

SOCIETÀ ALPINA DELLE GIULIE  
SEZIONE DI TRIESTE DEL CLUB ALPINO ITALIANO

# **ATTI E MEMORIE**

della

**Commissione Grotte “Eugenio Boegan”**

Volume XLI

PUBBLICATO A CURA DELLA GROTTA GIGANTE

TRIESTE 2007

TUTTI I DIRITTI RISERVATI

---

Direttore responsabile: Franco Cucchi. Direttore di redazione: Enrico Merlak  
Editrice: Società Alpina delle Giulie - Trieste  
Redazione: Commissione Grotte "E. Boegan", via di Donota, 2 - I 34121 Trieste, Italia  
e-mail: boegan@tin.it

Autorizzazione del Tribunale di Trieste n. 333 del 7-12-1966  
Trieste 2007

## **Premessa al volume XLI di “Atti e Memorie”**

“Atti e Memorie”, rivista nata nel lontano 1961 come supplemento di Alpi Giulie, è arrivata al numero 41.

Nel 2006 abbiamo dato alle stampe il volume XL. Sono 174 pagine con la relazione dell’attività 2004 della Commissione Grotte “Eugenio Boegan” e 11 articoli su argomenti connessi a speleologia, idrogeologia e carsismo.

Nel programmare il volume XLI abbiamo deciso di adeguarci ai tempi ed al mercato, rispettando la tradizione e le aspettative.

Non cambia il formato, gli articoli continueranno ad essere raccolti in un volume dato alle stampe. Man mano che la Redazione accetterà gli articoli, questi verranno composti con le usuali norme tipografiche e memorizzati in formato pdf.

In attesa di comparire rilegati nei volumi a venire, gli articoli compariranno nella versione definitiva in Internet, in un sito apposito linkabile da più siti. Saranno così a disposizione, quasi “in tempo reale”, delle comunità scientifiche e speleologiche nazionali ed internazionali.

Atti e Memorie LXI sarà divulgato e stampato a cura del Museo Speleologico di Borgo Grotta Gigante e continuerà ad essere la Rivista di riferimento regionale della carsologia.

Gli Autori potranno veder pubblicate le loro fatiche in tempi brevi, ci sarà la possibilità di scambi di estratti e di dibattito ben prima che il volume raggiunga un numero di pagine compatibile con l’impegno finanziario richiesto da stampa, rilegatura e diffusione.

La Redazione si augura che la scelta incontri il favore dei lettori e che Atti e Memorie continui a presentare efficacemente agli appassionati ed agli studiosi i risultati dell’attività scientifica e speleologica.



Atti e Memorie della Commissione Grotte "E. Boegan"	Vol. 41	pp. 5-15	Trieste, 28 febbraio 2007
-----------------------------------------------------	---------	----------	---------------------------

BARBARA GRILLO (\*)

## CONTRIBUTO ALLE CONOSCENZE IDROGEOLOGICHE DELL'ALTOPIANO DEL CANSIGLIO

### RIASSUNTO

*Sono stati condotti rilevamenti idrogeologici mediante analisi isotopiche e fisico-chimiche delle acque circolanti in tre cavità significative dell'Altopiano del Cansiglio (il Bus de la Genziana, il Bus de la Lum ed il Bus del Pal) e sulle acque delle sorgenti Gorgazzo e Santissima per studiare la circolazione idrica ipogea della zona.*

*L'andamento della composizione isotopica ( $\delta^{18}O$ ) delle acque piovane raccolte in tre pluviometri posizionati a diverse quote nella Conca del Pian Cansiglio non rivela fenomeni particolari di inversione termica e rispetta la normale variazione con l'altitudine, in quanto i valori diventano negativi con l'aumento di quota senza particolari anomalie. Dal confronto tra le acque raccolte in cavità e le acque delle risorgive risulta una sostanziale similitudine nella composizione chimica e nei rapporti tra le specie ioniche presenti. Non sono state rilevate sostanze inquinanti. Lo studio delle acque circolanti in cavità ha dimostrato la presenza di un sistema superficiale di condotte e canali carrici a drenaggio diretto.*

### SUMMARY

#### THE HYDROGEOLOGY OF CANSIGLIO PLATEAU (NORTH-EAST OF ITALY): A CONTRIBUTE

*Hydrogeological surveys based on isotopic, physical and chemical analysis have been carried out on waters circulating in three caves of the Cansiglio plateau: Bus de la Genziana, Bus de la Lum and Bus del Pal. The results have been compared to those obtained in the same period for Gorgazzo and Santissima springs in order to get an overall picture of the underground waters of this area.*

*The variation in the isotopic composition ( $\delta^{18}O$ ) of the rainwater stored in three rain gauges located at different heights in the Cansiglio plateau did not show remarkable temperature inversion: the results relate to altitude variations. Contrary to expectations values decrease with increasing altitude. When compared, the chemical composition of underground and spring water (ionic species present) were found to be very similar. No pollutants were found. The study of circulating underground water revealed the presence of a surface system of karstic canals with direct drainage.*

(\*) Commissione Grotte "E. Boegan", Società Alpina delle Giulie, C.A.I., Via di Donota, 2, I - 34121 Trieste.  
e-mail: radi587@yahoo.it, boegan@tin.it.

## Introduzione

L'Altopiano del Cansiglio per le sue caratteristiche naturalistiche e ambientali ha sempre suscitato l'interesse degli studiosi di diverse materie scientifiche. Nell'ambito geologico la presenza dell'estesa copertura quaternaria ha rappresentato un limite al rilevamento geologico in senso stretto. La possibilità di entrare nel sottosuolo grazie alla speleologia ha in parte risolto questo problema, completando e/o rinnovando il quadro scientifico complessivo.

L'idrografia superficiale è ridotta al minimo, sostituita da quella sotterranea. Anche se finora non si è potuto stabilire il percorso dei circuiti ipogei, l'alimentazione della falda profonda è data dall'infiltrazione delle acque di precipitazione meteorica nel sottosuolo dell'Altopiano del Cansiglio attraverso inghiottitoi, doline e cavità a prevalente sviluppo verticale.

Con tali presupposti sono state condotte campagne di prelievi idrici in tre cavità significative dell'Altopiano del Cansiglio e nelle sorgenti del Gorgazzo e Santissima, che con altre piccole sorgenti alimentano il Fiume Livenza. Sono state eseguite analisi chimiche e geochimiche sulle acque di grotta e di precipitazione. Con questa ricerca si è voluto contribuire alle conoscenze in campo idrogeologico relativamente al Massiccio del Cansiglio - Cavallo.

## Inquadramento generale

L'Altopiano del Cansiglio è situato nelle Prealpi Carniche a cavallo tra il Veneto e il Friuli Venezia Giulia (fig.1) ed è compreso tra le province di Belluno, Treviso e Pordenone. È delimitato ad Ovest dalla Val Lapisina e dal Fiume Meschio, a Nord dai monti dell'Alpago, a Sud e Sud Est dalla pianura veneto-friulana e ad Est si raccorda al Massiccio del Monte Cavallo.

La parte studiata interessa la Conca dell'Altopiano del Cansiglio, che si presenta con un fondo relativamente pianeggiante ad una altitudine media di 1000 metri racchiusa da dorsali che arrivano a quota tra i 1300 e i 1500 metri circa. Tutta la zona è caratterizzata da esemplari fenomeni carsici sia superficiali che ipogei.

Le formazioni geologiche che riguardano il Massiccio del Cansiglio - Cavallo hanno un'età compresa tra il Norico (Triassico superiore) e la fine del Miocene (Terziario). Per quanto riguarda la sola zona del Cansiglio è stata considerata la stratigrafia proposta e aggiornata da Cancian e Ghetti (1989). Le rocce interessate dal fenomeno carsico sono la Scaglia e la Formazione del Calcare di Monte Cavallo.

Sono state considerate significative tre cavità (fig.1): il Bus de la Genziana, il Bus de la Lum e il Bus del Pal. Si aprono tutte nel Pian Cansiglio ad una quota compresa tra 1020 e 1040 metri s.l.m..

Il Bus de la Genziana, cavità rappresentativa del carsismo ipogeo del Cansiglio, è un complesso carsico caratterizzato dall'alternarsi di forre, gallerie, pozzi e caverne per più di due chilometri complessivi di sviluppo ed una profondità di 587 metri. Si apre inizialmente nella Scaglia e si sviluppa quasi interamente nei calcari della Formazione di Monte Cavallo (fig.2). Questa grotta, che si trova per pochi metri nella parte veneta del Cansiglio ed è gestita dal Corpo Forestale dello Stato, è la prima Riserva Naturale Ipogea in Italia grazie al D.M. del 12 luglio 1987.

Il Bus de la Lum si sviluppa totalmente nella Formazione di Monte Cavallo, mentre il Bus del Pal si sviluppa interamente nella Scaglia.

Sebbene le precipitazioni medie annue siano di circa 1800 mm, l'Altopiano del Cansiglio è attualmente privo di idrografia superficiale e presenta un sistema di canalizzazio-



Fig. 1 – Inquadramento geografico del Cansiglio (in alto a destra) e localizzazione delle grotte considerate su CTR del Pian Cansiglio.

ni ipogee che, almeno in parte, alimentano le imponenti sorgenti del Fiume Livenza nella pianura friulano-veneta. Nella Val Lapisina e Fadalto si trovano solo le sorgenti del Fiume Meschio: sgorgano sulla destra orografica e quindi si presume che non ricevano un contributo idrogeologico da parte del Massiccio del Cansiglio - Cavallo.

### **Peculiarità climatiche del Cansiglio**

La morfologia a conca del Cansiglio è all'origine del fenomeno dell'inversione termica per cui la temperatura aumenta con l'aumentare della quota. E così accade che nel fondo del grande catino ci siano i pascoli, più in alto i boschi di conifere e sopra le latifoglie. In particolare l'altopiano risulta avere un proprio topoclima caratteristico che risente degli influssi della sottostante pianura, mentre è riparato dai venti settentrionali dalla catena alpina. Si tratta di un clima temperato freddo con estati fresche, con una spiccata impronta oceanica per la vicinanza del mare Adriatico. Contemporaneamente dai versanti interni scende un flusso di aria fredda che va a depositarsi nella zona centrale della conca, nelle tre grandi doline, e lì rimane imprigionata, determinando localmente condizioni di maggiore continentalità. Questo comporta due fenomeni: il ristagno delle nebbie al fondo e l'inversione termica, ovvero la diminuzione delle temperature procedendo dalla sommità dei rilievi circostanti verso il fondo della conca. La temperatura media annua del Pian Cansiglio risulta perciò essere di 2°C inferiore a quella che dovrebbe avere una zona aperta alla stessa altitudine. Gli estremi termici restano in genere compresi tra 29°C (in luglio) e meno 20°C (in gennaio) con una umidità atmosferica che assume valori elevati quasi tutto l'anno.

## Scopo e metodi

L'indagine isotopica delle acque, unitamente a quella fisico-chimica, è un dato di fatto riconosciuto negli studi finalizzati alla ricostruzione teorica dei bacini idrogeologici.

I dati ricavati dalle indagini aiutano nella individuazione di alcuni parametri tra i quali le quote dell'area di ricarica, l'ampiezza e la morfologia dei percorsi sotterranei e, spesso, anche l'esistenza e l'entità di miscelazioni tra i più acquiferi, dando buone risposte a dubbi di ordine geologico e strutturale.

Sono state effettuate analisi isotopiche ( $\delta^{18}O$ ) e chimiche su campioni di acqua raccolti nelle cavità Bus de la Genziana, Bus de la Lum e Bus del Pal e nel contesto della campagna di ricerche sono stati posizionati tre pluviometri a quote differenti (a 930 m in Valmenera, 1033 m in Pian Cansiglio, 1295 m in località Campo di Sopra) nella conca con cicli di campionamento mensile da febbraio 2001 a marzo 2002: lo scopo principale era caratterizzare le acque di precipitazione per raffrontarle con quelle raccolte nelle cavità e alle sorgenti, e secondariamente di verificare l'inversione termica nell'ambito della Conca del Cansiglio.

Per motivi organizzativi la campagna di prelievi per l'analisi isotopica ipogea è stata limitata al Bus de la Genziana, dove sono state svolte due campagne di rilevamento di due mesi ciascuna: una a settembre-ottobre 2001 e l'altra a febbraio-marzo 2002.

In generale i punti di prelievo sono stati tre (fig. 2): il Salone alla profondità di -180 m, alla base del pozzo P70 a -420 m e in corrispondenza del sifone terminale a -587 m.

Contemporaneamente alle spedizioni ipogee è stata condotta anche una campagna di prelievi a scopo chimico in tutte e tre le cavità, integrata e comparata con campionamenti delle acque delle due sorgenti principali del Massiccio del Cansiglio - Cavallo: Gorgazzo e Santissima.

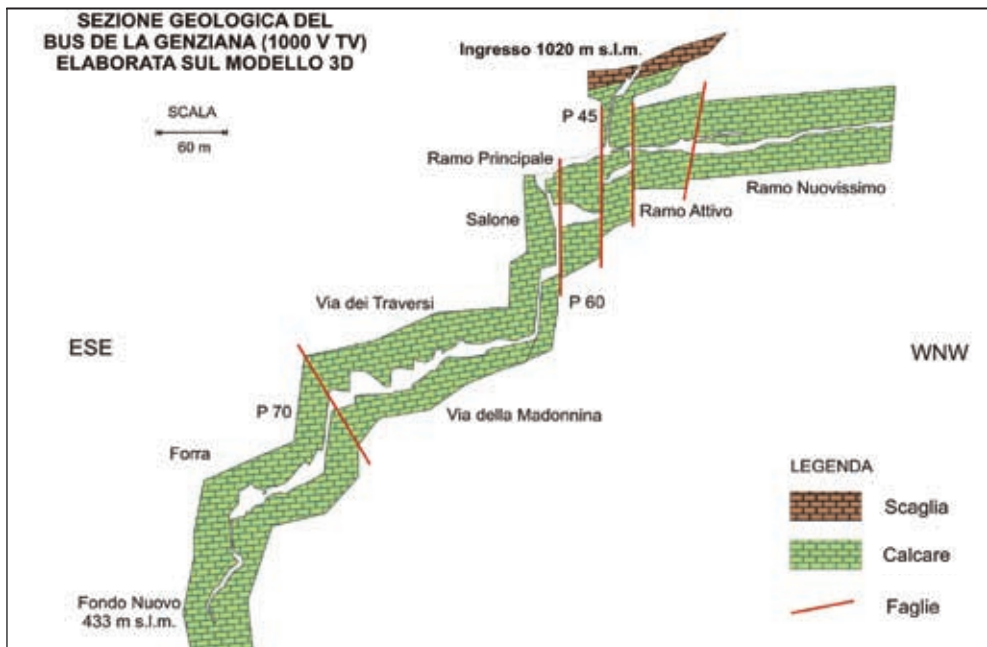


Fig. 2 – Sezione geologica del Bus de la Genziana sulla base del profilo proiettato sul piano SE - NW del modello tridimensionale.



Le analisi geochimiche delle acque piovane e di quelle sotterranee sono state effettuate da Onelio Flora e Laura Genoni presso il Laboratorio di Geochimica Isotopica del Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine dell'Università degli Studi di Trieste. La composizione isotopica dei campioni è stata determinata mediante l'uso dello Spettrometro di Massa e i pluviometri sono stati rapportati alla quantità di precipitazioni per ricavare il gradiente isotopico locale.

Le analisi fisico-chimiche delle acque sono state eseguite da Enrico Merlak della Commissione Grotte "E. Boegan" per conto dello stesso Dipartimento.

I dati termometrici e pluviometrici sono stati forniti dal Centro Meteorologico di Teolo dell'A.R.P.A. Veneto.

La realizzazione del lavoro è stata possibile anche grazie alla disponibilità e alle autorizzazioni ottenute da Veneto Agricoltura - Ufficio di Pian Cansiglio e dal Corpo Forestale dello Stato Comando - Stazione di Pian Cansiglio Ufficio Amministrazione di Vittorio Veneto.

Rilievi, analisi, elaborazioni, sono frutto del lavoro di tesi svolto nell'ambito degli studi sui fenomeni carsici regionali che il DiSGAM conduce da tempo sotto il coordinamento di Franco Cucchi.

## **Analisi dei dati**

Con l'installazione dei pluviometri nella zona oggetto di studio e con la campagna annuale di prelievi si voleva verificare l'esistenza e gli effetti di una inversione termica tra la parte alta e la base della Conca del Pian Cansiglio. La variazione del rapporto isotopico ( $\delta^{18}\text{O}$ ) dipende da molteplici fattori, quali la temperatura, l'altitudine, la continentalità, le precipitazioni.

L'andamento della composizione isotopica ( $\delta^{18}\text{O}$ ) dei tre pluviometri non rivela fenomeni particolari di inversione tranne in due casi (ad aprile e luglio 2001) e rispetta la normale variazione con l'altitudine, ovvero i valori diventano man mano sempre più negativi con l'aumento di quota (fig. 3).

Il calcolo della composizione isotopica media ponderata per lo stesso periodo ha fornito i seguenti valori, rispettivamente dal pluviometro a quota inferiore a quello a quota più elevata: -7,09/-7,35/-7,70. È stato così calcolato un gradiente isotopico verticale medio pari a 0,16 ‰.

Se si tiene conto che il gradiente isotopico medio per la regione è di circa 0,29 ‰, ciò significa che la morfologia a depressione dell'altopiano porta ad una diminuzione del gradiente medio. La media aritmetica e ponderata annua calcolata per il pluviometro a quota 1033 m è rispettivamente -7,16 e -7,39.

Disponendo dei dati di temperatura della centralina di monitoraggio meteorologico posta nelle vicinanze del pluviometro a quota 1033 m, è stato possibile verificare così la proporzionalità diretta tra composizione isotopica e temperatura al suolo (fig. 3): ad una temperatura di condensazione più bassa corrisponde un contenuto minore di isotopi pesanti, ad una temperatura di condensazione più elevata corrisponde un maggiore contenuto di isotopi pesanti. La composizione isotopica delle precipitazioni è infatti legata alla temperatura di formazione e relativamente alle differenze di questa si possono osservare delle variazioni isotopiche stagionali: le precipitazioni invernali hanno un contenuto più basso di isotopi pesanti rispetto alle precipitazioni estive, come conseguenza del fatto che derivano da un vapore condensato a temperature più basse.

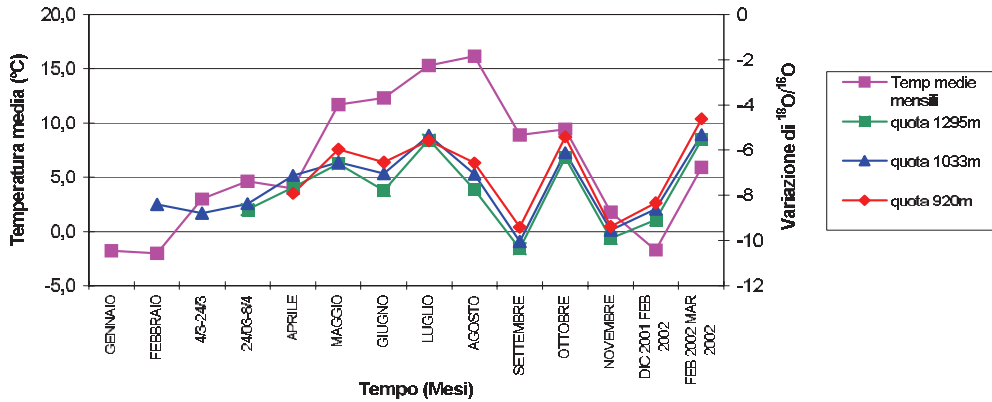


Fig. 3 – Relazione tra la temperatura media annua ed il  $\delta^{18}O$  nei tre pluviometri.

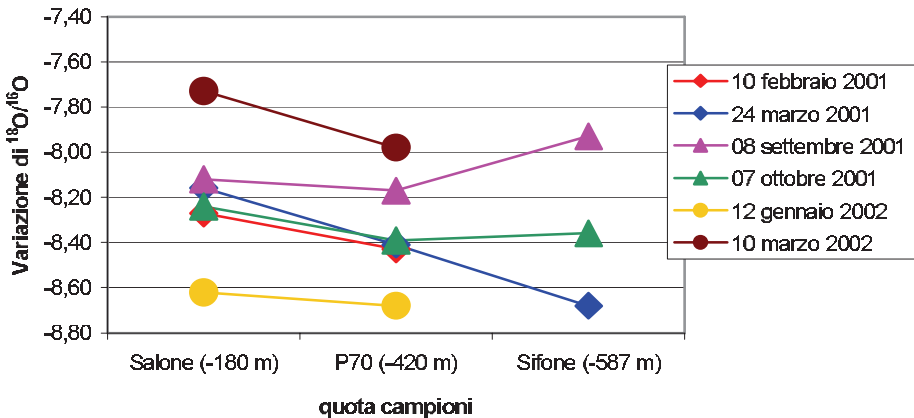


Fig. 4 – Andamento del  $\delta^{18}O$  nel tempo nei punti di prelievo a diverse quote nel Bus de la Genziana.

