainfall in November 1999.

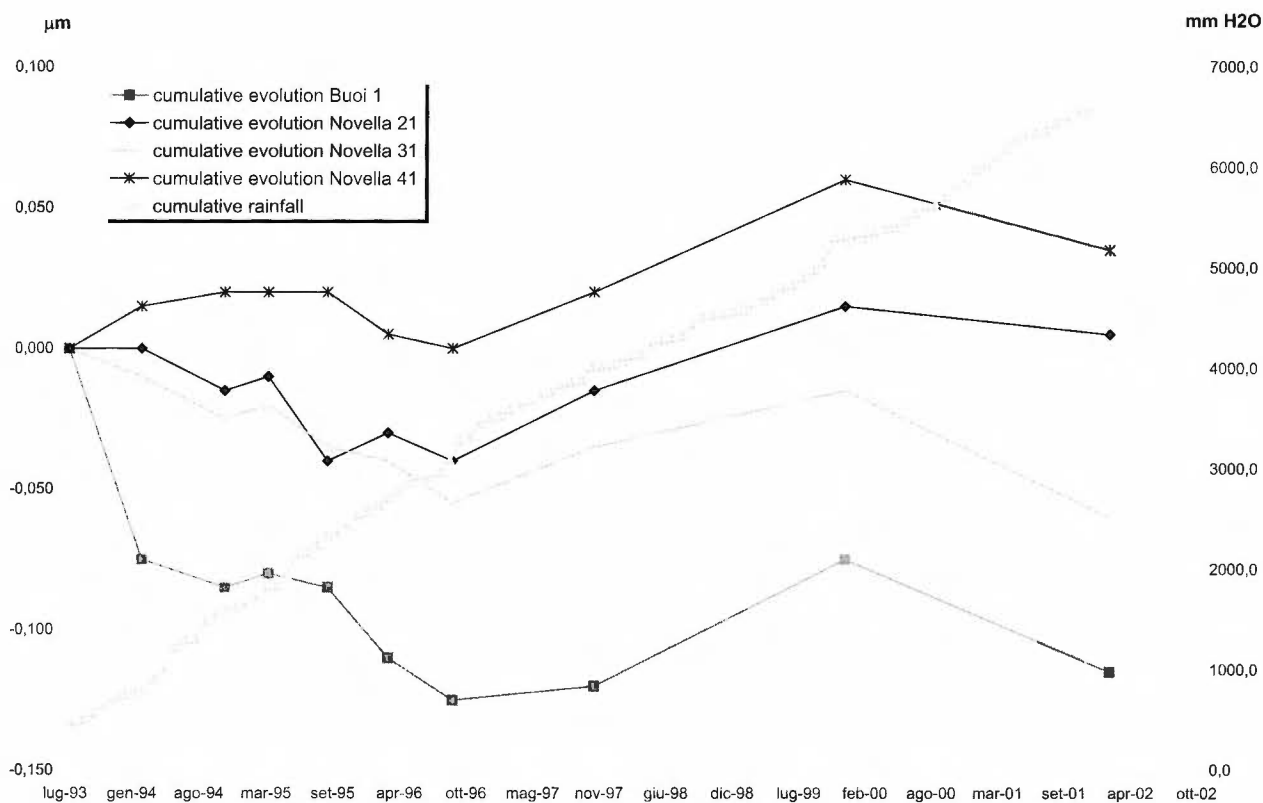


Fig. 12 – In time evolution in Novella 2, 3, 4 and Buoi stations and cumulative rain during the whole monitoring period, their trend are absolutely analogous.

All the other 4 stations (where corrosion or the alternating corrosion-growth were dominant) evidenced a different cumulative trend, but substantially the same among them (Fig. 12). After the first period of rapid corrosion there was a progressive renewal of the deposition or at least a diminishment in the withdrawal velocity.

The Novella 4 spot resulted the most stable of all with the minimum average deviations from zero for all the ten year period of measurements; though the prevalence of corrosion was noted in the period 1993-96, while the opposite process, the growth is dominant in the successive period. The other 3 stations (Novella 2, 3 and Buoi) have resulted in being cumulatively subject to corrosion even if when the two periods were analyzed only Novella 3 has always resulted in corrosion, while the Buoi, the station that cumulatively has resulted in being most in withdrawal, and Novella 2 have had an increase in the last peri-

od, though modest and not enough to balance the withdrawal of the proceeding period. The existence of similar general behavior either for growing zones or for stable ones or zones subject to corrosion, suggests the presence of evolutive mechanisms that over time have clearly changed with the effect of decreasing the percentage either of the corrosion or of the deposition.

As it has already been proven, there is a direct correlation between the quantity of rain and the growing rate of the calcite speleothems in the caves of Bologna (DALMONTE & FORTI, 1996); we have tried to correlate the values of the rainfall to the increment measured in the deposition of the Acquafredda Cave and Novella 1 station.

During this ten year research there has been a yearly variation in the rainfall from a maximum of 928mm in 1994 to a minimum of 497mm in the year 1998, the yearly average has been 863mm in the period 1993-96 and

an average of 625mm for the period 1997-2001. In correspondence to an average 30% rainfall reduction, a much larger drop in deposition has been observed: nearly 50% in Acquafredda and 37% in Novella Cave.

Comparing the growth directly to the millimeters of rain we noticed that the A/P value for the period 1996 is about $118\mu\text{m}/1000\text{mm}$ for Acquafredda and of $34\mu\text{m}/1000\text{mm}$ for Novella. These values are respectively of 114 and $53\mu\text{m}/1000\text{mm}$ in the period 1996-2002.

The trend observed in Acquafredda agrees with what was remarked in this cave during a previous research (PIANCASTELLI & FORTI, 1998) on a speleothem grown over a nylon wire, where, already in 1993-96 a decrease of about 30% was detected in comparison with the previous period. The presently observed decrease for a completely natural speleothem however has been absolutely lower: this fact is logical considering that the diffusion, evaporation and condensation processes over a wire pulled in the open space are certainly always more efficient in respect to those active over a flowstone.

The trend observed in Novella 1 station has instead outlined a 50% increase of concreting in the last period, essentially due to the growth value observed on 4/12/99.

Analyzing the evolutive diagrams of the two stations in detail it can be found that their behavior has been practically the same excluding the period 1997-99; when, in November 1999, there was an absolutely abnormal concentration of rainfalls. During this period the behavior of the two stations has been completely different: in Acquafredda (Fig. 8) a relevant decrease has been measured, while at Novella 1 (Fig. 3) just the maximum increase was observed.

Therefore, exceptionally heavy rainfalls concentrated in a brief period have had an opposite effect in these two caves. The explanation of this can be given by the fact that the condensation is active and prevails in Novella 1 in

some even reasonably long periods, with a consequently large reduction of deposition on a yearly basis; on the contrary Acquafredda never reveals condensation periods or they are anyway negligible.

In Acquafredda, the relatively high values of deposition rate indicates that in "normal" conditions the water flow rate over the speleothem is the best for calcite deposition. The exceptional water supply during November 1999, has maintained the percolation in Novella 1 spot with the consequent total elimination of any corrosion phenomenon due to dissolution for a long enough period of time and hence it caused a general increase in concreting. On the contrary the same event caused an increase of the flow rate in Acquafredda with the consequent local decrease of the calcite deposition.

It is interesting to note that the response to this exceptional period of rain in all other stations (Novella 2-3-4 and Buoi) was absolutely analogous to that of Novella 1. All these stations had an absolutely analogous behavior during the whole monitoring periods, even if the fluctuations between deposition and corrosion were of different value and duration from point to point.

Therefore it can be concluded that optimal and constant supply conditions for calcite deposition exist in the single Acquafredda spot and that these conditions are modified only by exceptional rainy events. In all other caves the percolation of the meteoric water is sometimes clearly insufficient to contrast the opposite condensation phenomenon, that in some cases like at Buco dei Buoi, is now the absolutely prevailing.

Lastly, it remains to justify that in all the spots, either growing, stable or subject to corrosion, during the period of ten years the intensity of oscillation has dampened.

The cause of this attenuation of the phenomenon is found, with all probability, in the variations that have progressively occurred in the rain regime. The rainfalls, as already men-

tioned, have tended to become more concentrated in specific periods of the year and in a single event to become more intense and for a shorter time. This situation obviously affects the water flow in a considerable manner as the caves are generally not very deep and can not guarantee a continuous percolation during long lasting dry periods.

What happens, therefore, is a progressive diminishment of the percolation water. Therefore, for always longer periods, the low relative humidity inside the caves is enough to stop or at least to reduce the phenomenon of condensation with consequent reduction of the correlated phenomenon of corrosion.

Final remarks

The 10 years long quantitative study of some calcite speleothems in three gypsum caves of Gessi Bolognesi Natural Park, evidenced how the evolution of each single speleothem depends directly on the micro-climatic variations observed in each cave and can oscillate also in short periods, passing alternatively from the deposition to corrosion.

It has been demonstrated that the factor that regulates the speleothem evolution is the infiltration: it not only directly conditions the quantity of water that flows over the single concretion and therefore the quantity of calcium carbonate deposited; but it also indirectly controls the condensation and, in this way, the possibility and the level of corrosion.

The infiltration is tightly controlled by external precipitations and therefore it is the type and frequency of these that affects the evolution of calcite speleothems inside the gypsum caves.

In the last few years the rainfall regime has progressively mutated in the Bologna area as in a large part of Italy, bringing an always increasing concentration of yearly rain in two well defined periods, alternated with another two dry periods. As a consequence the calcite

speleothems of the three studied caves have registered these progressive variations, diminishing both the growth of the active ones and the degradation for those in corrosion.

The importance of these results is connected to the tight relation existing between speleothem growth and climate and above all to the contribute that may offer to identify, almost "in real time", even minimum climatic variations in act.

This study has confirmed that the calcite speleothems present in a gypsum cave can effectively be considered sensitive "markers" for the micro-climatic variations that the karst area undergoes, even in very short time intervals.

References

- CALAFORRA J.M., 1998 - *Karstologia en yesos*. Ciencias y Tecnologia, Almeria, Monografia 3, 384 pp.
- CALAFORRA J.M., FORTI P., 1999 - *Le concrezioni all'interno delle grotte in gesso possono essere utilizzate come indicatori paleoclimatici?* Speleologia Emiliana, s. IV n. 10, pp. 10-18.
- CAZZOLI M., FORTI P., BETTAZZI L., 1988 - *L'accrescimento di alabastri calcarei in grotte gessose: nuovi dati dalla grotta dell'Acquafredda (3 ER/BO)*. Sottoterra 80, pp. 16-23.
- DALMONTE C., FORTI P., 1995 - *L'evoluzione delle concrezioni di carbonato di calcio all'interno delle grotte in gesso: dati sperimentali dal Parco dei Gessi Bolognesi*. Sottoterra 102, pp. 32-40.
- DAWKINS W.B., 1871 - *Cave hunting: III. The Caves of Yorkshire*. Mackmillan Mag. 24 (5), pp. 357-366.
- FORTI P., 1997 - *Speleothems in gypsum caves*. In. J. of Speleol. 25 (3-4), pp. 91-104.
- FORTI P., 2003 - *Un caso evidente di controllo climatico sugli speleotemi: il moonmilk del Salone Giordani e i Cave Raft del Salone del Fango nella Grotta della Spipola (Gessi Bolognesi)*. Atti XIX Cong. Naz. Spel., Bologna 2003, pp. 115-126.
- FORTI P., PIANCASTELLI S., 1998 - *L'accrescimento di concrezioni carbonatiche in grotte in gesso: nuovi dati dalla Grotta Novella (Bologna, Italia)*. Sottoterra 105, pp. 21-29.
- FORTI P., POSTPISCHL D., 1986 - *Relazioni esistenti tra terremoti storici e deviazioni negli assi delle stalagmiti: dati preliminari dalle grotte di Bologna (Italia)*. Atti "Simp Int. sul Carsismo nelle Evaporiti",

- Bologna 1985, Le Grotte d'Italia, s. IV, n. 12, pp. 287-303.
- FORTI P., CASALI R., PASINI G., 1978 - *Prime osservazioni in margine a una esperienza di concrezionamento di alabastri calcarei in ambiente ipogeo*. Int. J. of Speleol., 10 (3-4), pp. 293-302.
- HOWEY H.C., 1896 - *Celebrated American Caverns*. Cincinnati, Rober Clarke & Co., 228 pp.
- NAGEL J.A., 1819 - *Vond der bey der DorfeSchloup in Mähren gelegenen Höhle*. Arch. Geogr., Wien, v. 10, n.85, pp. 337-339, n. 86, pp. 341-342.
- TRUDGILL S.T., HIGH C.J., HANNA F.K., 1981 - *Improvement of the micro-erosion-meter*. Brit. Geomorph. Research Group, 29, pp. 3-17.

Appendix

It was considered interesting to report some notes relative to problems that had to be faced in setting up the spots utilized in the present research, that will surely be very useful for those who decided to set up M.E.M. measurement stations in a cave environment:

- *The surface to position the station must be as smooth and homogenous as possible: this is to achieve significant and extrapolable data for the entire surface. The speleothems that are best suited to this kind of analysis are the flowstones whose evolution is controlled by a thin water film.*
- *The station must allow easy to get M.E.M. measurements, because otherwise, the measurements could induce even large errors.*
- *Rivet holes of 3-4cm of depth must be prepared first, using a drill point with a diameter exactly the same as the pin of the rivet (in our case Ø 6mm). As the matching positions of the rivets are fundamental it is advisable to use a prepared holed "mask", in order to work with adequate precision with the M.E.M.*
- *Once the holes are prepared it is important to remove the dust and humidity utilizing a pear-push with acetone and or alcohol, as its rapid evaporation temporarily dries the hole long enough to fill part of it with silicone based mastic to fix the rivet to the rock. The presence of mastic may block the air present in the hole thus making it difficult to insert the rivet completely and therefore it may be necessary to hammer it slightly until in place. This operation must be done with a plastic hammer to avoid damaging the rivet head and invalidate the successive measurements quality.*
- *The eventual excess of mastic around the rivet has to be eliminated with a humid cloth being very careful that the rivet head remains perfectly clean. Once the mastic is solidified it will be very difficult to remove and therefore any eventual presence could alter the measurements in the years to come.*
- *A few days must pass before the first measurement with the micrometer can be made and this is to ensure the complete drying out of the mastic; even though its a rapidly drying product the high humidity of the cave and low temperature could mean it needs more time. This fact could cause the rivet to move under the push of trapped air eventually caught inside the hole and therefore falsify the first data that had been taken before the definite fixing of the rivet itself. In case this does happen and an anomaly is found in the successive reading you will be forced to eliminate the first measurement and thereby losing some months if not a whole year.*
- *In the case of stations with a high growth rate a long time periods between measurements it can happen that the rivet head becomes covered with a thin film of CaCO₃ which must be delicately removed before performing the measurement. A wad of cotton wool soaked in hydrochloric acid can easily do this. In any case the surface of the rivet head should not be scratched by a blade or any sharp object as it risks altering the surface with a consequent introduction of an error in the measurements.*

LUMINESCENCE OF SPELEOTHEMS IN ITALIAN GYPSUM CAVES: PRELIMINARY REPORT

Yavor Y. Shopov¹, Diana Stoykova¹, Paolo Forti²

Riassunto

La luminescenza degli speleotemi di grotte in gesso italiane: rapporto preliminare.

Utilizzando una lampada ad impulsi di Xenon si sono ottenuti gli spettri di luminescenza di tre campioni di concrezioni carbonatiche del sistema carsico dell'Acquafredda e di uno della Grotta Novella (Parco dei Gessi Bolognesi, Italia). Si ritiene che tutte queste concrezioni carbonatiche si siano formate utilizzando esclusivamente la CO₂ dell'atmosfera, dato che la roccia in cui si è sviluppata la grotta (i Gessi messiniani) non contiene carbonati. Le immagini ottenute rappresentano praticamente la registrazione delle variazioni climatiche verificatesi durante lo sviluppo degli speleotemi. Le datazioni U/Th e ¹⁴C hanno evidenziato come le concrezioni abbiano iniziato a crescere circa 5000 anni fa. Lo studio di dettaglio degli spettri di luminescenza è ancora in corso.

Parole chiave: Luminescenza, Concrezionamento, Carsismo in gesso, Variazioni climatiche, Bologna, Italia.

Abstract

The luminescence of 3 speleothem samples from the Acquafredda karst system and 1 from the Novella Cave (Gessi Bolognesi Natural Park, Italy) has been recorded using excitation by impulse Xe- lamp. All these carbonate speleothems are believed to be formed only from active CO₂ from the air, because the bedrock of the cave consist of gypsum and does not contain carbonates. The obtained photos of luminescence record the climate changes during the speleothem growth. U/Th and ¹⁴C dating proved that studied speleothems started to grow since about 5,000 years ago. The detailed analyses of the luminescence records is still in progress.

Keywords: Luminescence, Speleothem records, Gypsum karst, Climate changes, Bologna, Italy

Introduction

Calcite speleothems frequently display luminescence that is produced by calcium salts of humic and fulvic acids derived from soils above the cave (SHOPOV, 1989a, 1989b; WHITE & BRENNAN, 1989). These acids are released by the roots of living plants, and by the decomposition of dead vegetative matter.

Root release is modulated by visible solar radiation via photosynthesis, while rates of decomposition depend exponentially on soil temperature. The soil temperature depends mainly on solar infrared and visible radiation (SHOPOV *et al.*, 1994) in case the cave is covered only by grass, or on air temperatures in case the cave is covered by forest or bush. In the first case, microzonality of luminescence

¹ University Center for Space Research, Faculty of Physics, University of Sofia, James Baucher 5, Sofia 1164, Bulgaria. E-mail: YYShopov@Phys.Uni-Sofia.BG
² Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico Ambientali, Via Zamboni 67, 40127, Bologna, Italy.

of speleothems can be used as an indirect Solar Activity (SA) index (SHOPOV *et al.*, 1990, 1991), but in the second case it can be used as a paleotemperature proxy (SHOPOV *et al.*, 1996).

Luminescence organics in speleothems can be divided in four types:

- 1) Calcium salts of fulvic acids;
- 2) Calcium salts of humic acids;
- 3) Calcium salts of huminomelanic acids;
- 4) Organic esters.

All these four types are usually present in a single speleothem with hundreds of chemical compounds with similar chemical behaviour, but of different molecular weights.

Concentration distribution of these compounds (and their luminescence spectra) depends on type of soils and plants over the cave, so the study of luminescent spectra of these organic compounds can give information about paleosoils and plants in the past (WHITE & BRENNAN, 1989). Changes in visible colour of luminescence of speleothems suggesting major changes of plant society are rarely observed.

Most known luminescent centres in calcite are inorganic ions of Mn, Tb, Er, Dy, U, Eu, Sm and Ce (SHOPOV, 1997). Minerals may contain many admixtures of such ions.

Usually several centres activate luminescence of the sample and the measured spectrum is a sum of the spectra of two or more of them. Luminescence of minerals formed at normal cave temperatures is normally due mainly to molecular ions and sorbed organic molecules. But luminescence of uranyl-ion is also very common in such speleothems.

Experimental

The visible luminescence of two calcite speleothems from the Acquafredda karst system and of one calcite speleothem from Novella Cave (Gessi Bolognesi Natural Park) has been analysed. All the samples proved to

be potentially really interesting for high resolution luminescence analyses.

Photos on fig.1-4 are negative photographs of integral phosphorescence of 2-5mm thick polished sections of the speleothem samples under excitation by impulse Xe-lamp in the entire UV and visible spectra. So darker parts of the image correspond to brighter luminescence, which indicates an higher concentration of humic and fulvic acids, and perhaps warmer climate (SHOPOV, 1997).

The most interesting among the studied samples is the calcite stalagmite SP1 (Fig. 1) from the Spipola Cave (Acquafredda karst system). The U/Th and ¹⁴C datings of the first layers of carbonate speleothems within the cave (but not of this sample) proved that all the speleothems in this karst system started to grow since about 5 thousand years ago (FORTI, 2003). Moreover all the carbonate speleothems from the gypsum karst of



Fig. 1 - Luminescence of sample SP1 from the Spipola Cave (Acquafredda karst system).

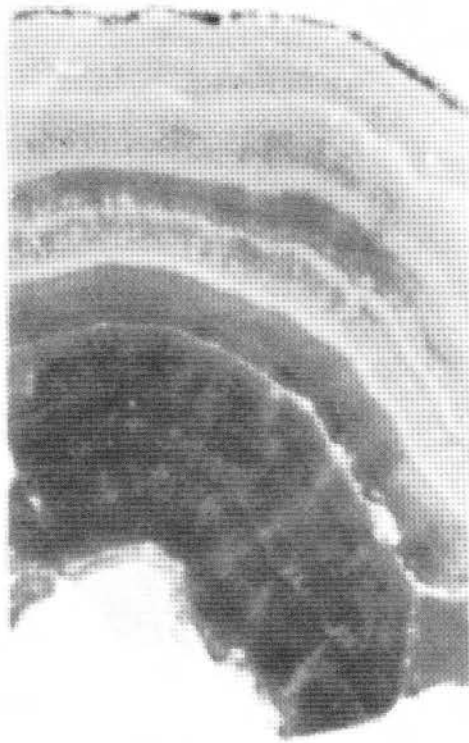


Fig. 2 - Luminescence of the sample NO1 from the Novella Cave.

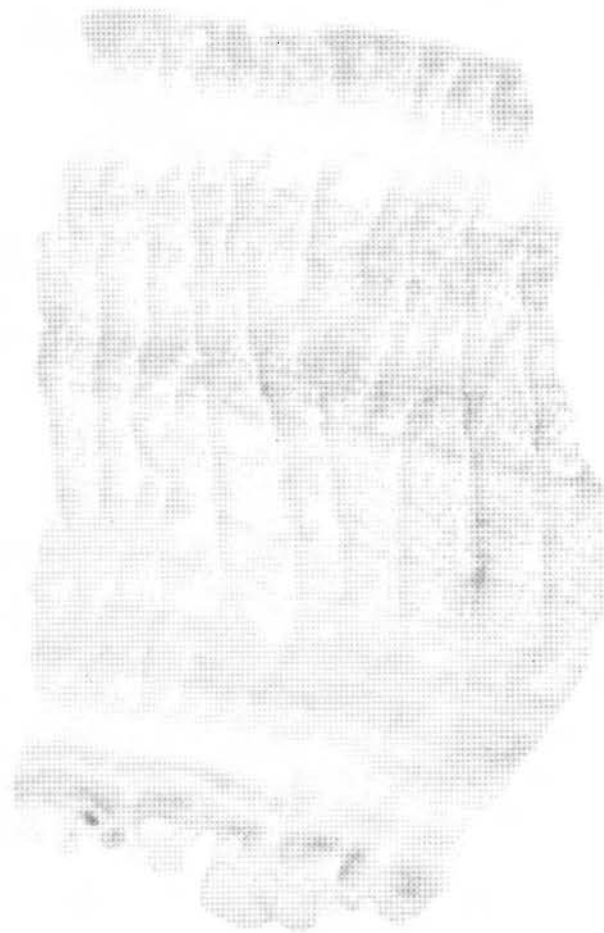


Fig. 3 - Luminescence of sample SP2 from the Spipola Cave (Acquafredda karst system).

Bologna are believed to be formed only from active CO₂ from the air, because the bedrock of the cave consists of gypsum and does not contain any significant amount of carbonate (FORTI & RABBI, 1981). Luminescence of this sample is very strong and exhibits many luminescence bands, which make evident many variations in the direction of the growth axis of the speleothem, therefore this speleothem has been utilised for detailed reconstruction of earthquakes of the past (FORTI & POSTPISCHL, 1986). It was taken from the cave about 50 years ago (1950-1955). At that time the speleothem was active. The cave is covered only by thin layer (less than 50cm in average) of soil and a large portion of it is covered by an oak forest. The location of the main entrance is Lat. 44° 26' 47" N. / Long. 11° 22' 58" E.

A calcite flowstone from the "Salone del Fango" in the Spipola Cave, which was some half meters thick has been analysed. U/Th and ¹⁴C dating of it (FORTI, 2003) defined that its bottom is 5,000 and the top 2,000 years old. It has white colour with long fine crystals along the growth axes. Photos of luminescence of two pieces of it (SP2 and SP3) are presented on Fig. 3 and 4. Luminescence of the SP2 sample (Fig. 3) is strong and exhibits many fine luminescence bands. Because the half meters thick flowstone formed in 3,000 years or less, these bands seems to be annual. Luminescence of the SP3 sample (Fig. 4) is stronger but exhibits few luminescence bands.

Finally a calcite flowstone (NO1) from Novella Cave, 3.5km far from Spipola (Fig. 2) was analysed: it was sampled about 30 years ago when it was still active. Luminescence of this sample is strong and exhibits several thick luminescence bands with relatively stable intensity of luminescence. They are separated by hiatuses. This suggests that this flowstone was growing relatively fast, but only during short periods of time (with stable climate). Such growth pattern suggests that the

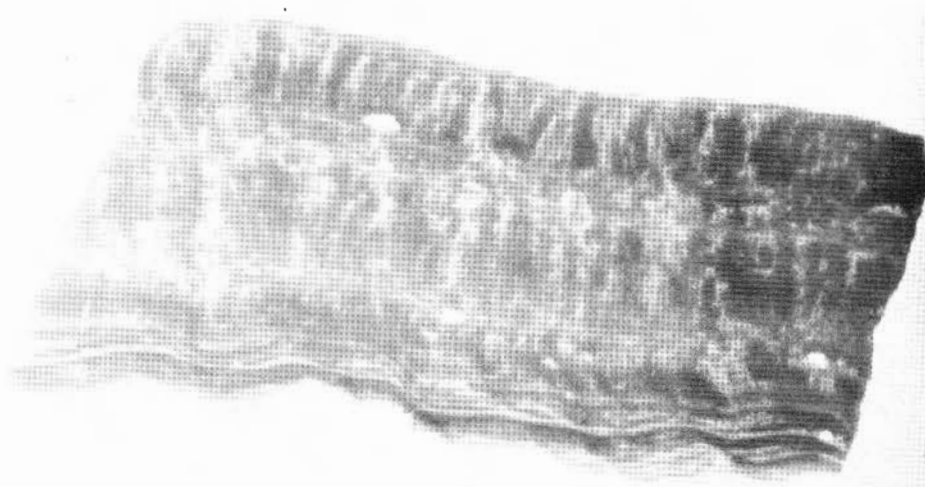


Fig. 4 - Luminescence of sample SP3 from the Spipola Cave (Acquafredda karst system).

speleothem growth was possible only in a very small range of climatic conditions, so it did not grow most of the time. The location of the main entrance of the Novella Cave is at Lat. 44° 25' 38" N / Long. 11° 24' 54" E. The situation of this cave is similar to that of Spipola: completely covered by oak forest. The average temperature inside the two caves is about 10-11°C. Both caves are developed in Messinian gypsum. Further dating of the

studied samples is necessary in order to convert obtained luminescence images into paleoclimatic records.

Acknowledgements

The research has been made under grant NZ811 of Bulgarian Scientific Foundation to Y. Shopov and funded by project MURST- Cofin 2000, responsible Prof. Ugo Sauro, University of Padova.

References

- FORTI P., 2003 - *I sistemi carsici. Risposta dei processi geomorfologici alle variazioni ambientali*, Briganti, Genova, pp. 246-251.
- FORTI P., POSTPISCHL D., 1986 - *May the growth axes of stalagmites be considered as recorders of historic and prehistoric earthquakes? Preliminary results from the Bologna karst area (Italy)*. Int. Symp. "Engineering problems in seismic areas", Bari, v. 1, pp. 183-193.
- FORTI P., RABBI E., 1981 - *The role of CO₂ in gypsum speleogenesis: I° contribution*. Int. J. of Speleol., 11, pp. 207-218.
- SHOPOV Y.Y., 1989a - *Bases and Structure of the International Programme "Luminescence of Cave Minerals" of the Commission of Physical Chemistry and Hydrogeology of Karst of UIS*. Expedition Annual of Sofia University, v. 3/4, pp. 111- 127.
- SHOPOV Y.Y., 1989b - *Spectra of Luminescence of Cave Minerals*. Expedition Annual of Sofia University, v. 3/4, pp. 80-85.
- SHOPOV Y.Y., DERMENDJIEV V., 1990 - *Microzonality of Luminescence of Cave Flowstones as a new Indirect Index of Solar Activity*. Comptes rendus de l'Academie bulgare des Sci., v. 43, 7, pp. 9-12.
- SHOPOV Y.Y., DERMENDJIEV V., BUYUKLIEV G., 1991 - *A New Method for Dating of Natural Materials with Periodical Macrostructure by Autocalibration and its Application for Study of the Solar Activity in the Past*. Quaderni del Dipartimento di Geografia, Università di Padova, n. 13, pp. 23- 30; IGCP 299 Newsletter, v. 3, pp. 36- 41.
- SHOPOV Y.Y., FORD D.C., SCHWARCZ H.P., 1994 - *Luminescent Microbanding in speleothems: High resolution chronology and paleoclimate*. Geology, v. 22, May 1994, pp. 407-410.
- SHOPOV Y.Y., TSANKOV L., GEORGIEV L.N., DAMYANOVA A., DAMYANOV Y., FORD D.C., YONGE C.J., MACDONALD W., KROUSE H.P.R., 1996 - *Speleothems as Natural Climatic Stations with Annual to Daily Resolution*. Extended abstracts of Int. Conference on "Climatic Change - the Karst Record", 1-4 August 1996, Bergen, Norway. Karst Waters Institute Special Publication, 2, pp. 150-151.
- SHOPOV Y.Y., 1997 - *Luminescence of Cave Minerals*. Cave Minerals of the world, NSS, Huntsville, Alabama, USA, pp. 244-248.
- WHITE W.B., BRENNAN E.S., 1989 - *Luminescence of speleothems due to fulvic acid and other activators*. Proceedings of 10th International Congress of Speleology, 13-20 August 1989, Budapest, v. 1, pp. 212- 214

THE LAST MINERALOGICAL FINDING INSIDE THE CAVES IN THE GESSI BOLOGNESI NATURAL PARK: THE DOLOMITE MOONMILK*

Paolo Forti¹, Danilo Demaria², Antonio Rossi³

Riassunto

L'ultima scoperta mineralogica nelle grotte del Parco dei Gessi: la dolomite di neoformazione

La scoperta di alcuni particolari depositi di 'moonmilk' in alcune zone del Sistema carsico della Grotta della Spipola-Risorgente dell'Acquafredda ha permesso di ipotizzare come, in questa cavità, possa originarsi dolomite ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) di neoformazione in condizioni ambientali quasi "normali".

Si tratta della prima segnalazione in assoluto di neoformazione di tale minerale all'interno di un sistema carsico in gesso. La genesi della dolomite in questo complesso ipogeo è, con ogni probabilità, da mettere in relazione al lungo periodo di siccità verificatosi all'inizio dell'anno 2002.

Parole chiave: Dolomite, minerali di grotta, grotte in gesso, Bologna

Abstract

The study of new moonmilk deposits, observed inside the Spipola Cave, allows to state that in this cave secondary dolomite may develop in absolutely "normal" environmental conditions.

This is the very first finding of this rare cave mineral inside a gypsum karst system and the genesis of the Spipola dolomite is probably related to the long dry period lasted at the beginning of 2002.

Keywords: Dolomite, cave minerals, gypsum caves, Bologna, Italy

In March 2002, during a routine trip with the students of Speleology within the master in Geology of the University of Bologna, some whitish earthy efflorescences (moonmilk) have been sampled. These speleothems developed inside some dissolution-condensation cupolas on top of a corridor and they seem to be extruded from the contact planes between

the gypsum crystals of the ceiling rock (Fig. 1). The location of these speleothems in a rather crowded place, just at the end of the stairs carved in the cave floor a few tens of meters from the entrance, and the fact that the speleothems were absolutely well visible suggest that their deposition occurred very recently, probably only in the early months of

¹ Italian Institute of Speleology, University of Bologna, GSB-USB, forti@geomin.unibo.it

² Gruppo Speleologico Bolognese – Unione Speleologica Bolognese

³ University of Modena and Reggio Emilia, GSB-USB, antoross@unimore.it

* Research supported by MIUR ex 40% grant resp. Prof. Paolo Forti and MIUR ex 40% resp. Prof. Antonio Rossi.

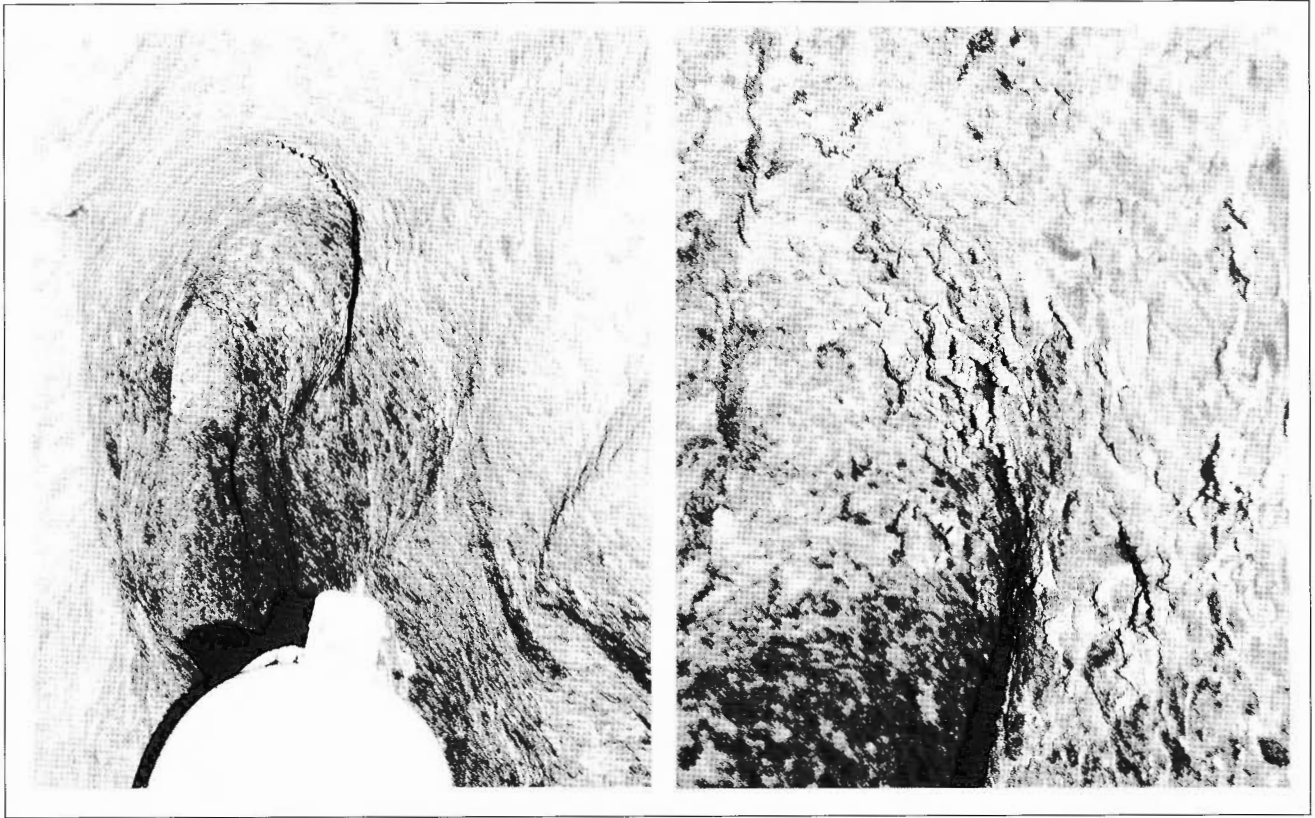


Fig. 1 – The area in which the first dolomite moonmilk was found.

2002, when the whole cave area (Croara, Bologna) experienced a very long, dry period. Therefore the hypothesis that the controlling factor for the genesis and the development of such speleothems was the unusual and lasting in time absence of dripping with a low relative humidity in the cave atmosphere seems to be reasonable.

At the time of sampling, the speleothems were supposed to be similar to those recently observed inside the Giordani chamber within the same karst system, which consisted of aggregates of calcite crystals with a minor presence of gypsum (FORTI, 2003).

On the contrary the X-ray diffraction analyses of the specimens gave an interesting unexpected result: the speleothem was practically lacking of both calcite and gypsum but it was made by a rather pure, well crystalline, mineral, very rare not only in cave but also in the whole continental environment: the dolomite $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$.

This is in fact the first finding in the world of dolomite crystals developed by chemical dep-

osition within a gypsum cave characterized by rather “normal” environmental parameters ($T \sim 10^\circ\text{C}$, 1 atmosphere pressure, low to very low ionic content of the seeping waters, etc.). The X-ray diffraction analyses put in evidence that the speleothem contained also minor quantities or even traces of other minerals as quartz, gypsum, calcite and chlorite: most of these minerals are residual coming from the clay-marl interbeds, characteristic of the Messinian gypsum of Bologna.

Owing to the peculiarity of this unexpected finding more research were done to see if the dolomite crystals developed only in a single place or they were also present in other areas of the Sipola-Acquafredda karst system. The mineral was also detected in other moonmilk deposits very deep in the cave, along the active stream of the Acquafredda underground river (Fig. 2), but in these speleothems the dolomite, although remaining the dominant mineral, was associated to relevant quantities of calcite, gypsum and some clay minerals.

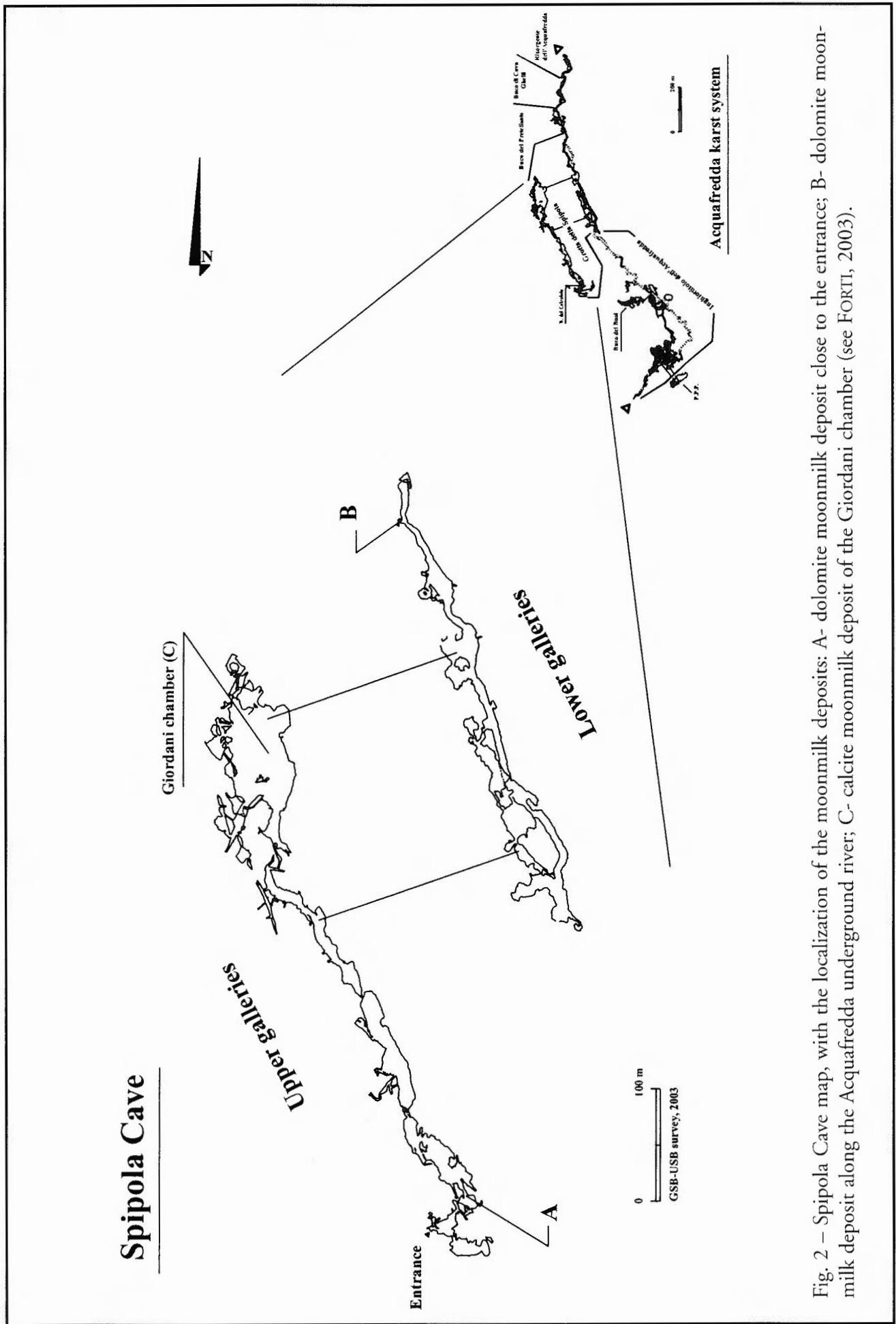


Fig. 2 – Spipola Cave map, with the localization of the moonmilk deposits: A- dolomite moonmilk deposit close to the entrance; B- dolomite moonmilk deposit along the Acquafredda underground river; C- calcite moonmilk deposit of the Giordani chamber (see FORTI, 2003).