Lo studio idrologico eseguito sulle acque piovane e su quelle ipogee ha consentito di delineare alcune caratteristiche idrodinamiche del massiccio carsico: in particolare i dati isotopici provenienti dai pluviometri sono stati utilizzati, assieme agli altri parametri chimico-fisici, per cercare di capire il circuito di alimentazione del Bus de la Genziana.

Innanzitutto in tutte le cavità è presente acqua di circolazione o di stillicidio con portate differenti nel tempo. Sono state stimate le portate e risulta che in regime di magra e morbida quelle delle acque circolanti nel Bus de la Lum e nel Bus de la Genziana sono pari a qualche litro al secondo, mentre in regime di piena raggiungono i 35 litri per il Bus de la Lum e oltre 200 litri per la Genziana in tempi brevi, anche con precipitazioni di media intensità. Questo fatto assicura la presenza di un sistema superficiale di condotte e canali carsici a drenaggio diretto.

La campagna di prelievi delle acque di circolazione a tre quote differenti nel Bus de la Genziana (Salone alla profondità di -180 m, base del P70 a -420 m e Sifone a -587 m), con la definizione della composizione isotopica delle acque ( $\delta^{18}O$ ), prova che esistono di-

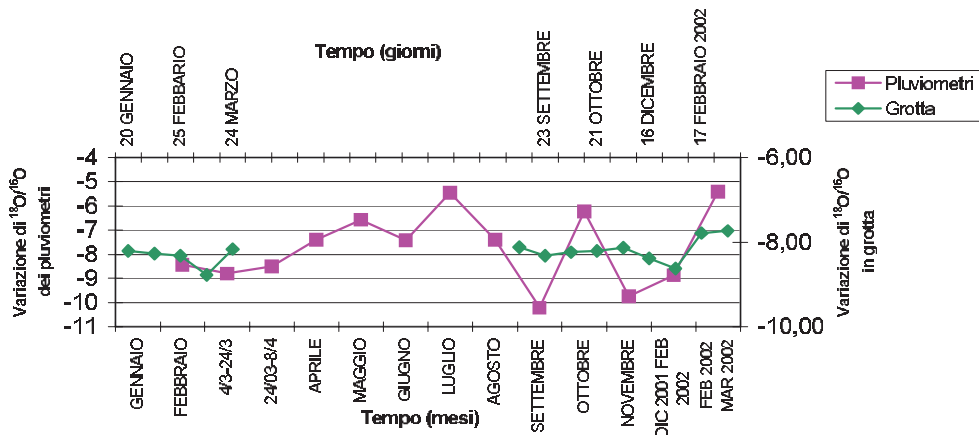


Fig. 5 – Relazione tra i valori del  $\delta^{18}\text{O}$  dei pluviometri e della cascata del Salone (a 180 metri di profondità) nel Bus de la Genziana in funzione del tempo. Vi sono due scale temporali. I pluviometri hanno l'ascissa inferiore e l'ordinata a sinistra; i prelievi in grotta hanno l'ascissa superiore e l'ordinata a destra.

versi apporti idrici alle diverse quote della cavità e che vanno ad alimentare il corso idrico principale. Nel Salone, che si trova alle quote più elevate (a -180 m dall'ingresso), giungono acque che hanno valori isotopici più positivi di quelli delle acque che confluiscono nel P70 a -420 m. Questo significa che il P70 riceve acque direttamente da quote più elevate di quelle che alimentano la cascata del Salone, acque che vanno a mescolarsi con quelle del corso idrico principale. In prossimità del sifone, invece, le acque campionate presentano valori isotopici discordanti. Il tutto è riportato in figura 4.

Per quanto riguarda la composizione isotopica delle acque della cascata del Salone, alla profondità di -180 m nel Bus de la Genziana, i valori sono comparabili con quelli delle precipitazioni esterne del pluviometro a quota 1033 m (fig. 5), anche se le oscillazioni non sono così marcate come quelle delle acque di precipitazione. In particolare, si notano due tendenze negative, 10 marzo 2001 e 12 gennaio 2002, provocate da parziale fusione delle nevi, che tra l'altro negli ultimi anni non sono state molto abbondanti. Mentre l'inverno 2001 è stato caratterizzato da un tempo molto perturbato con precipitazioni prevalentemente piovose alternate a sporadiche precipitazioni nevose, che hanno portato ad una generale omogeneizzazione dei valori isotopici delle acque con una negativizzazione dovuta alla fusione delle poche nevi cadute in febbraio, nello stesso periodo del 2002 le condizioni meteorologiche sono state più stabili con precipitazioni prevalentemente nevose già da dicembre e con temperature più rigide.

Dal punto di vista fisico-chimico viene avvalorata l'ipotesi di diversi apporti idrici con diversi effetti: è stata infatti accertata una progressiva diminuzione dell'*Indice di Saturazione* (SI) dell'acqua dall'ingresso verso il fondo (fig. 6), il che equivale a dire che nel caso specifico con la profondità il potenziale potere corrosivo dell'acqua aumenta invece di diminuire.<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> L'indice di saturazione (SI) è stato calcolato secondo il metodo descritto in: GEMITI F., MERLAK E., 1999.

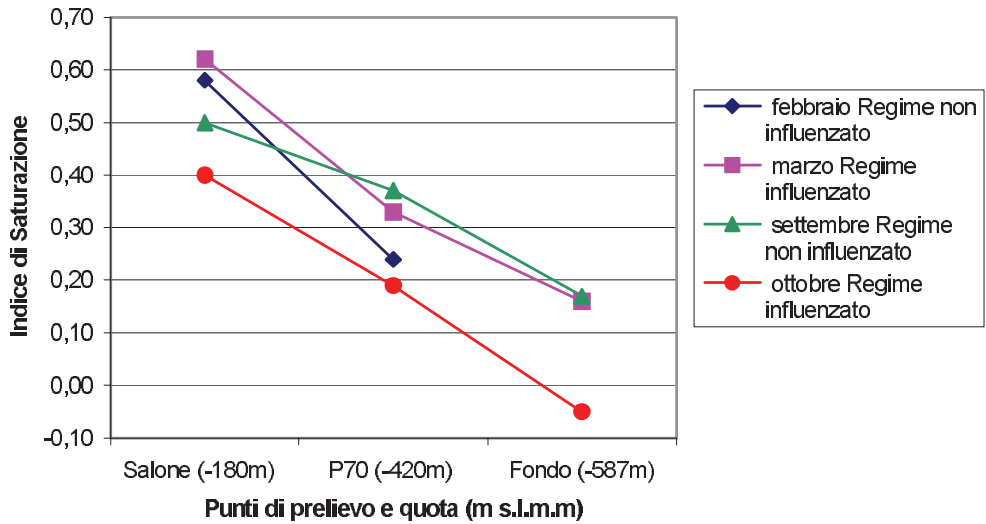


Fig. 6 – Andamento dell'Indice di Saturazione in funzione della profondità nel Bus de la Genziana nei diversi periodi di regime influenzato o meno dalle precipitazioni.

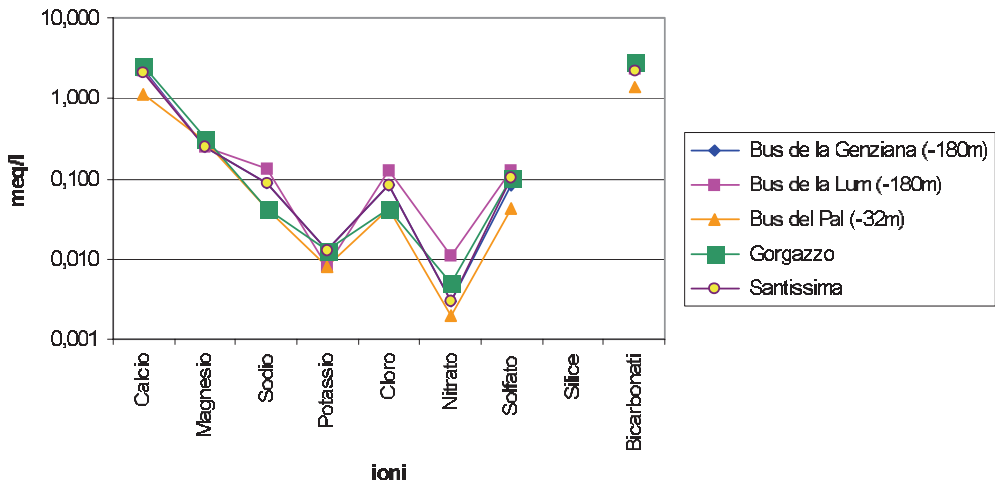


Fig. 7 – Diagramma di Schoeller che mette in relazione i valori delle acque in meq/l delle tre cavità e delle sorgenti in periodo di magra.

Le analisi chimico-fisiche condotte sulle acque delle sorgenti Gorgazzo e Santissima, ove confluiscono parte delle acque del Massiccio del Cansiglio - Cavallo, e quelle condotte sulle acque delle tre cavità studiate indicano una sostanziale identità o per lo meno una similitudine di composizione sia in concentrazioni che nei rapporti tra ioni presenti sia in regime di magra che in regime di morbida (fig. 7, 8 e 9).

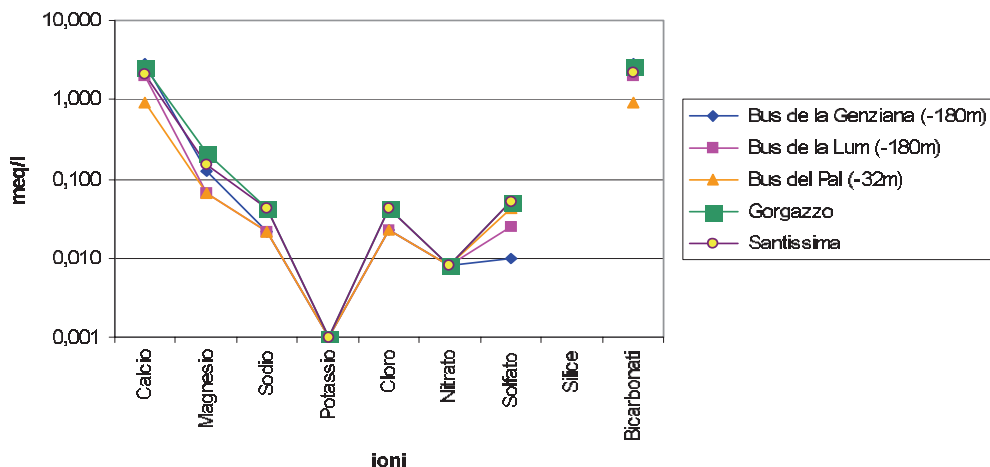


Fig. 8 – Diagramma di Schoeller che mette in relazione i valori delle acque in meq/l delle tre cavità e delle sorgenti in periodo di morbida.

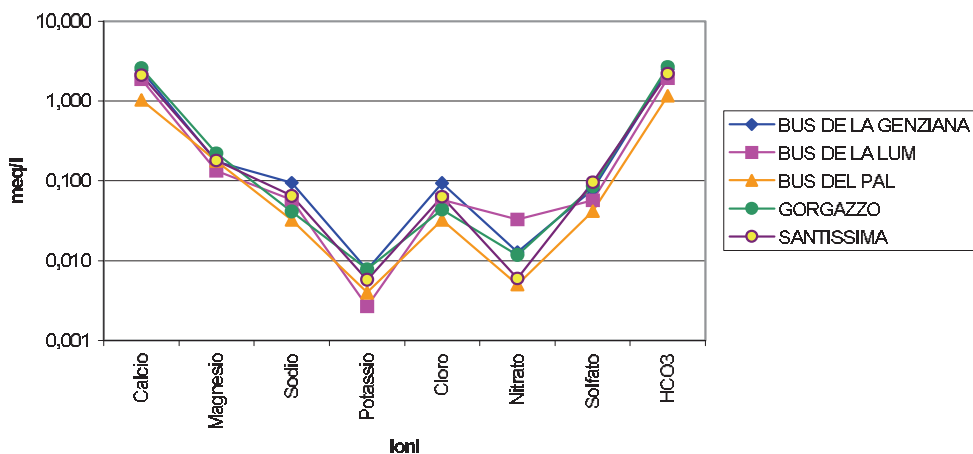


Fig. 9 – Diagramma di Schoeller della media dei valori in meq/l.

Le risorgive hanno concentrazioni di magnesio leggermente maggiori delle acque di cavità ma comunque intorno al 2%.<sup>(2)</sup>

La scarsità di nitrato e potassio rivela l'assenza di fonti di inquinamento. I cloruri provengono dalla pioggia, lo ione solfato deriva in parte dalle piogge acide<sup>(3)</sup> ed in parte dai processi ossido-riduttivi del suolo. Il suolo stesso è responsabile del rilascio di piccole quantità variabili di sodio, potassio e magnesio.<sup>(4)</sup>

<sup>(2)</sup> La composizione chimica delle sorgenti del Livenza è singolare per il basso contenuto di  $Mg^{2+}$  che la distingue da gran parte delle altre sorgenti e risorgive carsiche della regione, vedi: a) MOSETTI F., 1983 b) LONGO SALVADOR G., 1970.

<sup>(3)</sup> Per notizie sulle piogge della zona vedi anche: CARNIEL A., DOTTA L., ELLI M., TARTARI G., 1991.

<sup>(4)</sup> Nello studio si sono utilizzati anche i dati del Corpo Forestale dello Stato compresi nel progetto CONE-COFOR e riguardanti le analisi di sezioni pedologiche dei suoli del Cansiglio.

In particolare dopo il disgelo sono state riscontrate elevate concentrazioni di ioni sodio e cloro nelle acque anche profonde del Bus de la Genziana. Tale presenza è spiegabile con l'uso durante l'inverno del sale come antigelo sulla Strada Statale N° 422 del Pian Cansiglio. Sempre in questa cavità durante le piene sono frequenti i fenomeni di riduzione della sostanza organica, che comportano la formazione di bolle e schiume biancastre negli anfratti e nelle nicchie tra i massi rocciosi.

Per quanto riguarda la silice, i tenori di concentrazione sono bassi sia alle sorgenti sia nel Bus de la Genziana e del Bus de La Lum. Fa eccezione il Bus del Pal con una concentrazione maggiore conseguente all'attraversamento di livelli di selce della Scaglia presenti in questo settore da parte delle acque di percolazione.

Sostanzialmente esiste dunque una affinità tra il chimismo delle acque delle cavità studiate e quello delle due sorgenti del Livenza, anche se tale affinità non è necessariamente una prova della provenienza delle acque stesse. Unica differenza rilevata è l'Indice di Saturazione. Le sorgenti presentano un grado di equilibrio maggiore rispetto alle acque di cavità, con esclusione del fondo della Genziana, le cui acque sono le uniche a potersi dire veramente affini a quelle delle sorgenti. Presentano valori simili di Indice di Saturazione e dello ione calcio in ogni condizione di regime idrico e sempre inferiori ai valori riscontrati nelle parti alte della cavità.

## **Conclusioni**

L'andamento dei valori della composizione isotopica ( $\delta^{18}\text{O}$ ) nei tre pluviometri non rivela fenomeni particolari di inversione termica tra la parte alta e la base della Conca del Pian Cansiglio, se non in casi sporadici, e rispetta la normale variazione con l'altitudine: ad una temperatura di condensazione più bassa corrisponde un contenuto minore di isotopi pesanti, ad una temperatura di condensazione più elevata corrisponde un maggiore contenuto di isotopi pesanti.

In tutte le grotte è oggi presente acqua di circolazione o di stillicidio con portate differenti. Le analisi geochimiche e chimiche hanno dimostrato la presenza di un sistema superficiale di condotte e canali carsici a drenaggio diretto. Nel caso particolare del Bus de la Genziana le analisi isotopiche hanno evidenziato un circuito idrologico diretto e complesso: alla quota del P70, ovvero a 350 metri di profondità, è stata provata l'esistenza di una alimentazione di acqua proveniente da quote più elevate rispetto a quella che alimenta la zona del Salone (a 180 metri di profondità), che converge e si mescola con il corso principale.

In generale non sono stati rilevati particolari fenomeni di contaminazione antropica se non dopo il disgelo quando il sale usato d'inverno sulla strada come antigelo entra in soluzione nelle acque di circolazione del Bus de la Genziana.

## **Ringraziamenti**

L'autrice ringrazia il Prof. Franco Cucchi per aver garantito la buona riuscita della ricerca. Ringrazia inoltre tutti gli speleologi che hanno partecipato alle spedizioni ipogee e i gruppi speleologici che hanno prestato il loro materiale (C.G.E.B., U.S. Pordenonese, G.S. Sacile, G.S. Vittorio Veneto, G.S. Padova, A.XXX.O., C.A.T., G.T.S., G.S. "Solve" Belluno nella figura del dott. geol. Alberto Riva, C.N.S.A.S. Veneto nella figura di Giovanni Ferrarese), gli Enti (A.R.P.A. Veneto e O.S.M.E.R. Friuli, Veneto Agricoltura Uf-

ficio di Pian Cansiglio e Corpo Forestale dello Stato nella figura del dott. Alberto Piccin, Laboratorio di Geochimica Isotopica del DiSGAM-UniTs) e gli amici che hanno contribuito in modo diretto e indiretto alla realizzazione di questa ricerca scientifica: Enrico Merlak della C.G.E.B. per i consigli nell'elaborazione dei dati, Caterina Dall'Ava per la traduzione in inglese del riassunto.

## BIBLIOGRAFIA

- CANCIAN G., GHETTI S., 1989 - *Stratigrafia del Bus de la Genziana (Cansiglio, Prealpi Venete)*. Studi Trentini Sc. Nat. Acta Geol., Trento, 65: 125-140.
- CANCIAN G., GHETTI S., SEMENZA E., 1985 - *Aspetti geologici dell'altopiano del Cansiglio*. Lav. Soc. Venez. Sc. Nat., Venezia, 10: 79-90.
- CARNIEL A., DOTTA L., ELLI M., TARTARI G., 1991 - *Precipitazioni meteoriche ed inquinamento ambientale*. Rassegna Tecnica, 4: 37-40.
- CAVALLIN A., 1980 - *Assetto strutturale del Massiccio Cansiglio - Cavallo, Prealpi Carniche Occidentali*. Atti del 2° Convegno di Studi sul Territorio della provincia di Pordenone, Piancavallo, 19-20 ottobre 1979.
- CUCCHI F., FORTI P., GIACONI M., GIORGETTI F., 1999 - *Note idrogeologiche sulle sorgenti del Fiume Livenza*. Ricerca eseguita dall'Unità 4.7 e dall'Unità 4.9 del Gruppo Nazionale Difesa Catastrofi Idrogeologiche del C.N.R., Pubblicazione n° 1831.
- DE NARDI A., 1977 - *Il Cansiglio-Cavallo. Lineamenti geologici e morfologici*. Azienda delle Foreste della Regione Friuli Venezia Giulia. Azienda di Stato per le Foreste Demaniali. Doretto. Udine.
- GEMITI F., MERLAK E., 1999 - *Indagine sull'equilibrio carbonatico nelle acque di percolazione di una cavità del Carso triestino*. Atti VIII Convegno Regionale di Speleologia del Friuli-Venezia Giulia. Ronchi dei Legionari (Gorizia): 151-160.
- GIACONI M., 1996 - *Studio idrogeologico delle sorgenti del fiume Livenza (PN)*. Tesi di Laurea in Prospezioni Geofisiche. Facoltà Sc. MM. FF. NN. Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine. Università degli Studi di Trieste.
- GRILLO B., 2001 - *Carsismo e idrogeologia dell'Altopiano del Cansiglio*. Tesi di Laurea in Geologia Applicata. Facoltà di SS. MM. FF. NN., Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine. Università degli Studi di Trieste.
- GRILLO B., 2005 - *Il modello tridimensionale del Bus de la Genziana (1000VTV)*. Speleologia Veneta, 12: 179-188.
- LONGINELLI A., DEGANELLO S., 1999 - *Introduzione alla Geochimica Isotopica*. Scienze della Terra, Ed. UTET: 71-123.
- LONGO SALVADOR G., 1970 - *Le risorgive della Bassa Friulana comprese tra Zoppola e Polcenigo*. Tesi di laurea in Scienze Geologiche presso l'Università degli Studi di Trieste.
- MOSETTI F., 1983 - *Sintesi sull'idrologia del Friuli-Venezia Giulia*. Quaderni ETP, 6, 294 pp.

## SITI WEB CONSULTATI

<http://venetoagricoltura.org/ea/cansei/generale.htm>

<http://www.cansiglio.it/Ambiente/ambiente.htm>

<http://www.parchiveneto.it/aree-naturali-protette-cansiglio.php>

[http://www.operereti.regione.lazio.it/eventi/G\\_M\\_Acqua/intervento%20Forti.htm](http://www.operereti.regione.lazio.it/eventi/G_M_Acqua/intervento%20Forti.htm)





Atti e Memorie della Commissione Grotte "E. Boegan"	Vol. 41	pp. 17-24	Trieste, 28 febbraio 2007
-----------------------------------------------------	---------	-----------	---------------------------

ANDREA BUSSANI (\*)

## ATMOSPHERIC TIDE EFFECTS IN A TRIESTE KARST CAVE: PRELIMINARY RESULTS

### SUMMARY

*The preliminary results of the analysis of atmospheric pressure and air temperature data, recorded in the Trieste Karst cave "Abisso di Trebiciano" (n. 17 VG) from January 8<sup>th</sup> to July 9<sup>th</sup> 2006, are reported. The measurements were performed by means of a programmable data logger, placed at about 100 m below the cave entrance and with a sampling period of 5 minutes. The analysis of the recorded data evidenced the presence of a semidiurnal cycle whose amplitude is about 0.85 m°C and 44.4 Pa for temperature and pressure, respectively. Moreover, a phase-lag between temperature and pressure was observed, with temperature peaking about 1 h 45 min earlier than pressure. Finally, in the periodogram analysis of atmospheric pressure, a 34-h peak was observed; however more data are needed to validate this result.*

### RIASSUNTO

#### EFFETTI DELLE MAREE ATMOSFERICHE IN UNA CAVITÀ DEL CARSO TRIESTINO: RISULTATI PRELIMINARI

*Vengono presentati i risultati preliminari dell'analisi delle misure di pressione atmosferica e temperatura dell'aria registrate dall'8 gennaio al 9 luglio 2006 nella grotta del Carso triestino denominata "Abisso di Trebiciano" (n. 17 VG). Le misure sono state effettuate ad una profondità di circa 100 m dalla superficie, mediante uno strumento digitale programmabile con un intervallo di campionamento di 5 minuti. Il numero totale di misure disponibili per ciascun canale, in seguito al controllo di qualità, è 51955. La statistica descrittiva relativa alla temperatura ha evidenziato la notevole stabilità termica della cavità, caratterizzata da un campo di variazione di soli 0,09 °C, dedotto da un valore minimo di 11,126 °C e da un valore massimo di 11,216 °C, mentre il valore medio è pari a 11,169 °C. Successivamente i dati di ciascun parametro sono stati filtrati mediante una media mobile calcolata su 288 punti, corrispondenti ad un intervallo di tempo pari a 24 ore, e sono stati confrontati. Da tale analisi è emerso che, in particolar modo nei mesi più freddi (febbraio e marzo), ad una diminuzione della pressione atmosferica è corrisposto un aumento di alcuni centesimi di grado della temperatura dell'aria, dovuto allo spostamento verso la superficie della massa d'aria più profonda, caratterizzata da una temperatura maggiore rispetto a quella degli strati superiori. Dai valori sperimentali di pressione e temperatura non filtrati sono state successivamente calcolate per ciascun parametro le medie orarie, la cui analisi ha evidenziato la presenza di un ciclo semidiurno di ampiezza pari a circa 0,85 m°C per la temperatura e a 44,4 Pa per la pressione. Il ciclo medio giornaliero della pressione e della temperatura, dedotto dalle medie orarie, è stato quindi interpolato con una fun-*

(\*) Federazione Italiana Maricoltori ONLUS/ONG (NGO), Via Guerrazzi, 2, I - 34131 Trieste - e-mail: andrea.bussani@tin.it

zione trigonometrica costituita dalla somma delle armoniche diurna (periodo: 24 ore) e semidiurna (periodo: 12 ore): questa procedura ha permesso di rilevare una differenza di fase tra i due segnali semidiurni, con un anticipo della temperatura pari a 1 h 45 min. Infine, attraverso l'analisi dei periodogrammi, calcolati per entrambi i parametri, è stata osservata una componente armonica di periodo pari a circa 34 h nel segnale di pressione, la cui validazione necessita di ulteriori misure.

## POVZETEK

### VLIP ATMOSFERSKE BIBAVICE V JAMI NA TRŽAŠKEM KRASU

Predstavljajo se začetni rezultati analiz meritev atmosferskega pritiska in temperature zraka, ki so bile opravljene od 8. januarja do 9. julija 2006 v jami "Labodnici (Abisso di Trebiciano)" št. 17 VG na Tržaškem Krasu. Meritve so bile izvršene približno 100 m globoko od površja s pomočjo programirane digitalne naprave s časovnim presledkom petih minut. Analiza podatkov je pokazala prisotnost poldnevnega ciklusa z amplitudo  $0.85\text{ m}^\circ\text{C}$  za temperaturo in  $44.4\text{ Pa}$  za pritisk. Poleg tega je bilo razbrati razliko v fazi med dvema poldnevnima signaloma s predčasnostjo temperature za 1 h in 45 min. Z analizo periodograma atmosferskega pritiska je bilo opaziti v signalu približno 34-urno harmonično komponento. Vsekakor so potrebni dodatni podatki za ugotovitev veljavnosti predstavljenih rezultatov.

## Introduction

In recent years a considerable number of research campaigns, aiming at the acquisition of atmospheric pressure and air temperature data in Trieste Karst caves, have been carried out by means of programmable data loggers placed in selected hollows. The use of such instruments has permitted the collection of time series of temperature and pressure at short sampling period (5-20 minutes) and, for the best instruments, at high resolution (pressure: about 15 Pa; temperature: about  $0.003\text{ }^\circ\text{C}$ ). The first analyses of the pressure data records collected during the research campaigns evidenced clearly the presence of atmospheric tides in the pressure signal, a well known phenomenon thoroughly described, for example, by CHAPMAN AND LINDZEN (1970). Surprisingly, evidence of atmospheric tide was detected also in the air temperature measurements recorded in a Trieste Karst cave, where a semi-diurnal signal with an amplitude of about  $0.0022\text{ }^\circ\text{C}$  was observed (BUSSANI, 2004). More unexpectedly, the comparison between such signal and the corresponding semidiurnal constituent of atmospheric pressure extracted from the 1961-1990 time series recorded at Trieste University (STRAVISI, 1994), revealed the presence of a phase-lag, with the cave temperature reaching its maximum about 2.61 hours earlier than the external atmospheric pressure. These results are essentially comparable to those obtained by SONDAG *et al.* (2003) who analysed air temperature and atmospheric pressure data collected in Karstic caves of two areas of Brazil, with temperature peaking about one hour earlier than pressure: the semi-diurnal variation of temperature was interpreted as a consequence of the adiabatic expansions and compressions of the cave atmosphere, but no hints were given about the phase-lag between temperature and pressure. Very similar results were also obtained by CHEN *et al.* (2003) from the analysis of air temperature and atmospheric pressure data recorded in an underground laboratory, but the presence of the phase-lag led to the conclusion that adiabatic expansions and compressions could not account for the whole phenomenon. The difference between the phases of the two signals was then explained by WU *et al.* (2003) by means of a thermodynamic model that included the effect of heat conduction between air and rock.

It has to be kept in mind that the observed semidiurnal signals are caused by the so-called *thermal atmospheric tides*, i.e. tides induced by solar heating and resonance effects

that take place in the atmosphere, while the *gravitational atmospheric tides*, originating from the lunisolar attraction on the atmospheric air mass, are comparatively negligible.

This paper deals with the effects of the thermal atmospheric tides (atmospheric tides, in the following) upon atmospheric pressure and air temperature data collected in the Trieste Karst cave “Abisso di Trebiciano” (n. 17 VG) during the first half of 2006. Descriptive statistics, mean daily cycles and harmonic analysis of both parameters are performed and compared to what is reported in the literature.

## Data collection

A Driesen und Kern Plog 520 thermobarometer, originally designed for the marine environment, was placed in the Trieste Karst cave “Abisso di Trebiciano” n. 17 VG (fig. 1) at a depth of about 100 m below the surface. The cave entrance, sealed by a locked trap door, is at 341 m above sea level (a.s.l) and has a total depth of about 330 m. The instrument, whose technical characteristics are given in tab. 1, was placed at about 1 m above the cave floor and at about 2 m from the nearest rock walls.

Data recording started on January 8<sup>th</sup> 2006 with a sampling period of 5 minutes. Data retrieval occurred on July 9<sup>th</sup> 2006, when 52393 measurements for each channel were downloaded. Collected data underwent a quality check procedure consisting essentially in the removal of the recordings taken in the first two days, markedly affected by the presence of the experimenters who entered the cave the first day to set up the instrument, and those recorded during the retrieval. Moreover a visual check of all data was performed in order to remove possible spikes, though none was detected. The final number of recordings for each channel is 51955.



Fig. 1 – Cave survey and instrument location (picture by courtesy of Società Adriatica di Speleologia).

Length	200 mm
Diameter	23 mm
Memory	500000 measurements
Pressure accuracy	20 Pa
Pressure resolution	15 Pa
Temperature accuracy	0.1 °C
Temperature resolution	0.003 °C

Tab. 1 – Technical characteristics of the instrument.

### Statistical analysis

The time-domain analysis consisted mainly in the definition of the mean daily cycles of each parameter: hourly means of pressure and temperature were computed, averaging all the measurements taken in the same 1-h time intervals, centred about integer hours (e.g. all measurements collected between 00:30 and 01:30 were averaged to give the mean value of 01:00). The mean daily cycles were then interpolated by means of the following trigonometric function, consisting in the sum of the diurnal and semidiurnal harmonics:

$$f(t) = A_0 + A_1 \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T}(x - \varphi_1)\right) + A_2 \cdot \cos\left(\frac{4\pi}{T}(x - \varphi_2)\right) \quad (1)$$

where  $A_0$  is the mean value of the considered parameter,  $T = 24$  hours and  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $\varphi_1$  and  $\varphi_2$  are the amplitudes and phases of the diurnal and semidiurnal signals, respectively.

A frequency-domain analysis was then carried out: data were smoothed using a running mean filter computed upon 288 points, corresponding to a time window of 24 h, centred on the 145<sup>th</sup> value. Residuals between experimental data and the filtered signals were then worked out for each parameter. Finally, periodograms were calculated both for pressure and temperature residuals in order to detect the presence of periodic constituents.

### Results and discussion

The running-mean filtered time series of atmospheric pressure and air temperature signals, recorded in the cave by the thermobarometer, are reported in fig. 2, while descriptive statistics of unfiltered quality-checked data (i.e. after the removal of measurements influenced by the logger setup or retrieval), is given in tab. 2. Broad variations are evident in the pressure signal, presumably induced by the external atmospheric pressure; on the

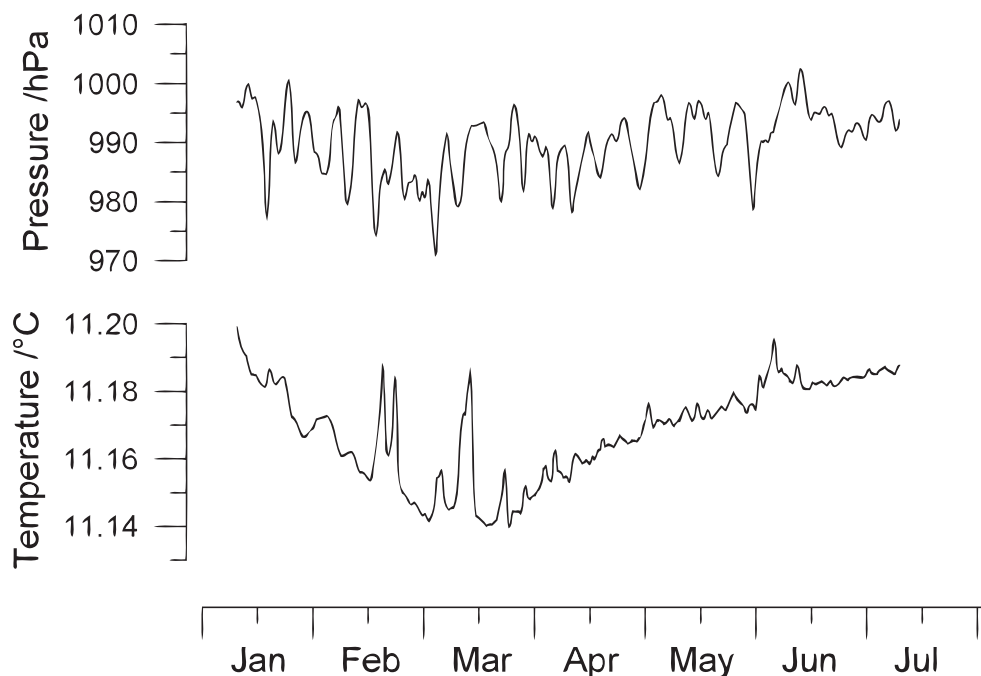


Fig. 2 – Smoothed time series of atmospheric pressure and air temperature.

	Temperature (°C)	Pressure (hPa)
Mean	11.169	990.195
Minimum	11.126	967.888
Maximum	11.216	1003.953
Standard deviation	0.015	5.923

Tab. 2 – Main statistics of pressure and temperature quality-checked measurements.

contrary, the temperature fluctuations are markedly damped with respect to the outside: in fact, one of the most striking features of the recorded data is the extreme stability of the cave temperature, whose range during the months under consideration is only 0.09 °C. Moreover, a careful cross-analysis of both the temperature and the pressure signals evidences that, especially in the coldest months, temperature frequently peaks in correspondence to drops in pressure: this phenomenon could be attributed to the upward displacement of deeper and, in winter months, warmer air, driven by an atmospheric pressure decrease.

The mean daily cycles of temperature and pressure and their respective semidiurnal constituents are reported in fig. 3, while the values of the best fit parameters are given in tab. 3. Both cycles show a clear semidiurnal pattern, however the temperature cycle is slightly less smooth than the pressure cycle: this is due to the fact that the amplitude of the temperature signal, unlike pressure, is one order of magnitude lower than the instrument

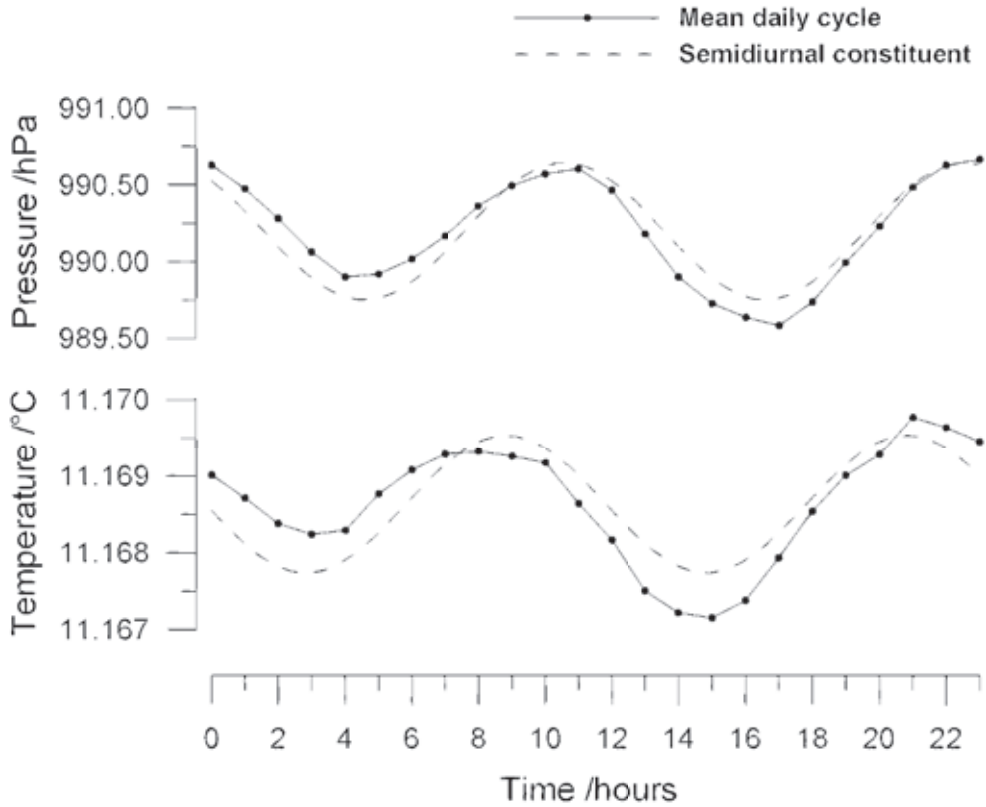


Fig. 3 – Mean daily cycles of temperature and pressure and semidiurnal constituents.

resolution. As a matter of fact, differences between subsequent hourly means of the temperature cycle can be even smaller. Nevertheless, the phase-lag between the two signals is fairly evident and the difference is even clearer for the semidiurnal constituents: applying eq. 1 to the mean daily cycles, it emerges that the first peaks of the semidiurnal constituents of pressure and temperature occur at 10:34 and 8:49, respectively. These results agree with what was reported by *WU et al.* (2003), who found a phase-lag of 0.95 rad, corresponding to a difference of 1 h 48 min. However, the difference observed by *BUSSANI* (2004) in a different cave of Trieste Karst was considerably higher (2 h 36 min).

As a point of interest, according to *STRAVISI* (1994) the first peak of the semidiurnal constituent of Trieste atmospheric pressure occurs at 10:29, which is consistent with the value obtained in the present work (10:34), allowing for the sampling period (5 minutes), while the phase of the diurnal constituent according to *STRAVISI* (1994) is 5.89 hours (5:53), i.e. 2.41 hours greater than the phase observed in the considered cave. However, a good agreement is also present between the best fit values of the diurnal and semidiurnal amplitudes of the atmospheric pressure computed according to eq. 1 (tab. 3) and the corresponding values obtained by *STRAVISI* (1994), who found diurnal and semidiurnal amplitudes of 15.5 Pa and 44.9 Pa respectively.

Pressure	$A_0$ (hPa)	$A_1$ (Pa)	$\phi_1$ (hours)	$A_2$ (Pa)	$\phi_2$ (hours)	$R^2$
Diurnal + semidiurnal (eq. 1)	990.195	16.7	3.48	44.4	10.58	0.995
Temperature	$A_0$ (°C)	$A_1$ (m°C)	$\phi_1$ (hours)	$A_2$ (m°C)	$\phi_2$ (hours)	$R^2$
Diurnal + semidiurnal (eq. 1)	11.169	0.56	1.96	0.85	8.83	0.987

Tab. 3 – Best fit coefficients and determination coefficient for the interpolating function (1) applied to the pressure and temperature residuals.

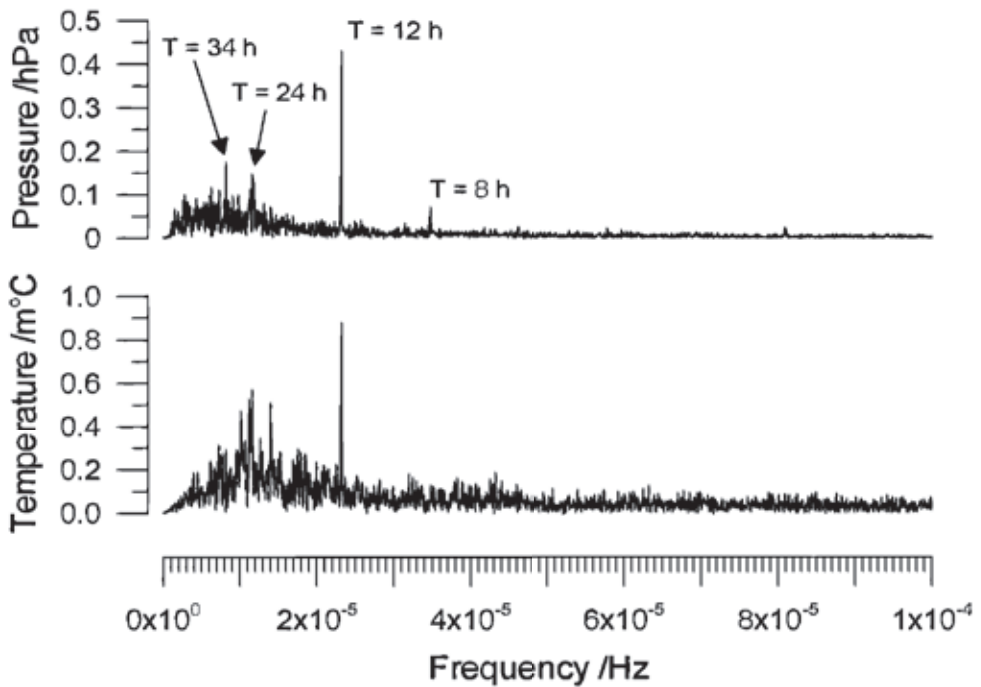


Fig. 4 – Periodograms of atmospheric pressure and air temperature residuals; the periods of the main peaks are reported.

The periodograms of atmospheric pressure and air temperature residuals (fig. 4) confirm the presence of a rather strong semidiurnal constituent and a smaller diurnal constituent in both signals; a terdiurnal constituent is also evident in the pressure signal. Some harmonics of smaller amplitude, present alternatively either in the pressure or in the temperature signal, are of dubious relevance and need more data in order to be validated. However, the amplitude of the 34-h peak observed in the pressure periodogram is clearly greater than that of the diurnal constituent, thus giving stronger grounds to the hypothesis that such peak corresponds to an actual signal and is not merely a spurious result of the data elaboration.