This further finding made it clear that this karst system was really a place in which the environmental conditions may sometime become favourable for the genesis of this very rare cave mineral.

A further study has been performed to determine the chemical composition of several crystals of the samples taken close to the entrance and along the Acquafredda river.

The amount of CaO and MgO have been determined by the electronic microprobe ARL-SEM-Q, using the calcite USNM 136321 and the dolomite USNM 10057 as standards. The ratio between the two oxides has been compared with those obtained from the available bibliographical data (DEER *et Al.*, 1964) in order to evaluate the degree of com-

position variability for the dolomite of the analysed speleothems: the results are listed in Tab. 1.

The same samples were utilised to obtain electron scanning images and semiquantitative chemical analyses using the electron scanning microscope (SEM Philips XL 40) and by dispersion energy microprobe (EDS – EDAX 9900) present in the “Centro Interdipartimentale Grandi Strumenti” (CIGS) of the University of Modena and Reggio Emilia.

The obtained electronic images put in evidence that all the carbonates in the different moonmilk samples are characterized by euhedral or sub-euhedral crystals: this fact is a clear proof that the Spipola dolomite is a true cave

Sampling area	sample	CaO/MgO ratio
Close to the cave entrance	Forti a	1.96
	Forti b	1.62
	Forti c	1.68
	Forti d	1.46
	Forti e	1.28
	Forti 5a	1.53
	Forti 5b	1.63
	Forti 6a	1.41
	Forti 7a	1.48
	Forti 7b	1.41
	Forti 7c	1.50
Along the Acquafredda river	Danilo 1	2.75
	Danilo 1b	2.68
	Danilo 1b'	22:92
	Danilo 1c	1.98
	Danilo 1e	1,92
	Danilo 1f	1.58
	Danilo 1g	1.53
	Danilo 1h	2.44
	Danilo 2a	2.67
	Danilo 2b	13.57
	Danilo 2c	7.60
	Danilo 2d	2.67
	Danilo 2e	4.63
Theoretical Ratio		1.44 (1.48-1.42)

Tab. 1 – Experimental CaO/MgO ratio in the crystals of the dolomite moonmilk collected in the Spipola-Acquafredda karst system; in the last line the “pure dolomite” theoretical ratio together with its variability in brackets (as from bibliography) is also reported.

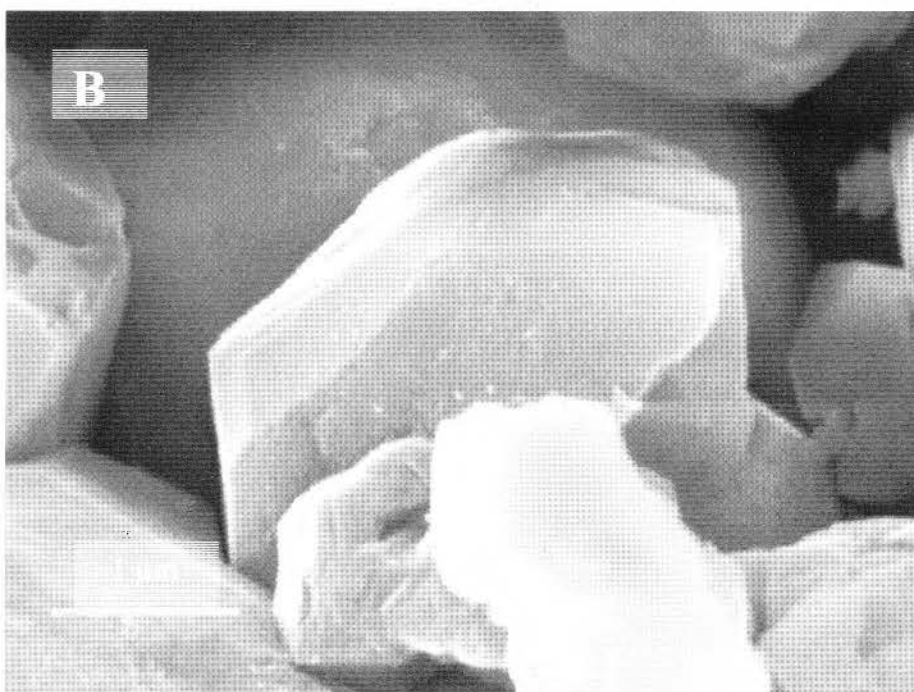


Fig. 3A – SEM-EDAX images of the dolomite moonmilk: A- aggregates of euhedral and subeuhedral crystals of dolomite from Spipola Cave (Forti 03 sample); B- an euhedral dolomite crystal from Spipola Cave (Forti 03 sample);

mineral and not residual (Fig. 3). The semi-quantitative chemical analyses confirmed that C, Ca and Mg are by far the predominant elements, while others like Fe and Mn are quite absent.

The data listed in Tab. 1 confirm the noticeable homogeneity in chemical composition of the dolomite crystals in the moonmilk collected close to the entrance of the cave, which evidenced a CaO/MgO ratio only slightly dif-

ferent with respect to the theoretical one. In only few of them a small excess of MgO or of CaO has been observed, but even so the relative ratio is absolutely compatible with dolomite (GOLDSMITH, 1959; GOLDSMITH & JOENSU, 1955). Finally the homogeneity of the chemical data are clearly proofs that the moonmilk close to the entrance of the Spipola Cave developed in peculiar but stable physico-chemical conditions.

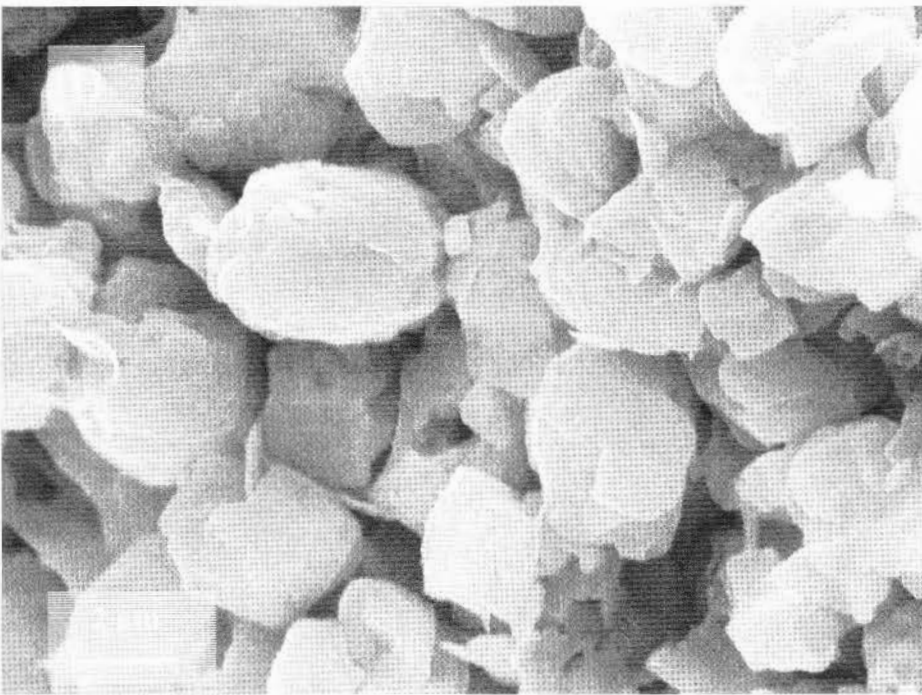
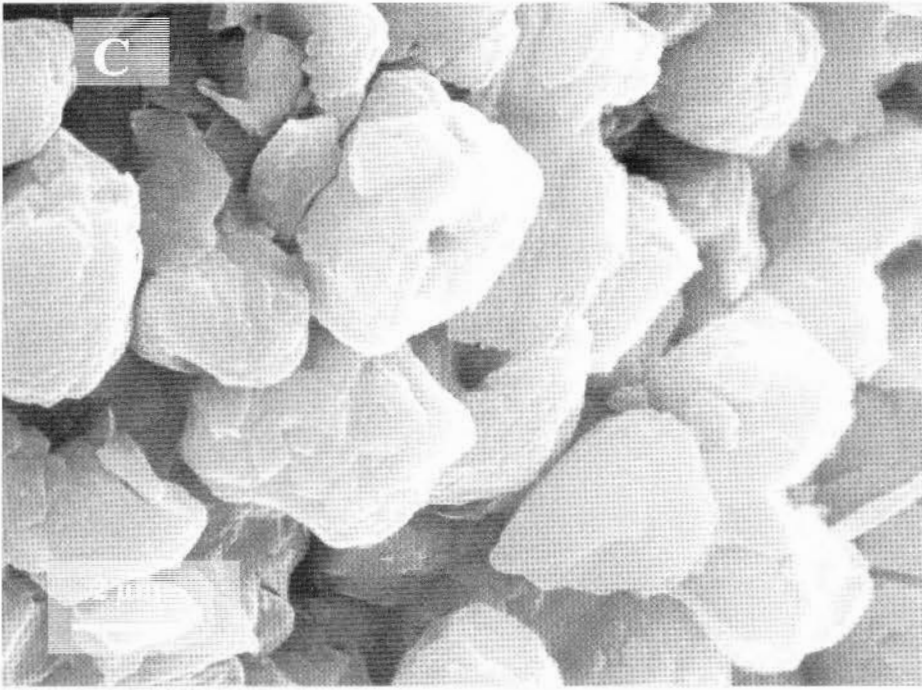


Fig. 3B – SEM-EDAX images of the dolomite moonmilk: C- aggregate of sub-euhedral dolomite crystals from the Acquafredda river (Danilo 1e sample); D- aggregate of euhedral dolomite crystals from the Acquafredda river (Danilo 2d).

The situation is rather different for the moonmilk developed along the Acquafredda river: in fact in these samples, the chemical variability is far larger: some pure dolomite crystals have been observed together with others in which the CaO is relatively or even greatly higher. Therefore this moonmilk must be regarded as an admixture of pure dolomite, calcitic dolomite and magnesian calcite.

The observed compositional variability suggests that in the inner area of the karst system the environmental and physico-chemical conditions should be changed in time, thus allowing the evolution of carbonate crystals with a different chemical composition (from pure dolomites to slightly magnesian calcites).

Final remarks

The new mineralogical findings confirm that the Spipola-Acquafredda karst system hosts not only common cave minerals like gypsum and calcite but also a very rare one: the dolomite.

From the chemical point of view the genesis of this mineral is easily explained: in fact the Ca^{++} ion comes mainly from the dissolution of the gypsum rock, the CO_3^{--} derives from the CO_2 dissolved by the seeping waters and produced by the oxidation of the organic material carried by these waters from the external soil, and finally the Mg^{++} ion comes from the marl-clay interbeds, where dolomite is constantly present as well as some clay minerals (i.e. chlorite) which contain that element.

The problem is that it is well known that dolomite can form only if peculiar environmental conditions (GRAF & GOLDSMITH, 1955) are fitted (high pressure and salinity, relative high temperature, etc.), which normally lack in caves.

It is sure that the deposition of the dolomite moonmilk was caused by the evaporation of the waters in contact with the gypsum rock in a way rather identical to that described for the calcite moonmilk of the Giordani chamber (FORTI, 2003).

Moreover it has to be pointed out that, in an environment lacking air, the oxidation of organic mat leads to the partial reduction of the SO_4^{--} ions to S^0 , as described for the moonmilk of the Giordani chamber. But this process induces strongly reducing conditions which have been proved to enhance the possibility of dolomite precipitation (SEIBOLD & BERGER, 1991), at least in environments different from karst.

Therefore the fact that in this case the deposited material was dolomite instead of calcite seems to be caused only by localized high Mg concentration, condition which evidently did not take place in the ceiling of the Giordani chamber where calcite moonmilk

developed.

Presently no experimental data are available to interpret the differences in Mg concentration in the waters seeping along the inter-crystal planes in different areas of the karst system, even it is reasonable that they may be induced by difference in distance from the marl-clay interbeds.

It is very likely that those interbeds should be close enough and directly connected with the dolomite moonmilk, while they should be far, or not directly connected with the calcite ones.

Presently more detailed and specific studies are under development to fully define the genetic mechanism which led to the development of those speleothems in this karst system, mechanism which will be very important to solve also the still unsolved questions related to the presence of dolomite in other and more complex continental environments (SEIBOLD & BERGER, 1991).

Finally it must be stressed that the Spipola-Acquafredda karst system confirmed to be a peculiar and extremely important mineralogical laboratory for the study of those processes that may enhance the deposition of Ca and Mg carbonates in gypsum caves.

Surely the peculiar hydrological and climatic conditions, which characterized the cave due to the variation in the rainfall regimen of the last few couple of years, are the main controlling factor for the development of these speleothems, and it also controls their survival in time. In fact even in the deepest zones of the karst system, along the Acquafredda river, the recent exceptional dry periods allowed for enhanced evaporation, which normally is completely absent there.

Thus the present study confirms that the speleothems developing inside the gypsum caves may be really regarded as sensitive "markers" of the microclimate changes a gypsum karst area may experience even in short span of time.

Acknowledgements

The Authors knowingly acknowledge Dr. Massimo Tonelli of the "Centro Interdipartimentale Grandi Strumenti" (CIGS), University of Modena and Reggio Emilia, for help during the analyses with the SEM-EDAX electronic microscope.

References

- DEER W.A., HOWIE R.A., ZUSSMANN J., 1964 - *Rock-forming minerals*. vol. 5, Longmans, Green and Co. LTD., pp. 226-294.
- FORTI P., 2003 - *Un caso evidente di controllo climatico sugli speleotemi: Il moonmilk del Salone Giordani e i "cave raft" del Salone del Fango nella Grotta della Spipola (Gessi Bolognesi)*. Atti 19° Cong. Naz. di Speleologia, Bologna, pp. 115-126.
- GOLDSMITH J.R., 1959 - *Some aspects of the geochemistry of carbonates*. Researches in geochemistry Wiley, New York.
- GOLDSMITH J.R., JOENSU O.I., 1955 - *The occurrence of magnesian calcites in nature*. Geochim. et Cosmochim. Acta, vol. 7, p. 212.
- GRAF D.L., GOLDSMITH J.R., 1955 - *Dolomite-magnesian calcite relations at elevated temperatures and CO₂ pressures*. Geochim. et Cosmochim. Acta, vol. 7, p. 109.
- HILL C., FORTI P., 1997 - *Cave minerals of the World*. Nat. Spel. Soc., 464 pp.
- SEIBOLD E., BERGER W.H., 1991 - *The Seafloor*. Springer & Verlag, pp. 88-89.

PECULIAR KARSTIC FEATURES IN THE UPPER TRIASSIC SULPHATE EVAPORITES FROM THE SECCHIA VALLEY (NORTHERN APENNINES, ITALY)

Stefano Lugli¹, Massimo Domenichini², Claudio Catellani²

Riassunto

Forme carsiche peculiari nelle evaporiti triassiche della Valle del Secchia (Appennino settentrionale, Italia).

L'alta valle del Fiume Secchia è caratterizzata da spettacolari affioramenti di rocce solfatiche (Formazione di Burano, Trias superiore): si tratta principalmente di gesso, mentre l'anidrite è un costituente minore.

L'entità relativa con cui gesso e anidrite sono disciolti è variabile e questo fenomeno si traduce nello sviluppo di forme carsiche del tutto particolari, sia a piccola sia a grande scala, che non sono state segnalate in altri depositi evaporitici. Tali forme peculiari sono i rilievi e pendenti di gesso o anidrite e le anse ipogee.

Rilievi e pendenti di gesso o anidrite. Nonostante l'anidrite sia meno solubile del gesso, le rocce anidritiche della Val Secchia presentano un comportamento variabile e possono essere maggiormente attaccate dalla dissoluzione rispetto al gesso. Lenti e strati anidritici a grana fine inclusi in rocce gessose tendono a formare rilievi decimetrici rispetto al gesso, mentre le rocce anidritiche a grana grossa appaiono maggiormente scavate rispetto al gesso. Tale effetto è dovuto alla presenza di un bordo di gessificazione che avvolge i cristalli di anidrite a grana grossa. Quando la roccia è dilavata da acqua corrente, il gesso nel bordo dei cristalli viene disciolto più velocemente dell'anidrite. Una volta disciolti i bordi, i cristalli anidritici vengono disarticolati e possono essere asportati dall'acqua o cadere ai piedi dell'affioramento. Le rocce anidritiche parzialmente gessificate vengono quindi attaccate in misura maggiore rispetto alle rocce gessose dato che, a parità di dissoluzione del gesso, un volume maggiore di roccia viene direttamente asportato.

Gli strati di rocce anidritiche che non presentano bordi dei cristalli gessificati - è questo generalmente il caso delle rocce a grana fine - sono invece attaccati in misura minore rispetto al gesso e tendono a formare zone in rilievo e pendenti.

Anse ipogee. I sistemi carsici della Val Secchia si sviluppano esclusivamente a breve distanza dalla superficie, nella fascia dove il gesso è prevalente, lungo fratture di rilascio dei versanti parallele alle incisioni fluviali formatesi per decompressione in seguito al rapido approfondimento delle vallate. La probabile presenza di nuclei anidritici relativamente inalterati al centro degli affioramenti solfatici sembra prevenire lo sviluppo di cavità di attraversamento negli ammassi rocciosi. Il reticolo idrografico della Val Secchia è caratterizzato da affluenti che si sviluppano lungo direzioni quasi ortogonali rispetto al Secchia. Quando un torrente ipogeo intercetta il sistema di fratture della valle principale ne viene catturato e, nei casi in cui la risorgenza verso valle sia ostacolata da frane o depositi alluvionali, esso sembra scorrere verso monte rispetto alla valle del Secchia. Naturalmente questo è semplicemente un effetto apparente, dovuto soltanto al fatto che la corrente del Secchia e quelle dei corsi d'acqua ipogei scorrono in verso opposto per un breve tratto. Una volta raggiunta la risorgenza, dopo aver percorso il dislivello che separa i sistemi carsici dal livello di base del Secchia, i due flussi d'acqua si uniscono e scorrono finalmente insieme verso valle.

Parole chiave: gesso, anidrite, Triassico, Formazione di Burano, Val Secchia, anse ipogee.

¹ Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, Modena.

² Gruppo Speleologico e Paleontologico "G. Chierici", Reggio Emilia.

Abstract

In the Secchia Valley spectacular sulphate outcrops (Burano Fm., Upper Triassic) are composed mostly of gypsum, anhydrite is a minor constituent.

The apparent relative dissolution rates of gypsum and anhydrite rocks are variable and result in peculiar karstic features, which have not been reported in other evaporite deposits. Such differential solution phenomena can be observed both on the fine scale, along outcrop surfaces, and also at the large scale, controlling drainage patterns of rock masses. These peculiar solution features are the gypsum and anhydrite protrusions and the hypogean bends ("anse ipogee").

Gypsum and anhydrite protrusions. Although anhydrite is less soluble than gypsum, anhydrite-bearing rocks show variable behaviours and may be affected by solution to a greater extent than the gypsum rocks. Fine-grained anhydrite layers and lenses, enclosed in gypsum rocks, protrude from the surrounding gypsum, whereas the coarse-grained anhydrite rocks are more depressed. This effect is due to the presence of gypsified rims on the coarse-grained anhydrite crystals. When running water flushes the rocks, gypsum in the rims dissolves faster than anhydrite. The partially gypsified coarse-grained anhydrite is more deeply attacked because the anhydrite crystals fall away from the rock surface or are carried away by the water as gypsum rims are removed. In layers where gypsification of the anhydrite crystals is negligible, and this is the case for the fine-grained variety, the anhydrite rocks are less attacked and form protrusions relative to the gypsum layers.

Hypogean bends ("anse ipogee"). The karstic systems run only at a short distance from the surface, where gypsum is dominant. The expected presence of a larger amount of less soluble anhydrite in the core of the outcrops seems to prevent the development of karstic systems cutting across the sulphate masses. The karstic drainage is concentrated along joints parallel to the valley incisions, following release fractures developed as a consequence of the dramatic drop in internal rock pressure due to rapid valley-floor deepening. Because the Secchia Valley is characterized by small streams, almost orthogonal-oriented with respect to the main valley, the karstic systems may seem to flow uphill where they intercept the joints running parallel to the Secchia valley. This peculiar effect is related to the presence of alluvial and mud-slide deposits, which act as barriers and do not allow the direct down slope resurgence of the karstic waters.

Key-words: gypsum, anhydrite, Triassic, Burano Fm., Secchia Valley, hypogean bends.

Introduction

In the Secchia Valley spectacular sulphate outcrops (Upper Triassic) are composed of gypsum and dolomite with anhydrite as a minor constituent and are strongly karstified.

The apparent relative dissolution rates of gypsum and anhydrite rocks in this area are variable and result in peculiar karstic features unknown in other evaporite deposits. Such differential solution phenomena can be observed both on the fine scale, along outcrop surfaces, and also at the large scale, controlling drainage patterns of rock masses. These peculiar solution features are the gypsum and anhydrite protrusions and the hypogean bends ("anse ipogee").

Exploration

The sulphate rocks from the Secchia Valley have attracted the interest of naturalists since the beginning of the 18th century. The sink-holes of the Cerreto area were taken as an example by VALLISNERI (1715) to explain how karst influences the dynamics of underground waters in the first scientific treatise on underground hydrology. Some years later, SPALLANZANI (1762) described in detail some karstic phenomena of the Secchia Valley to refute the Vallisneri's theories. About 1870, A. DODERLAIN published the first geological map where the sulphate outcrops are well delineated. ANELLI (1935) was the first to recognize the sedimentary origin of the sulphate formation.

In 1945, just after the war, the Gruppo Speleologico Emiliano from Modena organ-

ized the first speleological research and in a few years 76 caves were explored (MALAVOLTI, 1949). The GSE continued the research during the 70's exploring the most characteristic cave of the zone: the Tanone Grande della Gaggiolina. Since 1980 the Gruppo Speleologico e Paleontologico Gaetano Chierici from Reggio Emilia explored a large number of new cavities (CATELLANI & DAVOLI, 1988; AA.VV., 1988). In 1998 the GSPGC undertook the most spectacular task: the connection between the sinkhole and the resurgence of Monte Caldina, which is now the deepest gypsum karstic system in the world (-265m; BELLONI, 2001).

Natural aspects

The Reggio Emilia Apennines sulphate rocks are located from 400 to 1200m a.s.l., passing through different vegetation zones, such as the hilly, sub-mountain and mountain belts. The hilly and sub-mountain vegetation belt (Mediterranean) is present up to 900m a.s.l. and its peculiarity is the presence of oak deciduous woods such as maple, hornbeam and rowan (UBALDI, 1980).

The mountain or sub-Atlantic belt has a more moist and fresh climate and is composed by beech woods, which follow in altitude oak woods (UBALDI, 1980). Beech woods represent the only physiognomic type of natural wood at this altitude.

In the lower part of the sulphate formation the most rare herbaceous and shrubs species can be found. Possible relicts of the glacial age; some of them should be considered unique regional examples, such as: *Artemisia lanata*; *Convallaria majalis*; *Daphne alpina*; *Echinops ritro*; *Epipactis muelleri*; *Helianthemum oelandicum*; *Hieracium racemosum*; *Juncus bulbosus*; *Koeleria vallesiana*; *Ononis rotundifolia*; *Orchis laxiflora*; *Orchis militaris*; *Saxifraga lingulata*; *Triglochin palustre*. These are rare communities included in

Alno-Ulmion Br.-Bl. Et Tx 43 (ALESSANDRINI, 1988). The presence of sinkholes with cold and moist microclimate due to cold stagnant air are favourable conditions for plants that belong to higher altitudes (*Atropa belladonna*, *Paris quadrifolia*) or that flower even two months later than the surrounding areas (BERTOLANI MARCHETTI, 1949). The large variety of different ecologic conditions that characterized this area of regional importance is represented by 570 species of vascular plants, which represent about 1/3 of the flora in all the Reggio Emilia Province (ALESSANDRINI & BRANCHETTI, 1997).

The caves in the Triassic sulphate rock are very important for troglophile and troglobite fauna. Chiroptera found shelters to overcome wintertime. Earth-newt (Amphibia, Urodela, Plethodontidae family) found habitats suitable for their microclimate needs: high relative humidity level and a constant low temperature.

We can not forget to mention *Duvalius guareschii mosc.*, Coleoptera, troglobite that lives in these karst systems and belongs to Carabidae family tribù Trechinae and *Niphargus poianoi*, Crustacea, Amphipoda, Gammaridae, aquatic crustacean well adapted to the hypogean life. At present knowledge, *Niphargus poianoi* should be considered endemic of this area (STOCH F., personal communication, sample taken in May 1999).

The Burano Formation

The Upper Triassic Burano Evaporite Formation from the Secchia River Valley is composed of meter- to decametre-scale interbeds of gypsum-anhydrite and dolostones with minor halite. The carbonate rocks are mainly massive dolomitic mudstone, which commonly appear as mega-boudins within a sulphate groundmass. The following description is taken from LUGLI (2001).

Anhydrite and gypsum

Anhydrite represents roughly less than the 5% of the entire sulphate volume. The anhydrite rocks are grey coloured and are characterised by flow structures, which strongly deformed the original sedimentary features. The result is a spectacular layer-parallel millimetre- to centimetre-scale foliation, axial planes of tight asymmetric to isoclinal folds, commonly recumbent and transposed, outlined by comminuted dolostone fragments.

The most common anhydrite texture is composed of aligned prismatic crystals, which range from a few mm to up 1cm in size, whereas single anhydrite porphyroblasts may reach 5cm in size. The elongation of the anhydrite crystals is generally parallel to pseudo-lamination. The anhydrite crystals are commonly outlined by a variable rim composed of gypsum (Fig. 1), which represent the first step of hydration, as discussed in the next paragraph. The crystal size of the anhydrite rocks and the possible presence of a gypsum rim on the anhydrite crystals influence their response to karstic solution.

The gypsum rocks are generally white and show the same tectonic lamination structures as the anhydrite. The gypsum rocks are most-

ly composed of microcrystalline or xenotopic irregular cloudy ameboid crystals. More rare are rocks composed of centimetre-scale idiotopic crystals.

Gypsification of anhydrite

To study how sulphate rocks from the Secchia Valley are attacked by karst solution is important to understand their origin. The origin of the gypsum rocks is always recognisable as being due to late alteration of anhydrite by migration of hydration fronts moving from fractures and strata boundaries (Fig. 2). The hydration genesis is revealed by:

- a) the common observation of sharp hydration fronts separating anhydrite from gypsum rocks showing the same (deformation) structures;
- b) the common presence of corroded anhydrite micro-relics into the gypsum rocks;
- c) the widespread presence of authigenic quartz crystals, which include anhydrite also in those gypsum rocks completely devoid of anhydrite relics.

The very fine pseudo-laminations are not disrupted nor displaced across the gypsification fronts, demonstrating that the anhydrite-gypsum transition occurred with a negligible vol-

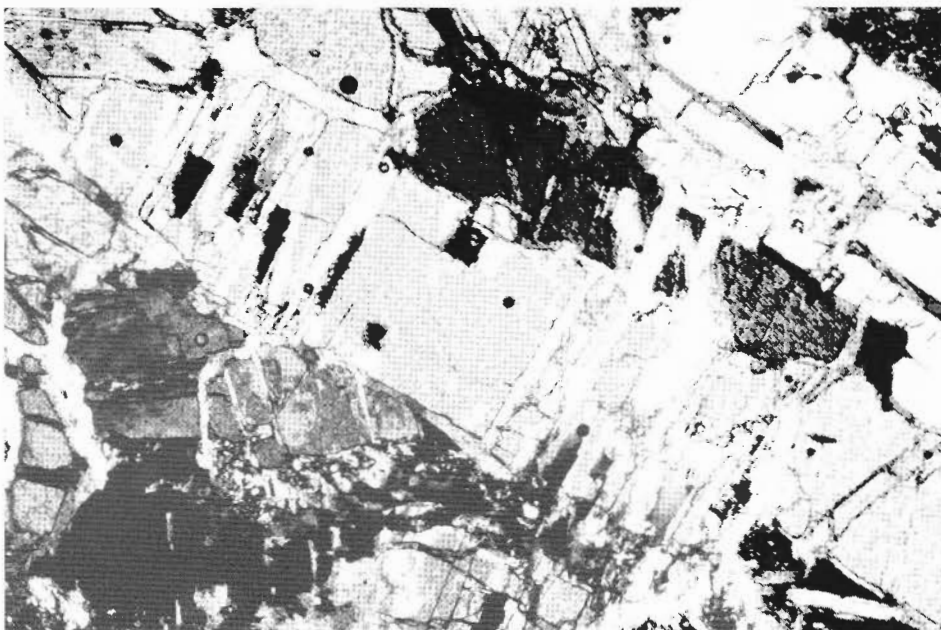


Fig. 1 - Photomicrograph of a partially gypsified aligned prismatic anhydrite rocks. Most of the crystal portions show a gypsified rim. Note that hydration takes place mostly along grain boundaries and cleavage planes. Crossed polars. M. Rosso. Field of view is 1.3mm (from LUGLI, 2001).



Fig. 2 - Gypsum rock (white, at top) originated from hydration of a partially altered coarse-grained anhydrite rock (grey, at bottom). The anhydrite layer is lens-shaped, 30cm thick. The surface of the anhydrite rock forms a steeper slope than gypsum and shows less developed rillenkarren. Note the sand at bottom of the outcrop composed of anhydrite crystals, which fell down from the anhydrite layer after removal of their gypsum rim. M. Rosso (from LUGLI, 2001).

ume increase. The excess sulphate volume produced by the transition has probably been dissolved away by hydrating fluids.

Two main gypsification phases can be identified:

1) *peripheral hydration* of anhydrite along crystals boundaries and cleavage planes (Fig. 1). This phase occurs when the stability field of gypsum is reached by temperature decrease during progressive exhumation. The available coexisting water and porosity govern the formation of gypsum: the volume increase connected with gypsification of the crystal rims

progressively seals the rock porosity. Fluids cannot penetrate further and hydration stops; the gypsum crystals formed in this phase are generally a few millimetres in size and may contain anhydrite relics. Macrocrystalline gypsum, a few centimetres in size, develop only by hydration of highly porous anhydrite rocks such as those formed as residual phase by halite solution.

2) *complete hydration* of anhydrite rocks at outcrop conditions by migration of localised hydration fronts during karstic circulation of water along fractures and strata boundaries; the gypsum forming in this phase is always the cloudy ameboid type, which is characterised by lattice deformation and defects, suggesting a relatively fast growth and local deformation by volume increase at microscopic scale.

Peculiar karst features

Gypsum and anhydrite protrusions

As described in the previous paragraph, the gypsum of the Secchia Valley appears to have formed from hydration of pre-existing anhydrite at surface and near-surface conditions.

This type of microcrystalline gypsum normally shows well-developed rillenkarren, whereas the relict anhydrite rocks generally do not show such superficial karstic features. Some examples of rillenkarren in anhydrite rocks have been observed, but they always appear less deep and less developed than in gypsum (Fig. 2).

Although anhydrite is less soluble than gypsum (0.209 versus 0.241 g/100ml at 30°C), anhydrite-bearing rocks show variable behaviours and may be affected by dissolution to a lesser or greater extent than the pure gypsum rocks. This peculiar behaviour has never been reported in other sulphate deposits of the world. Fine-grained anhydrite layers and lenses, enclosed in gypsum rocks, protrude a few

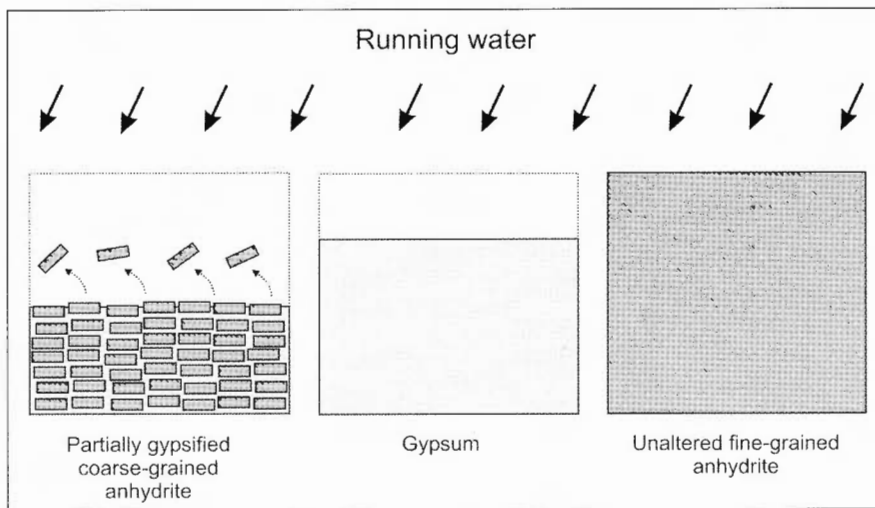


Fig. 3 - Effect of variable solution rate by running water on gypsified coarse-grained anhydrite, gypsum and fine-grained anhydrite. Coarse-grained anhydrite is more rapidly attacked because the water carries anhydrite crystals away as gypsum rims are removed. Unaltered fine-grained anhydrite is the more resistant because of its lower solubility.

centimetres or decimetres from the surrounding gypsum (Fig. 4). On the contrary, coarse-grained anhydrite rocks are more depressed than gypsum (Fig. 5). This effect is due to the common presence of gypsified rims on the coarse-grained anhydrite crystals (Fig. 1).

When running water flushes the rocks, gypsum in the rims dissolves faster than anhydrite. Because the same amount of gypsum is dissolved in both pure and mixed rocks, the partially gypsified anhydrite is more deeply attacked because the anhydrite crystals fall away from the rock surface or are carried away by the water as gypsum rims are removed (Fig. 3 and 5). The result is a more efficient rock volume removal in the partly gypsified

coarse-grained anhydrite rocks than in pure gypsum. Furthermore, the coarse grained-anhydrite rocks exposed to rain solution tend to form more steep surfaces than the gypsum rocks (Fig. 2). The loose grains falling away from the anhydrite rock may form sand deposits at the base of deeply weathered anhydrite-bearing surfaces (Fig. 2).

In layers where gypsification of the anhydrite crystals is negligible, and this is normally the case for the fine-grained variety, the anhydrite rocks are less attacked and form protrusions relative to the gypsum layers, as expected because of their lower solubility in respect to gypsum (Fig. 3 and 4).

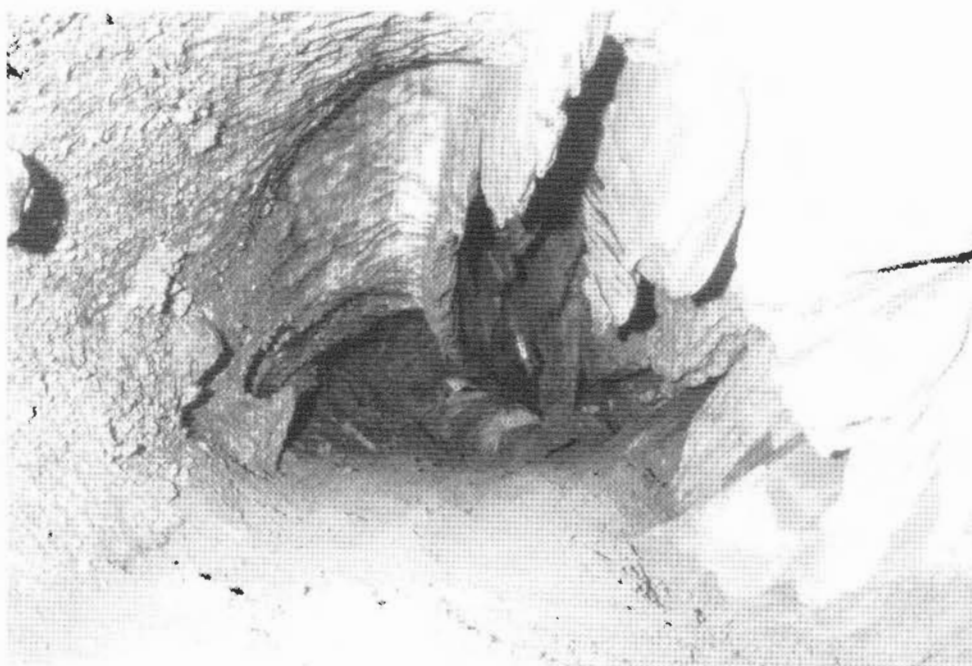


Fig. 4 - Large anhydrite protrusion (grey) projecting out from a gypsum rock (white). Note a gypsum breccia on the left. Risorgente del Mulino della Gacciola (597 ER/RE; photo by Tagliavini, GSPGC archive).



Fig. 5 - Small gypsum (white) protrusions (upper right and centre) in a partially gypsified coarse-grained anhydrite rock (grey). The two rocks are separated by a sharp hydration front. Note that the tiny laminations of anhydrite are not displaced by the gypsification front suggesting that no significant volume changes took place during hydration. Tanone Grande della Gaggiolina (154 ER/RE; photo by M. Domenichini).

Hypogean bends (“anse ipogee”)

The hypogean bends (“anse ipogee”) were described for the first time by MALAVOLTI (1949) as: “streams penetrating the gypsum layers which return, after a more or less long run, in their natural epigean bed”. These karst systems were extensively explored and described (CHIESI, 1986; CATELLANI *et al.*, 1988; the following description is taken from LUGLI, 1993). The main factor governing their peculiar development is again related to anhydrite-gypsum transformations.