## Conclusions

Though the aim of this research is to achieve and study a whole year of atmospheric pressure and air temperature data in a deep Karstic hollow at fine resolution and with a short sampling period, the data acquired in the first half of 2006 provide sufficient evidence to confirm the results recently attained by other authors either in Karstic caves (SONDAG *et al.*, 2003) or in underground laboratories (CHEN *et al.*, 2003; WU *et al.*, 2003), such as the influence of thermal atmospheric tides upon temperature signal and the presence of a phase-lag between temperature and pressure. Moreover, the large amount of precise measurements collected in the “Abisso di Trebiciano” cave permitted to obtain very accurate mean daily cycles of pressure and temperature; for the latter parameter, in particular, the differences between subsequent hourly mean values were often far below the detection threshold of the instrument, and only the availability of a considerable number of measurements, combined with the thermal stability of the cave, allowed to resolve the extremely small variations that occurred in the mean daily cycle of temperature.

However the results presented in this work are still to be considered as preliminary, especially as regards the spectral analysis of the atmospheric pressure, where the presence of the 34-h harmonic constituent needs more data in order to be validated: the periodograms of the 2<sup>nd</sup> half of 2006 will be likely either to confirm the detection of this constituent or to provide stronger grounds for its rejection.

In summary, the use of programmable data loggers for the collection of accurate and highly resolved measurements of atmospheric pressure and air temperature in deep caves has demonstrated to be a very effective tool for the detection and characterization of the influence of thermal atmospheric tides on the atmosphere of caves. Moreover, the exceptional thermal stability of the cave chosen for this study can possibly provide some evidence of atmospheric oscillations not yet observed in other studies, but more data are needed to support this hypothesis.

## Acknowledgments

The author wishes to thank the Società Adriatica di Speleologia of Trieste for the permission to carry out this research in the “Abisso di Trebiciano”. The author is also particularly grateful to Mr. Sergio Dambrosi for his invaluable help during all the stages of this study. This work was supported by the Federazione Italiana Maricoltori ONLUS/ONG (NGO).

## BIBLIOGRAPHY

- BUSSANI A., 2004 - *Influenza delle maree atmosferiche sulle misure di temperatura registrate nella grotta ‘C. Doria’ (N. 3875 V.G.)*. Atti e Memorie della Comm.Grotte “E. Boegan”, 40: 125-131.
- CHAPMAN S., LINDZEN R., 1970 - *Atmospheric tides - thermal and gravitational*. D. Reidel, Dordrecht, 200 pp.
- CHEN F., WU S., FAN S., LUO J., 2003 - *Determining the phases of the semidiurnal temperature and pressure oscillations by the cross-correlation equilibrium method*. Measuring Science Technology, 14: 619-624.
- SONDAG F., VAN RUYMBEKE M., SOUBIÈS F., SANTOS R., SOMERHAUSEN A., SEIDEL A., BOGGIANI P., 2003 - *Monitoring present day climatic conditions in tropical caves using an Environmental Data Acquisition System (EDAS)*. Journal of Hydrology, 273: 103-118.
- STRAVISI F., 1994 - *Trieste 1961-1990 - Pressione atmosferica: dati mensili e statistiche*. Università di Trieste, Istituto di Geodesia e Geofisica, Sezione di Oceanografia e Meteorologia. Rapporto interno n. 94/1.
- WU S., CHEN F., FAN S., LUO J., 2003 - *Phase leading of temperature variations in a cavity caused by heat conduction between air and rock*. Chinese Physics Letters, 12: 2192-2194.



Atti e Memorie della Commissione Grotte "E. Boegan"	Vol. 41	pp. 25-45	Trieste, 28 febbraio 2007
-----------------------------------------------------	---------	-----------	---------------------------

JO DE WAELE (\*)

## IMPATTO AMBIENTALE DI ATTIVITÀ ANTROPICHE SULLE AREE CARSICHE IN SARDEGNA

### RIASSUNTO

*Circa un decimo della superficie della Sardegna è caratterizzato dall'affioramento di rocce carbonatiche di varia età. Queste aree sono spesso ricche di manifestazioni carsiche superficiali e sotterranee e costituiscono territori di elevato valore naturalistico e scientifico con una spiccata vulnerabilità intrinseca. Le attività umane da sempre hanno avuto un ruolo nelle modificazioni dell'ambiente carsico della Sardegna, ma è soprattutto nel secolo scorso che il loro impatto è divenuto più significativo. In questo lavoro vengono illustrati i fattori di pressione più rilevanti, tra cui meritano una particolare attenzione l'industria (soprattutto quella mineraria), gli insediamenti urbani, il turismo, l'agricoltura e le servitù militari.*

*Appare sempre più chiaro l'impatto ambientale delle attività antropiche nelle aree carsiche della Sardegna e la necessità di una normativa in grado di tutelare queste zone di grande importanza per l'uomo per le sue risorse ambientali e scientifiche.*

### SUMMARY

#### LAND USE AND MEN IMPACT ON KARST AREAS IN SARDINIA (ITALY)

*Almost one tenth of the surface of Sardinia is characterised by the outcropping of carbonate rocks of different ages. These areas are often rich in both surface and underground karst features and are intrinsically vulnerable territories of great naturalistic and scientific value. Human activities have since long time had an important role in the geo-environmental changes of these karst areas, and their impact has increased considerably in the last century. The most significant pressures on the environment, such as industry (especially mines and quarries), urban settlements, tourism, agriculture and military settlements are here illustrated. This continuously increasing environmental impact on the karst areas of Sardinia is making legislation, able to safeguard these delicate geo-ecosystems, extremely necessary. Only in this way the environmental and scientific resources of Sardinian karst areas will be protected for the future generations.*

(\*) Istituto Italiano di Speleologia, Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientali, Via Zamboni 67, I - 40126 Bologna - E-mail: dewaele@geomun.unibo.it

## Introduzione

Le aree carsiche sono considerate tra gli ambienti più interessanti dal punto di vista scientifico, con una ricca e diversificata fauna e flora. Ospitano spesso sedimenti con un importante contenuto paleontologico ed archeologico, preservate dall'erosione nei ripari e nelle grotte. Nelle fratture e nei condotti carsici scorrono acque sotterranee di buona qualità che riaffiorano abbondanti in corrispondenza di sorgenti e risorgenti talvolta inseriti in un paesaggio di incomparabile bellezza. Purtroppo esse anche aree molto vulnerabili, esposte a rischi sia naturali che antropici in modo sempre più preoccupante. Esistono molti studi che trattano il problema dell'impatto umano sulle aree carsiche, spesso riuniti in volumi monografici o atti di simposi (AA.VV., 1989; SAURO *et al.*, 1991; GILI & PEANO, 2003; CHIESI *et al.*, 2006). Per diverse aree geografiche italiane esistono studi specifici che mettono in luce e cercano di quantificare l'impatto antropico sull'ambiente carsico (BURRI, 1989; CUCCHI, 1990; SAURO, 1993; BURRI, 1994; BURRI *et al.*, 1999; DRYSDALE *et al.*, 2001; PARISE & PASCALI, 2003). Anche in Sardegna, dove l'impatto antropico sulle aree carsiche è diverso rispetto al resto d'Italia a causa dell'alta incidenza di attività estrattive, sono stati fatti alcuni studi (ARU *et al.*, 1982; FORTI *et al.*, 1988; DE WAELE & PISANO, 1998): in questo lavoro si cerca di aggiornare tali dati.

## Le aree carsiche in Sardegna

In Sardegna affiora un basamento Paleozoico, per lo più costituito da rocce intrusive e metamorfiche, sul quale poggiano in discordanza varie unità sedimentarie e vulcaniche di età più recente. L'orografia è molto varia, caratterizzata da estese aree subpianeggianti corrispondenti a fosse tettoniche (es. Campidano) oppure ad altipiani basaltici (es. le "giare", l'altopiano di Abbasanta), interrotte da alcuni grandi apparati vulcanici (Monte Arci, Monti Ferru) oppure da aree montuose, spesso composte da rocce granitoidi, carbonatiche o metamorfiche. Le quote massime si raggiungono nel massiccio del Gennargentu (Punta La Marmora, 1834 m s.l.m.). Le rocce carbonatiche occupano meno di un decimo della superficie isolana. Questi affioramenti, che si trovano sia in zone costiere sia in aree montane fino a quota 1500, costituiscono spesso aree carsiche. Dal punto di vista geologico-geografico si possono distinguere diversi gruppi carsici, che riuniscono un numero più o meno grande di aree carsiche dalle caratteristiche piuttosto omogenee, i più importanti dei quali sono il gruppo Cambriano del Sulcis-Iglesiente, le aree Giurassico-Cretacee del Supramonte, dei Tacchi (o Tonneri) e della Nurra, l'esteso altopiano Eocenico del Salto di Quirra e le grandi coperture calcaree Mioceniche del Turritano-Logudoro-Anglona, del Cagliariitano e dell'Alta Marmilla. Esistono inoltre diversi affioramenti più piccoli, di età Siluro-Devoniana, Triassica e Giurassica, che completano il quadro delle rocce carsiche regionali (DE WAELE & GRAFITTI, 1998a).

L'inventario delle aree carsiche della Sardegna, pubblicato alcuni anni fa, conta ben 219 aree carsiche che coprono una superficie totale di 2088 km<sup>2</sup>, corrispondenti a 8,7 % della superficie dell'Isola (DE WAELE, 2003b) (fig. 1).

Le aree carsiche, malgrado questa ridotta superficie, occupano un posto di rilievo nei lineamenti del territorio sardo (DE WAELE, 2003a). Insieme al paesaggio granitico, quello carsico è il più rappresentativo della Sardegna, con moltissimi geomorfositi ben conosciuti al grande pubblico, come Perda Liana, le splendide cale del Golfo di Orosei, Su Gologone, la voragine del Golgo (DE WAELE *et al.*, 1999) e diverse grotte turistiche (Nettuno, Bue Marino, Ispinigoli, Su Marmuri ecc.) (DE WAELE & GRAFITTI, 1998b).

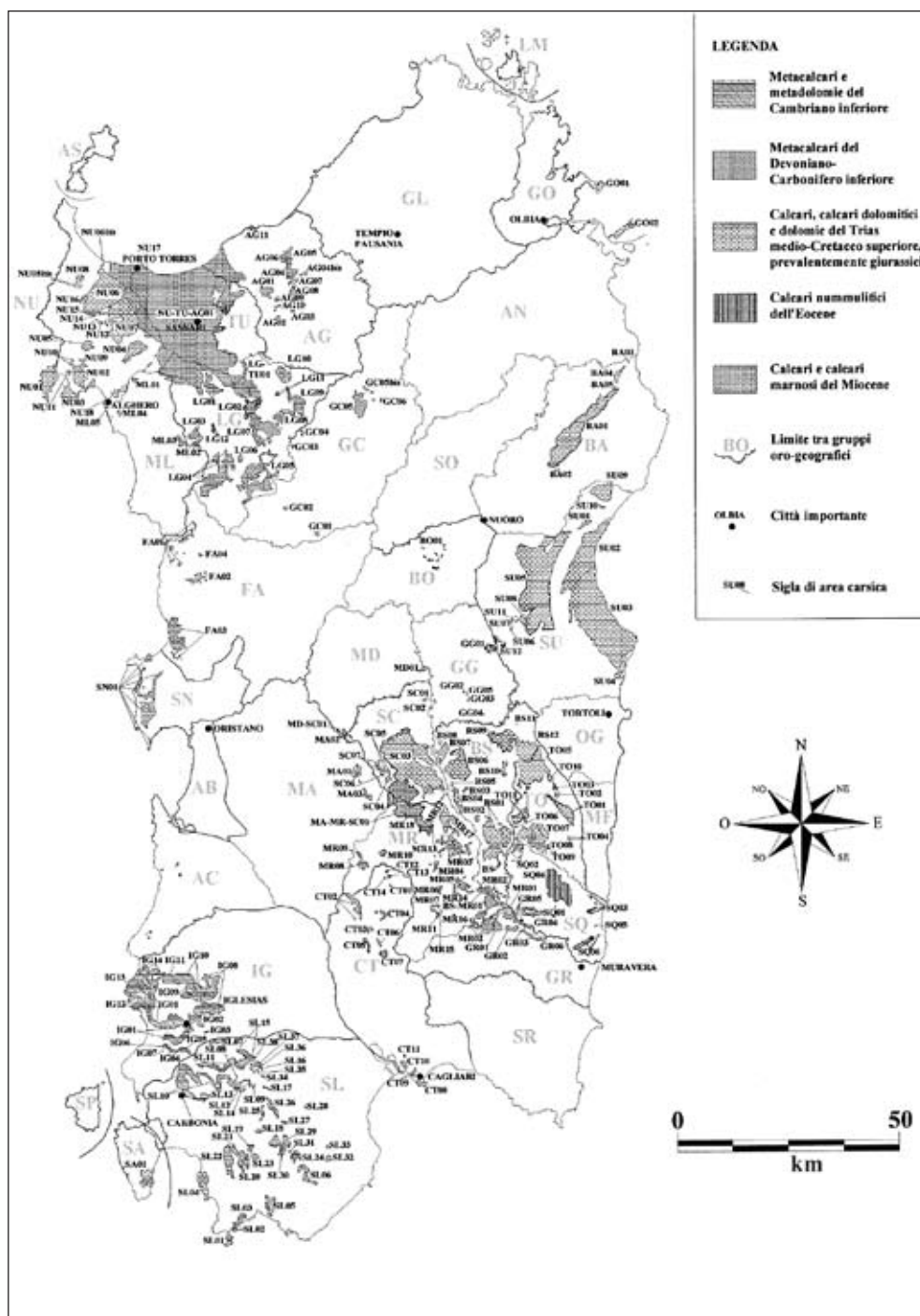


Fig. 1 – Gruppi oro-geografici ed aree carsiche della Sardegna con cenni sulla geologia (modificato da DE WAELE, 2003b); le sigle si riferiscono all’elenco catastale delle aree carsiche.

Fin dalla sua comparsa nell'Isola, probabilmente circa 20.000 anni fa (SONDAAR *et al.*, 1995), l'uomo ha spesso trovato rifugio nei ripari e nelle grotte. La frequentazione delle aree carsiche, in molti casi piuttosto inospitali e di difficile accesso, è aumentata soprattutto con l'arrivo di invasori stranieri che spingevano le popolazioni locali a difendersi nelle regioni interne dell'Isola (fig. 2). Così anche nei monti carbonatici dell'interno nascevano villaggi, costruzioni di difesa (nuraghi) e varie strutture di adattamento (raccolta d'acqua, deforestazioni, miglioramenti del pascolo). L'impronta geomorfologica di queste attività umane sui territori carsici, inizialmente molto ridotta, è andata via via crescendo, con un notevole aumento d'incidenza soprattutto negli ultimi due secoli. Il presente lavoro intende proprio mettere in luce questi fattori di pressione più importanti.

Lo studio di queste dinamiche evolutive fornisce una chiave di lettura indispensabile per la comprensione globale dei geo-ecosistemi carsici che potrà, in un prossimo futuro, costituire la base per i piani di gestione di questi fragili ambienti.



Fig. 2 – Il villaggio nuragico di Tiscali, costruito all'interno di una dolina di crollo nel Supramonte (Oliena-Dorgali).

### **Le risorse dell'ambiente carsico e la loro vulnerabilità**

L'ambiente ed il paesaggio carsico risultano generalmente molto vulnerabili alle pressioni ambientali indotte da processi naturali e/o antropici. Inoltre, le aree carsiche sono state spesso preferite dall'uomo per tutta una serie di motivi, tra cui l'esistenza di cavità e ripari sottoroccia e, in particolare sui bordi dei massicci carbonatici, la presenza di ricchi boschi, ottimi suoli e fonti idriche consistenti.

Le risorse delle aree carsiche possono schematicamente essere suddivise in 4 grandi categorie: l'acqua (e, in connessione con essa, l'atmosfera), l'ambiente geomorfologico in generale, la risorsa biologica e quella culturale.

L'inquinamento ed il depauperamento della risorsa idrica rappresentano sicuramente i problemi più importanti. A causa della continua e crescente urbanizzazione, infatti, queste aree, ed in particolare la risorsa acqua in loro contenuta, sono sempre più esposte ad elevati

rischi di contaminazione e di sovrasfruttamento. L'alta velocità di flusso delle acque sotterranee e la scarsa capacità di autodepurazione dell'acquifero carsico determinano un'elevata vulnerabilità all'inquinamento. Fattori che possono attenuare gli effetti della contaminazione sono la presenza di suoli e coperture vegetali, una zona epicarsica ben sviluppata, il deflusso più lento in microfratture invece che in condotte carsiche e la diluizione da parte di acque meteoriche non contaminate (VIGNA & CALANDRI, 2001; FORTI 2002; VIGNA, 2002). L'inquinamento delle acque carsiche non è un processo del tutto irreversibile, tuttavia certi tipi di contaminazione possono perdurare nel tempo e compromettere la risorsa per molti decenni, se non secoli. Esiste infatti il fenomeno, tipico per gli acquiferi carsici, dell'accumulo degli inquinanti, i quali vengono mobilizzati soltanto durante le piene con improvvisi picchi di inquinamento. Non va dimenticato, inoltre, il crescente problema dello sfruttamento incontrollato della falda idrica che tende ad abbassare la superficie freatica, causando il prosciugamento di sorgenti oltre che dissesti in superficie (subsidenze e doline di crollo) (AA.VV., 2000; NISIO, 2004) oppure richiamando, specie nelle zone costiere, acqua salmastre con conseguenze gravi dal punto di vista qualitativo (DELLE ROSE *et al.*, 2003).

La risorsa geomorfologica è molto più articolata e comprende la morfologia carsica superficiale (macro- e microforme), il suolo, l'epicarso e le grotte con i loro depositi. Si tratta in genere di risorse difficilmente rinnovabili, e il loro degrado può avere conseguenze gravi anche a lungo termine. Il sistema geomorfologico poi è strettamente legato a quello idrogeologico, quindi ogni eventuale modificazione dell'ambiente superficiale ed epicarsico ha dirette conseguenze anche sulla dinamica con cui è alimentato l'acquifero (JONES *et al.*, 2003).

Le aree carsiche costituiscono anche degli ecosistemi unici in cui trovano rifugio tantissime specie animali e vegetali. Sulle rupi calcaree, nelle garighe montane, sul fondo delle depressioni carsiche e sui litosuoli carbonatici vegetano innumerevoli varietà di piante endemiche che compongono un'associazione floristica molto ricca, mentre nell'epicarso e nelle cavità naturali abita un'importante fauna troglobia e troglifila con numerose specie endemiche d'elevato valore scientifico e biogeografico (BANI, 2001).

Sempre negli anfratti e nelle grotte inoltre si sono conservati dei sedimenti ricchi di reperti paleontologici e archeologici d'inestimabile valore culturale. Il paesaggio carsico spesso custodisce anche antichi segni dell'opera dell'uomo, con adattamenti della morfologia ed insediamenti spesso tipici di queste aree. Un esempio è dato dall'impermeabilizzazione di doline per lo stoccaggio di acque superficiali (LAUREANO, 2001), dai muretti a secco prodotti dallo spiatramento dei terreni calcarei (BURRI *et al.*, 1999) oppure dagli ingegnosi sistemi di raccolta delle acque costruiti dai pastori (DE WAELE & NIEDDU, 2005). Tutte queste modificazioni del paesaggio rendono uniche le aree carsiche nell'ambito del Mediterraneo (GAMS *et al.*, 1993).

### **I fattori d'impatto sull'ambiente carsico**

Le azioni che possono cambiare i delicati equilibri dei geo-ecosistemi carsici sono molteplici e sono riportate in tabella 1. Le modificazioni sull'ambiente carsico possono essere reversibili, ma spesso sono di carattere irreversibile con la perdita della risorsa. Tra le azioni che portano a danni irreversibili citiamo le cave e le miniere, l'erosione del suolo, l'asportazione di elementi naturali (flora, fauna, minerali, fossili, concrezioni, ecc.) e manufatti (reperti archeologici). Modificazioni reversibili, anche se il ripristino delle condizioni di partenza è spesso difficilmente attuabile, sono le varie opere dell'uomo (urbanizzazioni, strade ecc.), pompaggi ed allagamenti, incendi, riempimenti vari (discariche di varie dimensioni, sia solidi sia liquidi) e compattazione del suolo. In molti casi il ritorno alle condizioni naturali richiede molto tempo (in genere diversi anni, talvolta anche secoli) e spesso grandi investimenti finanziari.

Azione	Risorsa	Estrazione Cave o miniere	Erosione	Asportazione	Riempimento			Compattezza	Allargamento	Pompaggio	Incendio	Insediamento			
					Naturale	Liquido	RSU					Civile	Militare	Agricolo	Industriale
Acqua	Superficiale	1	1	0	0-1	3	2	1	0-3	0-3	1	1	1	1-3	1-3
	Sorgenti	0-3	1	0	0-1	1	1	0-1	0-3	0-3	0-1	1	1	1-3	1-3
	Sotterranea	0-3	1	0	0-1	3	2	0-1	0-2	0-3	0-1	1	1	1-3	1-3
Geomorfologia	Paesaggio	1-3	1-2	1	0-1	0-3	0-3	0-1	0-1	0-2	0-3	1-3	1-2	1-3	1-3
	Suolo	0-1	2-3	1-3	0	0-1	2	1-3	0-1	0-1	0-3	1-3	1	1-2	1-3
	Epicarso	0-1	1	1-3	0-1	0-1	1-3	1-3	0	0-1	0-1	1-3	1	1-3	1-3
Biosfera	Flora	0-1	1	1-3	0	0-1	0-1	1	0-1	0-1	1-3	1-2	1	1-3	1-3
	Fauna terrestre	0-1	0-1	1-3	0	1	1	0-1	0-1	0	0-1	0-1	0-1	1	1-3
	Fauna acquatica	0-1	0-1	1-3	0	3	2	0-1	0	0-3	0	0-1	0-1	1	1-3
Culturale	Paesaggio Culturale	1-3	1	1-1	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1	1	1-2	1	1-3	1-3
	Archeologia	0-3	0-1	1-3	0-1	0	0-1	0-1	0-1	0	0-1	1-2	0-1	1-3	1-3
	Paleontologia	0-3	0-1	1-3	0-1	0	0-1	0-1	0-1	0	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1

Tab. 1 – Principali cause di pressione sulle principali risorse delle aree carsiche e loro influenza (0: assente, 1: bassa, 2: media, 3: elevata).

A queste azioni dirette si dovrebbe anche aggiungere il cambiamento globale con una spesso progressiva desertificazione delle aree carsiche ed un crescente verificarsi di eventi meteorologici estremi. In tutti questi cambiamenti la responsabilità dell'uomo è ormai chiara, e soltanto pianificando attentamente le azioni antropiche sarà possibile mitigare l'impatto sull'ambiente carsico. Spesso questo richiede l'adeguamento della legislazione internazionale, nazionale, regionale e locale, oltre che una diffusione delle conoscenze sull'ambiente carsico e la sua vulnerabilità non solo in ambito speleologico e scientifico, ma anche a livello della popolazione e delle varie istituzioni coinvolte.

### **L'impatto antropico sul carso in Sardegna**

Le attività antropiche da sempre hanno avuto un ruolo rilevante nelle modificazioni dell'ambiente carsico della Sardegna, ma è soprattutto nel secolo scorso che il loro effetto si è fatto più indicativo. In linea generale, l'impatto umano sulle aree carsiche è ancora abbastanza contenuto ed è principalmente legato alle attività minerarie, alla deforestazione operata soprattutto nei secoli scorsi, agli incendi, alle attività pastorali, a varie forme d'urbanizzazione, allo sfruttamento degli acquiferi, all'inquinamento della falda, alla discarica di materiali più o meno pericolosi, alle servitù militari ed, in misura minore seppur non trascurabile, alle attività escursionistiche e speleologiche. Quello dovuto all'industria, le grandi opere, l'agricoltura e la zootecnia, che assume talvolta grande rilevanza in altre regioni italiane, è presente nell'Isola una dimensione più contenuta.

In tabella 2 è riassunta l'evoluzione nel tempo dell'influenza dell'azione umana sul carso in Sardegna.

L'impatto ambientale legato alle attività industriali si concentra soprattutto nelle aree minerarie dell'Iglesiente e del Sulcis, ma anche in altre aree estrattive dell'Isola (Baronie, Sarcidano) ove sono presenti piccole miniere (fig. 3) oppure cave lapidei ornamentali e per l'industria (fig. 4). Questa forte impronta minerario-storica in Sardegna ha recentemente portato all'istituzione del Parco Geominerario, Storico ed Ambientale della Sardegna, riconosciuto dall'UNESCO e comprendente 8 aree distinte (DE WAELE *et al.*, 1998) (fig. 5). In alcune di queste il paesaggio è profondamente modificato non soltanto dagli scavi a cielo aperto ed in sotterraneo, ma anche dalle discariche di varia natura, mentre i sistemi idrici superficiali e sotterranei sono stati interessati spesso da intensi fenomeni di contaminazione da metalli pesanti (CIDU *et al.*, 2005). È rilevante, a tale proposito, l'esempio del distretto minerario d'Iglesias dove l'abbassamento della falda freatica, per consentire lo sfruttamento economico dei giacimenti piombo-zinciferi fino a 200 m al di sotto del livello del mare, operato sin dalla fine dell'800, ha pesantemente modificato il sistema idrologico. L'impianto d'eduzione nella Miniera di Monteponi non solo ha richiamato acque salate e profonde con conseguente peggioramento delle qualità delle acque, ma ha avuto effetti negativi anche sui bacini idrogeologici adiacenti. Con la chiusura degli impianti nel 1997 la situazione si sta lentamente normalizzando, ma ci vorranno ancora diversi anni per far tornare l'acquifero al suo equilibrio naturale. Ancora oggi molte sorgenti carsiche mostrano contenuti in metalli pesanti fuori norma (CIDU, 2005), ed anche i suoli sono spesso caratterizzati da alti contenuti in metalli (HARRES *et al.*, 1987; ARU *et al.*, 1994).

Le discariche minerarie ed i fanghi di flottazione, questi ultimi talvolta abbandonati in piccole dighe costruite lungo gli alvei dei torrenti, portano, in particolare durante le sempre più frequenti piene, nel sistema carsico delle torbide ricche in metalli pesanti che rendono inutilizzabili le acque alle sorgenti captate. Esempi ben noti sono la sorgente di San Giovanni presso Domusnovas (fig. 6), che raccoglie le acque di un bacino idrogeologico molto grande comprendente la vallata di Rio Sa Duchessa, lunga la quale sono ubicate alcune importanti miniere piombo-zincifere (DE WAELE & PISANO, 1998).

Periodo	Attività umane in aree carsiche	Impatto ambientale
Preistoria (da ca. 18000 a.C.)	Primi insediamenti in grotta: piccoli nuclei familiari composti da cacciatori.	Modificazioni delle parti iniziali delle grotte (costruzioni, sepolture, fuochi, resti fittili e di pasto, ecc.)
Prenuragico-nuragico (5000 a.C.-II d.C.)	Progressivo spostamento di popolazioni verso l'interno. Oltre alle attività pastorali e di caccia ci sono le prime sistemazioni dei terreni per il pascolo e per la semina del grano.	Taglio di bosco, bonifica di terreni (spiетramenti), adattamenti morfologici legato soprattutto alla raccolta dell'acqua ed a motivi militari e difensivi
Fenici-Romani (VIII a.C.- V d.C.)	Prime attività minerarie in alcune zone dell'Iglesiente per il piombo argentifero.	Piccole discariche, taglio di legname, inquinamento della falda, costruzione di strade e sentieri
Pisani (XIII-XIV d.C.)	Ripresa dell'attività mineraria per piombo argentifero.	Ibidem ma con maggiore impatto ambientale
Medioevo - XVIII d.C.	Divisione dei territori. espansione dell'agricoltura, taglio del bosco e della pastorizia.	Progressiva eliminazione del bosco in favore di terre coltivabili, erosione del suolo. Inizio di inquinamento delle acque
XIX - 1950 d.C.	Attività mineraria a scala industriale.	Grande impatto delle miniere sull'ambiente, con grandissimi scavi, discariche di sterili e fanghi di flottazione, depressione della falda idrica, inquinamento da metalli pesanti e sostanze chimiche, aumento delle vie di comunicazione.
1950 d.C. - oggi	Industria mineraria in continua dismissione, aumento delle attività industriali (petrolchimici) e dell'edilizia urbana.	Crescente impatto delle costruzioni e della viabilità, discariche, opere pubbliche. Richiesta di acque con sfruttamento della falda con l'innescò di fenomeni di prosciugamento di sorgenti e di subsidenza (doline di crollo)
1960 d.C. - oggi	Sviluppo esponenziale delle attività legate al turismo, soprattutto quello costiero ma anche in montagna.	Crescente domanda di terreni per l'edilizia turistica e aumento della domanda idrica, soprattutto d'estate. Equipaggiamento del territorio (sentieri, vie d'arrampicata, grotte speleologiche, canyons, ...). Apertura di grotte turistiche.

Tab. 2 – Evoluzione dell'impatto umano sulle aree carsiche della Sardegna.





Fig. 3 – Il ponticello in ferro sul torrente Bau Adrussi, all’uscita dalla galleria nella miniera di piombo e fluorite di Ualla (Asuni), ormai dismessa. (Foto Laura Sanna)

L’abbassamento della falda freatica per consentire lo sfruttamento dei ricchi giacimenti Paleozoici non è avvenuto soltanto nell’Iglesiente. Nella zona di Narcao e Nuxis, nel Sulcis, il pompaggio in una vicina miniera ha provocato la formazione di una serie di sinkholes, fortunatamente situati tutti in terreni agricoli, tuttavia non lontano da abitazioni (DE WAELE & FRAU, 2001).

Altri imponenti crolli sono avvenuti nella zona di Aquaresi (Iglesias), ma in questo caso sono i grandi vuoti minerari stessi, scavati nelle rocce carbonatiche Cambriane, ad aver causato i dissesti. Calcoli errati della stabilità dei vuoti, infatti, hanno creato una serie di collassi gravitazionali che hanno interessato sia il versante, sia la vallata sottostante causando danni alla strada che collega la frazione mineraria di Masua a Buggerru (Grosso *et al.*, 2005).

L’impatto delle miniere dell’Iglesiente sulle aree carsiche, tuttavia, non è stato soltanto negativo. Grazie alle coltivazioni in sotterraneo, infatti, sono stati scoperti innumerevoli ambienti carsici e grotte di miniera, alcuni di eccezionale valore estetico e scientifico come la grotta di Santa Barbara (DE WAELE & NASEDDU, 2005).

Molti paesi minerari, come Buggerru, Iglesias e Carbonia, si sono sviluppati almeno parzialmente su aree carsiche, con conseguente impatto negativo sull’ambiente (fig. 7). Sassari, Sadali ed Alghero, per nominare le più importanti, sono altre città edificate su aree carbonatiche. In tutti questi casi esistono problemi legati alla costruzione d’impianti ed infrastrutture (strade, acquedotti e fognature, discariche, pozzi per acqua, ecc). Ol-

tre alle modificazioni nel paesaggio dovuto all'urbanizzazione, spesso si accentuano anche i fenomeni di degrado dell'ambiente carsico (DE WAELE, 1999; SORO & CROBU, 1999; VILLANI, 2005). L'approvvigionamento idropotabile per queste popolazioni si basa spesso sulla captazione di sorgenti carsiche (DE WAELE & MURGIA, 2001). Su molte di queste, che spesso sono anche dei siti di grande importanza paesaggistica ed ecologico, sono state realizzate in passato delle opere di captazione che ne stravolgono la natura, purtroppo spesso in modo pressoché irreversibile. Esempi tipici sono le sorgenti carsiche di San Giovanni Su Anzu (Dorgali) (fig. 8), Pubusinu (Fluminimaggiore), San Giovanni (Domusnovas) (cfr. fig. 6), Fruncu 'e Oche (Siniscola), Caput Acquas (Villamassargia), Su Gologone (Oliena), soltanto per citare le più importanti.

Anche l'agricoltura ha avuto un impatto non trascurabile sull'ambiente carsico, soprattutto con la realizzazione di numerosi pozzi, che ha provocato un abbassamento della falda idrica ed indotto numerosi dissesti idrogeologici. Alcune sorgenti carsiche importanti, come quella di Caput Acquas (Cixerri), si sono prosciugate completamente e le acque, che alimentano gli acquedotti di Iglesias, Villamassargia e Carbonia, vengono ormai pompate da oltre 80 metri di profondità (BIANCO & DE WAELE, 1992; ARDAU *et al.*, 2006). Sempre nella stessa zona si sono verificati importanti fenomeni di subsidenza, con doline di crollo che superano i 10 metri di profondità, formatesi a pochi metri da importanti vie di comunicazione (BALIA *et al.*, 2001; ARDAU *et al.*, 2006) (fig. 9).



Fig. 4 – La cava abbandonata di Silanus, oggetto di diversi programmi di ripristino ambientale, fa ancora da sfondo al paese con i candidi gradoni di marmo bianco. (Foto Laura Sanna)

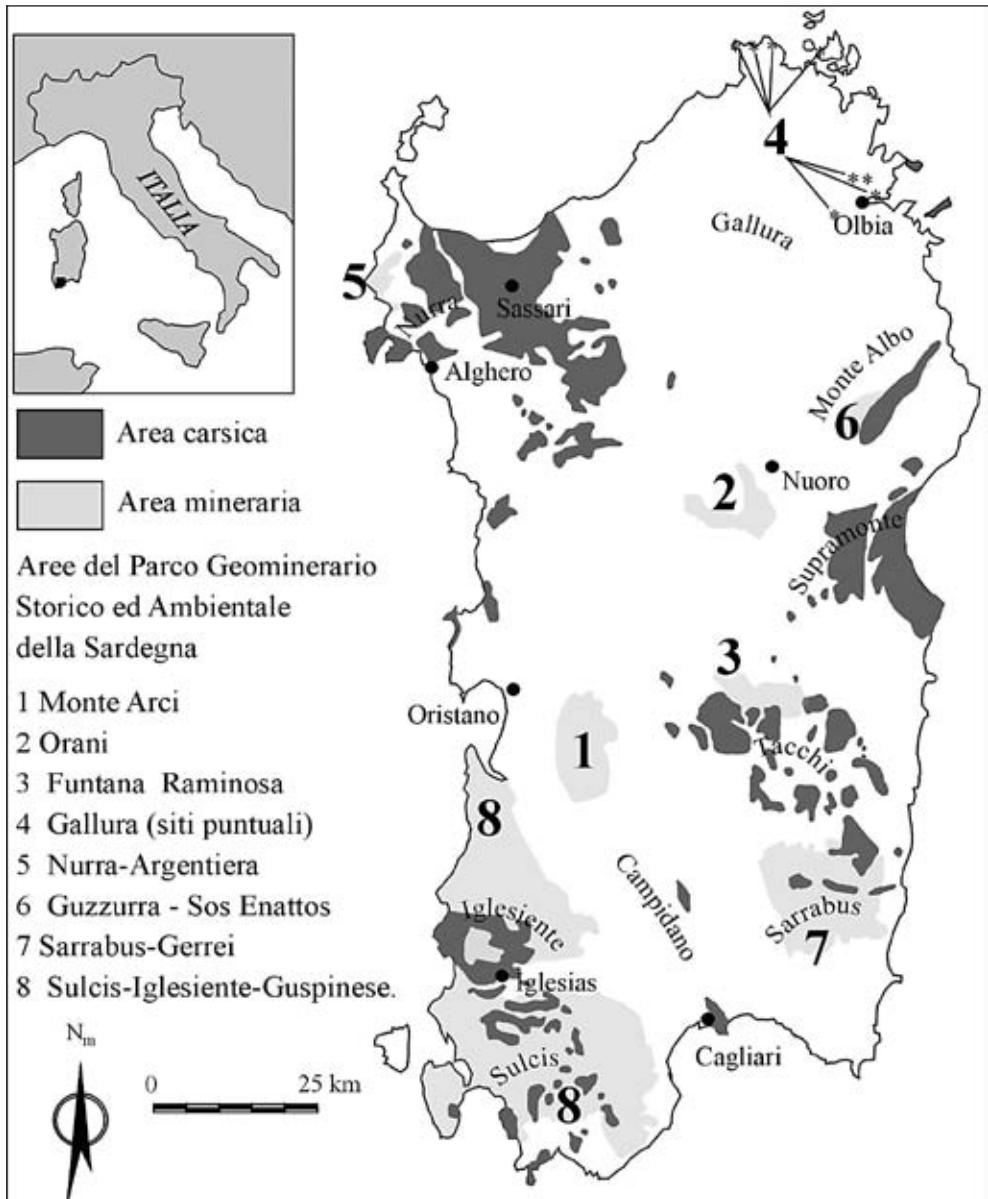


Fig. 5 – Aree carsiche e minerarie della Sardegna.

Un effetto contrario ha invece avuto la costruzione della diga di Pedra 'e Othoni, sul fiume Cedrino. Questa diga, costruita essenzialmente sui basalti Plio-Pleistocenici del Golfei poco a Nord del Supramonte carbonatico per fini irrigui, laminazione delle piene, industriali e civili, causa stagionalmente l'inondazione della piana alluvionale a monte, sommergendo alcune importanti sorgenti carsiche (San Pantaleo, Su Gologone) (BIANCO, 1993; DE WAELE, 2006). È questo uno dei rari esempi di impatto sulle aree carsiche dovuto

a grandi opere. Un altro caso è il tracciato della orientale sarda (SS 125) che collega Baunei a Dorgali. Qui il paesaggio delle strapiombanti pareti calcareo-dolomitiche del Supramonte di Baunei è disturbato dalle ingombranti opere in cemento armato. Un caso a parte è rappresentato dalla già citata grotta di San Giovanni a Domusnovas, il cui traforo naturale è interamente percorso, per una lunghezza di circa 800 metri, da una strada asfaltata percorribile in auto (anche se il transito veicolare è vietato ed impedito con transenne ormai da diversi anni). Tale opera, certamente impattante, ha tuttavia una importanza storica, in quanto la grotta da sempre ha costituito un accesso naturale che collega la pianura del Riu Cixerri a Sud con la boscosa vallata del Riu Sa Duchessa a Nord. In quest'ultima valle, infatti, a partire dalla metà del XIX secolo, furono aperte alcune importanti coltivazioni di Pb-Zn; il minerale estratto transitava proprio attraverso la grotta, in principio su carri trainati da asini, successivamente su mezzi motorizzati, con un notevole risparmio economico per le compagnie minerarie (cfr. fig. 6).



Fig. 6 – L'ingresso Sud della grotta di San Giovanni (Domusnovas, Iglesiente) con la strada asfaltata che la percorre per oltre 800 metri e, sulla sinistra dell'ingresso, le opere di presa della sorgente carsica.



Fig. 7 – Rifiuti all'interno della grotta di Su Rù (Usini) (Foto Stefano Pinna).



Fig. 8 – La captazione delle acque del sistema carsico di San Giovanni Su Anzu (Dorgali), sotto il Monte S'Ospile, ha determinato la chiusura di questa bellissima risorgente con una parete in muratura a sostegno di una cancellata. (Foto Giovanni Badino)

Un'altra pratica che ha avuto un impatto negativo sull'ambiente, diffusa in molte aree carsiche dell'Isola a partire dal 1700 e perdurata fino agli anni '50 del secolo scorso, è stata il taglio del legname che ha causato un incremento dell'erosione del suolo. I segni di queste attività sono ben visibili un po' ovunque con mulattiere, piazze dei carbonai ed antiche costruzioni che contribuiscono ad arricchire, malgrado tutto, il paesaggio culturale. A questa si deve aggiungere il verificarsi di incendi e il sovraccarico pastorale, che hanno ulteriormente contribuito a far ridurre o scomparire del tutto la copertura vegetale, con una conseguente accelerazione di preoccupanti fenomeni di erosione del suolo e conseguente desertificazione (VACCA *et al.*, 2000).

Un aspetto assai particolare della Sardegna è la presenza di servitù militari in aree carsiche, come a Capo Teulada e nel Salto di Quirra che, se da un lato hanno salvaguardato il carso dagli insediamenti e dalla sovralfrequentazione, dall'altro invece hanno lasciato rifiuti di varia natura, talvolta pericolosi non solo per l'ambiente ma anche per l'uomo.



Fig. 9 – Dolina di crollo nei pressi di Guardia su Merti (Iglesias), apertasi improvvisamente nell'ottobre del 1998 a poca distanza dal tracciato delle Ferrovie che collega la città di Iglesias a Cagliari.

In ultimo menzioniamo la pratica del turismo, in continua crescita, che ha avuto un ruolo importante nella destabilizzazione dell'equilibrio naturale in diverse aree carsiche ed in particolare nel Golfo di Orosei e a Capo Caccia, con la scomparsa di specie animali come la Foca monaca (*Monachus monachus*) (ARGANO, 1992). L'impatto del turismo in aree carsiche è particolarmente sentito nelle grotte aperte al pubblico, in particolare quelle massicciamente visitate soprattutto durante i mesi estivi, come le grotte del Bue Marino e Ispinigoli (Dorgali), di Nettuno (Alghero), di Is Zuddas (Santadi), di Su Mannau (Fluminimaggiore), di Santa Barbara (Iglesias), di San Giovanni (Domusnovas), di Su Marmuri (Ulassai) e di Is Janas (Sadali) (DE WAELE & GRAFITTI, 1998b), oltre che la grotta del Fico (Baunei), resa fruibile di recente. In molte di queste manca del tutto un controllo microclimatico e geoambientale che consentirebbe di stimare la capacità di carico di questi siti particolarmente sensibili.

Un'altra alterazione dell'ambiente carsico, da non trascurare, è quella legata all'escursionismo. Sulle cale (spiagge) del Golfo di Orosei, durante i mesi estivi, vengono scaricati da barconi migliaia di turisti al giorno. Tale massiccia frequentazione lascia evidenti segni di sofferenza nell'ambiente, come ad esempio nei famosi grottini e nel laghetto retrospiaggia di Cala Luna, causa la mancanza di adeguate strutture di accoglienza e di smaltimento dei rifiuti (ARISCI *et al.*, 2000).