In the Secchia Valley the known karstic systems run only at a short distance from the

surface, where gypsum is by far the dominant sulphate. The expected presence of a larger amount of unaltered and less soluble anhydrite in the core of most outcrops seems to prevent the development of karstic systems cutting across the sulphate masses. The karstic drainage is concentrated along joints parallel to the valley incisions (Fig. 6). These joints follow release fractures developed as a consequence of the dramatic drop in internal rock pressure due to rapid valley floor deepening by intensive dissolution. The Secchia Valley drainage pattern is characterized by small tributary affluents, almost orthogonally-oriented with respect to the main valley. Underground

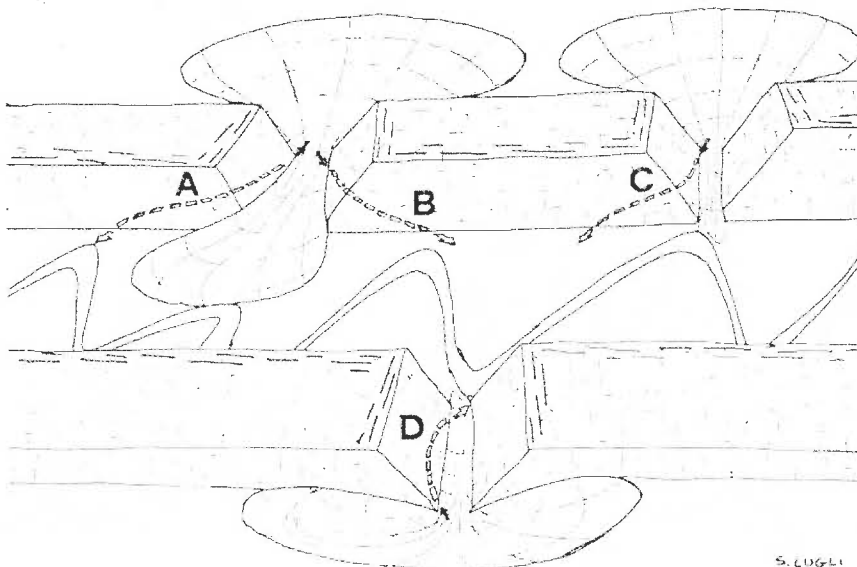


Fig. 6 - Schematic diagram illustrating the different types of “hypogean bends” in the Secchia Valley (direction of flow of Secchia River is from right to left). The origin and evolution of the karstic systems are influenced by the presence of release fractures and slide deposits. Note in case B) the apparent uphill flow of the karst system (simplified from LUGLI, 1993).

flows along fracture systems parallel to one tributary affluent may be captured by the fracture systems parallel to the main valley. If mudslide and alluvial deposits seal the fracture terminations, then the direct down slope resurgence of the karstic waters is not possible (Fig. 6). The underground stream does not resurge in the same tributary valley where it entered the gypsum rocks, but is forced to flow along the fractures running parallel to the main valley. In this case, in the last tract of

the karstic systems the current is flowing in opposite direction in respect to the main river. The effect is that the karstic water seems to run uphill along to the Secchia River valley. Obviously this is not the case, because the flows are just running in opposite directions, but the effect is remarkable. As far as we know, this peculiar behaviour has not been described in other evaporite karst systems in the world.

References

- ALESSANDRINI A., 1988 - *Note sulla vegetazione e sulla flora della formazione gessoso-calcareo nella medio-alta Valle del Secchia*. L'area carsica dell'alta Val di Secchia, studio interdisciplinare dei caratteri ambientali, Regione Emilia Romagna, pp. 201-248.
- ANELLI M., 1935 - *Considerazioni sulla posizione tettonica del Trias dell'Alta Val di Secchia*. Atti Soc. Mat. e Nat. di Modena, Anno 66.
- ALESSANDRINI A., BRANCHETTI G., 1997 - *Flora Reggiana*. Provincia di Reggio Emilia, Regione Emilia Romagna, Cierre Edizioni, Verona.
- AA.VV., 1988 - *L'area carsica dell'Alta Val di Secchia*. Regione Emilia Romagna, Amm. Prov. Reggio Emilia, 303 pp.
- BELLONI O., 2001 - *Il sistema di Monte Caldina*. Speleologia, anno XXII, n° 45, pp. 30-35.
- BERTOLANI MARCHETTI D., 1949 - *Aspetti della vegetazione dell'alta Valle del Secchia*. Mem. Comitato Scient. del Club Alpino Italiano, n.1, pp. 73-113.
- BERTOLANI MARCHETTI D., 1986 - *Lineamenti vegetazionali nella formazione evaporitica dell'alta Val di Secchia*. Atti Simp. Int. Carsismo nelle Evaporiti, Bologna, Le Grotte d'Italia, s. 4, vol. XII, 1984-1985, pp. 107-112.
- BERTOLANI MARCHETTI D., 1988 - *Particolari aspetti botanici dell'alta Val di Secchia (Appennino Reggiano)*. L'area carsica dell'alta Val di Secchia, studio interdisciplinare dei caratteri ambientali, Regione Emilia Romagna, pp. 249-254.
- BOLOGNA M.A., 1982 - *Anfibi Cavernicoli con particolare riguardo alle specie italiane*. Lav. Soc. Ital. Biogeogr., Lito Tipo Valbonesi, Forlì.
- CATELLANI C., DAVOLI A., 1988 - *Talada una grotta come si deve*. Speleologia, anno IX, n° 18, pp. 26-28.
- CATELLANI C., CHIESI M., FORMELLA W., 1988 - *Il catasto speleologico degli affioramenti triassici (zona settentrionale della formazione evaporitica dell'alta Valle del Secchia)*. L'area carsica dell'alta Val di Secchia, studio interdisciplinare dei caratteri ambientali, Regione Emilia Romagna, pp. 125-200.
- CHIESI M., 1986 - *Genesi e sviluppo delle "anse ipogee" caratteristiche delle cavità carsiche nella formazione evaporitica triassica dell'alta Val di Secchia (Reggio Emilia)*. Atti Simp. Int. Carsismo nelle Evaporiti, Bologna, Le Grotte d'Italia, s. 4, vol. XII, 1984-1985, pp. 267-278.
- GUARESCHI C., MOSCARDINI C., 1949 - *Fauna della formazione gessosa-calcareo dell'Alta valle del Secchia con particolare riguardo a quella cavernicola*. Mem. Comitato Scient. del Club Alpino Italiano, n.1, pp. 114-126.
- LUGLI S., 1993 - *Considerazioni geologiche sulla genesi delle cavità ad "ansa ipogea" nelle evaporiti triassiche dell'alta Val di Secchia*. Atti XVI Cong. Naz. di Speleologia, Le Grotte d'Italia, s. 4, vol. XVI, 1992-1993, pp. 257-266.
- LUGLI S., 2001 - *Timing of post-depositional events in the Burano Formation of the Secchia Valley (Upper Triassic, northern Apennines), clue from gypsum-anhydrite transitions and carbonate metasomatism*. Sedimentary Geology, 140, pp. 107-122.
- MALAVOLTI F., 1949 - *Morfologia carsica del Trias gessoso-calcareo nell'alta Valle del Secchia*. Mem. Comitato Scient. del Club Alpino Italiano, n.1, pp. 129-225.
- MAZZOTTI S., STAGNI G., 1993 - *Gli Anfibi e i Rettili dell'Emilia-Romagna (Amphibia Rettila)*. Quad. Staz. Ecol. Civ. Mus. St. nat. Ferrara.
- MAZZOTTI S., CARAMORI G., BARBIERI C., 1999 - *Atlante degli Anfibi e dei Rettili dell'Emilia-Romagna (Aggiornamento 1993/1997)*. Quad. Staz. Ecol. Civ. Mus. St. nat. Ferrara.
- PIGNATTI S., 1982 - *Flora d'Italia*. Calderini, Bologna.
- SPALLANZANI L., 1762 - *Lettere due dell'abate Spallanzani al sig. cavalier Vallisneri*. Nuova raccolta d'opuscoli scientifici e filologici, Simone Occhi, Venezia, pp. 271-298.
- TOMASELLI M. (a cura di), 1997 - *Guida alla vegetazione dell'Emilia-Romagna*. Collana Annali Facoltà di SS. MM. FF. NN. Università di Parma.
- UBALDI D., 1980a - *La fascia collinare e submontana*. Flora e vegetazione dell'Emilia Romagna. Regione Emilia Romagna.
- UBALDI D., 1980b - *La fascia montana*. Flora e vegetazione dell'Emilia Romagna. Regione Emilia Romagna.
- VALLISNERI A., 1715 - *Lezione accademica intorno all'origine delle fontane*. Gabriello Ertz, Venezia.

GEOMORPHOLOGICAL ASPECTS OF MONTE CONCA KARST SYSTEM (CALTANISSETTA, SICILY)

Marco Vattano¹

Riassunto

Aspetti geomorfologici del Sistema carsico di Monte Conca (Campofranco, Caltanissetta)

Monte Conca è un modesto rilievo gessoso, 437 m s.l.m., posto sulla sinistra idrografica del Fiume Gallo d'Oro, a circa 1 km dalla confluenza tra questo e il Fiume Platani, nel territorio comunale di Campofranco, in provincia di Caltanissetta (Sicilia).

La caratteristica di questo rilievo, da cui deriva anche il toponimo, è quella di avere un settore del versante meridionale con forma ad anfiteatro o a "conca" alla cui base si trova l'Inghiottitoio di Monte Conca, che assorbe le acque drenate da una valle cieca e che dà accesso ad un profondo sistema carsico.

Questo è composto da due grotte attive (Inghiottitoio di Monte Conca e Grotta di Carlazzo o Risorgenza di Monte Conca) e una fossile (Paleorisorgenza), ed è attualmente il più profondo conosciuto sulle litologie gessose della Sicilia con i suoi -130 m di profondità e circa 1000 m di sviluppo complessivo. Proprio per queste peculiarità la Regione Siciliana ha deciso di salvaguardare l'area istituendo, nel 1995, la Riserva Naturale Integrale omonima.

Nel presente articolo, dopo una breve introduzione geografico-geologica dell'area in esame ed una descrizione delle cavità facenti parte del sistema carsico, viene effettuata l'analisi e l'interpretazione delle morfologie ipogee al fine di ricostruire l'evoluzione delle tre cavità.

Parole chiave: Carsismo, gesso, morfologia ipogea, Sicilia

Abstract

Monte Conca is a gypsum relief, 437m a.s.l., located on the hydrographic left of the Gallo d'Oro river, near the confluence with the Platani river, territory of the town of Campofranco, in the province of Caltanissetta (Sicily).

The main characteristic of this mount is the "amphitheatre" shape of a part of the southern slope that gives the name to the place. At the bottom of this slope there is the Inghiottitoio di Monte Conca, the entrance of a deep karst system, that absorb the water drained by a blind valley.

The karst system consists of two active caves (Inghiottitoio di Monte Conca and Grotta di Carlazzo or Risorgenza di Monte Conca) and a fossil one (Paleorisorgenza) and it is the deepest known of the gypsum rocks in Sicily with its -130m of depth and about 1000m of complessive length development. For this peculiarity, on 1995, the Sicilian Government decreed the Natural Reserve of Monte Conca.

In this paper, after a brief geographical and geological description of the area and of the caves of the karst system, it is presented an analysis and interpretation of the hypogean morphology in order to propose an hypothesis of the evolution of the three caves.

Keywords: Karst, gypsum, hypogean morphology, Sicily

¹ Club Alpino Italiano – Sezione delle Madonie Petralia Sottana – Corso P. Agliata, 158 - 90027 – Petralia Sottana (PA). e-mail: mvattano@tin.it

Introduction

The karst system of Monte Conca is one of the most wide and deep gypsum karst system of Sicily, with a total amount of extension of 1,081m and a depth of about 130m. This complex has interested numerous scientists since the early 70's (CALVARUSO *et al.*, 1978; MADONIA & PANZICA LA MANNA, 1986; PANZICA LA MANNA, 1997) and for his own characteristics in 1985 Monte Conca has been signalled as one of the areas to be included in the plan for Regional Parks and Natural Reserves. In 1995 the Natural Reserve of Monte Conca has been formally founded in order to protect a “*karst area of major importance for the opportunity to study a complete and active hypogean hydrologic system and the fossil paleoretics*”. It is indeed a complete system characterized by a sinkhole (localized at the

end of a wide blind valley), a series of galleries connected by deep pits, and a resurgence, localized at the insertion of the gypsum units and the argillaceous ones lying below them. The resurgence pours the system water on the Gallo d'Oro river, left tributary of the Platani river. In this paper is conducted the description and interpretation of the hypogean morphologies present in the several cavities in order to reconstruct the speleogenetic evolution of the whole complex.

Geographic and geologic setting

Monte Conca is a gypsum relief (437m a.s.l.) localized in the centre-south Sicily, between the towns of Campofranco and Milena (Fig. 1). It is an elongated relief with NE-SE direction, characterized by a sub-horizontal upper surface, scarp till 300m high and inclined and

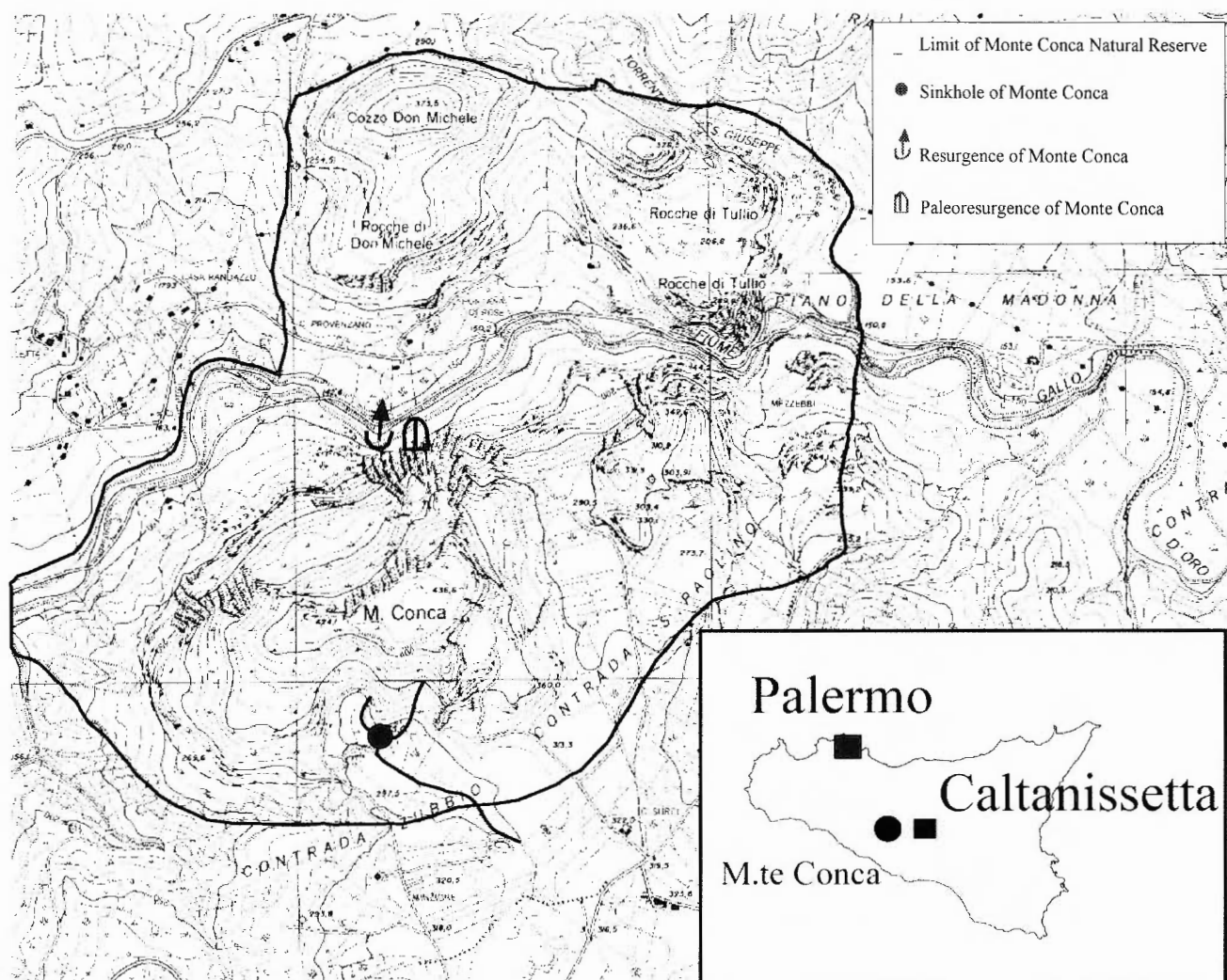


Fig. 1 – Monte Conca (Caltanissetta) area.

irregular slope. The N-S section of Monte Conca is particularly asymmetric with vertical slope in the northern area and a “amphitheatre” form on the southern slope. This setting is caused by the Gallo d’Oro river action at North and the blind valley at South. To describe the climate of the area, was analyzed only the rain-gauge data, about 1965-1994, registered by the meteorological station of Bompensiere, near the Monte Conca area, because here there are no thermometric station. The annual mean rainfall, calculated with the annual mean of the period between 1965-1994, it is 626.6mm. The monthly distribution of the rain shows, likely several location of central Sicily, that a big part of precipitation is in the period between September and April, reaching 572.7mm, the 91.4% of the total annual mean. In the other months was registered rain for 53.9mm and of this, only 24.1mm was felled in the months of June, July and August.

From a geologic prospective the area of Monte Conca is part of the Caltanissetta foredeep that in the Messinian represented a portion of the foredeep of the Sicilian chain.

This area is mainly characterized by gypsum rocks belonging to the second evaporitic cycle (*sensu* DECIMA & WEZEL, 1971) of the Gessoso Solifera Formation and, according to the lithologic characteristics of the outcropping rocks, it is ascribed to the “Caltanissetta-Licata-Agrigento-Gela” area (CATALANO, 1986), where the succession of the lithostratigraphic units is formed by: siliclastic deposits crossing towards sandy clay and pelagic calcareous marl (Tortonian-Lower Messinian) followed by diatomaceous marls and diatomites (Lower Messinian), evaporitic limestones (Lower Messinian), gypsum with intercalation of gypsiferous marl in the upper evaporitic unit (Upper Messinian) and Trubi (Lower Pliocene). Specifically, the relief of Monte Conca is formed by selenitic gypsum bedded with a thickness that varies from centimetres to meters with marl intercalation and

with a few lens of evaporitic limestone. The bedding is sub-horizontal or with a gentle inclination with a maximal thickness of the gypsum unit of about 300m. The gypsum lie on the argillaceous sediments belonging to the Terravecchia Formation (Upper Tortonian) and on the Messinian Argille Brecciate (OGNIBEN, 1957) that form the aquiclude and unkarstifiable substrate of the karst system. The gypsum relief is moreover interested by an intense system of tectonic discontinuities with the following main directions: N-S, NE-SW and NW-SE.

Sinkhole of Monte Conca (3000 SI/CL)

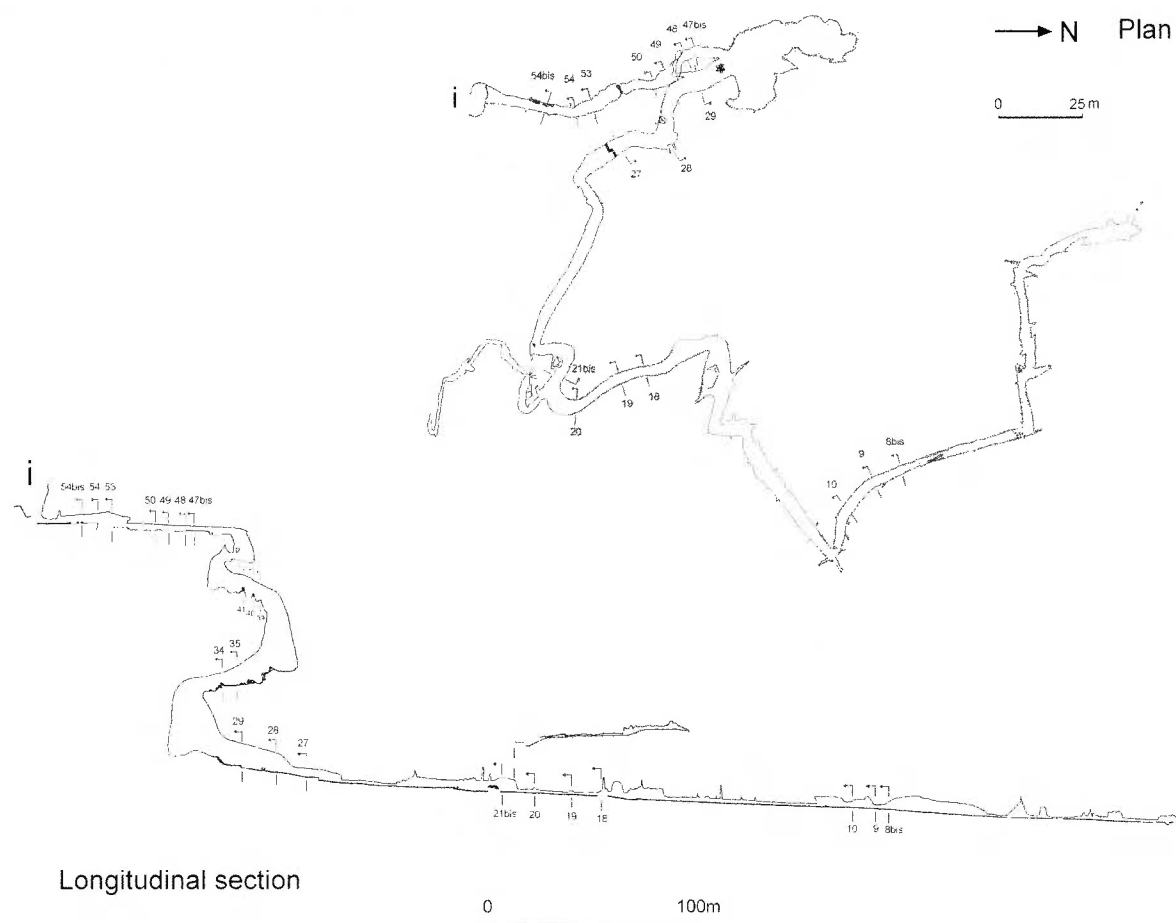
The Sinkhole of Monte Conca is located at the end of a blind valley in Contrada Zubbio, at the bottom of the south-western slope of the relief and it develops on the selenitic gypsum that is bedded with a variable thickness (centimetres to meters) and at some points with decimetrical marl levels.

The general development of the cave is simple and linear and reflects the characteristics of a classic karst gypsum system formed by a main conduit, characterized by a rapid flow of the absorbed water, where a few and short minor tributaries join (Fig. 2) (FORTI & SAURO, 1996). The cave is indeed formed by an upper gallery, a sequence of four pits and a lower gallery that end with a sump, with a whole development of about 820m and 130m of depth. The cave has specific morphologies determined by the action of karstic processes, both in phreatic and vadose phase, even though the systems of fractures N-S, NE-SW and NW-SE condition the general development.

Detailed description

In order to describe better the cavities, it has been preferred to divide the cave in three different portions: entrance-upper gallery, pits and lower gallery.

Monte Conca sinkhole (SI/CL 3000)
 Survey: V. Biancone, M. Vattano (2003)
 Collaboration: G.S. "Speleo Petra"
 C.A.I delle Madonie Petralia Sottana



Representative cross sections

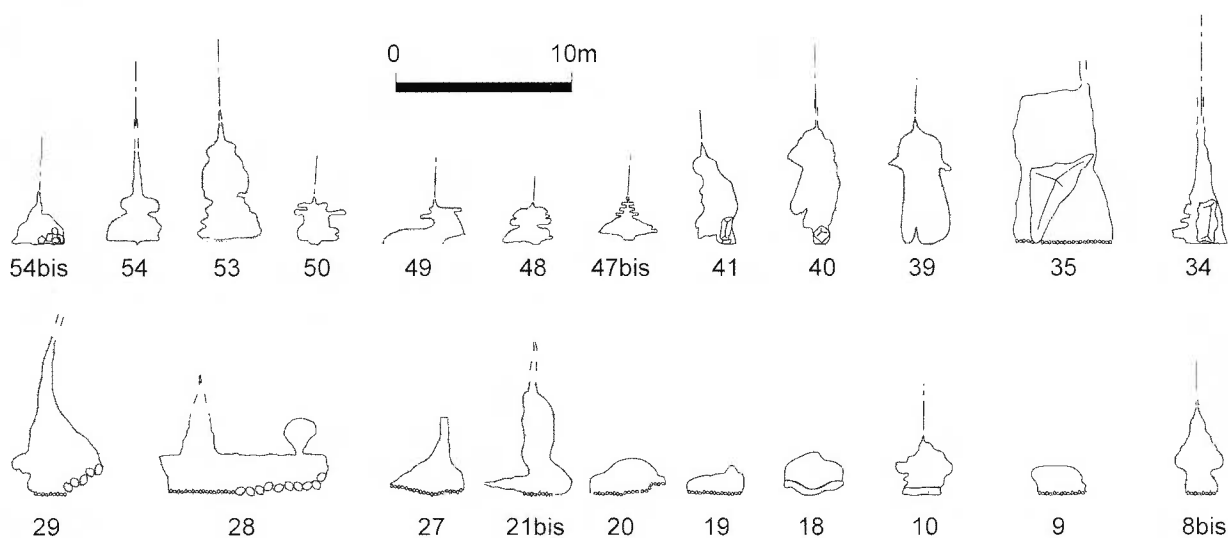


Fig. 2 - Sinkhole of Monte Conca survey with representative cross sections.

Entrance-upper gallery

The entrance to the cave is a sinkhole located in a meander bend, at the bottom of the gypsum wall, evolved for the regular karstic processes, evidenced by the several levels of shelves of deepening of the water course and also for the action of rock fall processes and mechanical erosion that consented the removal of the fell lithoid elements.

The upper gallery develops in a sub-horizontal way for about 100m along a series of N-S and NW-SE fractures. Great part of its development is classifiable as a canyon-like gallery with heights that vary from 4 to 7m (Fig. 2, sect. 54bis, 54, 53). In the first sector (Fig. 2, from entry to sect. 54), the walls are characterized by lithologic shelves produced in a phreatic phase of the cavity, and wall notches that show the different phases of deepening of the water flow. The floor is covered by a clastic deposit of a different granulometry till a dam of large blocks which, in low water periods, avoid the sediment transport; here the floor is a gypsum rock where it is possible to observe a groove of a few decimetres determined by a recent phase of deepening of the stream (Fig. 2, sect. 54). The first sector of the gallery ends with a step of about 2m, where the gypsum crosses from a metric bedding to a centimetric one evidenced by the differential solution (Fig. 2, sect. 53) somewhere hidden by partially eroded darkish carbonatic crusts. The cavity continues with two overlapped galleries (Fig. 2, sect. 53) jointed for gravitative deepening, the highest of which stops after 12m; beside this area the gallery presents a syngenetical ceiling half tube along a fracture and several levels of eroded lithologic shelves which somewhere indicate overlapped anastomized tubes (Fig. 2, sect. 47bis). From here to the first pit, the gallery has a further deepening evidenced by steps that allowed the formation of two kettles, beyond which, because of the variation of the water flow for the presence of the first pit, there are widespread scallops-like forms.

Pits

The next portion of the cave is characterized by an intense systems of fractures with N-S, NE-SW and NW-SE directions, whose intersection permitted the development of a rapid sequence of four cascade pits, connected by short galleries. At the end of the upper gallery there is the first pit that presents with a deep incision along the walls of his upper portion, witness of a vadose phase previous to the deepening of the karstic base level. The pit is 12m deep and has an elliptical perimeter with his major axis of 10m. Actually the pit is composed by two parallel pits separated by a gypsum septum covered by thick carbonatic flowstone. The evolution of the pit appears to be linked to the regular evolution of the cascade pits and therefore to the regression processes. By now both pits are active depending on the amount of water: when it is high both pits are active (pits A and B), when it is low only the proximal one fills in (pit B). The different grade of activity is marked also by their morphology; the pit A is characterized by greater dimensions, smooth and deeply eroded walls and the presence at the bottom of a big kettle 1m deep, always filled of water. The pit B instead has minor dimensions and both walls and floor are covered by carbonatic flowstones. The junction between the first and second pit is formed by a short canyon-like gallery with walls that show different wall-notches and shelves as demonstration of the several stasis phases and deepening of the base level. The floor is entirely covered by calcitic flowstones that form a system of dams and gours of large dimension communicating through the drainage canals. The second pit is 12m deep and has an elliptical perimeter with a major axis of 4m, smooth walls and eroded and a big kettle on the bottom. Plenty of carbonatic concretioning are present both along the eastern wall and the floor where there are also small little gours.

The connection between the second and the third pit is a canyon-like gallery 10m long

and 8m high, characterized by wall-notches and shelves at different height, genetically similar to the ones present in the previous gallery. This portion of the cave is indeed characterized by a little step extremely concretioned a by deep kettles, the second of which is partially filled by argillaceous sediment.

Beyond these forms the third pit has a more complex morphology. In the first portion (Fig. 2, sect. 39-41) it develops following an inclined surface characterized by two kettles, one directly on the gypsum rock and the other partially concretioned, then there is the cascade pit *s.s.* that presents with a sub-vertical chute that crosses later to a vertical shape. The chute, entirely concretioned, stops at a sub-horizontal bench that, together with the presence of wall-notches along the wall, is indicative of a stationary phase of the base level before the development of the vertical portion of the pit. Moreover, along the walls of the first inclined surface, can be recognized wall-notches and overlapped shelves, that belong to subsequent phases of stasis and deepening of the base level.

The dimensions of this pit are remarkable: 35m of depth and respectively 11 and 18m of sub-elliptical perimeter axis. The walls are smooth and show several sinuosities generated by the interceptions with the fracture systems; enormous argillaceous and pebbly deposits are linked to discontinuity lines and are localized in northern and south-western sector of the pit base. Most probably, to these deposits are joined a few hanging galleries. The base of the pit is characterized by a lake located in a big kettle partially concretioned on the border and by enormous blocks fallen and covered by carbonatic flowstones.

The gallery connecting the third and the fourth pit, about 24m long, is a big ambient generated by rockfall (Fig.v2, sect. 35, 34) that show also marks of vadose deepening on the walls; these marks continue until the beginning of the fourth pit. In a meander bend, at 4m of height, there is a hanging

gallery at this time not explored yet.

The fourth pit is 27m deep, has an irregular plant at the base and presents several similitudes with the third. The walls are smooth for the high energy of the karst system. Only the south-western wall of the pit, from where the water arrives, is covered by a carbonatic flowstone that hides the original morphology. The base of this pit shows the same characteristics of the previous one, even though the carbonatic speleothems are bigger. In the north-eastern area of the pit base there are enormous clastic deposits composed by pebbles of different dimensions and by mud-clay sediments that come from an unexplored hanging gallery at 20m of height. Upon these deposits, because of presence of the pebbles, there are marvellous forms earth pillar-like.

Lower gallery

At the base of the fourth pit, there is the lower gallery that, after a short portion characterized by rockfall, develops with a classic karstic morphology with forms testifying the different phases of the cave evolution. Nevertheless, the tectonic discontinuities (faults and/or joints) have an essential role for the development of the cave influencing its shape.

The gallery develops for about 450m and is entirely crossed by a stream coming from a swallowhole, the groundwater and also by the water of a little sulphur spring.

The gallery has some rectilinear portions spaced by meanders dictated by the structural set-up; the heights are significantly variable with an alternation of hemispheric ceilings, even less than 1m high, and troughs with plane ceilings 7-8m high. At the end of first ambient, evolved by rockfall, on the western wall there is a little gallery 10m long, with cupolas and metrically thick argillaceous deposits that, together with the progressive lowering of the ceiling, hamper the practicability of the tube and determine the formation of a small lake. The main gallery continues at first as a canyon-like gallery (Fig. 2,



Photo 1 - Sinkhole of Monte Conca. Lower gallery. Hemispheric tube form gallery with syngenetical ceiling half tube along a fracture.

sect. 29) followed, in a meander bend, by a portion with a plane ceiling with a gaping fracture where a big cupola takes place; wall-notches and shelves testify the deepening of the stream. The presence of a marly level on the ceiling conditions the development of the next portion of the gallery that keeps a plane ceiling for about 15m (Fig. 2, sect. 27) to change radically assuming an hemispheric tube form, 1m height, with a syngenetical ceiling half tube along a fracture, 20cm wide (photo 1).

The tube-like morphology develops for about 25m, then the gallery takes again the characteristics of a canyon-like gallery with plane ceiling, genetically connected to the marly level described before. This level presents also a meandering ceiling half tube that intercepts also the upper gypsum level.

The canyon-like gallery morphology is hidden at a meander bend in an unstable portion of the cave where some blocks appear slipping and karstified at the basement. This instability is probably caused both by the basement erosion and the presence of a secondary gallery that most likely favoured an increasing of the water circulation. This secondary gallery starts in a meander bend and, till one year ago, was stopped by a sump that, because

of the poor precipitations, has been completely dried up allowing the passage. It has been feasible to explore a tube 70m long and 60cm to 4m high, characterized by cupolas, several wall-notches and a floor covered by argillaceous and pebbly deposits, testifying the vadose phases of this tube. The gallery ends with a sump obstructed by mud.

The cave develops for another 300m, until the terminal sump, with an alternation of hemispherical tubes, 1m high with a few cupolas, and canyon-like galleries 8m high with cupolas and walls with the classic water deepening marks. The cave ends with a sump situated in an ambient 3m high, characterized by several cupolas generated in a phase of obstruction of the sump with the consequential filling in of the room.

The floor of the lower gallery is covered by a layer of sediments dissimilar in genesis and granulometry (pebbles, sands, clays, mud, etc.); in some areas these sediments are bedded and allow the reconstruction of the different phases of activity of the stream. By now, these sediments are incised and terraced testifying the stasis phases of the base level.

**Grotta di Carlazzo or Monte Conca
Resurgence (3001 SI/CL)**

The Monte Conca Resurgence or Grotta di Carlazzo is localized at the bottom of the northern slope of Monte Conca, close to a meander bend of the Gallo d'Oro river. The cave develops on selenitic gypsum with macrocrystals, thick-bedded; in some portions there are gypsum breccias deriving from the tectonic activities. The cave is prevalently horizontal, is 260m long, has a difference in depth of +9m and develops on two over-

lapped levels: the lower always active and the upper active only during very intensive rains. The upper gallery has NNE-SSW direction and is 1 to 6m high and 70cm to 2m wide. The lower tube is practicable for only a few meters and is connected to the upper level by a pit, 5m deep, localized in the terminal zone of the cave. This tube is always filled by water, even when there is a low flow. The general aspect of this cave is influenced by the main fracture systems with NE-SW and NW-SE directions that condition the morphology of the rooms (Fig. 3).

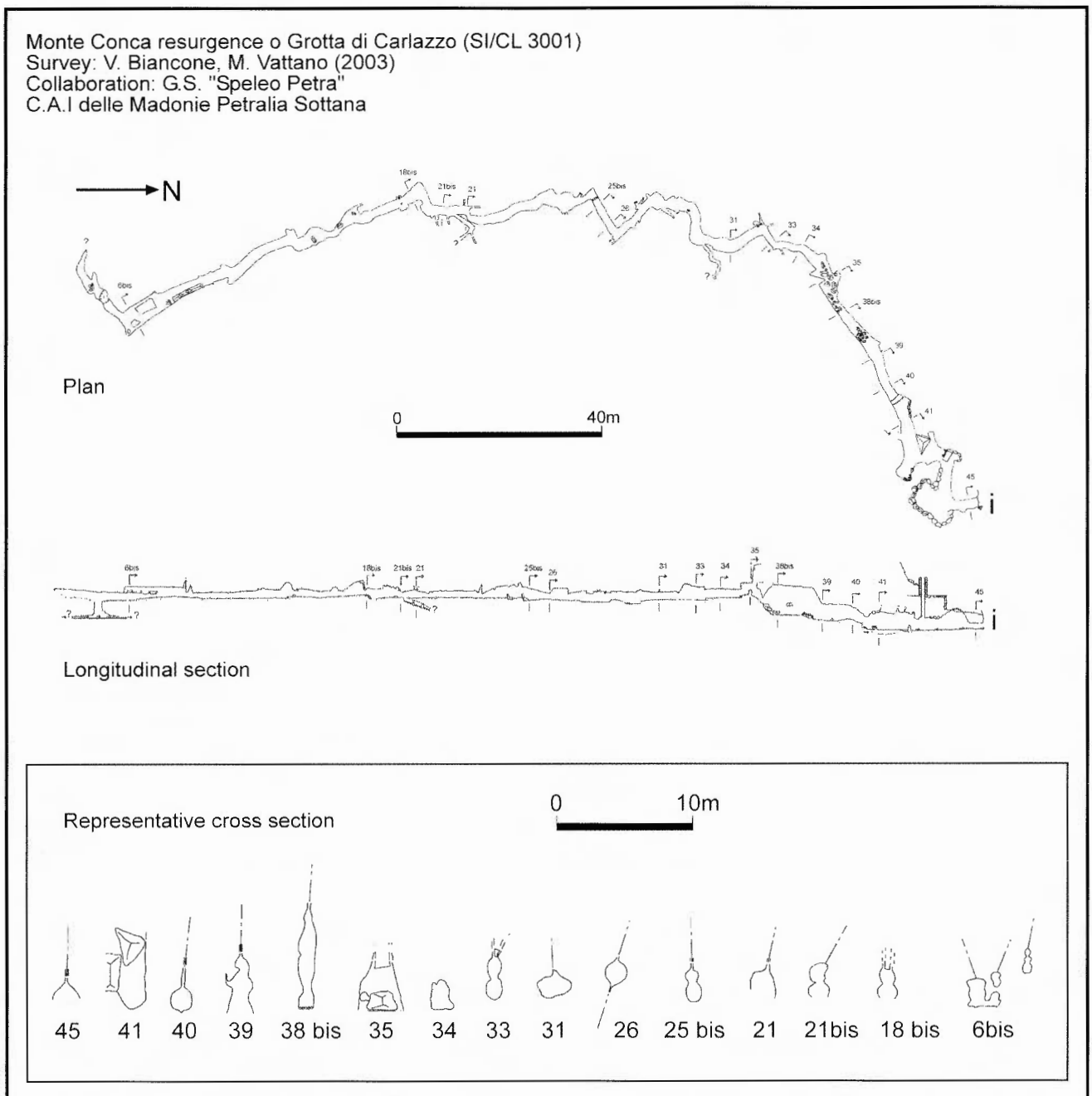


Fig. 3 - Resurgence of Monte Conca survey with representative cross sections.

Detailed description

The cave entrance is 2m upon the Gallo d'Oro river level and has small dimensions. The first portion of the cave, after a short gallery, evolved by rock falls and is constituted by two small rooms linked up by a small passage; this zone connects the two levels of the cave.

Here, the water coming from the lower level pours in a little lake where there is also an anthropic ascending well used to extract the reflowing water of the karst system. This water indeed is rich in sulphates, but qualitatively better of the Gallo d'Oro river water, because it flows upon salt deposits and enriches in chlorides.

The floor of this portion is covered by fallen blocks and argillaceous sediments. After the lake there is the fossil level that can be divided into three portions. The first one (Fig. 3, from sect. 41 to sect. 39) is characterized by karstic morphologies conditioned by the structural set-up. The gallery is the result of the anastomosis between two overlapped phreatic tubes, as testified by the typical eight-shaped cross sections and follows a gaping fracture with a NW-SE direction (photo 2). The floor, in macrocrystalline gypsum rock, is occasionally incised by a groove linked to the vadose evolution of the cave while the walls are smooth and polished preserving a phreatic morphology.

The second sector of the gallery (Fig. 3, from sect. 39 to sect. 21) is characterized by a meandering shape according to the fracture systems. At first there is a canyon-like gallery 7m high along a fault with NE-SW direction. In one wall the gallery shows phreatic tube-like morphology, absent on the other wall that is a slickenside (Fig. 3, sect. 38bis). There are moreover several blocks that lower the ceiling and here it is possible to recognize pendent ceiling-like morphologies testifying epigenetic phases of the cavity. The cave, from here to the terminal sump, has an argillaceous floor

with mud cracks, ripples and water flow marks.

The third sector (Fig. 3, from sect. 21 to the end), as the first one, is characterized by phreatic morphologies influenced by the tectonics. In this portion the levels of the overlapped phreatic tubes are more evident (Fig. 3, sect. 21bis and 18bis); seven of them can be recognized along the discontinuity lines and they are crossed by several minor tubes orthogonal to them and actually sealed by sediments. Lots of this tubes show also forms linked to a following vadose phase (Fig. 3, sect. 6bis). Beyond this portion, at a meander bend, there is the pit that connects both main levels of the cave. The genesis of this pit is linked to rock falls favoured by the intersection of two fractures with NE-SW and NW-SE directions.

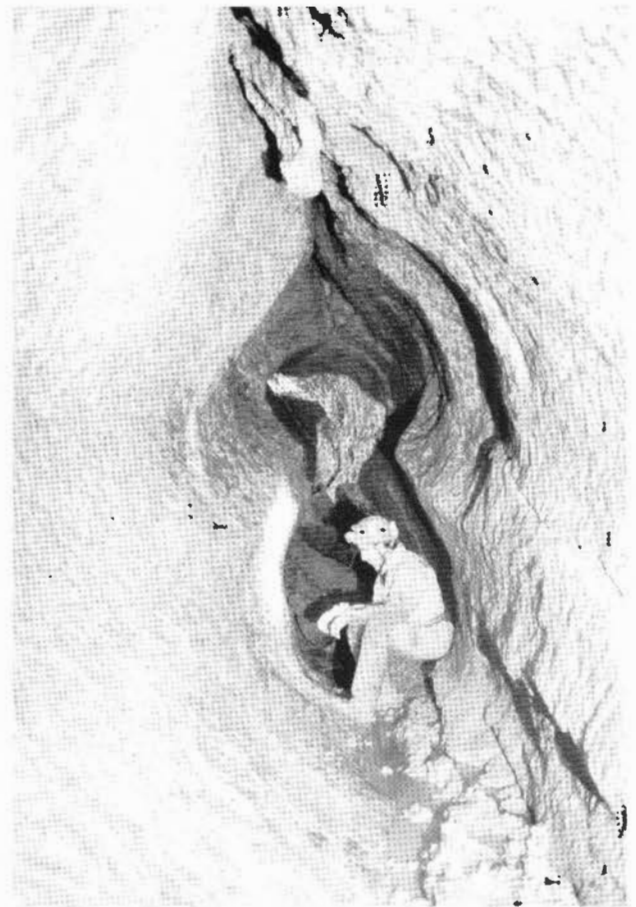


Photo 2 - Resurgence of Monte Conca. Eight-shape cross section of the upper gallery, result of the anastomosis between two overlapped phreatic tubes (photo by E. Fiorenza).

The terminal portion of the resurgence is rich of argillaceous sediments and keeps on the walls evident traces of phreatic morphology with a clear structural control. The gallery dimensions get progressively smaller, but a strong air flow suggests the existence of other rooms.

Paleoresurgence

The Paleoresurgence of Monte Conca is on the northern slope, about 40m over the current resurgence and slightly away from its perpendicular. The cavity develops for a few dozen meters and ends because of the lowering of the ceiling and the obstruction caused by sediments of different origin and granulometry. From inside the cavity and along the gypsum slope, there are numerous anthropic findings as notches, steps, shelves and holes probably of the Neolithic age, according to the several archaeological sites of the area. The cavity set-up, despite of its karstic morphologies, is conditioned by specific structural features. Its entrance, 4x2m, is located at the intersection between a discontinuity with a N-S direction and an inclined interstratal surface strongly eroded by ancient water flows. In the first portion of the cavity there are a lot of karrens directly upon the selenitic gypsum and forms related to vadose phases of the cavity, while the inner portion presents a floor covered by silt and alluvium and shows more specific karstic features. At about 20m from the entrance and at a height of 1.5m from the floor, there are some pebbly sediments related to the filling phases of the cave.

Conclusions

The data acquired at this time allow a first delineation of a speleogenetic evolution picture of the karst system of Monte Conca. This karst system is an active and highly energetic one, formed by a cavity with sinkhole

function (Inghiottitoio di Monte Conca) and by a cavity with a resurgence function (Grotta di Carlazzo o Risorgenza di Monte Conca), even though at this time the junction between the two cavities is not practicable because of several sumps. In this system can be recognized also fossil levels, as the hanging gallery and the paleoresurgence.

The system is formed by sub-horizontal galleries that are located at different heights and connected by pits. From a hydrogeologic prospective, it can be schematised as a drainage network with a sub-horizontal main tube that follows the piezometric surface and is intersected by several minor tubes (FORTI & SAURO, 1996).

The sinkhole evolution, based on the described characteristics, can be related to the alternation of stasis and deepening phases of the karstic base level, that have been periodically repeated with different rate. During the first stasis phase and in epiphreatic conditions the upper sub-horizontal gallery has been generated, when the equilibrium with the base level has been reached. Specifically, the gallery shows signs of consecutive phases of deepening and stasis of the base level that have been repeated gradually and with tiny variations. That is testified by the presence of notches and shelves related to the gravitative deepening of the water flow, visible also along the highest part of the first pit.

The pit area is instead ascribable to sudden deepening phases, spaced by short periods of stasis during which the connection galleries took place. These show the signs of gradual variations of the base level that preceded the phases of sudden deepening, cause of the development of each pit.

At this time, the evolution of the pits is active according to the classic mechanism that regulates the evolution of the cascade pits, as testified by the bell-shaped cross section and by the considerable deposits of big blocks at the base. Specifically, they activate seasonally during the periods of maximum flow.

The deepening phases of the base level would have determined also the abandonment and the fossilization of the hanging galleries that pour in the third and fourth pit, and the fossilization of the paleoresurgence that is at a height that can be linked with the height of the hanging gallery of the third pit. The lower gallery is partially in equilibrium with the current karstic base level. Also in this gallery there are morphologies that can be ascribed to vadose deepening phases after the oscillations of the piezometric surface.

Moreover, the presence of ceiling half tubes, terraced and incised sediments and cupolas are a further element that testifies the different evolution phases of the cavity. During the recent phases the minor galleries have been fossilized and almost totally filled by different sediments. The morphology of the gallery, given by the alternation of low hemispheric ceilings and troughs with plane ceilings with eversion cupolas, suggests that the evolution of this portion of cave is strictly related to the dynamic of the groundwater circulation and to the sediments contribution. The temporary obstruction of the lower tracts after occasional high flows determines the flooding of the high tracts before them and the development of antigravitative morphologies.

The cave is characterized by the a low level of chemical deposits because of the high energy of the system and of the hydrodynamic of the subterranean stream that, because of its occasional high flow, has a strong erosive power. The gypsum mineralization are almost absent, except small inflorescence in the upper gallery related to the air circulation close to the entrance. The carbonatic floor of the upper gallery is related to dissolution processes favoured by the raising of the CO₂ level deriving by the oxidation of the organic material inside the karst system (FORTI & ROSSI, 2003). Moreover, the copious carbonatic concretions along the walls and at the base of the pits are related to the dynamic of the water flow. The Resurgence of Monte Conca is the

final portion of the karst system. It is also the result of the several evolutive phases, related to the deepening phases of the base level, even though they have been less remarkable compared to the Gallo d'Oro river where the water of the whole system are drained.

Specifically, when the base level was higher than the current one, the upper gallery would be generated. This would have been interested by an important water flow, caused by the contribution of the whole karst system, that would have favoured the development of the anastomosis between the main phreatic tubes on several layers and the genesis of a close net of minor tubes.

A slow deepening of the base level would have create the vadose conditions of the cave, causing the abandonment of the minor tubes that are currently sealed by sediments. A further deepening of the piezometric surface would have favoured the current conditions and the fossilization of the upper gallery. At this moment it is impossible to describe the exact morphology of the lower gallery because of its limited accessibility. It seems to be in a vadose phase in which the water level is strictly connected to the fluctuations of the piezometric surface. During the high flow phases, the raising of the aquifer level can determine also the complete flooding of the upper gallery.

Finally, it is important to underline the strict correlation between the karstic processes and the structural lineament in the genesis and evolution of the whole system Sinkhole-Resurgence. The tectonic set-up indeed, in addition to condition the development of karstic processes affecting the forms of the underground spaces and the shape of the cavity, it is responsible also of the "rejuvenation" of the system cancelling the karstic morphologies previously determined.

The current paper has the aim of represent a first contribute to the detailed study of this important Sicilian karst system. Other precious pieces of information could derive by the new explorations in the hanging galleries

of the sinkhole, already scheduled by the "Speleo Petra" Speleological Group of the Madonie CAI of Petralia Sottana, by a detailed hydrogeological study and by thorough analysis of the physical and chemical deposits of the three cavities with a climatological monitoring of the whole system.

Acknowledgements

To the members of "Speleo Petra" Speleological Group of the Madonie CAI of Petralia Sottana (PA) for their availability to come with me into the caves; to Mrs. V. Megna for the translation; to Mr. V. Biancone for the help to the realization of the survey of the karst system; to prof. T. Macaluso, inspirer of this paper and to Mrs. G. Madonia because without her this paper cannot be realized.

References

- AGNESI V., MACALUSO T., MENEGHEL M., SAURO U., 1989 - *Geomorfologia dell'area carsica di S. Ninfa*. I Gessi di Santa Ninfa (Trapani). Mem. Ist. It. Spel., s. II, n. 3, Palermo, pp. 23-48.
- BAGLIANI F., COMAR M., GHERBAZ F., NUSSDORFER G., 1990 - *Manuale di rilievo ipogeo*. Regione Autonoma Friuli - Venezia Giulia. Direzione regionale della pianificazione territoriale.
- BINI A., 1989 - *Morfologia e sedimentologia ipogea delle cavità di S. Ninfa*. I Gessi di Santa Ninfa (Trapani). Mem. Ist. It. Spel., s. II, n. 3, Palermo, pp. 101-135.
- CAPPA G., FERRARI G., 1999 - *La nuova simbologia internazionale per i rilievi di grotta*. Speleologia, n° 41, pp. 100-109.
- CALVARUSO E., CUSIMANO G., FAVARA R., MASCARI A., PANZICA LA MANNA M., 1978 - *Primo contributo alla conoscenza del fenomeno carsico nei gessi in Sicilia. Inghiottoio di Monte Conca (Campofranco - CL)*. Atti XIII Congr. Naz. di Speleologia, Perugia (Preprints).
- CATALANO R., 1986 - *Le evaporiti messiniane. Loro ruolo nell'evoluzione geologica della Sicilia*. Atti del Simp. Int. sul carsismo nelle evaporiti, Palermo 27-30 ottobre 1985, Le Grotte d'Italia, Bologna, s. 4, vol. XIII, 1986, pp. 109-122.
- DECIMA A., WEZEL F.C., 1971 - *Osservazioni sulle evaporiti messiniane della Sicilia centro-meridionale*. Rivista Mineraria Siciliana, n. 130-132, pp. 172-187.
- FORTI P., ROSSI A., 2003 - *Il carsismo ipogeo nei gessi italiani*. Le aree carsiche gessose d'Italia. Mem. Ist. It. Spel., s. II, n. XIV, Bologna, pp. 65-87.
- FORTI P., SAURO U., 1996 - *The Gypsum Karst of Italy*. Gypsum Karst of the World. Int. J. Speleol., 25, (3-4), pp. 239-250.
- MADONIA P., PANZICA LA MANNA M., 1986 - *Fenomeni carsici ipogei nelle evaporiti in Sicilia*. Atti del Simp. Int. sul carsismo nelle evaporiti, Palermo 27-30 ottobre 1985, Le Grotte d'Italia, s. 4, vol. XIII, 1986, pp. 163-189.
- OGNIBEN L., 1957 - *Petrografia della Serie solfifera siciliana e considerazioni geologiche relative*. Mem. Descr. Carta geol. d'Italia.
- PANZICA LA MANNA M., 1997 - *Aspetti del fenomeno carsico sotterraneo nel territorio di Milena (CL)*. Dalle Capanne alle Robbe, Pro-Loce, Milena (CL).

LA TUTELA DELLE AREE CARSICHE GESSOSE IN SICILIA: STATUS E PROSPETTIVE

Giulia Casamento¹, Angelo Dimarca¹, Giovanni Mento², Vincenza Messina²

Riassunto

Nonostante l'assenza di una normativa specifica in materia di conservazione e valorizzazione delle aree carsiche, in Sicilia sono state istituite negli ultimi anni, ai sensi delle leggi regionali sui parchi e le riserve naturali, diverse aree protette specificatamente finalizzate alla tutela di zone di particolare interesse geologico e geomorfologico. Tra queste, ben undici ricadono in aree carsiche gessose di rilevante interesse scientifico e didattico-culturale, date le grandi varietà di forme e fenomeni che in esse è possibile osservare: il complesso di Monte Conca (Caltanissetta), l'altopiano di Santa Ninfa e Gibellina (Trapani), la Grotta di Entella (Palermo), la Grotta di S. Angelo Muxaro (Agrigento), le Serre di Ciminna (Palermo), l'area di Contrada Scaleri (Caltanissetta), il Lago di Pergusa (Enna), il Lago Sfondato (Caltanissetta), il Lago Preola e i Gorghi Tondi (Trapani), il Lago Soprano (Caltanissetta), l'area di Siculiana e Torre Salsa (Agrigento). La peculiarità del sistema di aree protette siciliane è rappresentata anche dall'affidamento alle associazioni ambientaliste della gestione di alcune riserve naturali. Per estensione degli affioramenti gessosi la Sicilia è la prima regione d'Italia. La varietà dei litotipi gessosi e la loro diversa collocazione geografico-ambientale hanno favorito lo svilupparsi di paesaggi carsici differenti gli uni dagli altri e ricchi di forme epigee ed ipogee. L'istituzione di riserve naturali e la costituenda Rete Ecologica regionale rappresentano, a parere degli autori, il punto di partenza per la realizzazione di percorsi carsico-speleologici che nell'insieme diano un ampio quadro del fenomeno carsico nelle evaporiti e che possano favorire un turismo di tipo scientifico e destagionalizzato. Nel lavoro vengono descritte le principali emergenze delle riserve naturali sopra citate, riportando contestualmente le azioni fino ad ora condotte dagli enti gestori – associazioni ambientaliste (CAI Sicilia e Legambiente Sicilia) per la loro tutela e valorizzazione.

Parole chiave: riserve naturali; carsismo; geositi.

Abstract

The protection of gypsum karst areas in Sicily: state and perspectives

In Sicily in the last few years some natural reserves have been founded, according to the Regional Laws 98/81 and 14/88, with the aim to protect areas of particular geological and geomorphological interest, even though there are no specific laws regulating the conservation and valorisation of karst areas. Eleven of these reserves are in gypsum karst areas of relevant scientific, didactic and cultural interest, due to the variety of forms and phenomena that may be observed there: the Monte Conca complex (Caltanissetta), the highland of Santa Ninfa and Gibellina (Trapani), the Cave of Entella (Palermo), the Cave of S. Angelo Muxaro (Agrigento), the Sierra of Ciminna (Palermo), the area of Contrada Scaleri (Caltanissetta), the Sfondato Lake (Caltanissetta), the Preola Lake e Gorghi Tondi (Trapani), the Soprano Lake (Caltanissetta), the Pergusa Lake (Enna), the area of Siculiana and Torre Salsa (Agrigento). Sicily is the first region in Italy for its extension of gypsum outcrops. The variety of gypsum lithotypes and their different geographical and environmental localization have favoured the formation of karst landscapes different from one another and rich in epigeal and hypogean forms. The founding of natural reserves and the planned Regional Ecologic Web are, according to the Authors, the starting point for setting up karst-speleological paths that may give all together a wide picture of karst phenomena in evaporites, and may encourage a scientific and non-seasonal kind of tourism. This work describes the main points of interest of the above mentioned reserves, and records the actions undertaken up to now by the managers of the reserves, in order to preserve and valorise the areas, also according to the recent proposals for the cataloguing of geosites and for the conservation of the Italian geologic heritage.

Keywords: natural reserve, karst, gypsum, geosites, Sicily.

¹ Legambiente Sicilia

² Cai-Sicilia

Le evaporiti messiniane in Sicilia

L'evoluzione tettonica del rilievo appenninico è il contesto geodinamico in cui si colloca l'isola siciliana durante il Messiniano (Miocene sup.). L'innalzamento della soglia di Gibilterra con il conseguente isolamento del bacino del Mediterraneo dall'attiguo Oceano Atlantico, il contesto tettonico e le condizioni climatiche favorevoli, hanno permesso la deposizione di grandi sequenze di rocce evaporitiche; i grandi spessori sarebbero spiegati dal modello dei "bacini depressi con acque poco profonde" (CHAMLEY, 1990).

Gli affioramenti evaporitici siciliani sono concentrati nelle porzioni centro-meridionali dell'isola che nel Messiniano rappresentavano il settore di avanfossa, articolandosi in due bacini di sedimentazione: Fossa di Caltanissetta e Fossa di Castelvetro (CATALANO & D'ARGENIO, 1982).

La Serie Gessoso-Solfifera Siciliana è definita da due grandi unità evaporitiche, una inferiore ed una superiore (DECIMA & WEZEL, 1971; BOMMARITO & CATALANO, 1973; CATALANO, 1986). Quella inferiore è costituita dalla sequenza: *tripoli, calcari evaporitici, gessi con intercalazioni marnose e sali* passanti lateralmente e verso l'alto ad *argille e gessi*. L'Unità evaporitica superiore è costituita dalla sequenza: *gessi intercalati da livelli argillo-sabbiosi e carbonatico-gessosi, calcari bioclastici* passanti verso l'alto e lateralmente a *gessi*; per finire, le *sabbie argillose* (Arenazzolo).

La Formazione Gessoso-Solfifera poggia, in discordanza, sui depositi silico-clastici della Fm. Terravecchia (Tortoniano sup.-Messiniano inf.) ed è ricoperta, sempre in discordanza, dalle calcilutiti e calcisiltiti pelagiche con calcareniti, costituenti i "Trubi" (Pliocene inf.). Questi sedimenti di mare profondo rappresentano il compiuto ritorno del Mediterraneo alle condizioni di ambiente marino normale.

Il litotipo più diffuso è costituito dal gesso che, altamente solubile, ha favorito la diffu-

sione dei fenomeni carsici. Tra le litofacies le più comuni sono i gessi selenitici, balatini, detritici e alabastrini (MACALUSO *et al.*, 2001).

La tutela delle aree carsiche in Sicilia

In Sicilia manca ancora una normativa regionale specifica in materia di conservazione e valorizzazione delle aree carsiche. Tuttavia, in attuazione del Piano Regionale dei Parchi e delle Riserve Naturali, redatto ai sensi delle Leggi Regionali di settore (L.R. 10 maggio 1981 n. 98 e L.R. 9 agosto 1988 n. 14), sono state istituite diverse aree naturali protette a tutela di zone di particolare interesse geologico e geomorfologico (basti pensare ai sistemi carsici delle Madonie, ai sistemi vulcanici delle Eolie e dell'Etna, al vulcanesimo sedimentario delle Macalube, ecc.).

Inoltre, anche le Linee Guida del Piano Territoriale Paesistico Regionale (approvato con D.A. 21 maggio 1999) negli indirizzi normativi prevedono di sottoporre a tutela specificatamente le formazioni geologiche, i depositi minerari, le emergenze geomorfologiche.

Infine, molte aree d'interesse geomorfologico ricadono all'interno di più ampi Siti di Importanza Comunitaria, individuati dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio nell'ambito del progetto BioItaly e della Rete Europea Natura 2000, ed ai sensi delle Direttive Comunitarie 92/43 e 79/409. Ciò aumenta ulteriormente il livello di tutela di queste aree, che vengono inserite in un sistema europeo di conservazione della natura, e le loro potenzialità di valorizzazione.

Tra le aree geologiche tutelate vanno evidenziate, sia per la pregnanza del vincolo di conservazione che per l'articolato sistema preposto alla gestione, ben undici riserve naturali che tutelano aree carsiche evaporitiche di rilevante interesse scientifico e didattico-culturale (Tab.1).

Area naturale protetta	Prov.	Data istituz.	Estensione (Ha)	Ente gestore	N. SIC
Riserva Naturale "Grotta di S. Angelo Muxaro"	AG	2000	21	Legambiente Sicilia	-
Riserva Naturale "Torre Salsa"	AG	2000	740	WWF Italia	ITA 040003
Riserva Naturale "Contrada Scaleri"	CL	1997	11,87	Provincia Caltanissetta	-
Riserva Naturale "Monte Conca"	CL	1995	245	CAI Sicilia	ITA 050006
Riserva Naturale "Lago Sfondato"	CL	1998	13,12	Legambiente Sicilia	ITA 050005
Riserva Naturale "Lago Soprano"	CL	2000	59,79	Provincia Caltanissetta	ITA 050003
Riserva Naturale "Lago di Pergusa"	EN	1995	402,5	Provincia di Enna	ITA 060002
Riserva Naturale "Grotta di Entella"	PA	1995	19,86	CAI Sicilia	ITA 020042
Riserva Naturale "Serre di Ciminna"	PA	1997	310,62	Provincia di Palermo	ITA 020024
Riserva Naturale "Grotta di S. Ninfa"	TP	1995	139,37	Legambiente Sicilia	ITA 010022
Riserva Naturale "Lago Preola e Gorgi Tondi"	TP	1998	335,62	WWF Italia	ITA 010005

Tab.1 - Elenco delle riserve naturali che tutelano aree carsiche evaporitiche

Tra queste, cinque riserve naturali sono gestite dalle associazioni ambientaliste che gli Autori rappresentano: il Club Alpino Italiano Sicilia (Grotta di Entella-PA e Monte Conca-CL) e Legambiente Sicilia (Grotta di Santa Ninfa-TP, Grotta di S. Angelo Muxaro-AG e Lago Sfondato-CL). La riserva di Lago Preola e Gorgi Tondi (TP) e quella di Torre Salsa sono affidate in gestione al WWF Italia, quella delle Serre di Ciminna (PA) alla Provincia Regionale di Palermo, le riserve di Contrada Scaleri e di Lago Soprano alla Provincia Regionale di Caltanissetta, quella del Lago di Pergusa alla Provincia di Enna.

Insieme a queste riserve naturali vanno citate anche la Grotta del Vecchiuzzo, geosito puntuale ricadente all'interno del più vasto Parco Regionale delle Madonie, e le aree minerarie solfifere di Floristella - Grottacalda e di Trabonella - Giumentaro, tutelate rispettivamente dal Parco minerario Floristella - Grottacalda (istituito con specifica legge regionale), e dalla Riserva Naturale Regionale Monte Capodarso e Valle dell'Imera meridionale.

I territori delle Riserve Naturali sono funzionalmente distinti in due zone a differente regime di tutela, in funzione delle caratteristiche ambientali e degli obiettivi gestionali: zona A (di riserva), in cui i vincoli sono più

restrittivi, e zona B (di pre-riserva), in cui è previsto uno sviluppo controllato per integrare il territorio circostante nel sistema di tutela ambientale. Per ogni Riserva Naturale è inoltre previsto un Regolamento che disciplina le attività consentite e fissa i divieti. La normativa regionale prevede altresì che per la zona di riserva venga redatto un Piano di Sistemazione (su iniziativa dell'ente gestore), mentre per quella di pre-riserva un Piano di Utilizzazione (di competenza dei Comuni), sottoposti ad approvazione dell'Assessorato Regionale Territorio e Ambiente. Dal momento dell'istituzione della Riserva naturale decadono le previsioni degli strumenti urbanistici preesistenti, e l'unica disciplina vigente è quella contenuta nel regolamento dell'area protetta.

La Regione Siciliana ha previsto di affidare la gestione delle riserve naturali a diversi soggetti: associazioni ambientaliste, Università, Azienda Foreste Demaniali, Province. Ogni ente gestore ha il compito di provvedere alla salvaguardia dell'area, alla promozione della ricerca scientifica ed alla divulgazione dei valori naturalistici del territorio, ed in funzione della diversa natura giuridica dispone di proprie unità di personale e di risorse finanziarie trasferite annualmente dall'Assessorato Regionale Territorio e Ambiente. Il sistema

siciliano di aree naturali protette di interesse geologico e geomorfologico rappresenta certamente un fatto positivo nel panorama nazionale, sia per il numero e l'estensione delle aree, sia per l'importanza assegnata dalla Regione alla tutela e valorizzazione delle aree carsiche, per lungo tempo misconosciute. Inoltre la presenza di un così articolato sistema di gestione può costituire un ottimo punto di partenza per la valorizzazione del fenomeno carsico evaporitico siciliano, ed in particolare per l'attivazione di percorsi tematici e didattici che possano favorire un turismo di tipo scientifico e destagionalizzato.

A fronte delle positive previsioni di legge, peraltro ormai datate, e dei primi risultati ottenuti nelle esperienze gestionali avviate, si registrano purtroppo numerose difficoltà riguardanti sia la politica generale delle aree naturali protette, sia la specificità della gestione delle aree di interesse carsico. Per quanto riguarda il primo aspetto, assumono particolare rilievo da una parte il rapporto stesso con l'Assessorato Regionale Territorio e Ambiente (mancanza di coordinamento generale, assenza di procedure omogenee e ben definite, carenza di strategia generale, ostacoli burocratici, ecc.), dall'altra la presenza di alcune problematiche strutturali finora mai risolte che ritardano il decollo del sistema regionale di aree naturali protette (assenza di piani di gestione, mancanza di risorse finanziarie per interventi strutturali, proprietà privata delle aree e mancata realizzazione delle acquisizioni richieste, ecc.).

Per quanto riguarda il secondo aspetto, va fatto rilevare che la gestione delle riserve naturali "geologiche" condotta dagli enti pubblici non appare sempre attenta alle specificità degli ambienti carsici. Inoltre le perimetrazioni delle riserve non sono nella maggior parte dei casi adeguate alla tutela delle emergenze carsiche, che spesso sono ben più estese rispetto ai confini dell'area protetta, ed i regolamenti andrebbero integrati, sulla base dell'esperienza condotta, con specifiche norme per

una più efficace tutela delle emergenze carsiche. Infine maggiore attenzione andrebbe posta alle attività esterne alle aree protette che possono alterare le emergenze carsiche presenti.

Le aree protette siciliane nelle evaporiti

La varietà dei litotipi gessosi, la loro diversa collocazione geografico-ambientale rispetto all'intera isola e la dimensione dei depositi evaporitici hanno favorito, in Sicilia, lo svilupparsi di singolari e differenti paesaggi carsici.

Trovando pienamente rispondente ai fini di questo lavoro la classificazione dei paesaggi carsici nelle evaporiti della Sicilia basata sugli aspetti morfodinamici-ambientali proposta da MACALUSO *et al.* (2001), è in base ad essa che vengono di seguito descritte le principali emergenze geologiche, carsiche e paesaggistiche delle aree protette oggetto del presente lavoro (Fig. 1).

Riserve Naturali Monte Conca (CL) - Grotta di S. Ninfa (TP) - Grotta di Sant'Angelo Muxaro (AG)

- paesaggi ipogei, collinari e fluviali

Le Riserve Naturali "Monte Conca", "Grotta di S. Ninfa" e "Grotta di Sant'Angelo Muxaro" sono caratterizzate da estesi affioramenti di rocce evaporitiche messiniane a formare diversi rilievi gessosi, più o meno isolati, ricchi di morfologie carsiche epigee ed ipogee. I litotipi gessosi sono costituiti in gran parte da gessi selenitici, ma sono presenti piccoli affioramenti di gesso alabastrino, balatino, di gessoruditi, gessareniti e gessopeliti.

Dominano i *paesaggi ipogei*, motivo principale dell'istituzione delle riserve. I tre sistemi carsici, tutti attivi e tra i più estesi e profondi nei gessi d'Italia, si aprono nei gessi selenitici dell'Unità evaporitica superiore (Messiniano sup.) e sono costituiti da un *inghiottitoio*, ubi-

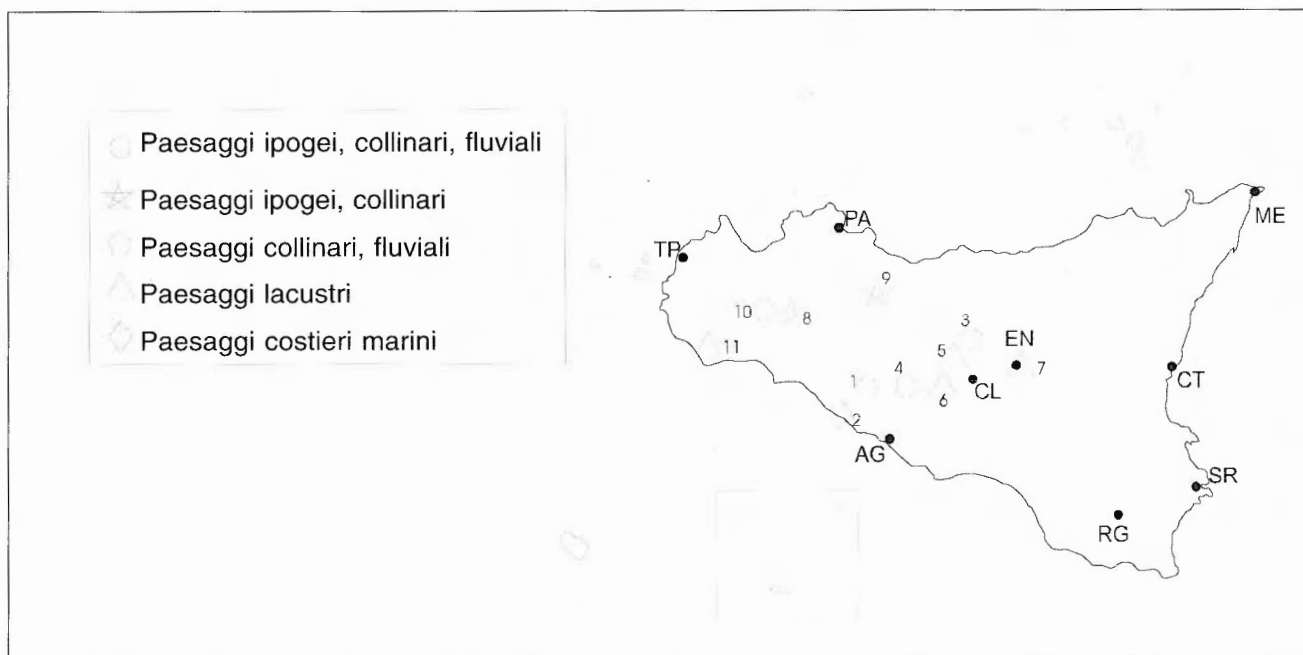


Fig. 1 - Le riserve naturali in aree carsiche gessose, secondo la classificazione morfodinamico-ambientale proposta da MACALUSO et alii, 2001

cato sul fondo di una valle cieca, e da una *risorgenza*. In tutte e tre i sistemi il “collegamento fisico” fra inghiottitoio e risorgenza non è possibile, anche per la presenza di notevoli depositi alluvionali, di natura prettamente argillosa, che riempiono quasi completamente le gallerie terminali. Le cavità si sviluppano su più livelli, di cui solo uno attivo, e sono caratterizzate, nelle linee generali, dalla presenza di gallerie con andamento di tipo meandriforme. Mentre la *Grotta di S. Ninfa* (8000 SI/TP) e la *Grotta di Sant’Angelo Muxaro* (2008 SI/AG) hanno uno sviluppo prettamente orizzontale, la *Grotta di Monte Conca* (3000 SI/CL), con i suoi 4 pozzi-cascata profondi rispettivamente 9, 12, 31 e 26 metri, ha un andamento verticale e si attesta tra le più profonde grotte nei gessi d’Italia (-132 m).

I tre sistemi carsici risultano simili per genesi, per roccia incassante, per stadio evolutivo ed in ognuno è possibile osservare tutte le principali morfologie carsiche ricollegabili ad ambienti sia freatici che vadosi. Meritano un cenno particolare le condotte a pressione, le gallerie anastomizzate, i meandri sfondati, i pozzi-cascata della Grotta di Monte Conca; le

splendide gallerie con sezioni trasversali a “buco di serratura”, i canali di volta, le cupole di dissoluzione per condensa e gli speleotemi della Grotta di Santa Ninfa; le grandi gallerie meandriformi, i saloni di crollo, i laminatoi ed i depositi alluvionali della Grotta di Sant’Angelo Muxaro.

I territori delle tre riserve, per la parte epigea, sono caratterizzati da *paesaggi collinari*. Le pendenze sono variabili ma prevalentemente i profili risultano dolci e ben arrotondati. Le grandi forme carsiche superficiali sono ben rappresentate da valli cieche, doline e forme intermedie. I *karren* sono abbondanti e si presentano ben sviluppati sulle superfici di roccia esposta. Di notevole pregio estetico, oltre che didattico-scientifico, risultano le morfologie epigee, sia a grande che a piccola scala, della Riserva di Santa Ninfa. Inoltre, nel territorio di Sant’Angelo Muxaro sono presenti alcuni tra i più begli esempi di *cupole* nei gessi selenitici.

Subordinato rispetto agli altri due tipi di paesaggio risulta il *paesaggio fluviale* legato alla presenza, nei tre territori protetti, di corsi d’acqua. Interessante sia per le morfologie che per l’ecosistema presente, la valle del Fiume

Gallo d'Oro, affluente del Platani, che taglia da est ad ovest l'intera riserva di Monte Conca e nel quale si riversano le acque della Grotta. Sulla base di quanto detto, i territori delle riserve sopra descritte risultano particolarmente interessanti per l'osservazione e lo studio di: "grandi forme" e karren ("microforme", "piccole forme" e "mesoforme"); principali morfologie carsiche ipogee in ambiente sia freatico che vadoso; morfologie ipogee legate alla dissoluzione per condensa; morfologie ipogee epigenetiche; speleotemi, sia di natura carbonatica che gessosa; ricostruzioni paleo-ambientali.

Riserve Naturali Serre di Ciminna (PA) - Grotta di Entella (PA)
- paesaggi ipogei e collinari

Il vasto territorio delle Serre di Ciminna è caratterizzato da una dorsale gessosa, con andamento NO-SE, in cui è possibile osservare tutti i termini della serie evaporitica. Nell'area protetta domina il *paesaggio collinare*, caratterizzato da versanti piuttosto acclivi e da un rilievo articolato. Molto diffuse risultano le morfologie carsiche superficiali a media e grande scala (inghiottitoi, doline chiuse e aperte, valli cieche, forme intermedie tra doline e valli cieche) e i karren di tipo "libero" e "coperto".

Il *paesaggio ipogeo* è rappresentato dalla più ampia e conosciuta grotta della zona, l'Inghiottitoio di Ciminna (206 SI/PA). La grotta si apre al fondo di una dolina e, dopo un pozzo di circa 12 metri, continua con una breve galleria meandriforme. L'aspetto più interessante è rappresentato dall'abbonante presenza di speleotemi di natura gessosa.

Nella Riserva Naturale Grotta di Entella, anche in considerazione della sua esigua estensione (circa 20 ettari), domina il *paesaggio ipogeo*. L'area protetta è stata istituita per la salvaguardia dell'omonima cavità che si sviluppa all'interno di un modesto ed isolato rilievo monoclinale costituito, principalmente, da gessi selenitici (Unità Evaporitica supe-

riore).

La Grotta di Entella (310 SI/PA), una tra le principali grotte nei gessi della Sicilia, è inattiva e si sviluppa su tre livelli collegati da piccoli pozzi-cascata. Interessante per la ricchezza di concrezioni sia di natura carbonatica che gessosa, pregevoli anche dal punto di vista estetico, per i consistenti depositi alluvionali e per le morfologie epigenetiche (gallerie, canali di volta, pendenti); di particolare interesse scientifico la presenza, sulle pareti e sul soffitto, di numerose cupole dovute all'azione di dissoluzione da parte dell'acqua di condensa. Il territorio esterno s'inquadra nel più tipico dei paesaggi dell'entroterra siciliano, il *paesaggio collinare*, e offre suggestivi panorami.

Sulla base di quanto detto, i territori delle riserve sopra descritte risultano particolarmente interessanti per l'osservazione e lo studio di: *sequenze evaporitiche messiniane complete; morfologie da carso coperto; morfologie carsiche ipogee epigenetiche; speleotemi; depositi alluvionali ipogei; morfologie legate alla dissoluzione per condensa; ricostruzioni paleo-ambientali.*

Riserva Naturale Contrada Scaleri
- paesaggi collinari e fluviali

Il territorio sottoposto a tutela rappresenta solo una piccola porzione di una più vasta area in cui la presenza di gessareniti, gessopeliti e gessi alabastrini ha permesso la genesi di una grande varietà di karren. Dal punto di vista morfodinamico-ambientale nella riserva domina il *paesaggio collinare*. Il territorio si caratterizza per la presenza di versanti argillosi con modeste pendenze, spesso coltivati, ma da cui emergono affioramenti gessosi interamente "scolpiti" dalla lenta azione dell'acqua di scorrimento superficiale.

Subordinato a quello collinare risulta il *paesaggio fluviale*, legato alla presenza del Torrente Vaccarizzo.

Il territorio della riserva risulta particolarmente interessante per le osservazioni e lo studio

di: "piccole forme" e "mesoforme" nei diversi litotipi gessosi; morfologie da carso coperto.

Riserve Naturali Lago di Pergusa (EN) - Lago Sfondato (CL) - Lago Soprano (CL) - Lago Preola e Gorgi Tondi (TP)
- paesaggi lacustri

La riserva *Lago di Pergusa* è stata istituita per la salvaguardia del più esteso bacino lacustre naturale della Sicilia. Il lago, che si estende per quasi 2 km² e che oggi raggiunge una profondità massima di circa 5 metri, è impostato sui terreni arenaceo-argillosi che chiudono l'Unità evaporitica superiore.

La riserva *Lago Sfondato* tutela il piccolo bacino lacustre da cui prende il nome e che è impostato su terreni gessosi e gessarenitici afferenti all'Unità evaporitica superiore. Il lago raggiunge una profondità massima di 13 metri.

Il *Lago Soprano*, ultima traccia di una ben più estesa zona umida ormai scomparsa, è impostato sui Trubi e raggiunge una profondità massima di 2,5 metri.

Infine la riserva *Lago Preola e Gorgi Tondi* è costituita da una serie di piccoli specchi lacustri impostati su terreni calcarenitici.

Tutti e quattro i laghi sono alimentati da falde sotterranee perenni ed hanno in comune il meccanismo genetico imputabile alla subsidenza ed al successivo collasso, in seguito alla dissoluzione dei banchi evaporitici sottostanti, delle rocce affioranti.

Il territorio delle quattro riserve risulta particolarmente interessante per le osservazioni e lo studio di: *doline di subsidenza in roccia; circuiti di alimentazione sub-lacustri.*

Riserva Naturale Torre Salsa (AG)
- paesaggi costieri marini e collinari

La riserva *Torre Salsa* tutela uno dei tratti di costa più suggestivi della Sicilia meridionale. Il suo vasto territorio comprende tratti di falesia costituita da gessi, afferenti all'Unità

Evaporitica superiore, e da calcari marnosi (Trubi).

Le morfologie carsiche epigee presenti nei litotipi gessosi sono influenzate dalla estrema vicinanza dell'acqua del mare, soprattutto dagli spruzzi. Il territorio della riserva risulta particolarmente interessante per le osservazioni e lo studio di: *karren in ambiente marino costiero.*

Azioni per la tutela e la valorizzazione: l'esperienza di gestione del CAI Sicilia e di Legambiente Sicilia

CAI Sicilia e Legambiente Sicilia gestiscono 5 riserve naturali integrali ricadenti in aree carsiche evaporitiche di notevole interesse: Monte Conca e Grotta di Entella (CAI), Grotta di Santa Ninfa, Grotta di S. Angelo Muxaro e Lago Sfondato (Legambiente). Come già evidenziato nella parte relativa alla descrizione delle emergenze geomorfologiche, tali aree costituiscono, in ambito siciliano, un vero e proprio museo a cielo aperto dei fenomeni carsici su substrato gessoso, ponendosi quindi come degli straordinari laboratori per lo studio e per la conoscenza dei fenomeni carsici e dell'evoluzione del territorio e del paesaggio.