Fig. 10 – La catasta di concrezioni negli ambienti iniziali della grotta di Elighes Artas (Oliena) è la testimonianza dello sterile vandalismo di alcuni frequentatori delle grotte. (Foto Laura Sanna)

<b>Causa d'impatto</b>	<b>Descrizione di alcuni esempi in Sardegna</b>	<b>Importanza in Sardegna</b>
Miniera	Molte miniere Pb-Zn, ormai inattive, nell'Iglesiente-Sulcis, alcune a N di Monte Albo, una di Fe e Bauxite a Calabona (Alghero)	0-3
Cava	Oltre che nell'Iglesiente e nel Sulcis, se ne trovano diverse nei calcari Miocenici in provincia di Cagliari, nelle dolomie Giurassiche dei Tacchi del Sarcidano e nei calcari Giurassici del Monte Albo, Monte Tuttavista e nella Nurra di Alghero.	1-2
Spietramento	In varie zone vicino agli abitati, soprattutto in Provincia di Sassari e su alcuni tacchi (Sadali)	1
Disboscamento	Operato indiscriminatamente soprattutto nei secoli scorsi (carbonai) in varie aree della Sardegna, e non solo in aree minerarie. Ora per fortuna avviene in modo più o meno controllato.	2
Pastorizia	Attualmente ancora pesante in alcune aree (Supramonte di Urzulei e Baunei), tuttavia molte aree carsiche ne risultano prive per la presenza di demani forestali e cantieri di rimboschimento.	3
Incendio	Alcuni grandi incendi del passato hanno recato grossi danni, ora per fortuna colpiscono soltanto sporadicamente aree carsiche. Resta tuttavia una minaccia da tenere sempre presente.	1-3
Pompaggio	Ha avuto un impatto notevole nelle aree minerarie, causando intrusioni di acque salmastre e subsidenze (Iglesiente-Sulcis). Attualmente il fenomeno è ancora importante per la trivellazione di pozzi per uso irriguo e civile (es. Cixerri, zona di Alghero), talvolta eseguite anche in grotta (Cuccuru Tiria, Guardia su Merti, ecc.) con evidente impatto negativo (fino al prosciugamento totale, es. Caput Aquas).	1-3
Opere di captazione	Molte sorgenti carsiche sono captate in modo inadeguato, con deturpazione dell'ambiente e del paesaggio immediatamente circostante (Frunco 'e Oche, Pubusinu, San Giovanni Su Anzu, San Giovanni Domusnovas, Su Gologone, Tamara e tante altre).	1-2
Viabilità	In genere la viabilità nelle aree carsiche è piuttosto limitata. Esempi sono la SS125 tra Baunei e Dorgali e vari assi stradali nell'Iglesiente e nel Sassarese. La galleria principale della grotta di San Giovanni a Domusnovas è percorsa per intero da una strada asfaltata (800 metri di lunghezza circa)	1-2
Urbanizzazione	In genere gli abitati sorgono in vicinanza delle aree carsiche: tuttavia ci sono esempi di città costruite su importanti zone carbonatiche come Sassari, Carbonia, Sadali ecc.	1
Scarichi civili	È un problema circoscritto a limitati episodi in villaggi piuttosto piccoli (es. Sadali)	1
Discariche controllate	Esistono piccole discariche comunali, in genere di materiali inerti, che possono essere collocate in cave e piccoli scavi abbandonati. Il problema esiste soprattutto nei villaggi minerari (es. Nuxis, Iglesias, Carbonia...) oppure in paesi costruiti su aree carsiche (es. Sassari, Sadali).	0-1
Discariche abusive	Ne esistono diverse, in genere di piccole dimensioni, in particolare nelle ex-aree minerarie. Spesso, tuttavia, i materiali abbandonati possono essere di grande pericolosità (es. batterie)	1-2



Industria	Per fortuna i grandi poli industriali (non minerari) sono spesso ubicati al di fuori delle aree carsiche, fatto eccezionale del polo di Porto Torres. Qui l'inquinamento industriale è notevole, anche se è in fase di avanzamento un progetto di riqualificazione ambientale.	0-1
Scarichi industriali	Immissioni di sostanze nocive negli acquiferi carsici sono avvenute in passato (es. polo petrolchimico di Porto Torres).	0-1
Discariche industriali	Esistono alcune discariche industriali ubicate in aree carsiche (es. Genna Luas). Tuttavia le misure di contenimento dell'inquinamento sembrano sufficientemente adeguate.	0-1
Grandi opere	Si possono citare alcune dighe che lambiscono aree carsiche (Isili, Pedra 'e Othoni) che possono creare dei problemi d'inquinamento durante le piene. La diga di Pedra 'e Othoni sul Cedrino allaga pressoché perennemente la grande sorgente di San Pantaleo.	0-1
Agricoltura	È un fattore importante soltanto nelle pianure della provincia di Sassari e, in misura più limitata, in alcune aree dei Tacchi e dell'Iglesiente. In genere, essendo poco intensiva, ha impatto piuttosto limitato.	0-1
Zootecnia	In alcune località (zone a monte del Supramonte di Urzulei) l'allevamento intensivo soprattutto di suini può causare l'inquinamento della falda per via di ricarica autogenica ma anche allogenica.	1
Fertilizzanti	In genere di limitata importanza.	0-1
Pesticidi	In genere di limitata importanza.	0-1
Militari	Molte aree militari sono situate in aree carsiche (Capo Teulada, Isola di Tavolara, Altopiano di Quirra, Alghero, Capo Sant'Elia). Se da un lato hanno salvaguardato queste aree dalla urbanizzazione selvaggia, dall'altro ne hanno causato una modificazione talvolta importante.	2
Edilizia turistico-residenziale	Ha interessato alcune aree carsiche costiere in particolare (es. Cala Gonone, Alghero) risparmiando per fortuna, almeno parzialmente, le zone meno accessibili (il Golfo di Orosei, Capo Caccia).	1-2
Escursionismo	Sempre più effettuato in aree di importanza naturalistica, come il Supramonte ed il Golfo di Orosei, con segnalazione di sentieri, attrezzamento di vie d'arrampicata e d'alpinismo.	1
Grotte turistiche	Grotte turistiche spesso non monitorate e prive di comitati scientifici.	1
Frequentazione incontrollata delle grotte	Visite sporadiche e/o frequenti per scopi escursionistici o collezionistici con evidenti segni di danneggiamento (scritte sulle pareti, scavi clandestini, taglio di speleotemi e minerali di grotta, inquinamento, ...). Assume notevole importanza nell'area mineraria dell'Sulcis-Iglesiente. Sono conosciuti tuttavia anche casi in Golfo di Orosei e nei Tacchi d'Ogliastra.	1-2
Speleologia	Elevata frequentazione di alcune grotte per scopi didattici e sportivi, con conseguenti problemi di inquinamento (carburante, pile esauste, ...) e rottura accidentale di speleotemi.	1

Tab. 3 – Situazione dell'impatto umano sulle aree carsiche in Sardegna e la loro importanza (0: nessuna, 1: bassa, 2: media, 3: elevata).

Maggiormente diffuso, invece, risulta l'impatto dell'escursionismo più naturalistico, con l'apertura e la segnalazione di sentieri, di vie d'arrampicata e la visita delle grotte. Tali impatti, che tuttavia non sono da sottovalutare, possono essere mitigati attraverso una buona educazione ambientale, ma in molti casi non basta ad evitare danni e deturpamenti. In passato si sono segnalati molti casi di danneggiamento ad opera dei "tagliatori" di concrezioni che poi vendevano le stalattiti, i cristalli e le eccentriche ad amici e parenti oppure sul mercato dei collezionisti di minerali (FORTI & PERNA, 1982; CHESSA & DE WAELE, 1997) (fig. 10). Altri prelievi indiscriminati avvengono ai danni della fauna specializzata: la Sardegna, infatti, è ricca di molte specie endemiche richieste dai Musei di tutto il mondo, e questo ha innescato un mercato clandestino e dannoso, più volte denunciato (GRUPPO SPELEOLOGICO SASSARESE, 1976; GRAFITTI, 1999).

Nella tabella 3 si riassume la situazione dell'impatto umano sulle aree carsiche in Sardegna.

Da questo quadro conoscitivo appare quindi chiara l'interazione negativa delle attività antropiche sugli ambienti carsici della Sardegna e la necessità di una normativa in grado di tutelare queste zone di alto interesse scientifico e di grande importanza per l'uomo per le sue risorse ambientali ed idrogeologiche.

## Conclusioni

Dall'analisi dei caratteri e degli effetti delle attività antropiche sulle aree carsiche della Sardegna riportata sopra risulta evidente l'importanza di questi geo-ecosistemi per l'uomo moderno, il quale deve cercare di utilizzarne le risorse nel miglior modo possibile. Basti pensare che oggi più del 30% delle acque potabili in Italia provengono da acquiferi in rocce carbonatiche, quantità destinata ad aumentare di molto nei prossimi 20 anni. Il paesaggio carsico, inoltre, è un forte elemento di attrazione ambientale, in grado di richiamare migliaia di turisti ogni fine settimana. Un'errata pianificazione dell'utilizzo di queste ricchezze può compromettere in modo anche irreversibile la loro integrità.

In Sardegna, come in molte regioni d'Italia, questi siti ad alta valenza naturalistica sono minacciati da numerose attività umane, come l'estrazione di minerali, la deforestazione, gli incendi, le attività pastorali, l'espansione degli agglomerati urbani, il depauperamento degli acquiferi, l'inquinamento della falda, la discarica di materiali più o meno pericolosi, le servitù militari e le attività escursionistiche e speleologiche. Al contrario, l'industria, la costruzione di grandi infrastrutture quali dighe, ferrovie e autostrade, l'agricoltura e la zootecnia, che assumono talvolta grande rilevanza in altri paesi del Mediterraneo, risultano avere un impatto minore sul territorio carsico dell'Isola.

La salvaguardia delle aree carsiche, attraverso l'inevitabile definizione di vincoli e divieti, deve tuttavia consentire la fruizione dei beni ambientali, senza precludere le attività, come quelle agro-pastorali, che si sono praticate per secoli in sintonia con l'ambiente.

A livello normativo la legislazione italiana e regionale si è dimostrata carente o addirittura inesistente, con scarse disposizioni di carattere generale e non adatte nello specifico all'ambiente carsico, estremamente peculiare e complesso.

Nonostante per quasi ogni opera sia ormai necessaria la redazione del documento di Valutazione dell'Impatto Ambientale (V.I.A.), a causa della complessità di questi ecosistemi il loro studio risulta estremamente laborioso e coinvolge esperti di vari settori scientifici. Per poter stimare l'impatto ed il rischio dell'attività antropica nelle aree carsiche e definire la vulnerabilità di questi ambienti è necessario allargarne le conoscenze, oggi ancora troppo lacunose ed inadeguate a scala nazionale, e in particolare in Sardegna.

## Ringraziamenti

Questo lavoro è frutto di oltre 15 anni di attività speleologica e scientifica in molte aree carsiche della Sardegna, svolta con l'aiuto di moltissimi speleologi, soprattutto sardi, senza i quali non si sarebbe potuto realizzare. Un grazie in particolare alle persone che mi hanno fornito documentazione fotografica: Giovanni Badino, Vittorio Crobu, Riccardo De Luca, Mauro Mucedda, Gabriela Pani, Stefano Pinna, Laura Sanna e Mauro Villani.

L'autore è inoltre grato a Mario Parise e Laura Sanna per i loro utili suggerimenti su una prima bozza del lavoro.

## BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., 1989 - *Problemi di inquinamento e salvaguardia delle aree carsiche*. Nuova Editrice Apulia, Martina Franca (Ba), 141 pp.
- AA.VV., 2000 - *Le voragini catastrofiche: un nuovo problema per la Toscana*. Regione Toscana Giunta Regionale, Grosseto, 256 pp.
- AA.VV., 2004 - *Stato dell'arte sullo studio dei fenomeni di sinkholes e ruolo delle amministrazioni statali e locali nel governo del territorio*. Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici (APAT). Dipartimento Difesa del Suolo, Roma, 709 pp.
- ARDAU F., BALIA R., BIANCO M., DE WAELE J., 2006 - *Assessment of cover-collapse sinkholes in southwest Sardinia (Italy)*. In (eds. PARISE M., GUNN J.) - *Natural and Anthropogenic Hazards in Karst Areas: Recognition, Analysis and Mitigation*. Geological Society of London, Special Publication, 279: 47-57.
- ARGANO R., 1992 - *Tartarughe marine e foca monaca nei mari italiani: salvaguardia e prospettive*. Bollettino Museo e Istituto Biologia Università Genova, 56-57: 113-135.
- ARISCI A., DE WAELE J., DI GREGORIO F., 2000 - *Natural and Scientific Valence of the Gulf of Orosei Coast (Central-East Sardinia) and its Carrying Capacity with Particular Regard to the Pocket-Beaches*. Periodicum Biologorum, 102(suppl.1): 595-603.
- ARU A., MADEDDU B., KAHNAMEI A., 1994 - *Soil contamination by heavy metals from mines*. Land use and Soil degradation MEDALUS in Sardinia, Sassari: 265-283.
- ARU A., MELIS R. T., ULZEGA A., 1982 - *Alcune considerazioni sulla utilizzazione delle aree carsiche della Sardegna*. Geologia Applicata e Idrogeologia, 27(2): 559-565.
- BALIA R., GAVAUDO E., GHIGLIERI G., 2001 - *Geophysical survey of a karst area - a case study from Sardinia, Italy*. European Journal of Environmental and Engineering Geophysics, 6: 167-180.
- BANI M., 2001 - *La vita nelle grotte*. Quaderni didattici della Società Speleologica Italiana, 10: 1-27.
- BIANCO L., 1993 - *S.O.S. Su Gologone*. Sardegna Speleologica, 4: 19-25.
- BIANCO L., DE WAELE J., 1992 - *La sorgente di Caput Acquas*. Sardegna Speleologica, 2: 24-25.
- BURRI E., 1989 - *L'impatto antropico nell'area di S. Ninfa (Trapani)*. Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, II (3): 191-199.
- BURRI E., 1994 - *Utilizzazione del territorio ed impatto antropico nell'area limitrofa l'abitato di Pietrasecca (Italia centrale)*. Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, II (5): 165-169.
- BURRI E., CASTIGLIONI B., SAURO U., 1999 - *Agriculture, landscape and human impact in some karst areas of Italy*. International Journal of Speleology, 26(1-4): 33-54.
- CHESSA L., DE WAELE J., 1997 - *Seguendo le tracce dei tagliatori*. Speleologia, 36: 25-36.

- CHIESI M., FERRINI G., BADINO G., 2006 - *L'impatto dell'uomo sull'ambiente di grotta*. Quaderni didattici della Società Speleologica Italiana, 5: 1-18.
- CIDU R., 2005 - *Evoluzione della qualità delle acque nelle miniere dell'Iglesiente*. Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, II, 17: 149-154.
- CIDU R., BIDDAU R., SPANO T., 2005 - *Temporal variations in water chemistry at abandoned underground mines hosted in a carbonate environment*. Mine Water and the Environment, 24(2): 77-87.
- CUCCHI F., 1990 - *Preliminary map of the impact of man on karstic environments in Italy*. Istituto di Geografia e Oceanografia dell'Università di Messina.
- DE WAELE J., 1999 - *Censimento delle cavità con rischi ambientali in Sardegna*. Sardegna Speleologica, 15: 15-16.
- DE WAELE J., 2003a - *I paesaggi carsici in Sardegna: tipologia, valenza e vulnerabilità*. Atti del XIX Congresso Nazionale di Speleologia, Bologna: 97-104.
- DE WAELE J., 2003b - *Inventario delle aree carsiche della Sardegna*. Atti del XIX Congresso Nazionale di Speleologia, Bologna: 87-96.
- DE WAELE J., 2006 - *Interaction between a dam site and karst springs: the case of Supramonte (Central-East Sardinia, Italy)*. Geophysical Research Abstracts, 8, EGU06-A-01331.
- DE WAELE J., DI GREGORIO F., PIRAS G., 1998 - *I siti carsici nel parco geominerario dell'Iglesiente-Sulcis: proposta di uno sviluppo turistico sostenibile*. Atti del 18° Convegno Nazionale di Speleologia, Chiusa Pesio: 51-56.
- DE WAELE J., DI GREGORIO F., PIRAS G., 1999 - *The twenty most important karstic geosites of Sardinia. Towards the Balanced Management and Conservation of the Geological Heritage in the New Millenium*, Madrid: 155-161.
- DE WAELE J., FRAU F., 2001 - *Some examples of karst phenomena in the Sulcis region*. Rendiconti del Seminario della Facoltà di Scienze dell'Università di Cagliari, 71(2): 125-148.
- DE WAELE J., GRAFITTI G., 1998a - *Proposta di partizione della Sardegna in gruppi oro-geografici per la creazione del Catasto Regionale delle Aree Carsiche*. Atti del 18° Convegno Nazionale di Speleologia, Chiusa Pesio: 241-248.
- DE WAELE J., GRAFITTI G., 1998b - *Show caves in Sardinia: geologic and biologic aspects*. Proceedings III° Congress ISCA: Show Caves: where, how, why, Santadi: 77-91.
- DE WAELE J., MURGIA F., 2001 - *Le sorgenti e gli acquiferi carsici profondi della Sardegna*. IV European Seminar on Geography of Water, Conflicts on water use in the Mediterranean Area, Cagliari: 131-136.
- DE WAELE J., NASEDDU A., 2005 - *Le grotte di miniera: tra economia mineraria ed economia turistica*. Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia. II 17: 200 pp.
- DE WAELE J., NIEDDU A., 2005 - *Strategie tradizionali per l'approvvigionamento idrico in un'area carsica mediterranea: il caso del Supramonte costiero (Sardegna)*. Grotte e Dintorni, 10: 9-28.
- DE WAELE J., PISANO M., 1998 - *Interazione fra attività mineraria ed un acquifero carsico: l'esempio di Baraxiutta (Sardegna sud-occidentale)*. Convegno Nazionale sull'Inquinamento delle Grotte e degli Acquiferi carsici e possibili ricadute sulla collettività, Ponte di Brenta: 195-209.
- DELLE ROSE M., FIDELIBUS C., INTERNÒ G., PARISE M., 2003 - *The experience of southern Apulia (Italy) coastal karst aquifer: Indications for the management*. In: Beriatos E., Brebbia C.A., Coccossis H., Kungolos A. (eds.). *Sustainable planning and development*. Proceedings of the I<sup>st</sup> Conference, 1-3 October 2003, Skiathos (Greece), WIT Press: 453-461.
- DRYSDALE R., PIEROTTI L., PICCINI L., BALDACCI F., 2001 - *Suspended sediments in karst spring waters near Massa (Tuscany), Italy*. Environmental Geology, 40: 1037-1050.

- FORTI P., 2002 - *Gli acquiferi carsici: problematiche per il loro studio ed utilizzo*. Le risorse idriche sotterranee delle Alpi Apuane: conoscenze attuali e prospettive di utilizzo, Forno di Massa: 7-22.
- FORTI P., PERNA G., 1982 - *Le cavità naturali dell'Iglesiente*. Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, II (1): 229.
- FORTI P., PERNA G., BURRI E., 1988 - *Note illustrative della carta dell'impatto dell'uomo sul Karst della Sardegna*. Bollettino della Associazione italiana di Cartografia, 72-74: 421-427.
- GAMS I., NICOD J., JULIAN M., ANTONY E., SAURO U., 1993 - *Environmental change and human impacts on the Mediterranean karsts of France, Italy and the Dinaric region*. Catena supplement, 25: 59-98.
- GILI R. R., PEANO G., 2003 - *L'ambiente carsico e l'uomo*, Grotta di Bossea (Cn), 477 pp.
- GRAFITTI G., 1999 - *La fauna cavernicola della Sardegna. Un patrimonio da salvare*. Anthò, 3: 33-39.
- GROSSO B., MANCA P. P., PUSCEDDU D., SARRITZU R., 2005 - *Analisi e misure di controllo dell'instabilità nel cantiere di Acquaresi*. Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, II (17): 161-172.
- GRUPPO SPELEOLOGICO SASSARESE, 1976 - *Danni al patrimonio speleo-biologico sardo*. Speleologia Emiliana, 13 (3-4), 8.
- HARRES H. P., HOELLWARTH M., SEUFFERT O., 1987 - *Altlasten besonderer Art; Erzgewinnung in Sardinien und Schwermetallbelastung; eine Untersuchung am Beispiel des Riu sa Duchessa*. Geoökodynamik, 8(1): 1-48.
- JONES W. K., CULVER D. C., HERMAN J. S., 2003 - *Proceedings of the 2003 Epikarst Symposium*. Karst Water Institute, Charles Town, 160 pp.
- LAUREANO P., 2001 - *Atlante d'Acqua*. Bollati Boringhieri, Torino, 424 pp.
- PARISE M., PASCALI V., 2003 - *Surface and subsurface degradation in the karst of Apulia (southern Italy)*. Environmental Geology, 44: 247-256.
- SAURO U., 1993 - *Human impact on the karst of the Venetian Fore-Alps, Italy*. Environmental Geology, 21: 115-121.
- SAURO U., BONDESAN A., MENEGHEL M., 1991 - *Proceedings of the International Conference on Environmental Changes in Karst Areas I.C.E.C.K.A.* Università di Padova, Padova, 414 pp.
- SONDAAR P. Y., ELBURG R., KLEIN HOFMEIJER G., MARTINI F., SANGES M., SPAAN A., DE VISSER J. A., 1995 - *The human colonization of Sardinia: a late-Pleistocene human fossil from Corbeddu cave*. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris, 320: 145-150.
- SORO P., CROBU V., 1999 - *S.O.S. Natura*. Sardegna Speleologica, 15: 11-14.
- VACCA A., LODDO S., OLLESCH G., PUDDU R., SERRA G., TOMASI D., ARU A., 2000 - *Measurement of runoff and soil erosion in three areas under different land use in Sardinia, Italy*. Catena, 40: 69-92.
- VIGNA B., 2002 - *Monitoraggio e valutazione della vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi carsici*. Le risorse idriche sotterranee delle Alpi Apuane: conoscenze attuali e prospettive di utilizzo, Forno di Massa: 23-35.
- VIGNA B., CALANDRI G., 2001 - *Gli acquiferi carsici*. Quaderni didattici della Società Speleologica Italiana, 12: 1-48.
- VILLANI M., 2005 - *Sinkhole e degrado ambientale. La grotta della miniera dell'acqua (Carbonia, Sardegna SW)*. Sardegna Speleologica, 21: 61-67.