Sulla base di queste peculiarità, CAI e Legambiente hanno individuato tra i principali obiettivi da perseguire quello della valorizzazione dei sistemi carsici in un'ottica globale ed interdisciplinare, attraverso la gestione integrata delle componenti geologiche e naturalistiche del territorio, ponendo inoltre una forte attenzione per quelle aree che, pur essendo esterne ai confini dell'area protetta, rivestono una particolare importanza per una adeguata tutela dei sistemi carsici.

L'attività ordinaria di gestione si è articolata in diversi settori di intervento, in funzione delle differenti esigenze di ciascuna area: promozione della ricerca scientifica, sorveglianza del territorio, interventi di tutela e di recupero

ambientale, difesa antincendio, attività di divulgazione dei valori del territorio e di promozione di circuiti turistici, ecc. In particolare vengono citate nel presente lavoro solo alcune delle azioni svolte e dei progetti in corso di realizzazione, specificatamente destinati alla tutela ed alla valorizzazione delle emergenze carsiche.

Relativamente all'aggiornamento delle conoscenze sulle aree tutelate sono state effettuate nuove esplorazioni speleologiche, che hanno condotto in alcuni casi al ritrovamento di nuovi tratti ipogei, e sono stati realizzati i relativi rilievi topografici delle cavità. Sono stati inoltre eseguiti rilevamenti cartografici relativamente alla geomorfologia del territorio (MACALUSO *et al.*, 2000) ed alla flora e vegetazione (PASTA & LA MANTIA, 2001). Quest'ultimo aspetto risulta particolarmente importante dal punto di vista della conoscenza e della gestione interdisciplinare delle aree carsiche. Fatto questo non scontato, se si pensa che l'Assessorato Regionale Territorio e Ambiente non ha autorizzato alcuni studi sugli aspetti vegetazionali, perché ritenuti non rispondenti alle finalità istitutive di riserve naturali d'interesse geologico.

Ampio spazio è stato dato alla divulgazione delle conoscenze, soprattutto nei confronti della popolazione locale, in quanto il grande interesse scientifico di queste aree tutelate era noto solo agli addetti ai lavori. In questo ambito si segnalano in modo particolare la pubblicazione di un opuscolo sulla flora gipsicola (TROIA, 2002), la realizzazione di un volume monografico sugli studi condotti nelle riserve gestite da Legambiente (CASAMENTO, 2001) e la pubblicazione di un *Atlante dei karren nelle evaporiti siciliane* (MACALUSO *et al.*, 2001), redatto dal Dipartimento di Geologia e Geodesia dell'Università di Palermo in collaborazione con Legambiente Sicilia, strumento formidabile per la conoscenza di questi suggestivi micropaesaggi.

Le attività di ricerca applicata alla tutela sono consistite nella realizzazione dei monitoraggi climatici ipogei nelle grotte di S. Ninfa (MADONIA, 2001) e di Entella, che hanno consentito di valutare gli impatti causati dalla fruizione, e di programmare il contingentamento delle visite negli ambienti ipogei; sono stati inoltre effettuati alcuni studi sugli equilibri idrogeologici e sulla gestione delle risorse idriche (FAVARA *et al.*, 2001).

Un altro settore particolarmente attivo è stato quello della didattica e dell'educazione ambientale, necessaria in primo luogo per coinvolgere la comunità locale nel progetto di tutela e di valorizzazione: in questo ambito sono stati realizzati progetti di educazione e sensibilizzazione nelle scuole, preparati diversi moduli didattici specifici per la conoscenza dei gessi e della loro evoluzione, organizzati corsi di aggiornamento per i docenti della scuola primaria e secondaria. Si segnala in particolare l'allestimento di una "roccioteca" a carattere didattico nel futuro centro di educazione ambientale della riserva di M. Conca.

Relativamente invece alla fruizione ed all'attivazione di percorsi turistici tematici, gli enti gestori hanno fin dall'istituzione delle riserve dedicato ampia attenzione all'organizzazione di escursioni e visite guidate alla scoperta delle emergenze geomorfologiche e geologiche.

Elevata è stata infine l'attività progettuale svolta dagli enti gestori, che in questi anni hanno presentato all'Assessorato Regionale Territorio e Ambiente ed all'Unione Europea numerose proposte progettuali finalizzate alla prima infrastrutturazione delle aree protette in gestione: azioni di recupero e riqualificazione ambientale, di promozione della fruizione attraverso la realizzazione di reti sentieristiche per la conoscenza dei fenomeni carsici, di tutela delle emergenze carsiche e naturalistiche. Purtroppo a tutt'oggi molti dei progetti per opere ed interventi strutturali, anche se dotati di copertura finanziaria, non sono stati realizzati per le farraginose procedure attuative individuate dall'Assessorato Regio-

nale Territorio e Ambiente.

I risultati positivi sopra riportati, rimarcati anche dalla Corte dei Conti e dal CRPPN (Consiglio Regionale per la Protezione del Patrimonio Naturale), sono stati ottenuti a fronte di un rapporto spesso molto difficile con l'Assessorato Regionale al Territorio e l'Ambiente, che ha spesso ostacolato la dinamicità e l'entusiasmo delle associazioni affidatarie.

I programmi futuri per la gestione delle riserve in gestione a CAI e Legambiente prevedono, sempre relativamente alla valorizzazione delle emergenze carsiche:

1) l'inserimento dei siti di interesse geomorfologico all'interno della banca dati dei Geositi (MASSOLI-NOVELLI, 2001), che recentemente sta attivandosi a livello nazionale per la catalogazione e la conservazione del patrimonio geologico italiano;

2) la realizzazione di un GeoParco sulle evaporiti, un network tra le aree protette deputato a far diventare sistema le attuali realtà isolate costituite dalle riserve, al fine di proporre chiavi di lettura integrate per la conoscenza dei territori e di organizzare un prodotto da portare sul mercato europeo del turismo naturalistico e culturale;

3) la realizzazione di un Centro Regionale per il Carsismo, finalizzato alla ricerca ed alla promozione di iniziative sui temi del carsismo, della montagna, della speleologia e delle risorse idriche, e sede di una banca dati completa ed aggiornata;

4) l'organizzazione di corsi di formazione per guide speleologico-naturalistiche, in vista di una prossima legge regionale sul turismo che individui e regolamenti tali figure professionali;

5) la realizzazione di percorsi integrati, in ambito regionale, e la programmazione di azioni di sistema, in ambito sia locale che nazionale, ed in collaborazione con aree protette simili per tipologia.

Conclusioni

Il sistema siciliano di parchi e riserve naturali è di tutto rilievo nel contesto nazionale, sia per il numero di aree naturali protette istituite sia per la varietà e ricchezza del patrimonio naturale sottoposto a tutela, sia per il numero dei soggetti istituzionali coinvolti nella gestione.

Tuttavia tanto la normativa regionale di settore quanto il Piano Regionale dei Parchi e delle Riserve non hanno trovato a tutt'oggi piena e compiuta attuazione.

Parti significative delle previsioni di legge sono inapplicate in settori importanti (acquisizione di aree, organizzazione di servizi di vigilanza, erogazione di indennizzi, sostegno alle attività tradizionali, ecc.), molte gestioni appaiono precarie e non fortemente connotate sul piano tecnico-scientifico, manca una strategia complessiva a livello regionale e permangono irrisolti alcuni nodi strutturali che limitano le potenzialità del sistema.

In modo particolare le politiche di conservazione segnano un arretramento anche in relazione all'attuale momento storico caratterizzato da deregulation in materia ambientale, leggi di sanatoria, tagli ai finanziamenti nel settore, mentre si assiste ad una progressiva rinuncia alle azioni di promozione dello sviluppo sostenibile incentrate sulla valorizzazione delle aree naturali protette.

In questo contesto le aree naturali protette di interesse carsico, già in via ordinaria considerate di rango inferiore, si trovano esposte a nuove minacce e rischiano di essere relegate ad un ruolo marginale.

Appare necessario un rinnovato impegno di collaborazione e alleanza tra una pluralità di soggetti (associazioni ambientaliste, mondo della ricerca scientifica, enti locali e pubblici amministratori, organizzazioni di categoria, enti gestori di aree protette) per un complessivo rilancio della politica delle aree protette, che si ponga l'obiettivo di un rafforzamento degli strumenti di intervento, di garantire

idonee risorse finanziarie di sostegno, che sia, per ampiezza e coerenza, adeguato a contaminare le altre politiche settoriali e che faccia da volano per un nuovo modello di sviluppo.

Bibliografia

- ANGELINI A. (Ed.), 1999 – *Risorsa Ambiente. I Parchi, le Riserve, la protezione della natura in Sicilia*. Edizioni Arbor, Palermo.
- BOMMARITO S., CATALANO R., 1973 – *Facies analysis of an evaporitic messinian sequenze near Palermo (Sicily)*. – Messinian Events in the Mediterranean. North Olland, Amsterdam, pp. 172-177.
- CASAMENTO G., 2001 – *Le riserve naturali gestite da Legambiente Sicilia: un contributo alla conoscenza e alla tutela*. Naturalista Sicil., XXV, Suppl., s. IV, 464 pp.
- CATALANO R., 1986 – *Le evaporiti messiniane. Loro ruolo nell'evoluzione geologica della Sicilia*. Il carsismo nelle evaporiti in Sicilia. Le Grotte d'Italia, 13 (4), Bologna, pp. 109-122.
- CHAMLEY H., 1990 – *Sedimentology*. Springer-Verlag, pp. 41-45.
- DECIMA A., WEZEL F., 1971 – *Osservazioni sulle evaporiti siciliane della Sicilia centro meridionale*. Riv. Min. Sic., pp. 130-132, 172-187.
- FORTI P., 1995 – *Salvaguardia e gestione del patrimonio carsico speleologico: il perché di un impegno regionale*. Atti I Convegno Regionale di Speleologia della Sicilia, Ragusa, pp. 419-421.
- MACALUSO T., MADONIA G., PALMERI A., SAURO U., 2001 – *Atlante dei karren nelle evaporiti della Sicilia*. Quaderni Museo Geologico "G.G. Gemmellaro", Dipartimento Geologia e Geodesia, Università di Palermo, 143 pp.
- MADONIA P., 2001 – *Considerazioni preliminari sul monitoraggio di temperatura, umidità e concentrazione di CO₂ nell'atmosfera ipogea della Grotta di Santa Ninfa*. Naturalista Sicil., XXV, Suppl., Ss. IV., pp. 255-269.
- MASSOLI-NOVELLI R., 2001 - *Inventari di geositi in Italia: stato dell'arte*. Geologia dell'Ambiente, 1, SIGEA, Roma, pp. 10-13.
- TROIA A., 2002 – *La flora gipsicola*. Quaderni didattici del CAI Sicilia.

IL TORMENTATO ITER DELL'ISTITUZIONE DEL PARCO NATURALE REGIONALE DELLA VENA DEL GESSO ROMAGNOLA

Luciano Bentini¹ e Piero Lucci²

Riassunto

Nell'ormai lontano 1983 F. Ricci Lucchi e G.B. Vai pubblicavano un lavoro dal significativo titolo *La Vena del Gesso: un' «emergenza», ma in che senso?*, ispirato dal clima di roventi polemiche che vedeva schierati in campo avverso naturalisti e protezionisti a favore dell'istituzione di un parco naturale e contrari alla sua realizzazione amministratori, cavaatori, agricoltori e cacciatori.

Sull'area esistevano già numerosi vincoli paesistici ed archeologici, ma solo all'inizio degli anni '80 le Province di Ravenna e di Bologna prospettarono finalmente alla Regione l'esigenza di istituire il Parco.

In questo lavoro vengono elencati i vari progetti che nell'arco di dieci anni (1982-1992) furono inutilmente elaborati perché lasciati cadere dagli stessi enti pubblici proponenti, malgrado i molti e documentati studi prodotti sulle peculiarità della Vena del Gesso: dalla morfologia carsica al suo interesse culturale dovuto ad altri motivi, dati dai ritrovamenti paleontologici, paleontologici, archeologici e dalle vicende storiche che forniscono preziose testimonianze degli ambienti, delle forme di vita e delle culture succedutesi nel corso di alcuni millenni.

Si elencano inoltre i vari gravi "attentati" subiti dalla Vena e le poche realizzazioni di tutela e valorizzazione.

Si giunge infine ai giorni nostri, prendendo in esame il progetto di legge di iniziativa popolare approvato dai Consigli provinciali di Ravenna e Bologna malgrado la strumentale opposizione degli agricoltori residenti ed inviato alla Regione alla quale spetta il compito di emanare la legge istitutiva.

Parole chiave: Vena del Gesso; Parchi e protezione dell'ambiente carsico, Italia.

Abstract

The hard trial to reach the insitution of the Natural Regional Park of the "Vena del Gesso romagnola"

Long time ago, in 1983 F. Ricci Lucchi and G.B. Vai printed a paper on the hard problems the "Vena del Gesso" had to face to be preserved despite that several laws protected it: this because of two opposite parties strongly fighting each other (cavers and conservationists against farmers, hunters and quarrymen).

Only at in the middle of the 80's the Bologna and Ravenna Provinces as well as the Regional government started a project to settle up this Natural Park.

In the present paper after a short outlook over the different projects presented in the period 1982-1992 the final project recently approved by Bologna and Ravenna is discussed.

Keywords: Vena del Gesso, Natural Parks, karst areas, Italy

Nell'ormai lontano 1983 F. Ricci Lucchi e G.B. Vai pubblicavano un lavoro dal significativo titolo *La Vena del Gesso: un' «emergenza», ma in che senso?*, chiarendo che nel linguaggio tecnico di chi percorre e studia il ter-

ritorio, cataloga beni culturali ecc., un'emergenza è un aspetto, un carattere, un oggetto di particolare significato e che la Vena del Gesso romagnola non manca certo di aspetti naturalistici e culturali che "emergono", ma che pur-

¹ Gruppo Speleologico Faentino

² Speleo GAM Mezzano

troppo vi è anche un'altra emergenza, nel senso di crisi, segnale d'allarme, pericolo di distruzione o per lo meno deturpazione irreversibile di quest'oggetto unico e singolare. E non fu certamente per puro caso che tale lavoro venisse edito mentre infuriava la rovente polemica che vedeva schierati in campo avverso naturalisti e protezionisti a favore di un parco naturale e contrari alla sua realizzazione amministratori locali, agricoltori, cacciatori e cavatori. Malgrado l'idea di salvaguardare la Vena del Gesso risalisse alla metà degli anni Sessanta e l'esistenza di vincoli paesistici ed archeologici, solo agli inizi degli anni Ottanta le Province di Ravenna e di Bologna prospettarono finalmente l'esigenza di istituire il parco alla Regione. Quest'ultima stanziò i fondi per studi e ricerche e nel novembre 1982 fu presentato l'elaborato finale del quale aveva ricevuto l'incarico di coordinatore l'architetto Rino Rosini di Bologna. Di tale progetto i naturalisti contestarono in primo luogo l'affermazione che i parchi e le riserve naturali non debbano escludere aprioristicamente alcune attività umane, comprese quelle che per tradizione hanno svolto un ruolo maggiormente distruttivo per l'ambiente (cioè l'attività estrattiva), criticando inoltre il previsto organo di gestione essenzialmente politico, più sensibile ad interessi di campanile che non a quelli di conservazione e la proposta di istituire, nei territori circostanti l'area protetta, una vera e propria zona di ripopolamento e cattura che avrebbe generato una notevole perturbazione nelle comunità biologiche autoctone. Ma fu soprattutto l'aspra avversione dei residenti sobillati da "gruppi di pressione" facilmente identificabili che con capillare opera di disinformazione e orchestrate campagne allarmistiche dipingevano il parco come il nemico del tempo libero e di qualsiasi attività economica, a far affossare il progetto che parte degli stessi Enti promotori, in primo luogo la Provincia di Ravenna.

Ma il problema si ripropose per l'obbligo fatto alle Regioni dalla "Legge Galasso" di approva-

re i Piani Paesistici Territoriali entro il 31 dicembre 1986; conseguentemente la Vena del Gesso venne inserita in area di "tutela naturalistica generale". Furono così elaborati vari progetti commissionati dalla Provincia di Ravenna tra il 1987 e il 1989, quasi sempre palesi tentativi di eludere la legge e miseramente naufragati o non resi operativi. Anche il progetto di legge che recepiva in toto le richieste e le perimetrazioni elaborate dai protezionisti – in primo piano gli speleologi – presentato dal Gruppo Verde al Consiglio Regionale sul finire del 1992, veniva vanificato dall'inerzia della Provincia di Ravenna.

Nel frattempo la Vena del Gesso continuava a subire gravi attentati, quali i sistematici inquinamenti delle acque ad opera di tre porcilaie, il progetto (sventato su iniziativa degli speleologi) di stoccare rifiuti nocivi e tossici nelle gallerie abbandonate della cava di Monte Tondo, la "cantina"-galleria mineraria KNAUF a Monte Mauro, il traliccio ENEL a Monte Rontana, l'abbattimento dei superstiti ruderi della Pieve di S. Maria Assunta, annessa canonica e cimitero a Monte Mauro (salvo poi ricostruire il tutto in cemento armato e mattoni forati come sta attualmente avvenendo). Rimanevano poi irrisolti tutti i problemi creati dalla presenza della cava di Monte Tondo nel cuore del parco in discussione, individuata dal Piano Territoriale Regionale del 1989 come polo unico per l'estrazione del gesso, scelta ribadita dal Piano Infraregionale della Provincia di Ravenna nel 1991. Conseguentemente le norme di attivazione del Piano Paesistico Regionale hanno stabilito che gli strumenti di pianificazione (PAE) possano prevedere attività estrattiva nelle aree protette qualora sia valutato non altrimenti soddisfacente il fabbisogno dei diversi materiali. In mancanza di qualsiasi serio controllo da parte delle amministrazioni locali a ciò deputate, da sempre la proprietà della cava ha commesso ogni sorta di abuso, provocando danni irreparabili con veri e propri colpi di mano. L'ultimo eclatante episodio divenne di

dominio pubblico quando, il 7 luglio 1992, l'allora sindaco di Riolo Terme Diego Garavini emise un'ordinanza per concedere una sanatoria – abusiva e illegittima – per gli ultimi cinque anni di attività estrattiva (dall'ottobre 1987 al giugno 1992) che non era mai stata autorizzata. La sera precedente, in una pubblica assemblea a Riolo Terme durante la quale gli venne contestata tale macroscopica violazione di legge, Garavini ricevette il diploma di “Porco della Vena del Gesso” istituito dal Gruppo Speleologico Faentino, da conferirsi ai politici che maggiormente si fossero distinti nella devastazione dei Gessi romagnoli. La situazione non è sostanzialmente migliorata da quando la VIC Italia, emanazione della multinazionale inglese BPB, è risultata vincente nei confronti di quella tedesca KNAUF nell'aggiudicarsi, nell'agosto 1993, la proprietà della cava di Monte Tondo messa in vendita dall'ANIC Partecipazioni del Gruppo ENICHEM.

Poiché le vicende che si susseguirono negli ultimi dieci anni sono oggetto di un lavoro specifico al quale si rimanda (ERCOLANI *et alii*, in questo volume), ci si limita in questa sede a prendere atto di quali siano le prospettive, tutt'altro che rassicuranti, che emergono dal voluminoso elaborato dell'Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente di Bologna, commissionata dalla Provincia di Ravenna e finanziata dalla proprietà della cava con un costo di 200 milioni (più I.V.A.) delle vecchie lire. Nel voluminoso elaborato (160 pagine e 16 tavole) (ARPA, 2001), reso noto al pubblico nell'aprile 2002, lo scenario futuro ipotizzato – ma di fatto a breve termine esecutivo – rimette purtroppo in discussione quanto si riteneva fosse stato definitivamente acquisito per evitare ulteriori scempi nell'area di Monte Tondo: infatti, per consentire alla BPB di poter estrarre circa 4-4,5 milioni di metri cubi di gesso onde garantire la sopravvivenza della cava e degli stabilimenti ad essa collegati per circa trent'anni, l'impatto ambientale sarà devastante, comportando tra

l'altro un abbassamento del crinale di 20-30 m da est a ovest. Scontata, come prevedibile, la soddisfazione degli amministratori locali, mentre per le Associazioni speleologiche con la realizzazione del progetto dell'ARPA s'ingigantiranno il degrado e i danni irreversibili provocati all'emergenza gessosa dallo sfruttamento industriale. Quest'ultimo doveva essere subordinato alla salvaguardia dell'ambiente; danni che per i nostri amministratori sono eufemisticamente definiti “modificazioni ambientali”, a cui però niente e nessuno saprà mai porre rimedio, meno che mai gli architetti e gli altri “professionisti del paesaggio” che ipotizzano piani di recupero arrivando ad affermare, come avvenuto in un recente passato, che “la natura si può migliorare”.

A fronte di tanti guasti e problemi irrisolti, ben poco di positivo c'era da mettere sull'altro piatto della bilancia: l'istituzione del Parco Naturale Carné, del Parco Carsico Grotta Tanaccia, del Centro di Documentazione della Vena del Gesso nella Rocca di Riolo Terme e l'inizio dei lavori del progetto Elmi-Vai, elaborato nel lontano 1989, per recuperare la cava del Monticino di Brisighella trasformandola in Parco-Museo geologico. A divenire Centro di Documentazione era destinata anche l'ex Scuola di Zattaglia, da alcuni anni ristrutturata con fondi pubblici a tal fine espressamente stanziati, ma di fatto a tutt'oggi utilizzata come sede di un locale Centro sociale. Nessun altro risultato di rilievo ottennero però i numerosi e qualificati studi comparsi su pubblicazioni aventi lo scopo di sensibilizzare gli amministratori locali, i residenti e l'opinione pubblica sulle peculiarità della Vena del Gesso; non solo il suo interesse naturalistico per la morfologia carsica unita ai caratteri mineralogici del substrato, ma anche quello culturale dovuto ad altri motivi, dati dai ritrovamenti paleontologici, paleontologici, archeologici, antropologici e dalle vicende storiche che forniscono preziose testimonianze degli ambienti, delle forme di vita e delle culture succedutesi nel corso di alcuni millen-

ni nel suo territorio. Tali peculiarità, ampiamente documentate in un lavoro edito dieci anni or sono, al quale pertanto si rimanda (BENTINI, 1993, con precedente bibliografia), vengono qui di seguito riprese in esame sinteticamente, con aggiornamenti riguardanti quanto è emerso dalle più recenti ricerche in campo scientifico e rinviando per gli approfondimenti alla bibliografia essenziale citata.

- Per quanto riguarda la Geologia, la "emergenza" Vena del Gesso è stata oggetto d'innumerabili lavori scientifici e divulgativi che, anche soltanto fornendone un elenco in bibliografia, comporterebbero in questa sede uno spazio eccessivo. Un breve, sintetico, inquadramento con riferimento in particolare ai rapporti tra tettonica e speleogenesi, è con-

tenuto in un lavoro specificamente a ciò deputato (BENTINI, 2003) al quale si rimanda. Ci si limita perciò a mettere in evidenza uno degli aspetti peculiari di questo ambiente naturale: il suo profilo tipico e classico costituito nella sua forma elementare (Monte Penzola, Riva S. Biagio, Monte Tondo) da un diedro o saliente morfo-paesistico roccioso volto a sud confinato da morfologie più dolci a settentrione, e da quella composita (Monte Mauro, Parco Carné, Monte Rontana) da una serie di salienti rocciosi separati da doline, frutto di interferenza fra sistemi di faglie sub-ortogonali. È da segnalare però il recentissimo contributo di ROVERI *et alii* (2003) che offre una nuova lettura dell'evoluzione tettonica della Vena del Gesso (Fig. 1), ipotizzando che

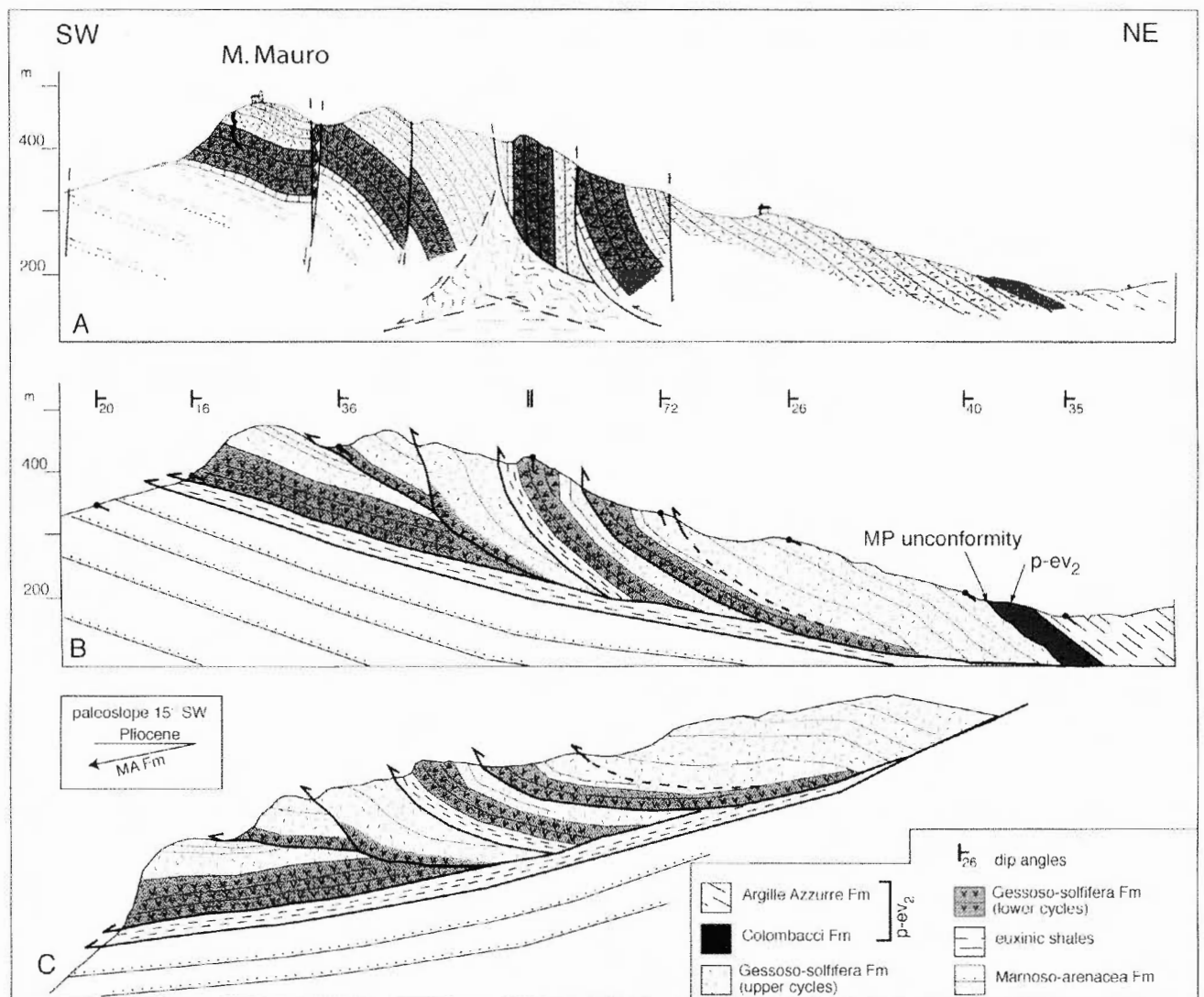


Fig. 1 - La più recente (e convincente) lettura interpretativa dell'assetto strutturale della Vena del Gesso romagnola ad opera di ROVERI *et alii* (2003).

il suo assetto attuale sia frutto di scivolamenti gravitativi in ambiente subacqueo. Secondo questa ipotesi le ripetizioni della serie evaporitica attualmente riscontrabili sono precedenti alla fase di sollevamento definitivo e non frutto di quest'ultimo.

- Per quanto riguarda la Paleontologia, a partire dal 1985 nella cava del Monticino di Brisighella furono portati alla luce straordinari resti fossili di età messiniana finale (circa 5,5-5 Ma fa) di specie faunistiche di ambiente continentale scomparse da tempo (Fig. 2): antilopi, rinoceronti, cavalli, formichieri, scimmie, iene, oltre ad un numero elevatissimo di piccoli roditori ed insettivori. Questi resti fossili furono rinvenuti in sedimenti prevalentemente argillosi che avevano riempito erosioni paleo-carsiche risalenti a 5,5/5,3 Ma fa, costituenti un ambiente favorevole per rapaci e per molti altri animali durante l'emersione intramessiniana della Vena del Gesso, prima che tale ambiente fosse nuovamente sommerso dall'inondazione della massa d'acqua salmastra dell'immenso lago mare, noto come "Paratetide", comprendente l'intera Pianura pannonica, il Mar Nero, il Mar Caspio e il Lago d'Aral. Partendo dalla composizione della fauna, è risultato che molte delle specie rinvenute nella cava del Monticino mostrano una provenienza sud-orientale, dalla Penisola Balcanica e dall'Asia Minore, mentre sono scarse, invece, le affinità con le faune terrestri dell'Europa centro-occidentale, coerentemente con l'imponente "inondazione" dalla Paratetide fino all'Alto Adriatico nel Messiniano tardo.

La straordinaria scoperta fornì tra l'altro l'occasione per lo svolgimento a Faenza, nel marzo 1988, del Congresso Internazionale "Continental Faunas at the Miocene/Pliocene Boundary", promosso dalle Università di Firenze e di Bologna e dal Museo Civico di Scienze Naturali di Faenza, i cui Atti sono stati pubblicati l'anno successivo nel Bollettino della Società Paleontologica Italiana. Un lavoro di sintesi e di aggiorna-



Fig. 2 - Tonino Benericetti, autore della scoperta della eccezionale fauna messiniana a mammiferi del Monticino di Brisighella, al lavoro sul "tetto trasgressivo carsificato" della Formazione Gessoso-solfifera nella cava di gesso aperta immediatamente alle spalle del Santuario della B. V. del Monticino di Brisighella (foto di G. P. Costa, scattata nella seconda metà degli anni '80).

mento è stato inoltre presentato recentissimamente da ROOK & DELFINO con premessa di inquadramento geologico, aggiornata al 2003, di COSTA (c.d.s.).

- Per quanto riguarda la componente florofaunistica, ci si limita a ricordare che a Monte Mauro nidificano varie specie di rapaci, tra cui il gufo reale, e si registrano alcune interessantissime presenze entomologiche, e che vi sono le uniche stazioni nell'Europa occidentale della *Cheilantes persica* (Fig. 3), una piccola rarissima felce, relitto di epoca terziaria sopravvissuta all'ultima glaciazione o, secondo una recente ipotesi alternativa, introdotta



Fig. 3 - *Cheilantes persica* (Foto C. Pollini, Speleo GAM).

involontariamente tramite spore rilasciate dalle vesti dei Bizantini nel VI sec. d.C., all'epoca dell'Imperatore d'Oriente Tiberio II (578-582), che lungo la Vena del Gesso organizzò una linea fortificata contro l'invasione longobarda (*limes tiberiacus*). Ad ogni modo, note e riconosciute da tempo sono la ricchezza e la peculiarità della flora, della fauna e degli habitat della Vena del Gesso, tali che la zona è stata recentemente riconosciuta quale Sito di Importanza Comunitaria (SIC) per la conservazione del patrimonio ambientale europeo.

- La Vena del Gesso è ricca di testimonianze antropiche pre-protostoriche, con una serie di giacimenti all'interno di alcune cavità naturali, fra le quali emergono la Grotta del Re Tiberio, la Tanaccia di Brisighella e la Grotta dei Banditi.

La prima fu portata all'attenzione degli studiosi in seguito agli scavi archeologici eseguiti tra il 1865 e il 1870 da Giacomo Tassinari, Domenico Zauli Naldi e Giuseppe Scarabelli; fondamentale è ancora oggi quello

praticato da quest'ultimo, che si spinse fino alla profondità di 4,96 m (SCARABELLI, 1872). Il riesame effettuato recentemente dei numerosi reperti e dei dati di scavo (BERTANI *et alii*, 1994; AA.VV., 1996) ha permesso di formulare un'attendibile ipotesi sulle varie fasi di frequentazione della grotta e sulle modalità di utilizzazione: nelle età più remote (tardo Eneolitico – antica Età del Bronzo) la cavità servì come luogo di sepoltura. Tra il XVII e il XII sec. a.C. (Età del Bronzo medio e recente), l'uso sepolcrale cessò e la cavità fu frequentata probabilmente a scopo abitativo. Nell'Età del Ferro, se non già a partire dalla tarda Età del Bronzo, la grotta fu oggetto di manifestazioni di indole religiosa, forse legate allo sgorgare di acque salutari probabilmente raccolte in alcune vaschette nella parete presso l'ingresso (Fig. 4), a partire dal VI sec. a.C., col diffondersi del popolamento "umbro" della Romagna; l'esistenza di tale culto è confermata dalla presenza di tre statuette votive di bronzo del V-IV sec. a.C. e dai numerosi vasetti miniaturistici in ceramica d'impasto

(oltre 800) interpretati come stipe votiva, venuti in luce nei livelli intermedi, tra circa 1 e 3 m di profondità, le cui tipologie trovano buoni confronti nella facies umbro-romagnola di VI-V sec. a.C.

Dal IV sec. a.C. compaiono i Celti; una traccia della loro devozione è rappresentata da uno dei tre bronzetti, maschili, che reca al collo un torquis, tipico collare portato dai nuovi dominatori della Pianura padana.

A partire dal I sec. a.C. poi il culto delle acque di sorgente derivato dal loro uso terapeutico venne rinvigorito e perpetuato dai coloni romani stanziatisi nella valle del Senio.

Il riconoscimento dell'interesse archeologico della Tanaccia di Brisighella si deve allo speleologo triestino Giovanni "Corsaro" Mornig e al faentino dott. Antonio Corbara, che nel 1935 vi effettuarono un sondaggio rinvenendo vasi fittili protostorici, tra cui tre piccoli

boccali con ansa a gomito.

Una gran quantità di reperti, fra i quali si segnalano vasellame ceramico, strumenti ed armi litiche, d'osso e di rame, venne in luce solo vent'anni dopo con gli scavi ufficiali promossi dalla Soprintendenza Archeologica (SCARANI, 1962). I materiali archeologici provenienti da vari livelli fino alla profondità di 4 m attestano una frequentazione umana che risale forse al tardo Eneolitico, ma è particolarmente intensa e qualificata nel Bronzo antico iniziale con l'incontro di varie correnti culturali: la produzione vascolare è infatti in parte simile tipologicamente (ma ad essa estranea) alla facies di Polada, vi sono esemplari di tradizione lagozziana o che presentano fogge e decorazioni dello stile di Conelle, mentre altri ancora sono stati interpretati come una tarda rielaborazione locale della cultura del vaso campaniforme (FAROLFI, 1976;



Fig. 4 – L'ingresso della Grotta del Re Tiberio nei pressi di Borgo Rivola, sulla parete di sinistra si notano le vaschette di probabile origine protostorica (Foto P. Lucci, Speleo GAM).

BERMOND MONTANARI, 1990, 1996; MASSI PASI & MORICO, 1997,1998). L'ipotesi che riscuote i maggiori consensi tra gli studiosi è che in età pre-protostorica la Tanaccia sia stata utilizzata come luogo di sepoltura, essendovi state rinvenute, sparse un po' ovunque, ossa umane quasi sempre smembrate o frammentate, alcune delle quali semi-combuste.

Nella fase finale dell'antica Età del Bronzo (tra il 2000 e il 1700 a.C. circa) la cavità venne abbandonata per motivi che alcuni studiosi ritengono culturali, ma che potrebbero invece essere stati determinati da imponenti crolli verificatisi a causa di un forte sisma o di una crisi climatica. Comunque sia, si riscontra uno hiatus cronologico nei secoli relativi al Bronzo medio (1650-1300 a.C.); infine durante l'Età del Ferro, durante il popolamento "umbro" della Romagna, la grotta fu frequentata solo sporadicamente, come atte-

stano i pochi materiali rinvenuti nei livelli superficiali che contengono anche reperti di età romana.

Nella Grotta dei Banditi, che si apre nella falesia volta a sud di Monte Mauro, il G.S. Faentino eseguì nel 1973 un saggio di scavo che, nel settore indagato, si spinse fino alla profondità di 3 m. In base ai dati emersi da tale scavo e in considerazione della sua felice ubicazione naturalmente difesa e dell'esposizione a mezzogiorno, è stata formulata l'ipotesi che la piccola cavità naturale sia stata utilizzata come abitazione per un arco di tempo che copre probabilmente gli ultimi secoli dell'antica Età del Bronzo: in tal senso dovrebbero essere interpretati l'ininterrotta serie di focolari contenenti grandi quantità di carbone, cenere ed ossami semi-combusti (resti di pasto) e frammenti ceramici (Fig. 5) che, ricomposti, hanno restituito ollette in cerami-



Fig. 5 - Reperti protostorici provenienti dalla Grotta dei Banditi, risalenti al Bronzo antico (XXIII-XVII sec. a.C.): 1) vaso a collo cilindrico di fattura particolarmente accurata; 2) olletta usata per cuocere cibi; 3) vaso da mensa di forma aperta in ceramica semifine per uso alimentare; 4) piccolo vaso in terracotta in ceramica fine (Foto M. Ercolani, Speleo GAM).

ca grezza usate per cuocer cibi, grandi vasi adatti a contenere liquidi e prodotti agricoli e vasi da mensa in ceramica fine e semifine.

Il ritrovamento dei pochi frammenti di ossa umane in buona parte bruciate, riconducibili ad almeno quattro individui, mescolati ai frammenti fittili ed agli ossami di animali all'interno dei focolari, fornirebbero un indizio che nella grotta si svolgessero sacrifici umani, ma non riti connessi a sepolture.

Le testimonianze archeologiche sembrano interrompersi per più di mille anni: anche nel caso della Grotta dei Banditi si verifica infatti un abbandono da imputarsi probabilmente al grande crollo che ha interessato il suo ingresso e che sembra essere coevo a quello di altre grotte della Vena del Gesso, tra cui la Tanaccia. Una sporadica frequentazione riprese solo con la seconda Età del Ferro: i ritrovamenti di questo periodo, piuttosto scarsi ed effettuati in corrispondenza degli strati più superficiali, sono riferibili forse agli "Umbri" che utilizzarono la grotta per i loro riti (BENTINI, 2002).

Anche grotte di più difficile accesso, talune delle quali con sviluppo prevalentemente verticale, hanno rivelato recentemente elementi che attestano una loro frequentazione da parte dell'uomo in età pre-protostorica. Si ricorda ad esempio una piccola cavità con nicchie e vaschette scavate nella roccia (Grotta del Falco) individuata a poca distanza dalla Tana del Re Tiberio: i materiali ceramici contenuti vi di cronologia oscillante tra l'Età del Rame avanzata e gli inizi del Bronzo antico fanno inoltre arretrare l'inizio della frequentazione della cavità, anche se è difficile dire se già a fini culturali, essendo tali materiali non chiaramente distinguibili da quelli di un abitato (PACCIARELLI, 1994).

Nella seconda Età del Ferro furono frequentate, probabilmente per compirvi riti la cui natura ci sfugge, altre grotte fra le quali si segnalano in particolare l'Abisso Ricciardi, ove nel 1992 il G.S. Faentino rinvenne una scodella-coperchio fittile, ed una grotticella a

pozzo sotto il castello di M. Mauro, ove nel 1996 fu raccolta un'olletta-bicchiera in ceramica d'impasto a corpo ovoide con piccole prese a sporgenza sotto l'orlo: reperti che sono chiaramente in relazione con le testimonianze archeologiche di VI-V sec. a.C. lasciate da genti centro-italiche, il cui flusso migratorio, investendo la Romagna, dette un impulso decisivo e radicale al suo popolamento (BENTINI, 1999a).

Un caso a sé stante costituisce la Grotta della Lucerna a Monte Mauro, la cui recente scoperta (novembre 2000) ha dato origine ad uno dei più enigmatici capitoli dell'esplorazione archeologica della Vena del Gesso: la cavità presenta infatti numerosi tratti allargati dall'uomo, verosimilmente in antico, a partire da fratture naturali preesistenti.

Il rinvenimento di quattro frammenti di una lucerna fittile romana, che per tipologia è riferibile alla tarda età augustea (I-II sec. d.C.), in mezzo ai sedimenti di argilla frammisti a blocchi di gesso ha fatto ipotizzare che anche i lavori di adattamento siano stati effettuati in epoca romana; un elemento a favore di tale ipotesi è la tecnica di scavo, testimoniata dalla tipologia delle incisioni (solchi verticali ad arco ravvicinati e paralleli) perfettamente conservatisi sulle pareti, le quali presentano numerose analogie con quelle visibili nei cunicoli ipogei dell'acquedotto romano di Bologna (DEMARIA, 2000; MARABINI, 2000). Sta di fatto che si tratta di un'operazione complessa e di lunga durata, anche se lo scopo che si prefiggevano gli ignoti "minatori" resta avvolto nel mistero, che si infittisce ulteriormente per il fatto che, per ragioni altrettanto ignote, i tratti modificati furono poi riempiti con detriti, spessi alcuni metri, prodotti dalle operazioni di scavo.

Ai depositi in grotta si aggiungono i reperti rinvenuti in superficie casualmente e privi di contesto, ma tali da suffragare l'ipotesi che la Vena del Gesso costituisse in età pre-protostorica un'importante via di comunicazione trasversale alle valli. Non erano però stati indivi-

duati insediamenti veri e propri fino a quando, a fine ottobre 2001, il G.S. Faentino ha rinvenuto a M. Mauro, lungo una parete sub-verticale, sedimenti di origine antropica contenenti frustoli di carbone e frammenti di ceramica inglobati in una frana che ha coinvolto i livelli archeologici di un sovrastante stretto pianoro situato poco al di sotto della linea di cresta. Una parte consistente di frammenti fittili si trovava inoltre sulla superficie di un cono detritico all'interno di una grotticella che si apre alla base dello strapiombo. I reperti sono riferibili per tipologia a vasellame del Bronzo medio, una fase della protostoria documentata nella Vena del Gesso soltanto alla Tana del Re Tiberio.

- Un aspetto della Vena del Gesso al quale fino a pochi anni fa non era stato dato il giusto rilievo è quello di carattere storico/militare. L'affioramento selenitico costituì in epoca storica un baluardo di grande importanza strate-

gica a partire dal V-VI sec. d.C., quando sembra che anche in questi luoghi si combattesse la lunga guerra (535-553) tra Goti e Bizantini, che portò alla riconquista giustiniana dell'Italia.

Un'importanza primaria la Vena del Gesso l'ebbe però certamente pochi anni dopo in seguito all'invasione longobarda, che dalla Toscana minacciava la stessa capitale dell'Esarcato, Ravenna. Ciò spiega la risolutezza con la quale l'imperatore Tiberio II (578-582) fece fortificare una linea difensiva – chiamata in suo onore *limes tiberiacus* – attestata sui rilievi della Vena. Da qui partì tra l'altro la controffensiva ravennate che respinse i longobardi da Imola e Modena. Né miglior sorte ebbe la ripresa delle ostilità all'epoca di Liutprando nel 727, che non riuscì a scardinare le fortificazioni del *limes* incentrate sul presidio militare di Faenza.

La Vena del Gesso fu dunque la prima “Linea



Fig. 6 - Foto aerea eseguita nella primavera del 1945 dalla RAF che documenta parte della Riva di S. Biagio, nel settore della Vena del Gesso compreso tra il fiume Santerno ed il fiume Senio. La Vena del Gesso fu baluardo fortificato dei Tedeschi contro il quale fu impegnato il Gruppo di combattimento “Folgore”.

Gotica” (o meglio “Longobardica”) e vari autori da tempo sostengono che il sistema di castelli e rocche medievali, i cui ruderi svettano tuttora sulla dorsale selenitica, siano in realtà una sovrapposizione a precedenti fortificazioni bizantine (PADOVANI, 1996, 1999). Universalmente conosciuta è invece la Linea Gotica della Seconda Guerra Mondiale (Götenstellung), sistema difensivo tedesco che tagliava l'Italia per una lunghezza di 320 km dalle rive del Tirreno (all'altezza di Massa Marittima) a quelle dell'Adriatico (pochi km a sud di Rimini), l'ultimo ostacolo che impediva agli Alleati di dilagare nella Pianura padana. In seguito agli attacchi della V Armata americana sul versante toscano e principalmente dell'VIII Armata britannica su quello adriatico il tracciato subì diversi arretramenti verso nord, ma venne sempre coerentemente definito Linea Gotica. All'altezza del Senio e del Santerno, nell'inverno 1944 la spinta degli Alleati si esaurì in corrispondenza della Vena del Gesso, frettolosamente fortificata dai Tedeschi poiché questo tratto del fronte risultava di particolare sensibilità e delicatezza, rappresentando il settore di saldatura fra il dispositivo appenninico e quello di pianura della Linea Gotica. Così la linea del fronte ristagnò fino all'aprile del '45, quando gli Alleati scatenarono l'offensiva che stroncò l'ultima resistenza tedesca con la conseguente capitolazione che pose fine alla guerra in Italia (Fig. 6).

Tornando al tormentato iter istitutivo del parco della discordia, riprendiamo le mosse dal 1997, anno in cui l'Amministrazione Provinciale di Ravenna sottoponeva, perché fosse discusso, alle comunità locali, l'ennesimo progetto preliminare di Piano Territoriale del Parco della Vena del Gesso, promosso da tutti gli enti territorialmente interessati, compresa la Regione, e redatto da uno staff tecnico coordinato dall'architetto Ermino Ferrucci; proposta che – come riconosciuto dallo stesso assessore provinciale all'ambiente

Vittorio Ciocca – ne ridimensionava e riduceva l'ampiezza a quelle che sarebbero state le effettive aree naturalistiche. L'area destinata a parco si sarebbe limitata a soli 1.480 ettari (contro i 6.000 del vecchio “Progetto Rosini”) suddivisa in tre zone: la prima, ridottissima, coincidente con l'orrido del Rio Basino; la seconda, di protezione generale, comprendente l'emergenza gessosa, ove sarebbero state vietate nuove costruzioni o ampliamenti di quelle esistenti e sarebbe stata permessa un'attività agricola non estensiva; la terza con una protezione più attenuata dove sarebbero state consentite costruzioni ed ampliamenti compatibili con l'attività del parco. Infine veniva individuata una “area contigua” di circa 3.852 ettari, per la quale l'unico vincolo sarebbe stato rappresentato dal parere che sui piani regolatori comunali avrebbe dovuto esprimere l'Ente Parco, un consorzio da costituirsi ad opera degli enti locali.

Le Associazioni naturalistiche e protezionistiche faentine (WWF, Italia Nostra, Legambiente e G.S. Faentino) ed il CAI di Imola, ritenendo che la proposta fosse carente e lacunosa dal punto di vista della tutela del territorio, inoltravano alla Provincia una serie di osservazioni molto critiche, che qui di seguito si sintetizzano:

- la zona di massima tutela avrebbe dovuto essere estesa a diversi altri ambienti, sia pur di limitata estensione, ripetutamente segnalati per le loro peculiari caratteristiche;
- la cosiddetta “zona B” si limitava praticamente alle rupi del versante nord ed al crinale principale, mentre avrebbe dovuto estendersi ad altri importanti settori;
- non venivano recepiti i vincoli istituiti con i decreti ministeriali emanati ai sensi della L. 29/6/1939 n° 1497 e dal Piano Territoriale Paesistico Regionale;
- i confini proposti, anziché avere una visione unitaria dell'area da proteggere, erano stati tracciati tenendo in considerazione quelli di proprietà: così ad es. la cava di Monte Tondo veniva stralciata non sulla base dell'area sog-

getta ad attività estrattiva e quindi già compromessa, ma ricalcando i confini molto più ampi dell'intera proprietà;

- le cosiddette "aree contigue" apparivano come un'invenzione infelice e cervellotica senza alcun riscontro nelle normative esistenti in materia, tendenti anzi a svuotare di contenuto il concetto stesso di parco naturale.

In conclusione, questo progetto non garantiva alcun reale progresso nella salvaguardia del territorio, ma segnava anzi un passo indietro dando vita solo ad un simulacro di facciata; inoltre appariva come un prematuro esercizio di Piano Territoriale del Parco che scavalcava le competenze dell'Ente di gestione, ancora da istituire.

Il dibattito apertosi non superò comunque la situazione di stallo, poiché le distanze fra gli enti promotori ed i residenti, così come con le associazioni di categoria – agricoltori e cacciatori in primo luogo – non si ammorbidirono. D'altra parte, mentre la Comunità Montana dell'Appennino faentino aveva approvato a larga maggioranza il documento, i sindaci delle vallate del Lamone e del Senio si erano pronunciati in modo diverso, con una presa di posizione netta e decisamente favorevole al parco soltanto da parte dell'allora sindaco di Riolo Terme Valeriano Solaroli.

Anche nel mondo ambientalista non vi era unanimità, ritenendosi da parte di alcune associazioni che, pur essendo il nuovo progetto limitato per quantità di aree da tutelare, fosse meglio partire con pochi ettari che continuare a rimandare, mentre i più oltranzisti – fra i quali uno degli autori della presente nota (L.B.) – provocatoriamente sostenevano che un tale parco non si dovesse fare perché c'era il rischio che non recepisse, o addirittura aggirasse, i vincoli della normativa preesistente ed inoltre perché un parco fatto male può essere peggio di niente (BASSI, 1994; BENTINI, 1999b).

Così stando le cose, nel marzo 1998 l'allora presidente della Provincia di Ravenna Gabriele Albonetti, nel suo intervento in

occasione dell'inaugurazione del Centro di documentazione della Vena del Gesso a Riolo Terme, riconosceva che mentre si assisteva ad un vero e proprio proliferare di iniziative collaterali ad opera di comitati di volontari, citando come esempi il Parco naturale Carné, il Parco carsico della Tanaccia di Brisighella, "Speleopolis" di Casola Valsenio ed i precedenti raduni, il nocciolo dell'idea, e cioè l'istituzione del parco, non era mai stato raggiunto per le carenze dell'ente pubblico istituzionalmente preposto. E riconoscendo che un parco fatto male non è meglio di niente, ma anzi può risultare controproducente, per arrivare ad un'idea di parco condivisa e non imposta proponeva di ripartire da zero e invitava a vedere il parco stesso sotto un'ottica nuova, quella cioè basata non sui vincoli, ma sulle opportunità di sviluppo, di incentivi e di nuove risorse.

Nel tentativo di superare l'empasse, nel Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Ravenna, adottato dal Consiglio Provinciale il 29 giugno 1999, successivamente adottato dalla Giunta e vigente dal 23 febbraio 2000, veniva inserito un nuovo elaborato corredato da una cartografia (pressoché illeggibile) illustrante l'ennesima proposta di zonizzazione del Parco della Vena del Gesso. Essendone fortunatamente venuti a conoscenza, il G.S. Faentino e lo Speleo GAM Mezzano, lamentando che ancora una volta, secondo una prassi consolidata, da parte degli estensori del progetto si manifestava la volontà di escludere le associazioni naturalistiche, decidevano di intervenire comunque rivendicando il diritto di essere coinvolti.

A tempo di record veniva elaborata una controproposta di parco (G.S. FAENTINO, SPELEO GAM MEZZANO, 2000) nella quale veniva contestato, poiché in netto contrasto con le peculiarità della Vena del Gesso, il progetto di zonizzazione "a pelle di leopardo", che inseriva ampie fasce in "zona C", a protezione attenuata, nel cuore dell'affioramento selenitico, come previsto ad es. per i "Gessi di

Brisighella” tra i Tre Colli e Case Trebbio-Varnello. Inoltre non si teneva nel debito conto l’esistenza dei ben noti vincoli gravanti sull’area, come nel caso del settore di Monte Tondo con il grandioso complesso carsico facente capo alla Tana del Re Tiberio.

Nel lavoro delle associazioni speleologiche venivano cartografate dettagliatamente, usando come base la C.T.R. 1:5000, la forra del Rio Basino, la rupe di Castelnuovo-Rio Cavinale ed i canaloni sud compresi tra la prima e la terza cima di Monte Mauro (la cui estensione complessiva non supera i 25 ettari), per i quali veniva richiesto il massimo grado di tutela, date le peculiari caratteristiche geomorfologiche ed ambientali che li rendono habitat unici non riscontrabili altrove a scala europea: le prime due aree conservano, infatti, un singolare connubio di elementi mediterranei e centro-europei rari, favorito dal condizionamento microclimatico indotto dalle grotte; il canalone rappresenta invece il più spettacolare esempio di falesie a carattere mediterraneo della Vena del Gesso, con rara ma diversificata vegetazione e presenze uniche quali la felce *Cheilantes persica*.

Quanto alla “Zona B” di protezione generale, in essa doveva necessariamente comprendersi l’intero affioramento gessoso che si sviluppa tra Lamone e Sillaro, poiché la Vena del Gesso consiste in un’unità geomorfologica e fitogeografica avente carattere di omogeneità e continuità: a livello di pianificazione, ciò che avvalorava tale necessità concilia infatti le due caratteristiche fondamentali di preservare l’integrità dei corridoi ecologici esistenti (forre, foreste, affioramenti rocciosi e incolti) e la continuità dei sistemi carsici (doline, valli cieche, inghiottitoi, risorgenti) che costituiscono l’ossatura e la vera continuità ambientale della Vena del Gesso. Sull’allegata cartografia in scala 1:25.000 veniva tracciata la perimetrazione proposta, comprendente anche la “Zona C” di protezione ambientale, con alcuni insediamenti rurali e aziende agricole, aree di elezione per forme di valorizzazione turistica e culturale ecocompatibili, cioè nel rispetto

di generali finalità ambientali, rese ancor più necessarie dalle diffuse condizioni di vulnerabilità idrogeologica e, talora, di instabilità dei versanti. Non si riteneva invece opportuno formulare proposte per l’area da destinarsi a parco.

Va sottolineato che il progetto di parco elaborato dagli speleologi è stato il solo proposto in alternativa a quello di iniziativa popolare, mentre da parte delle pur numerose associazioni ambientaliste gli interventi si sono limitati a generiche manifestazioni di protesta.

La proposta contenuta nel Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale veniva però superata da un nuovo progetto di legge, questa volta di iniziativa popolare, di cui si erano fatte promotrici le Amministrazioni provinciali di Ravenna e di Bologna sia perché si rischiava di perdere i previsti finanziamenti, sia tenendo conto della proposta di riconoscimento di Sito di Interesse Comunitario (D.M. 3 aprile 2000, n. 65) ai sensi delle Direttive 92/43/CEE “Habitat” e 79/409/CEE “Uccelli”, il che rendeva ancor più opportuna e urgente l’istituzione di un’area protetta. La bozza definitiva del progetto di legge e il Documento programmatico del parco, datati 5 marzo 2002, venivano illustrati nella primavera successiva nel corso di numerosi incontri ai quali venivano invitati, separatamente, i rappresentanti delle associazioni agricole, venatorie ed ambientaliste. In tali elaborati l’area del parco è stata suddivisa in 4 zone, con relative norme di salvaguardia via via più attenuate, precisando che alla perimetrazioni e zonizzazione definitiva si sarebbe proceduto però solo in sede di approvazione del Piano Territoriale.

- In Zona A, di protezione integrale, di complessivi ha 52, recependo le richieste delle Associazioni speleologiche sono state inserite la forra del Rio Basino, la rupe di Castelnuovo-Rio Cavinale ed i canaloni di Monte Mauro, oltre che le rupi della Riva S. Biagio proposte da Imola.

- In Zona B, di protezione generale (corrispondente alla “zona di tutela naturalistica”,



Fig. 7 - Il fianco NNE della piega a ginocchio di M. Mauro (a sinistra) sormontata dalle due scaglie

tutelata dal Piano Territoriale Paesistico Regionale con il vincolo ambientale imposto dall'art. 25) ricadono ha 738.

- In Zona C, di protezione e valorizzazione agroambientale (corrispondente alla "zona di particolare interesse paesaggistico-ambientale" del PTPR, art. 19) che per una minor protezione accordata dovrebbe invece coincidere col pre parco, ha 1.256.

- In Pre parco, ove tra l'altro è ammessa la caccia privilegiando i residenti, ha 4.123, pleorici rispetto ai soli ha 2.046 del parco vero e proprio.

La mancanza di corrispondenza tra zone di tutela naturalistica e zone di Parco viene esplicitamente ammessa dagli estensori del Documento programmatico, che però minimizzano tale discrepanza con l'affermare che essa *"riguarda per lo più situazioni poco significative dal punto di vista qualitativo e quantitativo (dintorni di abitazioni, piccoli poderi), ad eccezione della zona della cava di Monte Tondo. Queste e altre situazioni verranno affrontate dal Piano Territoriale del Parco (PTP) mediante una normativa adeguata"*.

Un parco siffatto non è certamente quello che avrebbero voluto le associazioni naturalistiche e quelle speleologiche in particolare, le quali considerano pertanto il progetto solo come un punto di partenza, sperando che possa essere migliorato in sede di redazione del Piano Territoriale. Si critica in particolare la zonizzazione (come appena evidenziato nel commento ad essa relativo), il mancato riconoscimento della necessità di preservare l'integrità dei corridoi ecologici e lo squilibrio esistente tra parco vero e proprio e pre parco, essendovi il fondato sospetto che si vogliano dirottare verso quest'ultimo finanziamenti, indennizzi e agevolazioni in genere previste per aree protette, su terreni non aventi tali caratteristiche e magari a favore di residenti schierati irriducibilmente contro l'istituzione del parco.

Inoltre non vengono affrontati con la sensibilità necessaria per una realtà estremamente fragile come la Vena del Gesso i problemi rappresentati dalla caccia, riducendosi l'istituzionalizzazione del parco a mera entità di sviluppo economico e a polo di attrazione per un



massiccio afflusso di turisti (considerati anch'essi come risorsa economica), senza tenere nel debito conto l'esigenza prioritaria della salvaguardia e tutela della natura in tutti i suoi aspetti e dall'importanza della ricaduta culturale derivante dall'approfondimento degli studi delle peculiarità ambientali e storiche. Si rileva infine che il previsto organo di governo del parco è eccessivamente subalterno alle amministrazioni locali, non consentendo quindi una soddisfacente programmazione del territorio.

Quanto al "fronte del no", la stampa locale ha dato ampio risalto alle manifestazioni e proteste delle Associazioni degli agricoltori e dei cacciatori, sostenute dalle forze politiche di centro-destra, che si sono strumentalmente appropriate, per catturare voti, delle argomentazioni "terroristiche" che per alcuni lustri erano state portate avanti dal centro-sinistra. Questi sono infatti i principali motivi di opposizione espressi dal Comitato NO Parco mobilitatosi in provincia di Ravenna e del Comitato per la montagna in provincia di

Bologna:

- sul piano politico è mancato il confronto;
- la volontà degli enti locali di istituire il parco si concretizzerà in un'imbalsamazione del territorio;
- è necessario comunque avere una precisazione su come si intenda sostenere gli indennizzi dei danni causati dalla selvaggina, che tenderanno ad aumentare;
- manca una reale volontà di destinare risorse aggiuntive e maggiori punteggi di priorità alle aziende all'interno dell'area;
- i parchi istituiti nella Regione E.R. non si sono rivelati un'occasione di sviluppo ma sono stati causa solo di attività repressive volte a favorire la dismissione socioeconomica, con scarse e generiche compensazioni di tipo ecoturistico;
- nelle condizioni attuali, il Parco della Vena del Gesso servirebbe solo per realizzare l'ennesimo "carrozzone" politico, per accontentare 38 persone, finanziato con i soldi dei residenti;
- infine, qualora tale parco dovesse essere comunque imposto, trattandosi di area preva-

lentemente agricola di proprietà privata e non demaniale, come invece prevedono le direttive nazionali, il 51% del potere gestionale dovrà conseguentemente essere affidato alle organizzazioni degli agricoltori.

Malgrado tale orchestrata campagna "terroristica" non si sia placata e le manifestazioni di piazza siano continuate ad oltranza, con le deliberazioni delle Amministrazioni provinciali di Ravenna e di Bologna, dei Comuni di Brisighella, Riolo Terme, Casola Valsenio, Borgo Tossignano e Casalfiumanese e delle Comunità Montane della valle del Santerno e dell'Appennino faentino, l'iter di proposta di istituzione del Parco della Vena del Gesso si è concluso e gli atti deliberativi sono stati inviati il 26/06/2002 al Consiglio regionale che con delibera dell'Ufficio di Presidenza n. 186 del 19/11/2002 ha rinviato la proposta di legge all'attenzione della Commissione del Territorio Ambiente e Infrastrutture, abbinandola all'analogo progetto dei Verdi presentato dalla capogruppo Daniela Guerra il 20/02/2001; quest'ultimo rispecchia quello presentato nel 1993 da Galletti che si basava sulla delimitazione stabilita dal Piano Territoriale Paesistico Regionale, ma che non era mai stato discusso benché fosse stato riproposto nelle successive legislature (e che a nostro avviso non ha alcuna probabilità di essere recepito, prevedendo per il Parco un'area ben più vasta rispetto a quella del progetto degli Enti locali, che ne riduce invece notevolmente la parte organica).

Secondo l'assessore provinciale all'ambiente Maurizio Filipucci *"con il progetto di legge degli Enti locali si è arrivati ad un buon risultato, purtroppo non colto fino in fondo in tutta la sua portata stante vecchi timori dettati da quasi trent'anni di discussioni che parlavano un linguaggio prevalentemente vincolistico. L'idea che sta alla base del progetto attuale è di fare del parco un luogo che sia lontano da logiche di museo e di pura conservazione, ma un luogo vivo che valorizzi appieno le produzioni di qualità in un sistema virtuoso che possa accrescere la*

redditività della collina, con una più forte partecipazione delle popolazioni locali, una maggiore autonomia degli enti di gestione, una corretta gestione del territorio anche da un punto di vista faunistico unitamente agli ambiti territoriali di caccia" (FILIPUCCI, 2002).

A Filipucci ha replicato G.P. Costa, responsabile operativo del Museo Civico di Scienze Naturali di Faenza, contestandogli che non verrà mai troppo sottolineato come vincoli di tutti i generi (idrogeologici, paesaggistici, archeologici, statali e regionali) sulla dorsale gessosa esistono già e da decenni, sostanzialmente ignorati perché la Vena del Gesso è rimasta fortunatamente una sorta di terra di nessuno e se non ci fossero state cave, porcellane ed altri utilizzi incompatibili con l'ambiente come tagli indiscriminati di boschi etc. etc. la spinta alla tutela della Vena da parte degli speleologi sarebbe stata forse meno intensa e costante nel tempo.

Che gli speleologi siano stati da sempre la punta di diamante fra le associazioni impegnate nella salvaguardia della Vena del Gesso non deve comunque meravigliare se si pensa che si tratta di un'area eminentemente carsica, ove nella sua pur limitata estensione sono concentrate oltre duecento grotte il cui sviluppo complessivo supera i 40 km e che tra i vincoli gravanti su tale area è di fondamentale importanza il D.M. in data 12/12/1975 del Ministero per i Beni Culturali e Ambientali, con espresso riferimento al valore panoramico non solo paesistico e naturalistico, ma anche speleologico.

Malgrado l'assicurazione che entro l'estate 2003 dovrebbe concludersi l'iter istitutivo, gli speleologi esprimono forti dubbi motivati da quanto l'assessore regionale all'agricoltura e all'ambiente Guido Tampieri ha reso noto nel suo intervento alla tavola rotonda su "Ambiente e uomo nella Vena del Gesso romagnola" - Casola Valsenio, 9/11/2002 - e cioè che il progetto viene portato avanti contestualmente alle preannunciate modifiche alla legge regionale sui parchi, per far sì che

quello della Vena del Gesso decolli già con la nuova normativa. E quest'ultima sembra prevedere un rafforzamento della partecipazione diretta degli agricoltori.

Verrebbe così recepito dalla regione il diktat di questi ultimi, alla faccia della tutela dell'ambiente e della valorizzazione compatibile del territorio!

E per concludere degnamente l'annosa "querelle", all'udienza conoscitiva sull'istituzione del parco indetta il 28/2/2003 a Bologna dalla Commissione Territorio Ambiente Infrastrutture della Regione, la dott.sa Marta Farolfi, esponente di AN e presidente del Comitato NO parco - e le varie associazioni di agricoltori intervenute - si sono fatte forza della preannunciata nuova legge regionale che eliminerà tutti i vincoli esistenti nella precedente per chiedere la sospensione dell'istituzione del parco almeno fino a quando essa sarà approvata.

Bibliografia

- AA.VV., 1996 – *La Grotta del Re Tiberio*. La collezione Scarabelli, 2, preistoria, Bologna, pp. 419-479.
- BASSI S., 1994 – *Ma gioverà davvero un parco alla Vena del Gesso romagnola?* Atti del Convegno "Realtà e prospettive dei Parchi carsici in Emilia Romagna", Casola Valsenio, 30 ottobre 1993, *Speleologia Emiliana*, s. 4, a. XX, n° 5, pp. 26-32.
- BENTINI L., 1993 – *La Vena del Gesso romagnola. Caratteri e vicende di un parco mai nato*. *Speleologia Emiliana*, s. 4, a. XIX, n° 4, pp. 1-67.
- BENTINI L., 1999a – *La frequentazione in età pre-protostorica*. Le grotte della Vena del Gesso romagnola – I Gessi di Rontana e Castelnuovo, Bologna, pp. 35-38.
- BENTINI L., 1999b – *Per un parco della Vena del Gesso*. Museo in-forma, Rivista quadrimestrale della Prov. di Ravenna, III, 4, pp. 13-14.
- BENTINI L., 2002 – *L'abbandono in età protostorica di alcune cavità naturali del territorio di Brisighella. I casi della Grotta dei Banditi e della Tanaccia*. Brisighella e Val di Lamone, Società di Studi Romagnoli, Cesena, pp. 105-137.
- BENTINI L., 2003 – *I principali sistemi carsici della Vena del Gesso romagnola e il loro condizionamento strutturale*. Atti del 19° Congresso Nazionale di Speleologia, Bologna 27-31 agosto 2003, pp. 51-68.

Ci si chiede allora: ci sarà un rinvio alle Calende greche? A forza di proposte ambigue e poco coerenti, con ampi margini compromissori, a forza di opposizioni preconcepite e becere basate su facili populismi, a forza di "aggiustamenti" già preannunciati in sede di redazione del Piano Territoriale del parco, non si arriverà allo stravolgimento anche di quanto era stato faticosamente acquisito?

Al Congresso per il Centenario della Società Geologica Italiana tenutosi a Bologna dal 23 al 26 settembre 1982, il Gruppo Speleologico Faentino presentò un poster che in calce ad un'ecclatante immagine di un angolo ancora integro della Vena del Gesso invocava come extrema ratio per la sua sopravvivenza l'intervento divino : "GOD SAVE THE GESSI"; ora come allora.

- BERMOND MONTANARI G., 1990 – *Lineamenti di preistoria romagnola*. Archeologia a Faenza. Ricerche e scavi dal Neolitico al Rinascimento, Cittadella, pp. 15-22.
- BERMOND MONTANARI G., 1996 – *Gli studi sulla pre-protostoria dell'Appennino Romagnolo*. L'Archeologo scopre la storia – Luigi M. Ugolini (1895 – 1936), Giornata Internaz. di Studi, Bertinoro 1996, pp. 15-35.
- BERTANI G., GAM MEZZANO, PACCIARELLI M., 1994 – *Il complesso sepolcrale e culturale della Grotta del Re Tiberio: vecchi e nuovi ritrovamenti*. Archeologia del Territorio nell'Imolese, Imola, pp. 51-60.
- COSTA G.P., c.d.s. – *La paleofauna messiniana a mammiferi del Monticino all'interno di un tormentato assetto strutturale: i Tre Colli di Brisighella*. Ravenna Studi e Ricerche, 10 (1).
- DEMARIA D., 2000 – *Note a margine di una breve visita alla Grotta della Lucerna*. *Speleologia Emiliana*, s. 4, a. XXVI, n° 11, pp. 38-39.
- ERCOLANI M., LUCCI P., SANSAVINI B., 2004 – *Esplorazione dei sistemi carsici e salvaguardia dell'area di Monte Tondo, Vena del Gesso romagnola, interessata dall'attività di cava*. In questo volume.
- FAROLFI G., 1976 – *Tanaccia di Brisighella. Problemi cronologici e culturali*. Origini, X, pp. 175-243.
- FILIPUCCI M., 2002 – *Parco della Vena dei gessi romagnoli – Una opportunità di sviluppo qualitativo delle colline faentine*. Verde Salute, XII, 2, pag. 14.

- MARABINI S., 2000 – *La Grotta della Lucerna a Monte Mauro (Vena del Gesso romagnola): prospettive di ricerca geologico-speleologica e storico-archeologica*. Speleologia Emiliana, s. 4, a. XXVI, n° 11, pp. 29-34.
- MASSI PASI M., MORICO G., 1997 – *La Grotta della Tanaccia di Brisighella*. Acque, grotte e Dei. 3000 anni di culti preromani in Romagna, Marche e Abruzzo, Musei Civici di Imola, pp. 20-28.
- MASSI PASI M., MORICO G., 1998 – [Grotta della Tanaccia (Brisighella, RA)] – *Schede 246-263 del Catalogo della Mostra*. Simbolo ed enigma. Il bicchiere campaniforme e l'Italia nella preistoria europea del III millennio a.C., Trento, pp. 127-129.
- PACCIARELLI M., 1994 – *Cenni preliminari sui nuovi ritrovamenti nella Grotta del Re Tiberio e in altre cavità adiacenti*. Speleologia Emiliana, s. 4, a. XXIII, n° 8, pp. 90-91.
- PADOVANI A., 1996 – *Il confine bizantino-longobardo sul Senio e uno sconosciuto "Numerus Iustinianus"*. Storie per un millennio – Solarolo e Romagna dall'epoca romana ad oggi, Russi, pp. 17-33.
- PADOVANI A., 1999 – *Bizantini e Longobardi nella media valle del Santerno*. Paese, Valle, territorio – Borgo Tossignano a 800 anni dalla fondazione, Atti del Convegno tenutosi il 28 febbraio 1998, Pagine di vita e storia imolesi, Ed. CARS, Imola, pp. 83-87.
- RICCI LUCCHI, VAI G.B., 1983 – *La Vena del Gesso: un'«emergenza», ma in che senso?* Pagine di vita e storia imolesi, 2, Ed. CARS, Imola, pp. 171-204.
- ROOK L., DELFINO M., c.d.s. – *I vertebrati fossili di Brisighella nel quadro dei popolamenti continentali del Mediterraneo durante il Neogene*. Ravenna Studi e Ricerche, 10 (1).
- ROVERI M., MANZI V., RICCI LUCCHI F., ROGLEDI S., 2003 - *Sedimentary and tectonic evolution of the Vena del Gesso basin (Northern Apennines, Italy): implications for the onset of the Messinian salinity crisis*. Geological Society of America Bulletin, April 2003, v. 115, n. 4, pp. 387-405.
- SCARABELLI G., 1872 – *Notizie sulla caverna del Re Tiberio*. Atti Soc. It. Sc. Nat., 16, V, 20 pp. (estr.)
- SCARANI R., 1962 – *Gli scavi nella Tanaccia di Brisighella*. Preistoria dell'Emilia e Romagna, I, Bologna, pp. 253-285.
- UNIVERSITÀ DI FIRENZE - DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA, UNIVERSITÀ DI BOLOGNA – DIPARTIMENTO DI SCIENZE GEOLOGICHE, COMUNE DI FAENZA – MUSEO CIVICO DI SCIENZE NATURALI, 1989 – *Continental Faunas at the Miocene/Pliocene Boundary*. International Workshop, Faenza, March 28-31, 1988, Bollettino della Società Paleontologica Italiana, 28 (2-3).

Documenti

- ARPA EMILIA ROMAGNA, INGEGNERIA AMBIENTALE, 2001 – *Studio finalizzato alla verifica delle modalità di coltivazione ottimali applicabili al polo estrattivo del gesso in località Borgo Rivola in Comune di Riolo Terme, al fine di salvaguardare il sistema paesaggistico e ambientale del polo unico regionale del gesso*. Bologna, Dicembre 2001.
- GRUPPO SPELEOLOGICO FAENTINO, SPELEO GAM MEZZANO, 2000 – *Proposte per la realizzazione del Parco Regionale della Vena del Gesso romagnola – Osservazioni al Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale*. Brisighella, 19 maggio 2000.

L'ESPLORAZIONE DEI SISTEMI CARSICI DEL RE TIBERIO E DEI CRIVELLARI (VENA DEL GESSO ROMAGNOLA) E LA SALVAGUARDIA DELL'AREA DI MONTE TONDO INTERESSATA DALL'ATTIVITÀ DI CAVA

Massimo Ercolani¹, Piero Lucci¹, Baldo Sansavini¹

Riassunto

Vengono brevemente riportati gli ultimi risultati delle esplorazioni speleologiche e degli studi geologici e idrologici effettuati nell'area della grande cava di gesso di Monte tondo (Riolo Terme, Ravenna).

Tali studi sono stati poi la base per cercare di arrivare ad una definitiva salvaguardia di tutta l'area carsica che ospita non solo interessantissimi sistemi carsici complessi, ma anche importanti reperti archeologici. L'ipotesi è quella di dare un limite spaziale e di cubatura all'attività futura della cava di gesso, che dovrebbe chiudere definitivamente entro breve tempo per dare spazio al costituendo Parco della Vena del Gesso romagnola.

Parole chiave: Vena del Gesso romagnola, carsismo, cave di gesso, salvaguardia, Italia

Abstract

The exploration of the Re Tiberio and Civellari karst systems (Vena del Gesso romagnola) and the preservation of the Mt. Tondo area interested by a quarrying activity

The latest speleological explorations and geological-hydrogeological investigation carried out in the huge gypsum quarry area of Mt. Tondo (Riolo Terme, Ravenna) are shortly reported.

These studies were utilized to search for a definitive safeguard of the whole karst area where extremely interesting and complex deep karst systems developed and where important archaeological findings have been done. The hypothesis put forth in this paper is to define a final space boundary and a final volume of gypsum to be quarried in order to obtain the stop of the quarrying activities in the next future and to fully realize the "Vena del Gesso romagnola" Natural Park.

Keywords: Vena del Gesso romagnola, karst, gypsum quarries, safeguard, Italy

La zona in oggetto è parte della Vena del Gesso romagnola, in particolare lo studio si riferisce all'area di Monte Tondo (comuni di Casola Valsenio e Riolo

Terme, provincia di Ravenna) interessata dalla cava di Borgo Rivola, a tutt'oggi la maggior cava di gesso a cielo aperto d'Europa (fig. 1).