Atti e Memorie della Commissione Grotte "E. Boegan"	Vol. 41	pp. 47-64	Trieste, 28 marzo 2007
-----------------------------------------------------	---------	-----------	------------------------

TREVOR SHAW (\*)

## THE CLASSICAL KARST AND ITS CAVES AS KNOWN TO THE REST OF THE WORLD BEFORE 1914

### SUMMARY

*The word Karst appeared first on a map by Lazius printed in 1545 and published in 1561.*

*Although the cave of Vilenica was shown to paying visitors from the 17<sup>th</sup> century, the caves of the classical Karst were not prominent in foreign literature until the 1880s. Travellers' books recorded their visits to them, international guidebooks noted them fairly briefly and Schmidl was notable for reporting his 1850 explorations in newspapers and popular handbooks as well as learned journals. Otherwise only one book among the many 19<sup>th</sup> century popular compilations of natural "wonders" mentioned even one of these caves.*

*From the 1880s and 1890s all was different, due very largely to the internationalisation of speleology inspired and promoted by Martel, who himself visited the region in 1893 and 1896. Trieste explorers joined the Paris - based Société de Spéléologie and wrote papers for its journal, "Spelunca", thereby reaching readers in 3 continents. Textbooks and treatises on caves and karst used features from this area as case studies and it was recognized, together with the Postojna karst, as one of the classic sites for karst study.*

### RIASSUNTO

#### LA CONOSCENZA DEL CARSO CLASSICO E DELLE SUE GROTTI NEL RESTO DEL MONDO ANTERIORMENTE AL 1914

*Il termine "Carso" apparve ufficialmente per la prima volta su una carta geografica di Lazius, stampata nel 1545 e pubblicata nel 1561.*

*Sebbene la Grotta di Corgnale (Vilenica) fosse già aperta ai turisti a partire dal XVII secolo, nella letteratura straniera le grotte del Carso classico furono trascurate o poco menzionate fino al 1880.*

*Visite di cavità sotterranee sono brevemente citate nei libri di viaggi e nelle guide turistiche internazionali; in questo contesto Schmidl divenne noto, tra i primi, per le sue accurate relazioni sui quotidiani e sui libri di vasta divulgazione.*

*Peraltro un solo libro, tra i molti contenenti le descrizioni delle "meraviglie della natura", e pubblicati nel XIX secolo, menzionava accuratamente una di queste grotte.*

*Tutto cambiò tra il 1880 ed il 1890 con la diffusione internazionale della conoscenza della speleologia a seguito dell'attività ispirata e promossa dal Martel, che visitò la regione tra il 1893 ed il 1896.*

*Gli esploratori locali aderirono alla Société de Spéléologie, con sede a Parigi, e pubblicarono numerosi articoli per la rivista "Spelunca" (rivista ufficiale della stessa Società) con diffusione in tre continenti.*

(\*) Karst Research Institute, Titov trg. 2, SI - 6230 Postojna (Slovenia)

*Trattati e monografie sul Carso classico e sulle sue grotte trasformarono rapidamente quest'area particolare, insieme al carso di Postumia, in uno dei siti classici mondialmente riconosciuti per gli studi del fenomeno carsico.*

## **POVZETEK**

### **SVETOVNO POZNAVANJE KLASIČNEGA KRASA IN NJEGOVIH JAM PRED LETOM 1914**

*Beseda kras se je prvič pojavila na Laziusovem zemljevidu, ki je bil natisnjen leta 1545, objavljen pa 1561.*

*Čeprav je bila Jama Vilenica na ogled obiskovalcem že od 17. Stoletja, je tuja literatura o jamah klasičnega krasa poročala zelo skopo vse do leta 1880.*

*Dotlej so turistični vodniki omenjali možnost ogleda, pisanje mednarodnih vodnikov je bilo jedernato, le Schmidl si je pridobil določen sloves po objavi svojih raziskav iz leta 1850 v popularnem, a tudi strokovnem tisku. Sicer je kraške jame v 19. Stoletju omenjala le ena izmed takrat številnih knjig o naravnih čudesah.*

*Med letoma 1880 in 1890 pa je postalo povsem drugače, pri čemer ima velike zasluge Martel, ki je sam obiskal kraško deželo v letih 1893 in 1896. Tržaški raziskovalci so se povezali s pariškim jamarskim društvom in za njegovo glasilo "Spelunca" pripravili nekaj člankov, kar je vedenje o Krasu in kraških jamah razširilo na tri celine.*

*Kraške jame so se tako končno uveljavile in ob Postonjski jami postale neobhodno poglavje v študijah o krasu.*

## **Introduction**

This paper aims to consider how the caves of the classical Karst were known to people elsewhere in the world – to what extent and by what means.

The classical Karst is defined as a gently sloping limestone plateau running north-west from Divača and Lokev for about 40 km, with a total area of about 440 km<sup>2</sup>. Thus the region around Postojna is excluded but it does contain such well-known caves as Vilenica, Škocjanske jame, Padriciano and Trebiciano, the main explorations of which were led by people from Trieste.

The word karst is derived from a pre-Indo-European word meaning stone, and came to mean barren ground (GAMS, 1973: 45-50). The prominence of the barren limestone plateau ahead as travellers and wagon drivers left Trieste for Wien and central Europe made the area memorable and it grew to be called "the Karst". A typical traveller's comment is that of Carl Küttner in 1799:

*That part of the way is particularly dreary which goes over the Karst, a considerable mountainous tract of which naked rocks compose by far the greater portion.*

(KÜTTNER, 1801: 111)

## **"Karst" from 1545**

The first known use of the word Karst is on maps of the 16<sup>th</sup> century. The earliest example is on one by Wolfgang Lazius (1514-1565) (Fig. 1), published in 1561 (Fig. 2) as part of the atlas *Typi Chorographici Prouin: Austriae* .... It had, however, been prepared and engraved at least 16 years earlier for, in a letter dated 30 September 1545, Lazius notes that single prints of the map had already been made. (BERNLEITHNER, 1972: xi).





Fig. 1 – Wolfgang Lazius at the age of 40, in a portrait engraved by H.S. Lautensack in 1554. Reproduced by permission of the British Library (shelfmark Maps. 33.e28).



Fig. 2 – The western half of Lazius’s map “Dvcatvs Carniolae et Histriae vna cvm Marcha Windorvm” published in 1561. No. 49/24 in KARROW (1993: 342). The word KARST is between Wipach and Goercz.

This map is excessively rare, with only about seven copies known, but the whole atlas has been reprinted in facsimile (LAZIUS, 1972).

The better-known revised version of this map was published in 1573 as part of a supplement to the famous 1570 atlas of Ortelius, published in Antwerp, thus making the word Karst more widely known. This 1573 map is sometimes misdated as 1561 in recent publications and this error has been perpetuated on information boards in the Škocjanske jame World Heritage Site. By 1573, however, the word Karst had already appeared again on a map of 1570 (Fig. 3) by Augustin Hirschvogel (1503-1553) who had lived in Ljubljana from 1536 to 1543 (Karrow, 1993: 294) and who knew Lazius. In these maps the word is printed a little too far to the north, but locations were often vague on maps of that period and this is clearly a case of word being printed in a convenient rather than an accurate position. The name continued to be used on maps by Mercator and others in the next century.

“Karst” must have already been a well-known regional name long before it was recorded on these maps. No doubt SANTONINO (1943) knew it by that name in 1485-1487, although he himself preferred the easier route from Aquileia through Cividale and Tolmin to Ljubljana.

Another of Lazius’s 1561 maps (no. 49/25 in Karrow, 1993: 342) indicates Škocjanske jame with the phrase: “S. Kazan, Recca flu. absorbetur, qui in Timaus fontibus erumpit” (Škocjan, the river Reka sinks, which bursts forth at the Timavo springs).

### **The Quiet Period, until the 1880s**

Apart from this use of the word Karst on early maps, the area was little noticed for its karst features until the 19<sup>th</sup> century, and then not widely until the 1880s and 1890s. It had no equivalent of Wookey Hole in England (famous already in 1480), Baumannshöhle in Germany (a plan of which was made in 1656) or the karst lake of Cerknica (known before 1537). Inscriptions in the caves at Postojna and Predjama show that they had been visited since the 14<sup>th</sup> and 16 centuries respectively, although they were not described then. Early descriptions of those places were later reprinted or copied in popular books with titles like “Wonders of the World” and led to a succession of similar compilations right through the 19<sup>th</sup> century. But that was not to be for the caves of the classical Karst.

In contrast, the Karst for a long time was known only for its negative characteristics, its bareness and its exposure to the Bora wind. Nor did the caves that were already known there have a VALVASOR (1687, 1689) to report on them. Even Alberto Fortis from Italy, who visited Vilenica, reported it only in most obscure journals (FORTIS, 1778a: 259-261, 1778b: 13-18).

But there were some caves that were described (and so made known to foreigners) in a limited way before the burst of publication inspired in the 1880s and 1890s by the exploration of Škocjanske jame and by Martel’s policy, at the same period, of internationalising cave study. They were sometimes reported on in books written by travellers but most of these were not widely read. They were also mentioned in varying detail in international guidebooks such as those of Murray and Baedeker.

#### *Vilenica*

The cave of Vilenica must have had a significant number of paying visitors even before 1633, for by a document of that year Count Petazzi transferred ownership of it to the church at Lokev, together with half the income from visits (KRANJC, 1995: 62). It can thus be regarded as the first commercial tourist cave in Slovenia. Its location only 11 km from

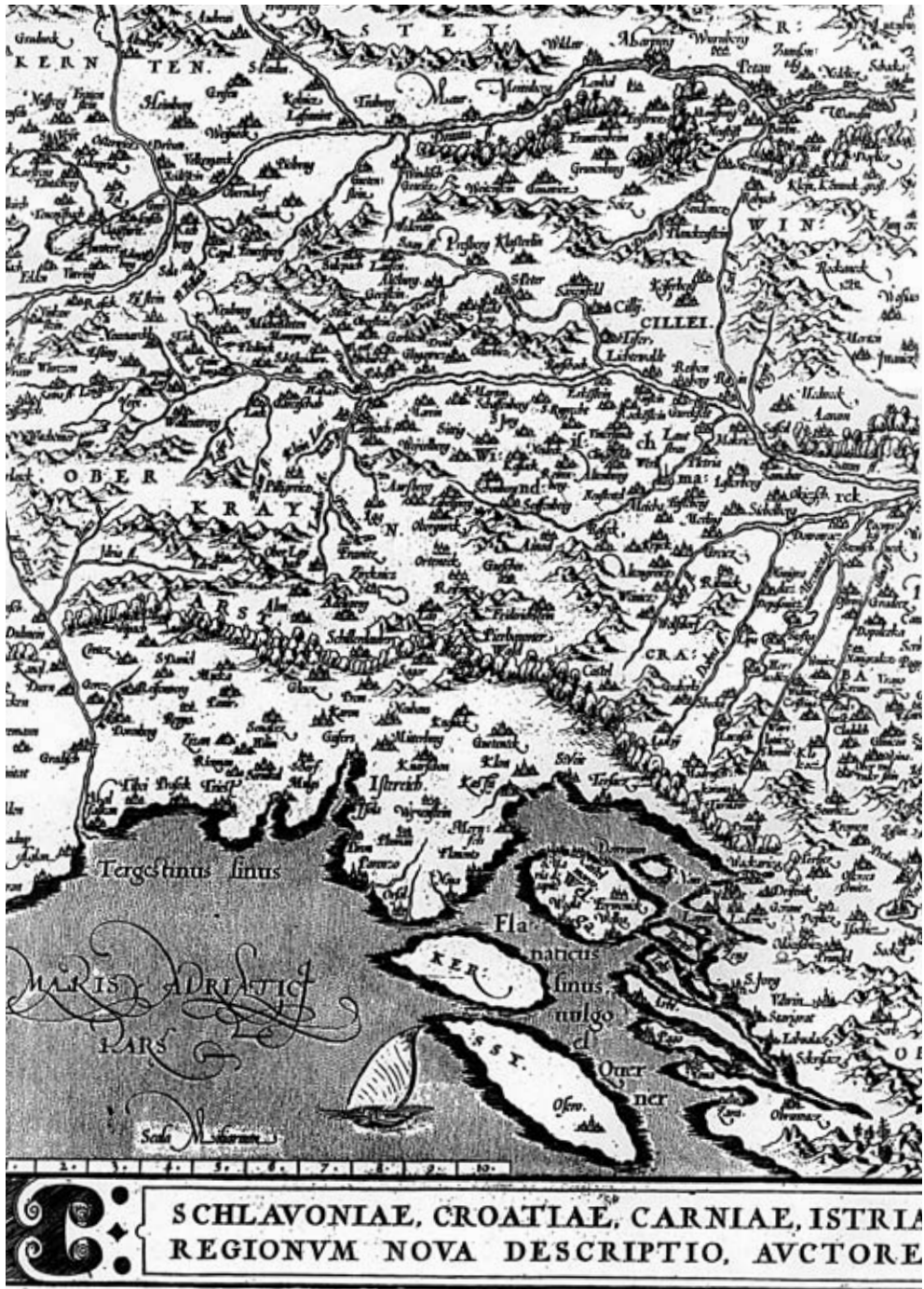


Fig. 3 – The western half of Hirschvogel’s map “Schlaponiae, Croatiae, Carniae, Istriae, Bosniae…” published in 1570. No. 40/9.2 in KARROW (1993: 300). KARST is printed just above a line of trees above Wipach.

A handwritten signature in black ink on a light background. The signature reads 'Joseph Eggenhöfner' in a cursive script, with '1820' written below it. The ink is slightly faded and there are some smudges around the signature.

Fig. 4 – The signature of Joseph Eggenhöfner, written in the Postojnska jama visitors' book on 26 or 27 September 1820.

Trieste and, until 1780, 1,5 km from the main Trieste-Wien road, made it easily accessible.

The king of Napoli is known to have visited it on 3 September 1790 (ANON., 1790). He did not record his impressions but at least 18 other travellers did so before 1880. Some provided useful information; some did not. Most descriptions are a mixture of both, remarking for example on the guides, the lighting and the state of the handrails amidst a catalogue of stalagmites seen. All such accounts known by 1999 were selectively reprinted by SHAW (2000).

Entries in guidebooks, though short, were available through out the world in three languages and did serve to some extent to make the caves known. Those of John Murray devoted 14 lines to Vilenica from the first edition in 1837. This remained the same in subsequent editions until 1867 when it increased to 27 lines:

*... The innkeeper Mukow has the key and the Grotto Book. Fee, 15 kr. each person; 1 hr. sufficient. It is about 900 ft. deep, and is entered at the base of a small Dolina. ...*

(MURRAY, 1867: 456)

Baedeker guidebooks, on the other hand, started with only three lines in 1868, reducing to only one from 1871.

Adolf Schmidl's little handbooks on the main karst areas near Postojna and Trieste, however, described it in some detail in German (SCHMIDL, 1853: 66-70) and in French (SCHMIDL, 1854: 59-63). He also had newspaper articles on it in Leipzig (SCHMIDL, 1852a) and Wien (SCHMIDL, 1852b).

Foreign visitors who had already come to Postojnska jama, only 20 km from the classical Karst, had their attention drawn to the caves of Vilenica, Škocjan and Trebiciano by a 13-line paragraph in HITZINGER's (1863: 7) introduction to the Postojna cave guidebook. This remained unchanged up to the 1874 edition; from 1876 to 1885 it continued to appear, in both German and Italian editions, but with depths and distances updated.

### *Škocjanske jame*

As mentioned above, the sinking of the Reka at Škocjanske jame was noted on one of Lazius's maps published in 1561, probably the first reference since Poseidonius's famous statement before 50 B.C.

The 160 m deep collapse dolines there attracted attention in the 18<sup>th</sup> century and Tominčeva jama was visited by travellers before the main river cave was accessible. Nine travellers published their accounts of the place. Svetina's attempts to explore the main

cave in 1839 and 1840 were reported to the Société Géologique de France by WEGMANN (1841). Schmidl's more successful exploration in 1851 was much more widely reported: besides his main scientific paper (SCHMIDL, 1851a), the cave was also described in his little handbooks in German (SCHMIDL, 1853: 51-65) and French (SCHMIDL, 1854: 45-58), and also in his long articles in Wien newspapers (SCHMIDL, 1851b, 1861).

The international guidebooks were enthusiastic, even before the great extensions of the 1880s

- MURRAY (1863: 404) *“4 m[iles] from this is the wonderful cave of St. Canzian, which some prefer to Adelsberg but more difficult of access”*
- MURRAY (1867: 452)-1881 *Divača is “not far from the great Dolina of St. Canzian, the finest in the Karst... [go] to Nakle (good Inn) ... and while dinner is preparing, the Dolina can be seen.”*
- BAEDEKER (1868: 344)-1880 *“The Recca Caverns of St. Canzian are not less remarkable and even more imposing than those of Adelsberg, but much more difficult of access”*

#### *Padriciano*

Although ignored by the guidebooks, the Grotta di Padriciano was an early tourist cave. It became known abroad early in the 19<sup>th</sup> century from the description by the German botanists, HOPPE & HORNSCHUCH (1818: 105-110). Explored about 1808 by Joseph Eggenhöfner and prepared as a show cave soon afterwards, it was shown to them by him on 5 March 1816. Eggenhöfner (Fig. 4), a Trieste innkeeper, regularly acted as guide to German and Austrian scientists visiting the Karst. Thus, although he did not publish himself, he did aid in spreading knowledge of the area.

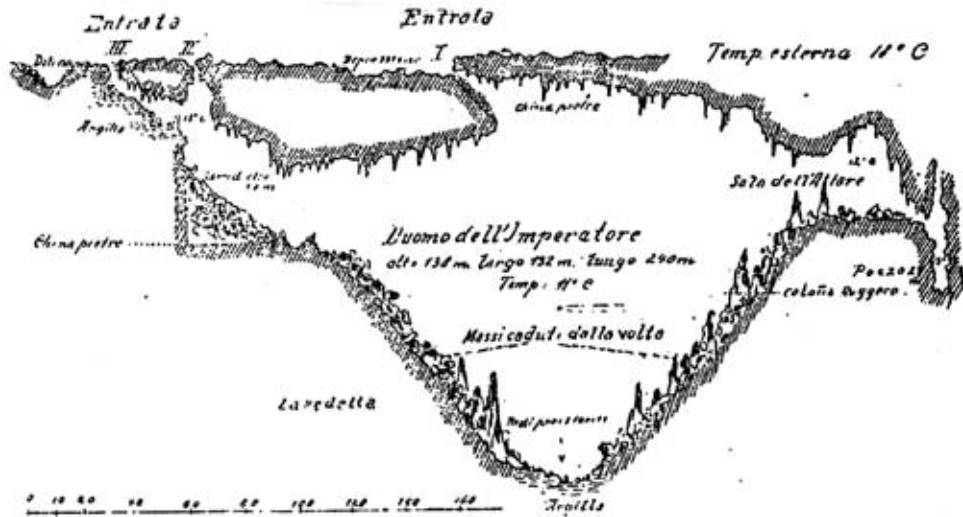
The cave is now known to be 744 m long and 242 m deep, and the bottom was first reached in 1839 by Lindner and Svetina (the Trieste water engineer whose assistant Eggenhöfner was at one time (FARAONE, 1993: 47) as part of the search for an improved water supply for the city. The Hoppe & Hornschuch book is the source of almost all that is known about Eggenhöfner. The full text is available elsewhere (SHAW, 2000: 105-109) but the following extracts give some information on this remarkable man:

*Although not really scientifically educated, Eggenhöfner is a man with a lot of knowledge and ability. He had been concerned specially with hydraulic and mechanical engineering. ...*

*When his father was still alive and he did not have to manage the inn alone, he was occupied with the actual cave that he himself had chanced to discover. He spent a lot of money making it easy and safe to enter, and especially in trying to reach the far end of the cave. But although he penetrated for 100 klafter [190 m] into it, he did not reach the end. ...*

*Mr. Eggenhöfner did not enjoy the triumph of his efforts for long. Robbers broke down the locked doors and carried away all the movable and fixed items. Not only were benches, chairs and tables lost in this way, but also the supports of the walls which now collapsed easily, blocking the paths again and causing the former chaos to return. Our industrious and unfortunate innkeeper now has nothing left except the title “king of the caves” (Grottenkönig) with which the inhabitants of this region had honoured him.*

(HOPPE & HORNSCHUCH, 1818: 106-7, 110)



COUPE DE LA GROTTA-GIGANTE (d'après M. G.-A. Perko).

Fig. 5 – A section of Grotta Gigante, reproduced from *Il Tourista* IV (5) 1897, p.36, in MARTEL'S (1897: 393) annotated bibliography entry for that journal.

### Trebiciano

Grotta di Trebiciano was explored by a team led by Anton Lindner in 1840 and 1841, as part of his investigation for the Trieste water supply. A short report on this by the United States consul in Trieste was published in Washington (MOORE, 1842). The cave also featured in the widely distributed and popular book *Die Unterwelt mit ihren Schätzen und Wundern* of 1863 by HARTWIG (1863: 127) which was published also in at least six English editions (up to 1892), two editions in USA and one in Danish.

Rather surprisingly, this 329 m deep cave was open to tourists for many years. The following account first appeared in the 1867 edition of Murray's guidebook and remained unchanged in later editions up to 1881:

*The nearest point to visit the Lindner or Trebitsch Cavern, the deepest in the Karst.*

*It is ½ hr. of bad road from Sessana to the village Orlik; thence to the Cave, between Orlik and Trebitsch, ¼ hr. Also ½ hr. E. of Opschina. From Trieste, therefore, the hamlet of Fernetitsch is the best point from which to turn off the post-road.*

*Permission from the engineer of the Trieste Waterworks is requisite, usually addressed to some one in Trebitsch who has already made the descent. For this reason, unless the permission has been already obtained by written application it will be more convenient to visit it from Trieste. Inquire if the ladders are in good condition. ¾ hr. to descend, and 1½ hr. to ascend.*

*In the course of Herr Lindner's endeavours to procure a supply of water for Trieste, he came, in 1840, upon this Cavern at the bottom of a Swallow-hole 885 ft. deep, the entrance to which is in a small Dolina, 1120 ft. above the sea. Along this Cavern lies the underground course of the Recca – last visible in the Dolina of St. Canzian.*

*The mouth of the shaft is kept closed; the descent is by 66 ladders – mostly wet and muddy – generally 12 ft long, separated from each other by stages. The passage laborious, but not dangerous. The last ladder lands the visitor upon a sand and mud-hill down which is a descent of 170 ft to the Recca. Its surface is thus not more than 65 ft above the sea.*

*The Cavern is 1182 ft. long; about the middle it is separated into 2 basins by masses of fallen rock. At each end the rock dips deep below the water. Its dark colour requires good lighting. In flood-time the water has risen 356 ft. up the shaft.*

(MURRAY, 1867: 452)

Adolf Schmidl had described it earlier, both in German (SCHMIDL, 1853: 47-50) and French (SCHMIDL, 1854: 41-44) versions of his handbook and also in a Wien newspaper (SCHMIDL, 1851c).

-----

So, in summary, until the 1880s the classical Karst was known mainly to those who had personal contact with it, either as travellers experiencing its barrenness and its winds, or as visitors to the four caves that were shown to the public in that period. A few of these people wrote about their travels and their books were accessible to those who read the languages they were written in. From 1837 guidebooks were widely available containing brief entries on the caves but these would be read mainly by people who were already interested or in the region. The original explorations in Trebiciano seem to have been hardly reported at all outside the region at the time. Schmidl's work in the area was something of an exception, for he reported on three of the caves in his popular handbooks as well as in Wien and Leipzig newspapers.

But all was about to change.

### **International Speleological Links**

Although the greatly increased foreign interest in the caves of the Karst was due partly to the remarkable discoveries made in Škocjanske jame, it was all part of the growing international study of caves. Owing much to E.A. Martel (1859-1938) who actively promoted it, it was manifested here by Trieste explorers becoming members of foreign speleological societies, by publication in foreign specialist journals, and by visits to the region by distinguished speleologists such as Martel himself, Kraus and Cvijić who then incorporated their knowledge of the Karst in their publications.

#### *Martel's International Policy*

Martel's visits to regions outside France were not made solely for new exploration and to advance his own knowledge of caves and karst. Their purpose was also to inspire and encourage cave work by others throughout the world. There can be no doubt about the extent of Martel's links with speleology in other countries. Of his 26 annual "campaigns" of exploration, 19 went outside France in what are now 20 countries and in addition he made lecture tours and other visits abroad. It was in Italy that the first study of his overall achievements was published (MUSONI, 1912), and more information on this aspect is provided by SHAW (1994).



Keeping closely in touch with activities in the Karst even before his first visit there in 1893, Martel brought the Abisso di Trebiciano to the world's attention by an article in the French scientific journal *La Nature* (MARTEL, 1888). Both Trebiciano and Škocjanske jame were described in his first major book, *Les Cévennes* (MARTEL, 1890: 163, 356, 357).

His own visits to Škocjan are best described in his own words:

*... On 23 September 1893, with Putick, Marinitsch and Müller, I wished to measure the height of the Rinaldi-Dom (1100 m from the entrance), by using a Montgolfier balloon made of paper: the humidity of the air prevented this from rising more than 45 m; it had not reached the roof which was not, at this point, the highest in the cave ...*

*Because of the level of the water, I was only able, on 23 September 1893, to reach on foot the 20<sup>th</sup> cascade (1150 m), under the guidance of Pазze, Marinitsch, Müller and Novak. Only 700 m of the footway with hand-rail were then completed ... I consider that Hanke, Marinitsch and Müller have carried out the most dangerous cave exploration that has ever been made (MARTEL, 1894: 467-469).*

He visited Škocjanske jame again three years later, on 16 October 1896, with Marinitsch (PUC, 1999: 24).

His findings of 1893, what he learned as well as what he saw, were given very wide publicity in the speleological world by the 14 pages he devoted to this area in his classic work *Les Abîmes* (MARTEL, 1894: 464-477). This was in addition to the 31 pages there on the Postojna karst. The wider scientific world in France was later told about the ongoing study of the underground Reka in *La Nature* (MARTEL, 1909a) and he referred to Trebiciano in a popular book published in London (MARTEL, 1905?: 278).

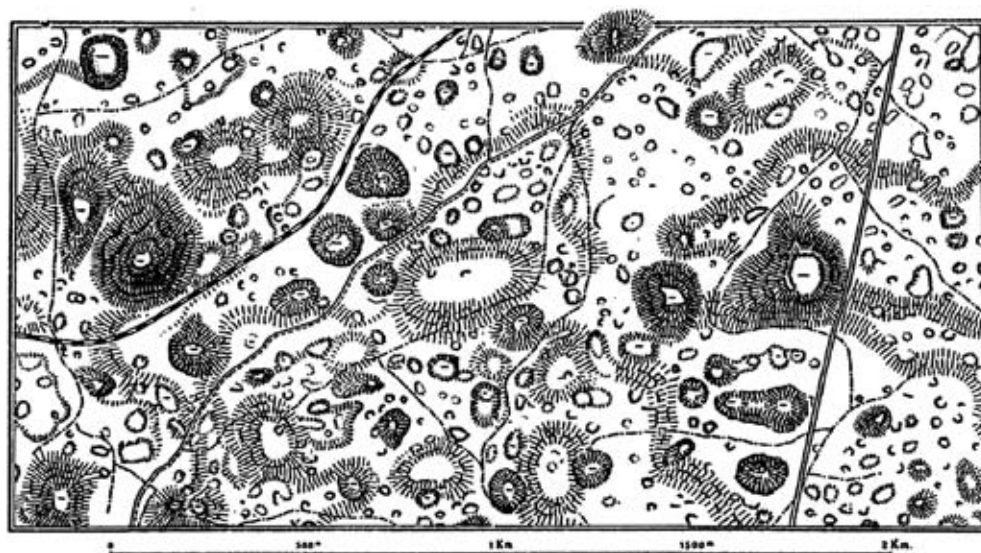
### *The Société de Spéléologie*

Martel's most important means of encouraging and recording cave study, both in France and abroad, was his creation of the Société de Spéléologie in 1895. It enjoyed high scientific standing from the outset and was one of the means by which he contrived the extension of cave study into an international subject.

Foreign membership of the Society was remarkably high. 21% of the founder members lived outside France, indicating the close links already existing before 1895. Between 1895 and 1904 the proportion rose to 29% and in addition three foreign cave societies were members. Among the 119 founder members of the society were Josef Marinitsch, Friedrich Müller, Peter A. Pазze, Ernest Diez and Antonio Valle, all of Trieste, plus the Section Küstenland of the Deutsche und Österreichische Alpenverein (DÖAV). In 1895 these were joined by Antonio Tommasini, Felix Petritsch, J.B. Urban, the Club Touristi Triestini and the Società Alpina delle Giulie. Luigi Picciola was added in 1900.

Many papers by foreign contributors, most of them members, were published in the Society's journal, *Spelunca*. They comprised between 14% and 50% of papers printed in individual years. In the first six years of *Spelunca*'s existence short news reports, "informations", were also printed, some of them summarized from published sources and others contributed by individuals. Of the latter, up to 25% in any one year were sent in by foreigners.

Major papers published there on caves of the Karst by Trieste authors included MARINITSCH (1896a, 1896b) and MÜLLER (1896) on Kačna jama, MARINITSCH (1897, 1904) on Škocjanske jame, BOEGAN (1897) on Vilenica and Padriciano, and MARINITSCH (1895), PERKO (1897) and ANON. (1898) on other caves. A total of 16



Dolinenlandschaft südlich vom Bahnhofe Sessana 1:20.000.  
(Nach der Umgebungskarte von Triest, 1:14.400, des k. u. k. militär-geogr. Institutes.)

Fig. 6 – Doline-covered landscape immediately south of Sežana, reproduced from CVJIČ'S (1893: 261) *Das Karstphänomen*. The straight road on the right leads to Basovizza and the one near the railway goes to Orlek.

pages of annotated bibliography of the region were published by MARTEL 1897, 1905). In addition, 10 “short notes” of from 1 to 3 pages each appeared in *Spelunca* between 1895 and 1900. In one of these (MARINITSCHEK, 1900): “For 2 years it has not been possible to visit Trebič, for the ladders are not safe”.

All this publication in *Spelunca* was not only directed at the members of the society, about a quarter of whom were not French. It also reached an even larger international readership by an exchange of publications with 100 other societies in Europe, Australia and north and south America. No doubt *Alpi Giulie* also had a system of foreign exchange and one would have supplemented the other.

When Grotta Gigante (Fig. 5) was opened to the public in 1908 it was described in *La Nature*, with illustrations, by MARTEL (1909b): “The Grotta Gigante is certainly one of the principal wonders of the world, as worthy to be visited as the nearby Reka at Škocjanske jame”.

#### *Links with Germany and Austria*

The DÖAV whose Trieste section explored Škocjanske jame was, as its name indicates, spread over much of Europe. Its members from Germany and the furthest parts of the Austrian Empire were introduced to the Karst and cave of Škocjan during excursions after the society’s Annual General Meetings in 1885 and 1891. Both these visits were described by PAZZE (1893: 197-200, 315-319) and the 1891 one also by a Schweizer Alpen-Club member Jakob Sigrist-Herder (SHAW, 2005). A member of the British Alpine Club was also present then.

In 1886 one of the 98 members of the Section für Höhlenkunde der Oesterreichischen Touristen-Club, based in Wien, was Emanuele Morpurgo of the “Commissione alle Grotte” of the Società Alpina delle Giulie, in whose *Atti e Memorie* he had described Trebiciano (MORPURGO, 1887). The Section für Höhlenkunde itself published 5 articles and 3 short notes on the classical Karst in its *Mittheilungen*.

The *Geographisches Jahrbuch*, published in Gotha, also carried short notes on Trebiciano, Škocjanshe jame, Kačna jama and Kosova jama (Grotta del Merlo near Divača) in the 1890s.

Several books published between 1893 and 1906 achieved international status as textbooks on caves and karst, conveying information about the Karst near Trieste, as one of the classic karst areas of the world, to those who were interested wherever they lived. Its caves became “text-book examples”.

Martel’s *Les Abîmes* (1894) has been mentioned already. *Höhlenkunde* by Martel’s friend Franz Kraus (KRAUS, 1894), published in Wien, devotes 14 pages to the area. The Braunschweig - published book by Walther von Knebel (VON KNEBEL, 1906), also called *Höhlenkunde*, has 9 pages on it. *Das Karstphänomen* by Jovan Civič (CVIJIČ, 1893) of Beograd is less a descriptive book but rather a treatise on the origin of caves and other karst features (Fig. 6), using examples from the classical Karst as case studies on 15 pages. Trebiciano is referred to as the *locus typicus* for a particular kind of shaft.

## REFERENCES

- ANON., 1790 - L'Osservatore Triestino 71, 4 Sept.: 858-859, cited in FARAONE E., 1993 – *Agli albori del turismo speleologico triestino: La Grotta Vilenizza di Corgnale...*Pp. 51-60 in [Atti del] Simposio Internazionale sulla protostoria della speleologia, Città di Castello 13-14-15 settembre 1991: 51-60 (p.52).
- ANON., 1898 - *Nouvelles du Karst*, Spelunca Bull. de la Société de Spéléologie, Paris, 4 (14): 65-70.
- BAEDEKER K., 1863 - *Southern Germany and the Austrian Empire – Handbook for travellers*. Baedeker, Coblenz.
- BERNLEITHNER E., 1972 - *Einführung / Introduction*. In LAZIUS W., *Austria Vienna 1561*. Theatrum Oubis Terrarum: vi-xxviii.
- BOEGAN E., 1897 - *Les grottes de Corniale, d'Obrou et de Padrič*. Spelunca Bull. de la Société de Spéléologie, Paris, 3 (9-10): 43-52.
- CVIJIČ J., 1893 - *Das Karstphänomen, Versuch einer morphologischen Monographie*. Geographische Abhandlungen, 5 (3): 217-330.
- FARAONE E., 1993 - *Lo sviluppo della speleologia Triestina secondo la stampa locale*. In [Atti del] Simposio Internazionale sulla protostoria della speleologia, Città di Castello 13-14-15 settembre 1991: 41-50.
- FORTIS A., 1778a - *Lettera orittografica*. Opuscoli scelti sulle scienze e sulle arti, Milano, 1: 254-264.
- FORTIS A., 1778b - *Oryctographischer Brief*. Bernisches Magazin der Natur, Kunst und Wissenschaften, Bern, 2 (1): 1-29.
- GAMS I., 1973 - *Slovene karst terminology*. Ljubljana.
- HARTWIG G., 1863 - *Die Unterwelt mit ihren Schätzen und Wundern ...*. Kreidel, Wiesbaden.
- HITZINGER P., 1863 - *Einleitung*. In SCHAFFENRATH A., 1863 – *Beschreibung der berühmten Adelsberger Grotte in Krain*. Schäber, Adelsberg. Pp.[3]. (Subsequent editions with similar text are anonymous and Hitzinger’s name is omitted from the introduction).

- HOPPE D.H., HORNSCHUCH [C.] F., 1818 - *Tagebuch einer Reise nach den Küsten des adriatischen Meers*. Rotterdam, Regensburg.
- KARROW R.W., 1993 - *Mapmakers of the sixteenth century and their maps*. Speculum Orbis Press for Newberry Library, Chicago.
- KNEBEL W., 1906 - *Höhlenkunde mit Berücksichtigung der Karstphänomene*. Vieweg, Braunschweig.
- KRANJC A., 1995 - *The beginnings of cave tourism in former hereditary lands Carniola and (lower) Styria*. Caves and man International Symposium on the occasion of the 70<sup>th</sup> anniversary opening to public of the Demänovká cave of Liberty 4-8 October 1994. Liptovský Mikuláš : 62-66 (Kranjc does not give a source for this statement on p. 62).
- KRAUS F., 1894 - *Höhlenkunde – Wege und Zweck der Erforschung unterirdischer Räume*. Gerold, Wien.
- KÜTTNER C.G., 1801 - *Reise durch Deutschland, Dänemark, Schweden, Norwegen, und einen Theil von Italien, in den Jahren 1797, 1798, 1799*. Göschen, Leipzig, vol. 4.
- LAZIUS W., 1972 - *Austria Vienna 1561*. Theatrum Orbis Terrarum, Amsterdam.
- MARINITSCH J., 1895 - *Le Gouffre des Merles (Kosova jama), près Trieste (Autriche)*. Spelunca Bull. de la Société de Spéléologie, Paris, 1 (1): 31-35.
- MARINITSCH J., 1896a - *La Kačna - jama (Gouffre des Serpents) en Istrie*. Mémoires de la Société de Spéléologie, Paris, [1] (3): 67-84.
- MARINITSCH J., 1896b - *La Kačna jama (Istrie) nouvelle exploration (9 août 1896)*. Spelunca Bull. de la Société de Spéléologie, Paris, 2 (6-7): 80-86.
- MARINITSCH J., 1897 - *Les absorptions de la Recca à Saint-Canzian (Istrie)*. Spelunca Bull. de la Société de Spéléologie, Paris, 3 (9-10): 37-43.
- MARINITSCH J., 1900 - *Cruces de la Recca*. Spelunca Bull. de la Société de Spéléologie, Paris, 6 (21-22): 50.
- MARINITSCH J., 1904 - *La grotte des surprises à Saint-Canzian*. Spelunca Bull. et Mémoires de la Société de Spéléologie, Paris, 5 (37): 287-290.
- MARTEL E.A., 1888 - *La grotte de Trebiciano*. La Nature, Paris (776): 307-308.
- MARTEL E.A., 1890 [=1889] - *Les Cévennes et la region des Causses ...* Delagrave, Paris.
- MARTEL E.A., 1894 - *Les abîmes, les eaux souterraines, les cavernes, les sources, la spéléologie*. Delagrave, Paris.
- MARTEL E.A., 1897 - *Bibliographie Spéléologique 1895-1897*. Mémoires de la Société de Spéléologie [1] (11): 387-394 (pages are those for Karst entries).
- MARTEL E.A., 1905 - *La spéléologie au XX<sup>e</sup> siècle ... bibliographie ... de 1901 à 1905*. Spelunca Mém. et Bull. de la Société de Spéléologie, Paris, 6 (42-43): 219-226 (pages are those for Karst entries).
- MARTEL E.A., [1905?] - *Cave exploring an unique and fascinating recreation*. in NEIL C.L. (ed) [1905?] – *The World's pictorial sports and pastimes*. Gardner, London: 277-280.
- MARTEL E.A., 1909a - *Le problème du Timavo – Recca (Istrie)*. La Nature, Paris, 37 (1897): 281-284.
- MARTEL E.A., 1909b - *L'Aménagement de la Grotte Géante*. La Nature, Paris, 37 (1895): 251-254.
- MOORE G., 1842 - *[Underground river at Trebiciano]*. Bull. Proc. National Institution for the Promotion of Science, Washington, D.C., (2): 126.
- MORPURGO E., 1887 - *La Grotta di Trebiciano*. Società Alpina delle Giulie. Atti e Memorie 1886-1887: 123-140.

- MÜLLER F., 1896 - *Accident de M. Marinitsch dans la Kačna-jama*. Bull. de la Société de Spéléologie, Paris, 2 (6-7): 77-80.
- MURRAY J., 1837 - *A handbook for travellers in Southern Germany...* Murray, London.
- MURRAY J., 1863 - *A handbook for travellers in Southern Germany...* 9<sup>th</sup> edn. Murray, London.
- MURRAY J., 1867 - *A handbook for travellers in Southern Germany ...* 10<sup>th</sup> edn. Murray, London.
- MUSONI F., 1912 - *L'Opera di E.A. Martel e la geografia sotterranea*. Mondo Sotterraneo, Udine, 8 (1): 14-19; 8 (2): 40-46.
- PAZZE P.A., 1893 - *Chronik der Section Küstenland des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins, 1873 – 1892* Trieste, Section Küstenland.
- PERKO J.A., 1897 - *Les nouveaux gouffres du Karst*. Spelunca Bull. de la Société de Spéléologie, Paris, 3 (11): 112-114.
- PUC M., 1999 - *Škocjanske jame pri Divači. Kronika raziskovanj in turističnega obiska*. Unpublished typescript in headquarters of Park Škocjanske jame.
- SANTONINO P., 1943 - *Itinerario ... in Carintia, Stiria e Carniola negli annid*. G. Vale. Città di Vaticano [Studi i Testi vol. 103].
- SCHMIDL A., 1851a - *Ueber den unterirdischen Lauf der Recca*. Sitzungsberichte der mathematisch - naturwissenschaftlichen, Classe der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, 6 (5): 655-682.
- SCHMIDL A., 1851b - *Aus den Höhlen des Karst. I – III Die Reccahöhle bei St. Kanzian*. Abendblatt der Wiener Zeitung, (53) 7 March: [217]-218; (57) 10 March: [225]; (68) 22 March: [269]-270.
- SCHMIDL A., 1851c - *Aus den Höhlen des Karst. IV Die Trebichgrotte bei Optschina*. Abendblatt der Wiener Zeitung, (74) 31 March: [293].
- SCHMIDL A., 1852a - *Die Höhlen des Karst. [III]*. Illustrierte Zeitung, Leipzig, 19 (474), 31 July: 71-72.
- SCHMIDL A., 1852b - *Aus den Höhlen des Karst. III. Die