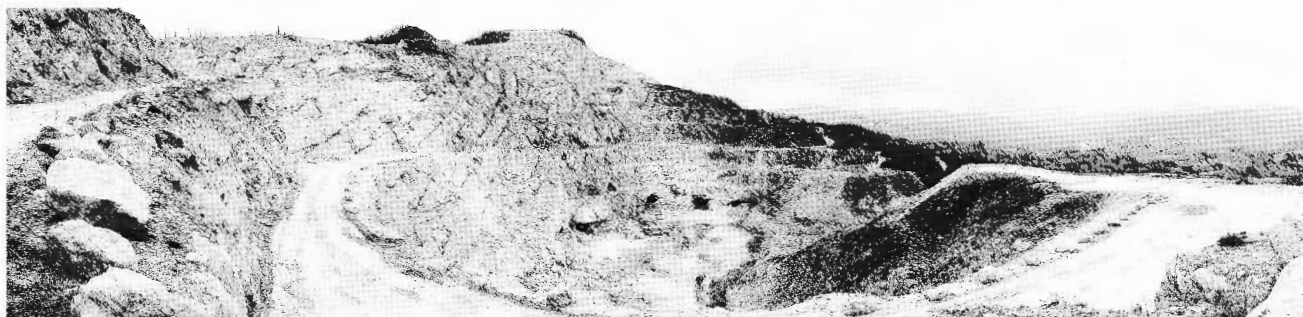


Fig. 1 - Panorama della cava di Borgo Rivola

¹Speleo GAM Mezzano, Ravenna

Paolo Forti, Stefano Marabini, Gian Battista Vai
 Carta geologica dei dintorni
 della cava di gesso di Borgo Rivola



- Discariche e principali coperture detritiche
- Frane principali
- Alluvioni di fondovalle recenti
- Alluvioni terrazzate antiche
- Argille azzurre del pliocene
- Formazione a Colombacci
- Formazione Gessoso-solfifera: VI Banco e Banchi minori
- Formazione Gessoso-solfifera: Sottobanchi e Banchi maggiori
- Limite inferiore della successione gessosa sepolto da materiali detritici e di discarica
- Giaciture di strato
- Faglie e fratture
- Fascia di faglia principale
- Zona di fratturazione sul lato Nord della Grotta del Re Tiberio
- Doline
- Planimetria delle grotte

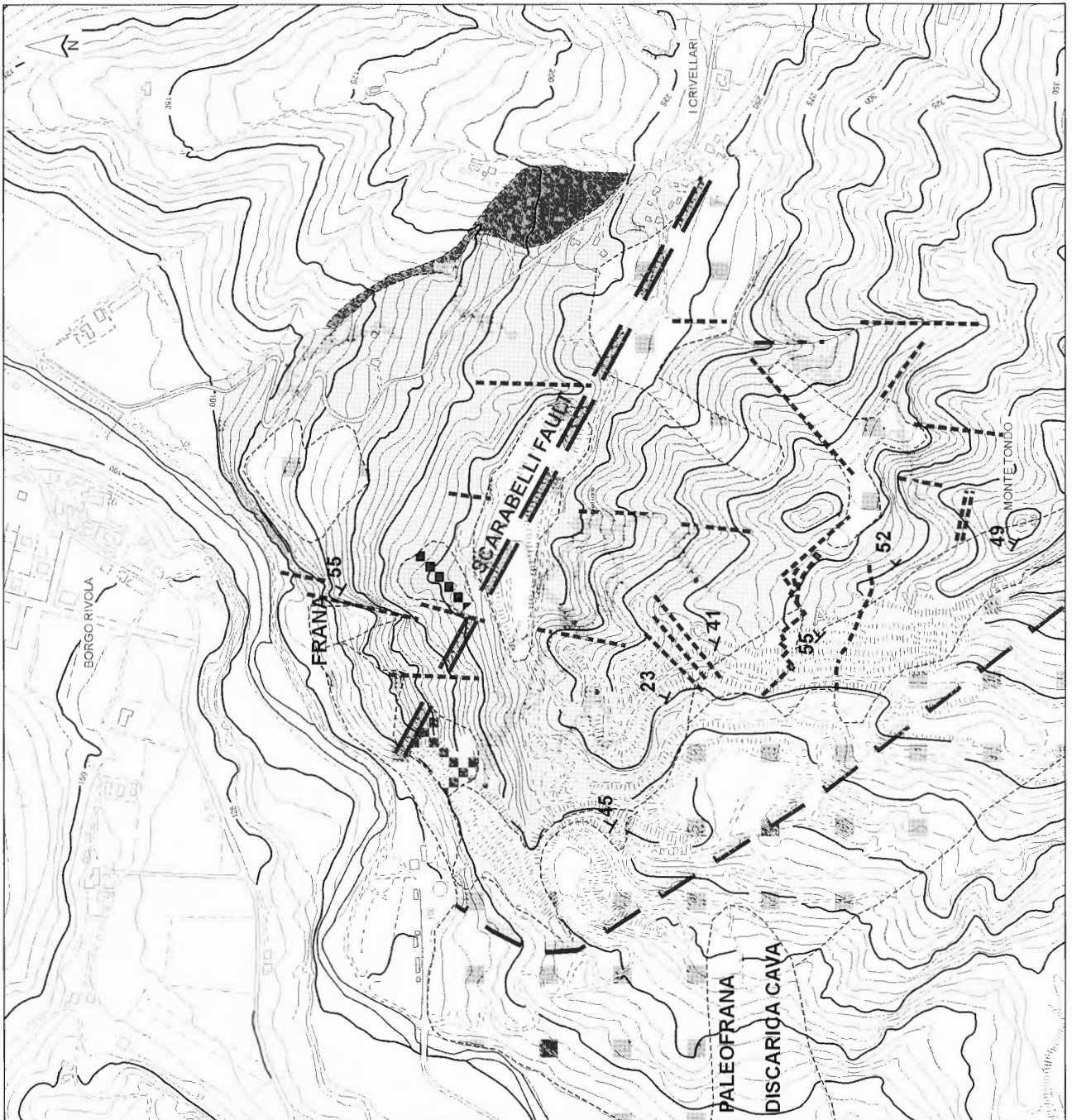


Fig. 2

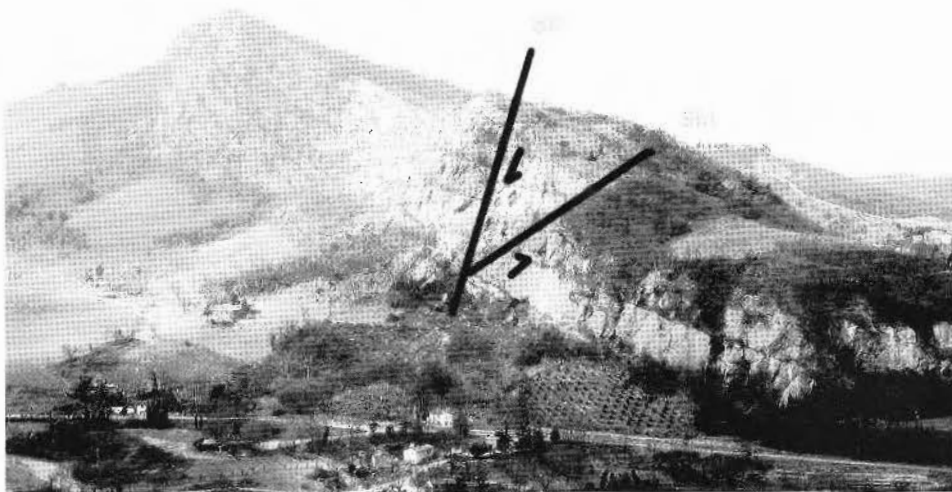


Fig. 3
Le principali faglie presenti nell'area di Monte Tondo

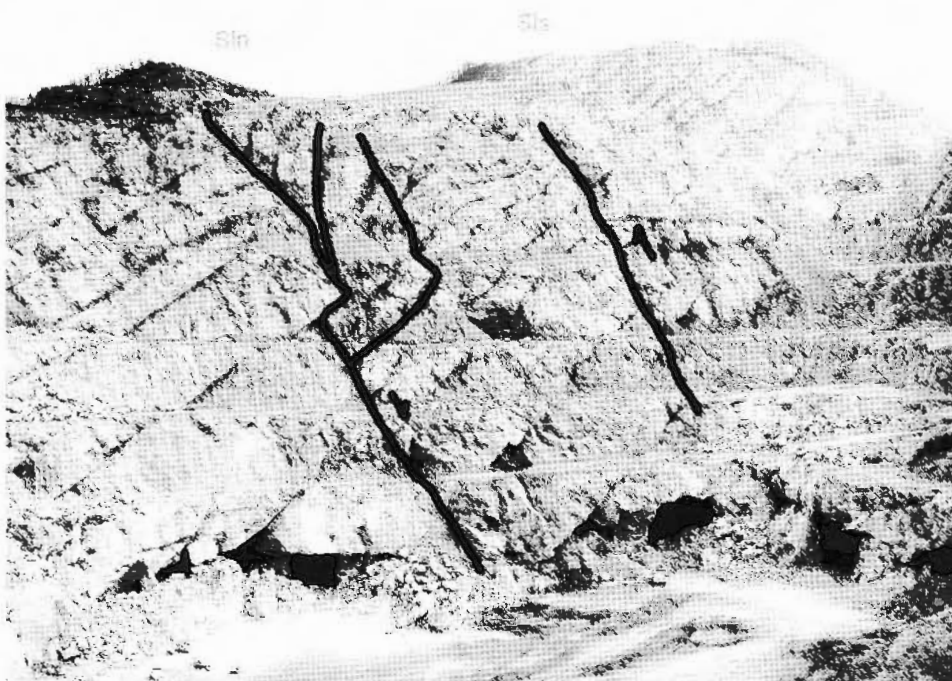


Fig. 4
Le medesime faglie sul fronte della cava di Borgo Rivola

Vengono presi in considerazione gli aspetti geologici, carsici ed idrologici dell'area, nonché, in sintesi, una testimonianza della lunga battaglia che per anni ha contrapposto gli speleologi agli enti locali ed alla cava.

Inquadramento geologico

A seguito degli studi condotti dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Bologna (FORTI *et al.*, 1997) commissionati dal Comune di Riolo Terme, sono stati effettuati cinque sopralluo-

ghi di rilevamento, nell'arco di cinque mesi. Ciò ha permesso un'accurata ricostruzione tridimensionale delle caratteristiche stratigrafiche di dettaglio (successione dei cicli peliti eusiniche-gesso) e delle condizioni strutturali (faglie, pieghe e fratture) col graduale procedere della coltivazione mineraria (vedi carta geologica, fig. 2).

Da oltre un decennio è noto che la fascia della Vena del Gesso romagnola mostra imponenti sovrascorrimenti (verso SSW) di fase intramessiniana che dovrebbero essere coniugati con avanscorrimenti (verso NNE), in gran



Fig. 5 - Riempimenti di doline sul fronte di cava

parte sepolti dal potente Plio-Pleistocene discordante.

Un'altra testimonianza di questi retroscorimenti è probabilmente rappresentata dalla fascia di faglia longitudinale che attraversa i due versanti del Senio poco a sud del paese di Borgo Rivola (indicata in carta come Faglia Scarabelli per ricordare il famoso geologo imolese, che ne ipotizza l'esistenza già nel XIX secolo).

Ora, uno dei risultati specifici dell'indagine è stata la chiara individuazione di una faglia maestra estensiva, ad angolo relativamente basso e a direzione longitudinale, che attraversa l'area della cava, il fiume Senio e prosegue molto regolare tagliando l'intera Vena nei pressi di Sasso Letroso. La faglia maestra (indicata nelle figure 3 e 4 con SLn cioè Sassoletroso Nord) ha un rigetto di 40-50 metri ed è accompagnata da una coniugata

posta a sud (SLs) con un rigetto di 15-20 metri.

La regolarità e la linearità di questo sistema estensivo che taglia tutte le strutture precedenti ne testimoniano un'età geologica abbastanza recente, probabilmente almeno post-Pleistocene inferiore. Faglie analoghe, immergenti a SSW sono state infatti ipotizzate per spiegare duplicazioni del limite Plio-Pleistocene nelle vicine medie valli dei fiumi Santerno e Lamone. Gli effetti più importanti delle faglie dirette di Sasso Letroso consistono in una fascia di fratturazione a blocchi, che rappresenta un binario privilegiato per lo sviluppo della rete di doline, inghiottitoi e cavità carsiche. La parte più alta di questa fascia mostra cavità naturali di dissoluzione carsica ricoperte da depositi residuali e colluviali limosi e talora da infiltrazioni di materiali alluvionali sabbioso-ghiaiosi, che riducono la resa produttiva della cava e ne aumentano i costi, come sta avvenendo proprio in questo periodo.

Un altro sistema di fratture, che è esposto sul lato nord della cava, mostra analoghi effetti di formazione di inghiottitoi e riempimenti di doline (Fig. 5).

Effetti del tutto simili si osservano anche nelle bancate gessose lungo il versante orientale del Senio subito a nord dell'ingresso della Grotta del Re Tiberio (Fig. 6). Qui appare un improvviso infittirsi della fratturazione sub-verticale, forse corrispondente ad un'altra



Fig. 6 - Situazione tettonica in corrispondenza del Senio



Fig. 7 - Le incisioni praticate all'ingresso della Grotta del Re Tiberio

faglia estensiva recente di maggior rilevanza. Le conseguenze di questa tettonica distensiva fragile molto recente si manifestano quindi in una marcata fratturazione. Il processo di dissoluzione carsica e di crolli successivi avviene quindi più facilmente e comporta il riempimento delle doline e cavità varie con depositi limosi colluviali e di vere e proprie infiltrazioni di formazioni geologiche soprastanti ai gessi (peliti, sabbie e ghiaie della Formazione a Colombacci e sabbie e limi quaternari, soprattutto).

Carsismo ed idrologia

Le esplorazioni

Fino all'inizio degli anni novanta le conoscenze relative ai sistemi carsici della zona erano limitate al ramo fossile della Grotta del Re Tiberio, la cui parte iniziale (circa 60 metri) è stata frequentata dall'uomo a partire dall'Età del Rame (Fig. 7). I restanti rami fossili per uno sviluppo di circa 300 metri risultano essere stati esplorati fin dal XIX secolo. Erano inoltre parzialmente note alcune cavità del sistema carsico che fa capo alla Risorgente a

Num. catasto	Grotta	Sviluppo Spaziale (m)	Dislivello (m)	Sviluppo spaziale prima del 1990
36-826 ER/RA	Grotta del Re Tiberio/Abisso Cinquanta	4.434	182	332
735 ER/RA	Abisso tre Anelli	1.074	-144	0
739 ER/RA	Inghiottitoio del Re Tiberio	168	-76	0
725 ER/RA	Abisso Mezzano	650	-139	0
827 ER/RA	Grotta alta che soffia	55	-19	0
734 ER/RA	Buca Romagna	1.249	-117	0
704 ER/RA	Grotta Enrica	90	15	0
368 ER/RA	Grotta a ovest dei Crivellari	81	-25	25
398 ER/RA	Grotta Grande dei Crivellari	589	-82	75
382 ER/RA	Grotta uno di Ca' Boschetti	800	38	152
383 ER/RA	Grotta due di Ca' Boschetti	210	-30	44
538 ER/RA	Risorgente a nord ovest di Ca' Boschetti	30	+6	30
Totale sviluppo spaziale		9.430		658

Tab.1 - Le principali cavità nell'area di Monte Tondo

Speleo GAM Mezzano RA

Carta speleologica dei Gessi di Monte Tondo Vena del Gesso romagnola Riolo Terme (RA)

Rilievo:
Massimo Ercolani, Piero Lucci, Baldo Sansavini
1990 / 2003



Legenda

Formazione
gessoso solifera

Limiti della cava
a cielo aperto

Planimetria
delle grotte

Percorso sotterraneo
delle acque

Risorgente

Gallerie di cava

Quota 140

Quota 160

Quota 200

Quota 220

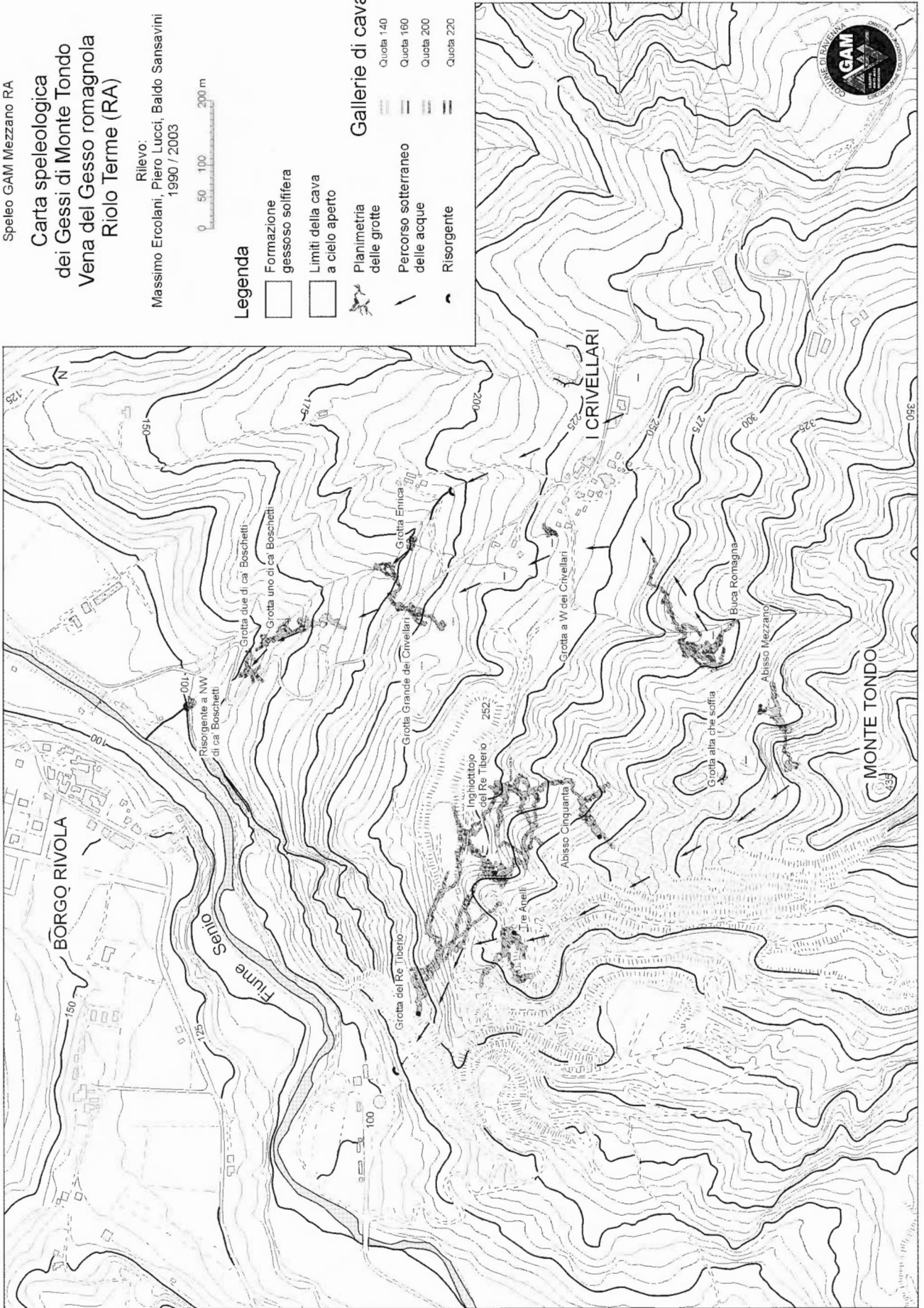


Fig. 8

nord ovest di Ca' Boschetti (vedi tabella 1) (GRUPPO SPELEOLOGICO CITTÀ DI FAENZA, GRUPPO SPELEOLOGICO VAMPIRO, 1964).

Le esplorazioni iniziate dallo Speleo GAM Mezzano nell'estate del 1990 hanno consentito l'individuazione di due distinti sistemi carsici che fanno capo alla Grotta del Re Tiberio ed alla Risorgente a nord ovest di Ca' Boschetti, per uno sviluppo complessivo prossimo ai 10 chilometri (tab. 1).

Le colorazioni

Nella primavera del 1997, a distanza di due settimane l'uno dall'altro sono stati effettuati tre differenti tracciamenti utilizzando come colorante la fluoresceina sodica e controllando tutti i recapiti possibili, sia a vista ad intervalli di tempo regolari, sia attraverso l'uso di fluocaptorì che sono stati quindi analizzati con le strumentazioni del Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientali dell'Università di Bologna.

La prima colorazione ha avuto come punto di partenza l'Abisso Cinquanta. La fluoresceina è stata immessa a quota 180 m s.l.m. nel torrente sotterraneo che scorre perennemente all'interno di questa grotta. Il colorante ha percorso, in circa 2 ore, il tragitto dal punto d'immissione alla risorgente, posta in cava a livello 105 m dietro il grande silos, evidenziando una connessione diretta e rapida con la Grotta del Re Tiberio ove il fluocaptore posto a quota 129 è risultato positivo.

Successivamente le due grotte sono state collegate tramite rami fossili.

La seconda colorazione ha avuto come punto di partenza la Buca Romagna che si trova ai confini est dell'area interessata attualmente dalla cava. Scopo di questa seconda colorazione era vedere se anche questa grotta appartenesse al sistema idrogeologico-carsico del Re Tiberio. A questo scopo il colorante veniva introdotto a livello 206 nel ramo lungo cui scorre un ruscello perenne. I risultati della colorazione hanno dimostrato l'indipendenza

di questo sistema da quello del Re Tiberio.

Il colorante, infatti, ha percorso, in meno di 24 ore, il tragitto dal punto d'immissione alla Risorgente a nord ovest di Ca' Boschetti a quota 100, transitando nell'ordine al fondo della Buca Romagna (q. 181) passando poi per la Grotta Grande dei Crivellari a quota 140, nelle Grotte 1 e 2 di Ca' Boschetti (q. 120 e 90). La velocità di transito del colorante è stata leggermente inferiore a quella registrata nel caso precedente, evidenziando inoltre una molto maggiore diluizione. Questi fatti indicano con sicurezza che tra il punto di immissione e quello di recapito in questo caso non vi è una continuità di caratteristiche idrodinamiche, che invece sussiste nel caso del sistema carsico del Re Tiberio. La maggiore diluizione, poi, suggerisce l'esistenza di altri percorsi sotterranei, ancora da evidenziare che, con ogni probabilità, contribuiscono all'alimentazione delle parti terminali di questo sistema carsico con provenienza da est de I Crivellari. La terza e ultima prova di tracciamento ha avuto come punto di partenza l'Abisso Mezzano, che è la cavità carsica che si trova più a sud di tutte quelle interessanti l'area di cava. L'immissione del colorante è avvenuta a quota 225 e ha dato risultati positivi nei fluocaptorì posti a quota 197 e 158 in cava, nel Re Tiberio a quota 118 e alla risorgente di quota 105 dietro il Silos. Non è stato possibile effettuare la colorazione immettendo la fluoresceina nel ramo principale della grotta essendo quest'ultimo intercettato dalle gallerie di cava. La continuità idrologica è fortunatamente assicurata da un piccolo torrente presente al termine di un ramo secondario. Recenti esplorazioni hanno evidenziato che questo scorre infatti al di sotto delle gallerie di cava. In sintesi le colorazioni hanno evidenziato la presenza di due ben distinti sistemi carsici (Fig. 8):

A - Le acque dell'Abisso Mezzano confluiscono nella Grotta del Re Tiberio, così come le acque provenienti dall'Abisso Tre Anelli, dall'Abisso Cinquanta (ora fisicamente colle-

gato alla Grotta del Re Tiberio) e dall'Inghiottitoio del Re Tiberio. Il dislivello totale è di 223 metri. Le grotte in questione fanno quindi parte di un unico sistema carsico, che a questo punto per complessità ed ampiezza è il secondo in Italia e uno dei primi cinque dell'Europa occidentale.

B - Le acque della Buca Romagna confluiscono invece nella Risorgente a nord ovest di Ca' Boschetti, dopo aver attraversato la Grotta Grande dei Crivellari e le due grotte di Ca' Boschetti. Un affluente, proveniente dalla piccola Grotta Enrica, si immette nel torrente principale in un tratto della Grotta Grande dei Crivellari esplorato di recente. Il dislivello totale è di 200 metri.

La presenza di circa 20 chilometri di gallerie di cava su quattro distinte quote (140, 160, 200, 220 s.l.m.) nonché l'imponente coltivazione esterna e le discariche poste in vari punti, direttamente sopra i sistemi carsici, hanno pesantemente alterato la circolazione idrica. Inoltre, per esigenze tecniche, le acque sia esterne che sotterranee sono state incanalate, tramite apposite trivellazioni e non seguono il loro naturale percorso.

I rilievi di dettaglio sono pubblicati integralmente nel "Catasto delle cavità naturali dell'Emilia Romagna" a cura della Federazione Speleologica Regionale dell'Emilia Romagna, nonché disponibili in formato vettoriale nel sito www.venadelgesso.it.

Speleologi, enti locali e cava: un confronto infinito...

Nella Vena del Gesso l'estrazione del minerale per edilizia risale a molti secoli addietro, come dimostrano gli edifici che sorgono intorno alla Vena, ma poiché i quantitativi estratti erano esigui, fino al secondo dopoguerra l'attività di cava si è svolta artigianalmente, in pratica senza perturbazioni ambientali (le vecchie piccole cave abbandonate si riescono infatti a malapena a individuare nel paesaggio circostante), eccezion fatta per le escavazioni intorno ai colli di Brisighella che, fin dal XIX secolo, minarono la stabilità degli edifici storici innescando polemiche e conseguenti provvedimenti amministrativi.

Nel dopoguerra v'è stata una vera e propria rivoluzione nello sfruttamento ad opera di complessi industriali che hanno iniziato una sistematica distruzione di ambienti unici, come i gessi presso il Santuario del Monticino di Brisighella (Fig. 9) (Cava "Gessi dei Lago d'Iseo" SpA), della gola di Tramosasso presso Tossignano e soprattutto di Monte Tondo presso Borgo Rivola, in conseguenza dell'ampliarsi della gamma di applicazioni del minerale estratto: dai cementi agli usi agricoli ai prefabbricati, ecc.

La cava presso Borgo Rivola è stata indicata dal Piano Territoriale Regionale del 1989 come unico polo regionale in cui concentrare l'escavazione del gesso per procedere alla progressiva chiusura e ripristino delle altre cave di gesso presenti in regione.

Se questa scelta ha permesso di interrompere l'attività estrattiva in altre zone nei gessi emi-

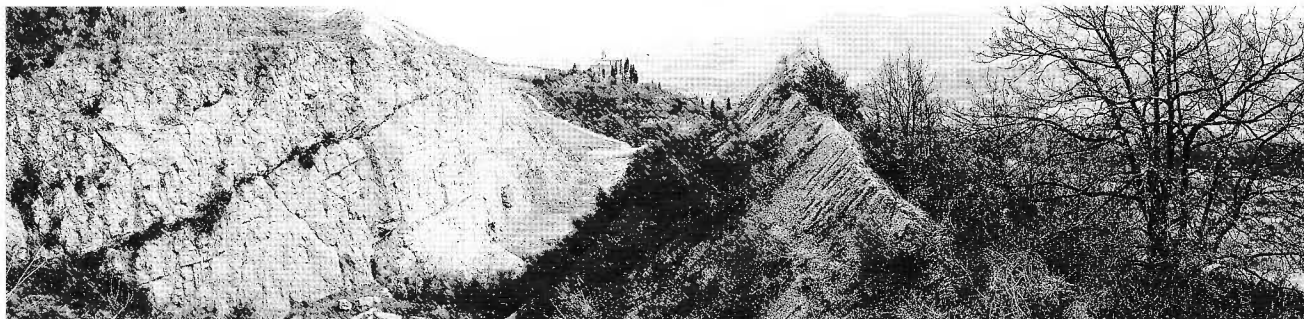


Fig. 9 - Panoramica della ex cava del Monticino, di cui è previsto il recupero con la creazione di un Museo Geologico all'aperto.

liano-romagnoli ha però determinato un eccessivo sfruttamento dell'area di Monte Tondo. Con l'autorizzazione ad estrarre 8.000.000 di metri cubi di gesso non si è minimamente tenuto conto delle esigenze ambientali di questa zona. I piani estrattivi che si sono via via succeduti rispondevano unicamente ad una logica di intensivo sfruttamento della risorsa gesso. In particolare la Grotta del Re Tiberio, di rilevante interesse archeologico, è stata pesantemente alterata ed anche oggi sono in corso fenomeni di crollo del piano di calpestio, dovuti all'escavazione in galleria. All'esterno l'ambiente è a tal punto alterato da non consentire più una corretta contestualizzazione del sito archeologico; inoltre diverse comunicazioni verbali testimoniano di ampie distruzioni di interi siti archeologici ad opera della cava.

L'intervento dello Speleo GAM

Nell'estate del 1990 l'esplorazione dell'Abisso Mezzano porta per la prima volta gli speleologi a contatto diretto con la grande cava di Borgo Rivola. Purtroppo, come già accennato, parte delle grotte sono state intercettate dalle gallerie di cava e spesso la circolazione sotterranea delle acque è stata deviata. Nel 1994, in un ramo della Grotta del Re Tiberio intercettato dalle gallerie di cava, viene da noi individuata una sepoltura risalente all'Età del Bronzo. Successivamente anche in alcune cavità vicine vengono trovate tracce di frequentazione preistorica. Ciò conferma che l'area di interesse archeologico è assai più vasta e non interessa soltanto il tratto iniziale della Grotta del Re Tiberio.

Questo ci consente di avviare un rapporto di collaborazione con la Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Emilia Romagna e con il Museo Comunale di Imola, dove sono conservati i reperti della Grotta del Re Tiberio risalenti agli scavi compiuti da Giuseppe Scarabelli nell'Ottocento.

Quasi contemporaneamente iniziano i primi contatti con il Comune di Riolo Terme, nel cui territorio si trovano gran parte della cava e tutte le grotte in questione.

In due incontri, fortemente voluti dal GAM e dove, quasi miracolosamente, sono presenti tutti i soggetti interessati (Cava, Regione Emilia Romagna, Provincia di Ravenna, Comune di Riolo Terme, Università di Bologna, Soprintendenza, Federazione Speleologica Regionale e Speleo GAM), si prende finalmente atto dell'allarmante situazione ambientale e della necessità di salvaguardare quanto rimane dopo oltre 40 anni di indiscriminata distruzione. In effetti questi incontri si rivelano, per una volta, decisivi e stabiliscono alcune premesse fondamentali accettate da tutti i presenti. In sostanza esistono due esigenze: la necessità di proseguire l'attività estrattiva, in quanto la cava rappresenta una realtà economica rilevante alla quale ancora la Val Senio non può rinunciare, ma nello stesso tempo si è consapevoli che l'attività estrattiva non potrà continuare in modo indiscriminato, ma dovrà tener conto delle esigenze di difesa di quanto ancora esiste in zona Monte Tondo, primi fra tutto i nuovi sistemi carsici. Si prende poi atto che fino ad oggi mancano assolutamente dati conoscitivi sull'area di cava, che non siano quelli forniti dalla cava stessa. In sostanza, in oltre quaranta anni di escavazioni, a nessuno è mai venuto in mente di controllare da vicino i lavori e di verificare quindi quanto gesso sia stato effettivamente estratto e quali siano ancora le potenzialità della zona. Tutto ciò è sempre stato, in pratica, delegato alla cava che si è venuta a trovare nell'imbarazzante (ma pare nemmeno tanto) situazione di essere ad un tempo controllore e controllata. In questo senso gli unici interventi degli enti pubblici, nelle passate amministrazioni, sono stati di emanare decreti di sanatoria quando la cava troppo palesemente superava i confini dei piani di escavazione.

Lo studio preliminare

Si decide così di incaricare il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Bologna di effettuare uno studio preliminare che individui le vie di circolazione sotterranea delle acque, la posizione delle grotte conosciute in relazione al fronte di cava e delinea una ipotetica "linea di tutela ambientale" (cosiddetta "Linea Vai") entro la quale contenere in futuro la coltivazione. Lo studio, finanziato dalla cava stessa, dal Comune di Riolo Terme e dalla Provincia di Ravenna, viene portato a termine in tempi brevissimi, con il contributo diretto dello Speleo GAM. Le conclusioni, seppure inevitabilmente indicative e di massima, sono in sostanza semplici: una coltivazione razionale, pur comportando costi un poco maggiori, può essere svolta in futuro senza intaccare sostanzialmente l'attuale linea di cresta e lasciando intatte le grotte finora conosciute, anche se ciò dovrà, forse, comportare la distruzione di un tratto di sistema carsico attivo, del resto già ampiamente intaccato dalle gallerie di cava. Lo studio preliminare (firmato da Paolo Forti, Stefano Marabini e Gian Battista Vai) costituirà nei mesi successivi la base per l'elaborazione della revisione quinquennale del piano di attività estrattive. La Provincia di Ravenna, a cui spetta l'elaborazione tecnica del piano stesso, individua poi una linea che praticamente ricalca quella proposta nello studio preliminare. Subito dopo l'approvazione del piano di estrazione quinquennale da parte del Comune di Riolo Terme è la Provincia stessa a delimitare "fisicamente" la linea tramite picchetti posti lungo la cresta di quello che un tempo era Monte Tondo. Questo limite, seppur da ritenersi invalicabile soltanto per la durata del piano, di fatto salvaguarda tutte le grotte conosciute. È questo un passo avanti notevole: per la prima volta viene elaborato un piano di estrazione che esplicitamente tiene conto delle emergenze ambientali; si tratta, in sostanza, del primo riconoscimento ufficiale dell'im-

portanza dei sistemi carsici, nonché della necessità di salvaguardarli, anche a costo di qualche "sacrificio economico".

Lo studio ARPA

Ovviamente lo studio preliminare non pretende di essere esauriente e non può costituire il solo documento che individui una volta per tutte i limiti definitivi ed invalicabili della cava da oggi al suo esaurimento. Per questo è necessario uno studio sistematico, adeguatamente finanziato.

È grazie ai molti anni di costanti interventi di sensibilizzazione del nostro Gruppo, che la Regione Emilia Romagna decide finalmente di investire una cifra significativa (200 milioni di vecchie lire + I.V.A.) per uno studio sistematico dell'area di Monte Tondo. Del resto, la preoccupazione che una incontrollata attività della cava possa rendere la zona di Monte Tondo non più utilizzabile a fini turistici, anche in previsione della costituzione del Parco, ha significativamente accelerato le procedure.

Lo studio, effettuato dall'ARPA (Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente dell'Emilia Romagna), è stato completato nel Dicembre 2001. Lo Speleo GAM ha collaborato fornendo i rilievi delle grotte e gli studi idrologici aggiornati.

Resta purtroppo non condivisibile il risultato dello studio stesso e la conseguente decisione assunta dai Comuni interessati e dalla Provincia di Ravenna di considerarlo base per i futuri piani di attività estrattiva.

I piani estrattivi sulla base di un documento originale di convenzione che risulta introvabile, mettono a disposizione della cava 8.000.000 di metri cubi di gesso di cui 4.800.000 nell'area del comune di Riolo Terme e 3.200.000 a Casola Valsenio.

Questi livelli di concessione devono essere assolutamente ridimensionati a seguito della scoperta di sistemi carsici prima ignoti, all'incompatibilità con qualsiasi piano di tutela

ambientale, alla presenza di nuove norme che nel frattempo per effetto di una maggiore sensibilità ambientale sono state definite.

Purtroppo lo studio non va in questa direzione anzi, non fornisce i dati sufficienti per risalire alle quantità estratte in tanti anni di coltivazione e nemmeno fornisce dati esaurienti che consentano di comprendere come ARPA sia arrivata alle cifre finali riportate. Dalla stessa "Relazione generale" emerge che non sono stati forniti dati sufficienti per definire le quantità estraibili nei vari scenari ipotizzati.

Quindi siamo in presenza non di un rigoroso dato scientifico ma bensì di un "atto di fede". Ciò è suffragato da macroscopici errori cartografici, in parte successivamente corretti su segnalazione dello Speleo GAM.

In conclusione gli speleologi ritengono non accettabile il contenuto dello studio e di conseguenza le conclusioni a cui è giunta frettolosamente la Conferenza dei soggetti contraenti l'accordo tra Regione Emilia Romagna, Provincia di Ravenna, comune di Riolo Terme e Casola Valsenio.

Ribadiamo quindi la necessità di fare ogni sforzo per non ampliare l'area di coltivazione limitando l'intervento al recupero di gesso negli attuali ambiti, senza sfondamenti.

L'impegno futuro

Si possono ragionevolmente concedere alla cava 4.000.000 di metri cubi (se si pensa possibile coltivare 250.000 metri cubi per anno l'attività durerebbe ancora per 16 anni). Di questi 2.500.000 a cielo aperto (durata dei lavori 10 anni) ed il rimanente in galleria e sotto l'attuale discarica del piazzale. Con queste proposte, che consideriamo molto realistiche e forse fin troppo moderate, affronteremo, nell'estate 2003, la discussione per la definizione dei futuri piani estrattivi.

Bibliografia

- BENTINI L., 2003 - *I principali sistemi carsici della Vena del Gesso romagnola e il loro condizionamento strutturale*. Atti 19° Cong. Naz. di Speleologia, Bologna, pp. 51-68.
- BENTINI L., LUCCI P., 2003 - *Il tormentato iter dell'istituzione del parco naturale regionale della Vena del Gesso*. (in questo volume)
- ERCOLANI M., LUCCI P., SANSAVINI G., 1994 - *Le grotte di Monte Tondo*. Speleologia Emiliana, s. 4, a. XX, n° 5, pp. 78 - 89.
- FORTI P., 1997 - *Grotte, cave e pianificazione territoriale*. Speleologia Emiliana, s. IV, a. XXIII, n° 8, pp. 2-3.
- GARAVINI D., 1997 - *Un torsolo di Monte. Cave e grotte su Monte Mauro (Riolo Terme)*. Speleologia Emiliana, s. IV, a. XXIII, n° 8, pp. 10-24.
- GRUPPO SPELEOLOGICO CITTÀ DI FAENZA, GRUPPO SPELEOLOGICO "VAMPIRO", 1964 - *Le cavità naturali della Vena del Gesso tra il Lamone ed il Senio*.
- MARABINI S., VAI G.B., 1985 - *Analisi di facies e macrotettonica della Vena del Gesso romagnola*. Boll. Soc. Geol. It., 104, pp. 21-42.
- MARABINI S., BAGNARESI U., COSTA G.P., FORTI P., OLIVIER A., VAI G. B., 1994 - *I Gessi da Riolo Terme*. La Vena del Gesso, Regione Emilia Romagna, Bologna, pp. 392-412.

Documenti

- FORTI P., MARABINI S., VAI G.B., 1997 - *Convenzione con il Comune di Riolo Terme sullo studio geologico, idrologico e carsico della porzione della Vena del Gesso romagnola interessata dalla cava di gesso di Borgo Rivola. Relazione preliminare*. Bologna 28 maggio 1997.
- PROVINCIA DI RAVENNA, ASSESSORATO PROGRAMMAZIONE E GOVERNO DELL'AMBIENTE, DIFESA DELLA COSTA E DEL SUOLO, DICEMBRE 2001 - *Studio finalizzato alla verifica delle modalità di coltivazione ottimali applicabili al polo estrattivo del gesso in località Borgo Rivola in comune di Riolo Terme, al fine di salvaguardare il sistema paesaggistico ed ambientale del Polo Unico Regionale del gesso*. ARPA, Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente dell'Emilia Romagna.



La seconda giornata dei lavori e un momento della festa conclusiva a Casa Fantini (sede del Parco dei Gessi Bolognesi).

The second scientific session and the closing party at Casa Fantini (headquarters of the Gessi Bolognesi Regional Park).

1988-2003: L'ESPERIENZA DEL PARCO NEL CAMPO DELLA TUTELA E VALORIZZAZIONE DEI GESSI BOLOGNESI

David Bianco¹

Riassunto

Il presente contributo intende dare conto dell'esperienza maturata dal momento dell'istituzione dell'area protetta per quanto riguarda l'azione di tutela e valorizzazione degli affioramenti evaporitici e del patrimonio carsico speleologico. A partire dalle caratteristiche del Parco e delle sue principali emergenze ambientali, viene accennato ai presupposti normativi che hanno consentito questa prima fase di attività dell'ente di gestione. Si descrivono le attività e gli interventi realizzati, i primi dieci anni di gestione "turistica" della Grotta della Spipola, le varie collaborazioni in corso sia con privati che con i Gruppi Speleologici.

Parole chiave: Parco Naturale, gesso, fruizione del patrimonio carsico, educazione ambientale, proposto Sito di Importanza Comunitaria, Piano di gestione, Rete Natura 2000.

Abstract

The case-history of the Park for the protection and the development of the Gypsum Karst area of Bologna. A short outlook on the activity performed for the safeguard and tourist development of the karst and speleological heritage of the gypsum outcrop is given since the institution of the protected area. The main characteristics and environmental peculiarities of the Park are also shortly reported. The laws which allowed the activity of the Management Committee activity during this first period of existence of the Park are presented. Finally the different performed activities and programs, the first 10 years of tourism inside the Spipola Cave and the actually running co-operation with Caving Clubs or other organizations are described.

Keywords: Natural Park, gypsum, use of the karst heritage, environmental education, proposed S.I.C. management plan, Rete Natura 2000.

Caratteristiche dell'area protetta

L'area protetta, collocata nelle prime colline a est della città di Bologna, si estende su circa 5.000 ettari. Più precisamente il territorio del Parco è pari a 4844 ettari di cui 163 di zona A, 932 zona B, 1982 zona C, 1413 Preparco (aree contigue ai sensi della L. 394/91), 354 urbanizzati. L'istituzione del Parco Naturale Regionale è avvenuta 15 anni fa con la Legge Regionale n. 11 del 2 aprile 1988; l'Ente di gestione, un Consorzio obbligatorio costituito da Provincia, Comunità Montana e Comuni interessati dal suo territorio, è stato

costituito nel 1992: fanno parte del Consorzio i Comuni di Bologna, San Lazzaro di Savena, Pianoro, Ozzano dell'Emilia, la Provincia di Bologna e la Comunità Montana Cinque Valli Bolognesi. Le prime assunzioni sono state effettuate alla fine del 1993. Attualmente il Consorzio ha otto dipendenti a tempo pieno e diversi incarichi e collaborazioni.

Il gesso, di tipo prevalentemente macrocristallino, affiora su circa 220 ettari suddivisi in quattro principali sistemi carsici (Acqua Fredda – Spipola – Prete Santo; Budriolo – Calindri; Ronzana – Gaibola – Inferno; Castel

¹ Consorzio di gestione del Parco Regionale dei Gessi Bolognesi e Calanchi dell'Abbadessa

de' Britti); più esteso - circa 490 ettari - l'habitat rilevante sotto il profilo carsico-speleologico se includiamo le valli carsiche (Valli cieche dell'Acqua Fredda, del Budriolo e di Ronzana); circa 150 sono le cavità censite nel Catasto Speleologico Regionale. Da segnalare la presenza di cinque cave attive nel territorio del Parco la cui attività, come si dirà di seguito, è durata fino ai primi anni '80.

Da un zona di cave al Parco Naturale

L'attività estrattiva del dopoguerra legata al boom economico, in particolare tra gli anni '60-'80, ha rappresentato la principale minaccia e fattore di degrado per l'affioramento dei Gessi Bolognesi e per l'importantissimo patrimonio archeologico, paleontologico, speleologico, paesaggistico ed ecologico dell'area.

Proprio dalla presa di coscienza della distruzione operata dalle cave e dalla minaccia dell'apertura di ulteriori poli estrattivi prese avvio il processo di tutela fortemente voluto dai diversi portatori d'interesse. In questo periodo sono cinque le aree di estrazione industriale del gesso presenti all'interno nel territorio del Parco: quattro utilizzano tradizionali sistemi di estrazione in galleria e sono collegate a vicine fornaci in cui viene successivamente "calcinato" il materiale estratto. Una sola cava, la così detta "cava a filo" lungo Via Madonna dei Boschi, impiega la tecnica del filo elicoidale per ricavare blocchi e lastre di gesso da utilizzare senza altre lavorazioni.

Gli speleologi bolognesi da involontari e preoccupati testimoni della distruzione delle cave si trasformano nei più fieri avversari di questo fenomeno, trascinando al proprio fianco quella che oggi chiameremmo "società civile" - Associazioni Ambientaliste quali l'Unione Bolognese Naturalisti, il WWF, la LIPU e il CAI; Associazioni culturali; singoli cittadini - e, in ultimo, le istituzioni quali il Comune di San Lazzaro di Savena, il Comune di Bologna e la Provincia di Bologna.

Quanto gesso è stato estratto da queste aree?

Nessuno che io sappia si è mai dedicato a questi calcoli ma il quantitativo deve essere stato gigantesco; un esempio: per il 1970 vengono dichiarati 130.000 metri cubi di gesso estratto. Ma era proprio necessario? Enormi quantitativi di gesso originato da processi industriali di Porto Marghera vengono scaricati in quegli stessi anni nel Mare Adriatico: la beffa si aggiunge al danno!

A contrapporsi, come in tanti altri conflitti ambientali, l'interesse d'impresa e l'interesse di tutti, con il solito "ricatto occupazionale" a fare da contorno all'animata discussione tra chi pretende di continuare a cavare e chi si oppone allo scempio.

Ci vorranno quindici anni per arrivare all'effettiva chiusura delle cave: dal 1973 (chiusura con Ordinanza Sindacale della Cava del Farneto) al 1987 (chiusura della Cava a Filo). Da queste ferite, ancora oggi visibili e che lasciano aperte problematiche di difficile soluzione, per una sorta di contrappasso è nata l'area protetta.

Bloccata o quanto meno controllata l'attività estrattiva non finiscono le minacce.

Un'area di prima collina in vista della Città di Bologna non poteva non destare grande interesse per chi intendeva "valorizzare" la campagna con ville e villette. Solo grazie alla riconosciuta importanza ambientale della zona e alla contemporanea convergenza di vari strumenti di pianificazione (Piano Paesistico Regionale, Piani Regolatori Comunali) verso obiettivi di tutela la speculazione edilizia ha solo sfiorato gli affioramenti gessosi: a riprova della concretezza di questo rischio cito il fatto che l'Ente Parco ha acquisito buona parte delle principali aree di interesse naturalistico della zona della Spipola proprio da società immobiliari. La lottizzazione di Monte Calvo, un agglomerato di lussuose ville in vista di Bologna nella parte superiore della Valle cieca dell'Acqua Fredda, resta con tutta la sua evidenza a testimoniare l'incapacità di tener conto dei "limiti" posti dalla Natura.

Date importanti per l'idea del Parco

I contributi di quanti si sono avvicinati nel processo di difesa dei Gessi Bolognesi sono numerosi e di vario tipo, accomunati da un sincero *pathos* per la urgenza di assumere provvedimenti, ma anche da una certa speranza. Difficile tentare una loro sintesi senza rischiare di dimenticare qualcuno, qualche iniziativa, articoli su giornali o riviste specializzate, camminate per la salvezza dei Gessi Bolognesi... Resta il fatto che un progetto per certi versi così "ambizioso" quale quello volto all'istituzione del Parco non poteva che essere il risultato di una complessa storia cominciata diversi anni prima. Ecco una sintesi di momenti importanti per l'istituzione del Parco.

- 1960 - Luigi Donini (USB) e Paolo Ferraresi (GSB) ad una conferenza dell'Unione Bolognese Naturalisti propongono la realizzazione di un "Parco" a molteplici funzioni (tutela, svago, ricerca e didattica)
- 1971 - Convegno dell'Unione Speleologica Bolognese nel "Centenario della scoperta della Grotta del Farneto"
- 1972 - Convegno dell'Unione Bolognese Naturalisti: "Salviamo i Gessi"
- 1974 - Acquisto dell'area di cava del Farneto da parte della Pubblica Amministrazione (Comune di San Lazzaro di Savena, Comune di Bologna e Provincia di Bologna)
- 1982 - Convegno della Provincia di Bologna sul "Parco dei Gessi"
- 1983 - Convegno del Comune di Ozzano dell'Emilia sul "Parco dei Gessi Bolognesi e Calanchi dell'Abbadessa"
- 1985 - Proposta della Lega Italiana Protezione Uccelli di Bologna per l'istituzione di un'Oasi di protezione della fauna selvatica
- 1986 - La Regione tenta di creare il Parco dei Gessi utilizzando la Legge Regionale

2/77 ma un ricorso amministrativo blocca l'istituzione

- 1987 - Convegno dell'Unione Bolognese Naturalisti: "Per il rilancio del Parco dei Gessi"
- 1988 - La Legge Regionale n. 11 del 2 aprile 1988 istituisce il Parco

I riferimenti e gli strumenti normativi

Anche se può apparire noioso è molto importante tenere nella dovuta considerazione il processo normativo che accompagna la nascita e la vita dell'area protetta. Qualunque seria azione di conservazione deve infatti avvenire all'interno di un preciso quadro normativo o nell'ambito delle pianificazione e programmazione in cui vengono a definirsi priorità, strumenti e risorse da destinare alla loro realizzazione. Tutte le attività realizzate o in cantiere attualmente sono possibili proprio perché coerenti con tali indicazioni.

Come accennato l'istituzione del Parco Regionale è avvenuta mediante la Legge Regionale 11/1988. A completare il quadro normativo interviene alcuni anni dopo la Legge quadro sulle aree protette, la 394 del 1991, che definisce, tra l'altro, le funzioni e le competenze dei Parchi e delle Riserve Regionali.

Dal momento dell'istituzione *ex lege* dell'area protetta, prende inizio l'elaborazione del Piano Territoriale del Parco, fondamentale strumento che rappresenta il progetto generale dell'area protetta e definisce l'assetto del territorio, indicando gli obiettivi generali e di settore. Il Piano del Parco è dunque costituito da una serie di analisi e cartografie e dalle Norme di attuazione del Piano in cui vengono specificati i vincoli, le limitazioni e la regolamentazione delle attività consentite o incompatibili. Un ulteriore importante strumento di pianificazione è costituito dal Regolamento del Parco che, sulla base delle indicazioni di Piano, disciplina le attività consentite e i criteri di accesso a particolari aree

del Parco e l'utilizzo delle risorse naturali.

Era scontato, nel caso di un'area protetta di rilevanza carsico-speleologica quale la nostra, che il Piano del Parco affrontasse con la massima attenzione la tematica specifica degli affioramenti gessosi e dei diversi habitat ad essi direttamente collegati.

In ragione di questo tra gli obiettivi specifici del Parco all'art. 1 delle Norme di Piano vengono individuati e definiti fondamentali i seguenti:

- tutelare *“gli habitat degli affioramenti gessosi messiniani denominati Gessi Bolognesi, con i relativi sistemi carsici, fenomeni e manifestazioni carsiche, sia ipogee che epigee, ivi compresi habitat di rilevanza comunitaria quali “grotte non ancora sfruttate a livello turistico” (Direttiva CEE 92/43, Codice Corine n.65), e di tutte le specie animali e vegetali in essi presenti”*;

- la tutela delle *“specie animali di interesse comunitario presenti nel territorio protetto, ovvero tutte le specie di chiroterteri tra cui, in particolare, le specie legate agli ambienti carsici (Rhinolophus euryale, Rhinolophus ferrumequinum, Rhinolophus hipposideros, Myotis blythii, Myotis myotis)...”*;

- la conoscenza e la divulgazione degli ambienti sopra descritti;

Un intero articolo, il 10, è dedicato alla tutela dell'ambiente ipogeo: *“I fenomeni carsici – si legge – sono una delle principali caratteristiche del Parco: la varietà e complessità delle grotte è di grande interesse sia sotto il profilo geologico e speleologico che per gli aspetti biologici, archeologici e paleontologici. La presente norma è finalizzata alla tutela del valore naturalistico delle cavità presenti nel Parco, e alla promozione della fruizione delle stesse cavità ove essa non risulti in contrasto con la tutela di tale valore”*.

Conseguentemente il Piano individua diversi gradi di protezione delle grotte a seconda delle caratteristiche delle cavità individuate, al fine di favorire la fruizione speleologica e didattica degli ambienti ipogei, pur mantenendo eleva-

to il livello di protezione degli stessi: ad ogni grado di protezione corrispondono relative modalità di fruizione ammesse.

Le tipologie così individuate sono le seguenti:

GR - cavità ad accesso regolamentato e controllato per la fruizione speleologica: l'accesso è autorizzato dall'Ente Parco per l'attività speleologica, può essere soggetto a limitazioni in relazione ai fini di protezione generale delle cavità, rientrano in questa tipologia: la Grotta delle Pisoliti (n. 550 del “catasto regionale delle grotte”), il Buco dei Buoi (n. 29), il Buco del Belvedere (n. 6), la Grotta Serafino Calindri (n. 149), la Grotta Nuova (o Grotta Carlo Pelagalli, n. 425), il Buco del Bosco (n. 40), la Grotta Coralupi (n. 92), la Grotta Secca (n. 73), la Risorgente dell'Acquafredda (n. 4), il Buco del Prete Santo (n. 275);

GS - cavità riservate ad attività di ricerca scientifica: l'accesso è ammesso per soli motivi di ricerca scientifica e previa autorizzazione dell'Ente Parco; rientra in questa tipologia la Grotta Novella (n. 287), nella quale possono essere eseguiti interventi di manutenzione, potenziamento e sostituzione delle attrezzature per la ricerca scientifica;

GT - cavità destinate alla fruizione turistica: l'accesso è ammesso per motivi didattici ed escursionistici, nonché per la ricerca e l'osservazione scientifica, previa autorizzazione dell'ente di gestione, che regolerà gli accessi in relazione ai fini di protezione ambientale delle cavità e ai risultati del sistema di monitoraggio di cui all'art. 9; rientrano in questa tipologia la Grotta della Spipola (n. 5) e la Grotta del Farneto (n. 7); in queste grotte sono ammessi interventi di manutenzione per garantire l'accessibilità agli scopi suddetti. In realtà la Grotta del Farneto non risulta oggi utilizzabile per via della problematica legata all'instabilità dell'area di accesso: il Piano prevede che qualunque operazione tesa a ripristinare la fruibilità della cavità sarà accompagnata da monitoraggio sulla stabilità e sull'impatto ambientale di interventi e fruizione.

Gli accessi di tutte queste cavità vengono riportati in un elaborato cartografico e, cosa di estrema importanza, sono in gran parte dei casi controllati mediante chiusura dell'entrata alle grotte con robusti portelli o barre (naturalmente sono presenti accorgimenti per consentire il passaggio della fauna).

Tutte le altre cavità esistenti hanno accesso non controllato da portelli ma sono soggette a regolamentazione; l'accesso è riservato all'attività speleologica vera e propria. Le modalità di accesso agli ambienti ipogei verranno ulteriormente dettagliati dal Regolamento del Parco, strumento che nel caso del nostro Parco è ancora in corso di elaborazione. Il Regolamento disciplinerà le modalità di accesso agli ambienti ipogei secondo i criteri sopra stabiliti e tenendo conto dei risultati del sistema di monitoraggio di cui si dirà in seguito, in virtù dei quali potranno essere deliberate dall'ente misure urgenti per la protezione degli stessi ambienti. Inoltre l'Ente Parco potrà deliberare, sulla base di motivate esigenze legate al mutare delle necessità di protezione delle cavità, con il parere positivo del Comitato Tecnico Scientifico, il passaggio di una cavità dall'una all'altra categoria di protezione.

In attesa di questo Regolamento l'organo esecutivo del Consorzio, su indicazione del Comitato Tecnico Scientifico, ha regolamentato l'accesso alle grotte protette stabilendo un numero massimo annuo e giornaliero ammesso per ciascuna grotta. Ogni accesso viene accuratamente registrato dall'Unione Speleologica Bolognese, che garantisce in convenzione la gestione dell'attività speleologica propriamente detta.

Lo stesso articolo 10 delle Norme stabilisce che è *“comunque vietata qualsiasi attività di raccolta ed asportazione di fossili, minerali e concrezioni, nonché di reperti paleontologici e archeologici negli ambienti ipogei”*.

Un'altra importante indicazione del Piano si riferisce al monitoraggio ambientale (art. 9

delle Norme di Attuazione). L'Ente deve predisporre dunque le seguenti azioni:

- *monitoraggio finalizzato ad una conoscenza specifica dei differenti habitat (almeno quello ipogeo, quello acquatico e quello terrestre per quanto riguarda gli ambienti legati a fenomeni carsici);*
- *monitoraggio delle specie, con particolare riguardo per le specie di particolare interesse di cui agli art. 11 e 13 e di quelle in condizioni critiche (minacciate); parte dell'azione di monitoraggio delle specie è costituita dalla redazione e dall'aggiornamento di una check-list delle specie individuate nel Parco e nel Pre-Parco, con cura particolare per l'individuazione delle specie rare e minacciate individuate secondo criteri biogeografici (corotipi rari) e ecologici (specie di habitat rari);*
- *monitoraggio delle modalità di fruizione antropica del territorio protetto.*

Questa previsione normativa che si sofferma sull'habitat carsico e sull'impatto della fruizione, diventa evidentemente determinante nello stabilire le linee d'azione e le priorità dell'Ente Parco.

Un'area di importanza internazionale

Con Decreto del Ministero dell'Ambiente del 3 aprile 2000 buona parte del Parco viene riconosciuto quale “proposto Sito di Importanza Comunitaria” (pSIC ITA 4500001 “Gessi Bolognesi, Calanchi dell'Abbadessa”) ed entra a costituire un nodo della Rete Natura 2000, la rete europea a tutela della diversità biologica attualmente in fase di costruzione ai sensi della Direttiva 92/43/CEE. Tale importante riconoscimento origina dall'accertata e significativa presenza di habitat e specie animali di importanza comunitaria. Grazie a questo valore come si accennerà in seguito è stato e sarà possibile la partecipazione del Parco a progetti Life Natura.

Da sottolineare con enfasi il fatto che le manifestazioni speleologiche e carsiche nel gesso

presenti nell'area del Parco per caratteristiche e dimensioni assumono un rilievo internazionale che è noto ben oltre i confini nazionali: la Dolina della Spipola è la più grande conca endoreica in gesso dell'Europa Occidentale.

Il Parco è già stato coinvolto in un progetto Life Natura denominato "Pellegrino" conclusosi nel 2002. Nell'ambito di tale progetto grazie al volontariato speleologico si è realizzata la chiusura della Grotta Coralupi al fine di meglio tutelare i chiroterri troglodili e l'habitat cavernicolo. Un altro risultato del Life è stato l'elaborazione di un Piano di gestione del pSIC, uno strumento che intende individuare fattori di pressione e di minaccia e proporre un corretto utilizzo degli habitat naturali e seminaturali individuati nel nostro Parco.

Le azioni del Parco

In questi anni l'attività del Parco ha sviluppato diverse azioni, molte delle quali, come è scontato, sono più o meno connesse alla tutela e valorizzazione didattico-ricreativa del patrimonio carsico-speleologico. Si sottolinea che la loro realizzazione è l'attuazione delle indicazioni del Piano del Parco e delle priorità da questo individuate in funzione della disponibilità delle risorse economiche necessarie. Di seguito si elencano le principali azioni intraprese dall'Ente Parco nei suoi dieci anni di attività, precisando che molte di queste sono attualmente in corso e devono diventare "ordinaria amministrazione" per un Parco Naturale dedicato ad una emergenza carsica.

- *Acquisizione di aree di importanza naturalistica.* Fondamentale per l'Ente è stata l'acquisizione delle proprietà private in cui sono presenti i principali affioramenti gessosi e le più importanti manifestazioni carsiche quali ad esempio doline, inghiottitoi, altopiani carsici, pozzi o l'accesso ad importanti grotte. Grazie a questa azione sono circa 70 gli ettari di affioramenti del Messiniano garantiti alla

proprietà pubblica. Le possibilità di configurare un'utilità pubblica di tali acquisizioni trova ragione in una esplicita indicazione del Piano del Parco.

- *Realizzazione di sentieri e aree di sosta.* Secondo le previsioni di Piano si è realizzato un sistema di percorsi ed aree di sosta che già oggi consente una razionale utilizzazione e accessibilità del Parco e che nello specifico si dedica all'emergenza carsico-speleologica con appositi sentieri.

- *Produzione di materiali didattici e divulgativi.* L'esigenza di mettere a disposizione di visitatori, insegnanti e studenti nonché appassionati dei materiali divulgativi ha portato alla realizzazione di una corposa serie di opuscoli tematici, pieghevoli, una videocassetta, una monografia, poster... Alcuni di questi si dedicano espressamente all'ecosistema cavernicolo, alla visita "speleologica" della Grotta della Spipola, alla flora e vegetazione degli affioramenti gessosi.

- *Realizzazione di interventi di riqualificazione e/o protezione di cavità carsiche.* In questi anni sono diversi gli interventi realizzati nel Parco al fine di riqualificare particolari emergenze carsico-speleologiche. La tipologia più importante tra questo genere di interventi è senza dubbio la chiusura delle grotte mediante opportuni serramenti, operazione che è sempre avvenuta grazie alla competenza, capacità progettuale e mano d'opera volontaria dell'USB-GSB. Altri interventi hanno comportato la rimozione di scritte a vernice o a carburo lasciate sulle pareti della Grotta della Spipola da ignoti prima della regolamentazione della fruizione, oppure la rimozione di rifiuti di ogni genere presenti in varie cavità: dalle inquinanti pile alla carcassa di una cinquantina! Da ricordare una serie di laboriose opere che hanno reso facilmente fruibile la Grotta Novella, la "grotta laboratorio" del Parco, che si devono sempre all'instancabile volontariato speleo.

- *Programmi di ricerca e monitoraggio sull'ambiente ipogeo:* nell'ambito dei programmi

d'investimento cofinanziati dalla Regione Emilia Romagna è iniziata una sistematica raccolta di dati di vario genere (climatologico, meteorologico, biologico...) oltre all'acquisto di particolare strumentazione tecnico scientifica (centraline di monitoraggio...). Nonostante la complessità del sistema carsico, la conoscenza sul suo sviluppo, sulla presenza di chiroteri o di altri organismi, sulle caratteristiche ambientali e sullo stato di salute delle nostre cavità si va accrescendo.

- *Convenzioni con i privati per l'utilizzo di particolari aree, percorsi e/o la realizzazione di programmi di monitoraggio:* il Consorzio ha stipulato specifici accordi per consentire l'utilizzo di percorsi su proprietà privata e la fruizione di particolari aree in cui sono presenti spettacolari manifestazioni carsiche epigee: forme erosive, bolle di scollamento, pozzi, ecc.

- *Convenzioni con il volontariato speleologico:* la gestione delle "grotte protette", ossia quelle munite di cancello, avviene grazie all'insostituibile attività dell'Unione Speleologica Bolognese – Gruppo Speleologico Bolognese e su indicazione della Federazione Speleologica Regionale dell'Emilia Romagna; con un altro gruppo federato, il Corpo Volontario Soccorso Civile di Bologna, è invece in essere una convenzione per accompagnare visitatori alla Grotta della Spipola.

- *Contratti per la fornitura di un servizio di accompagnamento di carattere speleologico.* Il Consorzio ha stipulato contratti e convenzioni per l'accompagnamento "turistico" nella Grotta della Spipola. I soggetti coinvolti sono Cooperative che effettuano accompagnamento sia nell'area carsica in esterno che nella Grotta della Spipola.

La fruizione della Grotta della Spipola

Tra i primi atti del Consorzio troviamo l'organizzazione sia di iniziative di fruizione della Grotta della Spipola sia di un servizio di informazione sull'ambiente carsico della zona della

Spipola rivolto alla cittadinanza. Da allora le cose si sono sviluppate e modificate in maniera considerevole.

A ben guardare però non è stato il Parco ad inventare le visite guidate nelle grotte dell'area. Da oltre un secolo, infatti, i cittadini di Bologna sentivano parlare di caverne e delle loro meraviglie e venivano invitati a farvi visita.

Sul finire dell'800, uno straordinario personaggio, Francesco Orsoni (1849-1906) si affaccia sul panorama locale. Dopo aver scoperto nel 1871 la Grotta del Farneto ed avervi scavato importante materiale archeologico, l'Orsoni promuove con il sostegno di famosi intellettuali bolognesi (Carducci, Panzacchi, Capellini...) visite alla collezione archeologica ed alla caverna. Il Farneto viene reso visitabile scolpendo comodi gradini nel gesso e dotandolo di illuminazione. I volantini dell'epoca ci fanno cogliere la serietà e l'accuratezza di tale operazione di promozione culturale che ben si colloca in un clima di scoperta e valorizzazione dei beni culturali cittadini: in quegli stessi anni nascono infatti a Bologna importanti Musei Universitari e Istituzioni scientifiche e vengono organizzati importanti eventi.

Purtroppo Orsoni ha una storia personale molto tormentata: la sua collezione va in parte dispersa e le visite al Farneto proseguono, specie dopo la sua morte, in maniera meno eclatante e significativa: bisogna aspettare gli anni '60 per sentire nuovamente parlare di un Farneto "turistico".

Luigi Fantini (1895-1975), straordinario personaggio che merita ancor oggi la nostra profonda riconoscenza per le numerose intuizioni di cui fu capace, nasce a due passi dalla Grotta del Farneto e viene certamente influenzato sia dalla Grotta che dalla figura dell'Orsoni. Lo cito solo per ricordare che oltre a scoprire la Grotta della Spipola nel 1932, si preoccupò da subito di rendere agevole ed accessibile ai normali cittadini questa meravigliosa cavità. Nel maggio del 1935 cominciano i lavori per rendere "turistica" la

Grotta: dopo pochi mesi viene inaugurato il nuovo e facile accesso che utilizziamo ancor oggi e viene organizzato un servizio di accompagnamento da parte degli speleologi. Il disastro della Guerra interrompe questa esperienza a cui ancora oggi ci ispiriamo. Sottolineo la modernità della idea di Fantini: un accesso regolamentato grazie ad una porta metallica e l'accompagnamento di guide, niente di nuovo sotto al sole rispetto a quello che facciamo oggi se si fa eccezione per quanto ci ha messo a disposizione la tecnologia (centraline, impianti elettrici...).

Come funziona attualmente il servizio di visite guidate

Viene predisposto dal Parco un calendario di durata annuale in cui si programmano mediamente due visite al mese in giorni festivi o prefestivi (domenica/sabato). Per gruppi organizzati è possibile stabilire date aggiuntive.

La promozione di questo calendario viene fatta direttamente dal Parco mediante volantini, comunicati ai giornali locali e pubblicandolo sul sito del Parco.

La prenotazione della visita avviene telefonicamente chiamando gli Uffici del Parco. L'utente viene informato delle caratteristiche dell'escursione (durata, difficoltà, punto di ritrovo), dell'abbigliamento necessario (vestiario e calzature), del costo; viene inoltre richiesto un recapito telefonico per eventuali comunicazioni. L'aspirante visitatore dovrà effettuare prima dell'escursione il pagamento del contributo richiesto mediante conto corrente postale.

L'elenco dei partecipanti viene trasmesso via fax a chi realizzerà l'intervento (Coop/Gruppo).

Per ottimizzare le escursioni sono state stabilite soglie minime e massime di partecipazione: minimo 10 utenti/massimo 30; con 10-15 visitatori interviene una guida; sopra le 15 persone interviene necessariamente una seconda guida, ma a partire dal 2004 le comi-

tive avranno sempre due accompagnatori al fine di garantire maggiore sicurezza della visita e maggiore tutela dell'ambiente.

Realizzazione. Attualmente il Parco si avvale di due soggetti per l'accompagnamento: una cooperativa, "Carovana Coop" di Bologna (contratto triennale), e un gruppo speleologico in convenzione, il CVSC (Corpo Volontario Soccorso Civile). Il Parco conosce gli operatori impiegati nelle visite e richiede che questi abbiano una dimostrata competenza in ambito speleologico; chi realizza l'intervento deve fornire l'attrezzatura indispensabile all'escursione (casco e luce) e controllare che sia stato effettuato il pagamento del contributo richiesto.

Caratteristiche dell'escursione. L'escursione è di media difficoltà per un utente privo di esperienza speleologica; richiede mediamente circa due ore e mezza di tempo e consente la visita di un percorso ipogeo di circa 500 m. Le guide incontrano i visitatori in una località prossima alla grotta, un luogo facilmente raggiungibile con l'auto; in questa area di sosta avviene il controllo dei nominativi e dell'avvenuto pagamento del contributo richiesto dal Consorzio. Viene quindi consegnato il materiale per l'escursione (casco, impianto illuminante, eventuale materiale didattico): una volta attrezzati i visitatori ha inizio l'escursione che porta la comitiva verso la Spipola lungo un sentiero che consente la visione panoramica della grande Dolina della Spipola.

La tabella 1 riporta i dati sulle visite a carattere speleologico realizzate dal Consorzio nel periodo 1994-2003 e indirizzate ad un pubblico vario con finalità sia di tipo ricreativo che con obiettivi di tipo didattico-divulgativo. Come si potrà osservare oltre la metà delle iniziative è rivolta a gruppi in attività socio-educativa: scuole di tutti gli ordini e gradi, campi estivi e gruppi di minori organizzati da vari soggetti (AUSL, Associazioni, Scout...).

Negli ultimi anni il numero totale di visitatori si è sempre attestato attorno ai 1200-1300

utenti all'anno, numero per certi versi fisiologico, che si ottiene con una buona partecipazione al calendario proposto dal Parco e con una discreta adesione alle iniziative rivolte esclusivamente alle scuole. Questo numero è strettamente legato alla promozione delle iniziative, alla disponibilità degli accompagnatori ed alle risorse economiche destinate alla fruizione della Grotta. A tal proposito si sottolinea quanto segue: il contributo richiesto all'utente permette un sostanziale pareggio nel caso delle visite a carattere ricreativo, in gran parte svolte nei giorni festivi, mentre consente un rientro molto minore (dal 20 al 40% dei costi reali) nel caso delle iniziative della scuola. Da rimarcare che le visite con due accompagnatori, l'impiego di attrezzatura di protezione ed illuminazione che necessita di mano d'opera rendono queste iniziative inevitabilmente impegnative e costose, ben difficilmente sostenibili da realtà quali la scuola a cui peraltro spetta far fronte ad una logistica che

richiede in molti casi l'impiego di un servizio di bus.

La tutela ambientale

Lungo il percorso "turistico" sono presenti centraline che rilevano le temperature ogni 15 minuti per tutto l'anno: i dati raccolti e le attenzioni messe in atto (numero massimo di 30 persone ammesse in grotta in un periodo di sei ore) ci rassicurano sul limitato impatto che la fruizione sta avendo, viste anche le caratteristiche proprie di questo tipo di grotta: nelle cavità del Parco gli scambi energetici (costituiti principalmente da masse d'acqua e aria) con l'ambiente esterno sono tutto sommato naturali. Una certa soddisfazione la si può ricavare dal fatto che dal 1996 ininterrottamente alcuni grandi *Myotis* svernano proprio lungo il percorso turistico nonostante il sistema della Spipola presenti numerosi altri siti idonei.

Anno	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Numero visitatori totali	152	1269	852	1206	1272	1386	1433	975	1561	1217
Visite per scuole e gruppi minori	-	563	569	910	982	1140	970	560	495	400
Attività di educazione ambientale "Vivi il Parco"	-	-	-	-	-	-	-	-	426	325
Totale socioeducative	0	563	569	910	982	1140	970	560	921	725
"Turisti"	152	706	283	296	290	246	463	415	640	492
% scuole	-	44	66	75	77	82	68	57	81	81
% presenze turistiche	-	56	34	25	23	18	32	43	19	19
Numero interventi per scuole	-	-	-	-	-	56	48	26	23	71
Classi Vivi il Parco	-	-	-	-	-	-	-	-	18	13
Numero interventi per "turisti"	-	-	-	-	-	18	25	41	20	29

Tab. 1 - Le visite alla Grotta della Spipola

Conclusioni e prospettive

Ripensandoci in questi anni sono davvero successe tante cose nei Gessi Bolognesi. C'è quasi da chiedersi come tutto questo sia stato possibile. Tra le risposte citerei senz'altro un clima culturale "evoluto" e favorevole, un contesto culturale ricco e legato alla vicinanza di Bologna ed alla lunga e faticosa storia che ha portato al Parco; l'insostituibile contributo e stimolo del volontariato speleologico e ambientalista, la disponibilità economica degli enti consorziati e della Regione Emilia Romagna, l'intelligenza politica degli Amministratori Locali e del Parco.

Per quanto riguarda l'occasione rappresentata dal Simposio mi preme sottolineare alcuni aspetti.

Le nostre esperienze di Parco devono confrontarsi con altre aree protette in cui è in corso un analogo percorso volto, pur nella specificità delle diverse realtà, alla tutela e valorizzazione dell'emergenza gessosa e del patrimonio carsico-speleologico e naturalistico. Ovviamente restano da affrontare molte questioni su cui nel tempo sarà necessario discutere; di seguito elenco in ordine sparso ed in maniera puntiforme alcune possibili prospettive:

- esigenza delle Aree Protette carsiche di avere Guide Speleo specializzate per i "turisti"
- problematica legata alla presenza delle ex aree di cava
- possibilità di realizzare in rete progetti Life Natura sul patrimonio carsico e biologico coinvolgendo diverse aree protette
- realizzazione di gemellaggi e scambi culturali con altre aree carsiche
- creazione di un coordinamento delle aree protette carsiche e l'opportunità di organizzare un appuntamento periodico
- esigenza di nuovi accordi con le proprietà private, con le associazioni, con le Cooperative di servizio
- problematica dell'impatto della fruizione (ad esempio da sviluppare l'esperienza di utilizzare fonti di illuminazione alternative al carburante)
- censimento/questionario sulla fruizione nei gessi

In questi anni abbiamo cominciato qualcosa di nuovo, che non è mai stato fatto prima: stiamo vivendo una fase "pionieristica" e creativa, in cui molto è da inventare e provare ed in cui restano molte cose da fare per conoscere e apprezzare quanto meritano il gesso e le sue varie emergenze ambientali e culturali.

BREVE RESOCONTO FINALE SUL SIMPOSIO

David Bianco¹

Riassunto

Le impressioni, le emozioni e i sentimenti di uno che sin dall'inizio è stato totalmente assorbito nell'organizzazione del simposio.

Parole chiave: Simposio, organizzazione, Parco dei Gessi, Bologna

Abstract

Short final report on the Symposium

The emotions, feelings and impressions of a person which was deeply involved in the organization of the Symposium since its beginning.

Keywords: *Symposium, organization, Gypsum Park, Bologna*

Abbiamo pensato di raccontarvi il Simposio e il suo svolgimento con una breve nota.

Tre giorni dedicati ai Gessi nel Mondo, alla loro salvaguardia e valorizzazione turistica: dal 26 al 28 agosto 2003: un gruppo di specialisti da vari paesi e regioni ha animato la discussione voluta principalmente dal Parco e dal Gruppo Speleologico Bolognese - Unione Speleologica Bolognese.

“Quante cose sul Gesso!!!”

Pensavo dentro di me.

Per la prima volta il Parco ha organizzato un incontro di rilievo internazionale in cui conoscere e confrontare esperienze di gestione di aree carsiche in gesso, con particolare attenzione ai temi della fruizione turistica del patrimonio carsico. Per un Parco Naturale come il

nostro la questione è del massimo rilievo per molteplici ragioni di ordine sia tecnico-scientifico che politico-gestionali. Importante incontrare le altre aree protette dedicate al carsismo, enti che cominciano a muovere, tra mille difficoltà e dubbi, i primi passi o che stanno consolidando significative esperienze che è necessario divulgare tra gli addetti ai lavori.

Come noto il Gesso affiora in varie parti del Mondo, dalle Ande agli Urali, dal massiccio dell'Atlante in Nord Africa all'Iran, dal Nord America all'Europa centrale. Realtà evidentemente molto diverse a dalle problematiche peculiari. Tanto per restare in Italia il gesso affiora dalle Alpi alla Sicilia e nella nostra regione da Rimini a Reggio Emilia. Su queste aree la tutela è più o meno forte e reale a seconda della storia locale, della tradizione

¹ Consorzio di gestione del Parco Regionale dei Gessi Bolognesi e Calanchi dell'Abbadessa

speleologica e della presenza delle istituzioni. Un patrimonio ambientale tanto importante quanto ancora da scoprire e valorizzare in chiave turistico-ricreativa e didattica.

Il Simposio ha preso l'avvio con il saluto dell'Assessore Provinciale all'Ambiente Forte Clò, felice di ospitare una iniziativa di questo rilievo, convinto dell'opportunità e necessità di un confronto sul piano scientifico e culturale delle diverse forme di gestione del patrimonio naturale carsico speleologico. Da sottolineare il momento di silenzio per commemorare il Prof. Umberto Bagnaresi, Presidente del Parco, scomparso da poco tempo e che aveva ben compreso l'importanza di questo evento. Col suo saluto Clò ha lanciato l'ipotesi di realizzare varie iniziative tra cui un coordinamento delle aree carsiche gessose, un ampliamento del Parco dei Gessi Bolognesi con una stazione a Zola Predosa, una verifica sulla riapertura della Grotta del Farneto, la storica Grotta di Bologna.

La prima giornata è stata dedicata alla presentazione di un importante volume: "*Le aree carsiche gessose in Italia*", curato da Giuliana Madonia e Paolo Forti ed edito nell'ambito delle Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia. Si tratta di una monografia che si ispira dichiaratamente al primo e unico lavoro organico dedicato all'argomento, realizzato dal geologo Olinto Marinelli nel lontano 1917. Il volume, costituito da due sezioni, raccoglie il contributo di oltre trenta specialisti e rappresenta un lavoro nuovo per la letteratura scientifica nazionale.

Una prima parte, di carattere generale, si occupa del gesso, della storia delle ricerche, dei meccanismi speleogenetici, delle diverse manifestazioni ipogee e superficiali presenti nei gessi, della biospeleologia e della importanza archeologica delle cavità gessose.

La seconda sezione affronta in maniera puntuale la presenza di affioramenti gessosi in ogni regione d'Italia, descrivendo con dettaglio le diverse aree carsiche e facendo il punto sull'esplorazione speleologica. Al volume è

allegata una "carta delle emergenze gessose italiane", uno strumento nuovo che rende facilmente percepibile sia l'importanza e la distribuzione del fenomeno che la sua considerevole varietà.

Il simposio è poi proseguito con il contributo di vari specialisti stranieri che hanno affrontato temi assai diversi, riferendosi a gessi di varie regioni: dalla Cordigliera delle Ande, alla Spagna, dalla regione di Perm (Russia) all'Ucraina, dall'Albania alla Bulgaria.

L'insieme degli interventi, eterogenei anche quanto ad obiettivi e metodologie, ha fatto comprendere quanto sia articolata e difficoltosa la stessa conoscenza scientifica; con molta chiarezza è emersa inoltre l'importanza e l'influenza delle condizioni socio-politiche presenti nelle diverse aree del Mondo rappresentate per favorire o meno i processi di tutela e valorizzazione sostenibili sotto l'aspetto ambientale.

Nella mattinata del giorno 27 il Simposio si è trasferito a San Lazzaro di Savena, dove il Sindaco Aldo Bacchiocchi ha voluto salutare gli ospiti ed i relatori.

La mattinata è stata dedicata alle **ricerche nei gessi**, con contributi di carattere tecnico su vari argomenti (geomorfologia, ricerca speleologica, studio del concrezionamento, biospeleologia).

Il pomeriggio è stato il momento di ascoltare e confrontare le **esperienze di gestione di varie Aree Protette nate a tutela di affioramenti gessosi**: il Parco Regionale dei Gessi Bolognesi, la Riserva di Onferno, le numerose e importanti Riserve Siciliane. Si è poi parlato del tormentato iter istitutivo del Parco Regionale dei Gessi Romagnoli e di come sia problematica e impattante l'attività estrattiva tutt'oggi in corso nei Gessi Romagnoli.

La giornata si è conclusa con una accaldata e informale "**tavola rotonda**" che ha coinvolto aree protette, mondo speleo e associazioni ambientaliste presenti. Ci si è confrontati sulle diverse esperienze, interrogandosi sulla effettiva possibilità di collaborazione tra i vari

soggetti interessati alla tutela valorizzazione dei gessi. È emersa a mio avviso la possibilità di costruire relazioni, contatti, eventi comuni: immaginiamo gemellaggi, scambi culturali, intese e collaborazioni per progetti comuni (attività di educazione ambientale, monitoraggi, interventi di tutela, Life Natura, ...). Soprattutto è venuta fuori la soddisfazione di esserci incontrati e conosciuti e l'esigenza di rinnovare periodicamente tali occasioni per condividere e approfondire queste ed altre tematiche connesse.

L'ultimo giorno è stata dedicato alle escursioni: la prima tappa è stata alla Sala di Città dove è allestita la **Mosta sulla Biodiversità** della Regione Emilia Romagna, illustrata dal curatore scientifico Stefano Mazzotti del Museo di Storia Naturale di Ferrara. La comitiva si è poi spostata al **Museo Archeologico "Luigi Donini"**, ancora chiuso per importanti lavori quasi completati ed aperto in anteprima per il Simposio. Gabriele Nenzioni, Direttore del Museo, ha illustrato i nuovi – e bellissimi!- allestimenti dedicati al territorio, in particolare alle aree gessose, ed alla evoluzione dell'Uomo.

Con un pullman ci si è poi spostati al Parco, per visitare la **Dolina e la Grotta della Spipola**, zona che ha suscitato l'ammirazione degli ospiti del Simposio. Ricordo lo stupore degli amici siciliani per la vegetazione "lussureggiante" dei nostri gessi: questione di punti di vista dal momento che per noi è quasi "desertica"! Grande successo delle maestose "candele" e del paesaggio dell'intera dolina; naturalmente molto alto anche l'interesse suscitato tra i congressisti accompagnati in Spipola. Il pranzo si è svolto piacevolmente nella zona dei Calanchi dell'Abbadessa, a Ozzano Emilia, dando modo a tutti di prendere visione del paesaggio di questa area del Parco. Nel pomeriggio infine ci si è spostati a Castel d'Aiano, in località Labante, per visitare le omonime cascate su travertino che danno luogo a straordinarie forme di carsismo primario.

Da sottolineare l'accoglienza dell'Amministrazione Comunale, della Pro Loco e del Comitato per le **Grotte di Labante** che hanno organizzato una superba "cena montanara" che rimarrà nella memoria degli ospiti del Simposio. L'allegria compagnia è infine tornata a Bologna, concludendo il simposio tra calorosi saluti e impegni a rivederci.

Per noi del Parco, che certo non siamo abituati ad organizzare eventi del genere, è stato un momento "intenso", in cui si è concluso un lavoro di preparazione di un certo impegno, un lavoro durato diversi mesi, fatto di richieste di finanziamento, incontri, riunioni, atti amministrativi, permessi per gli ospiti stranieri, gare per la fornitura dei servizi e altro ancora.

L'importanza dell'argomento e il costante interesse di quanti attenti al settore carsico (mi riferisco in particolare al Comitato tecnico-scientifico del Parco e agli speleologi del Gruppo Speleologico Bolognese) sono stati potenti stimoli al lavoro di quanti si sono dedicati a questa iniziativa.

Chi conosce il Prof. Paolo Forti potrà ben comprendere la mia "angustia" – uso questo termine ambiguo - ogni volta che mi veniva passata una sua telefonata o mi compariva una mail: un pressing tanto "considerevole" quanto necessario!

Come "responsabile organizzativo" del Simposio intendo ringraziare quanti hanno messo le loro energie perché il simposio venisse al meglio delle nostre possibilità. In tutto questo è stato assolutamente indispensabile l'impegno e la straordinaria disponibilità di molte persone: Nicola, Monia, Cristina, Roberta, Massimo, Adriano, Carla, Lucia, Marco, Stefania, Paolo Forti e gli "speleo". Un grazie particolare a Ilenia, la moglie di Massimo, che ha fatto da interprete "volontaria" per i nostri ospiti stranieri rendendo più chiari e ricchi i colloqui tra di noi.

*finito di stampare nel Maggio 2004
presso le Grafiche A&B -Bologna*

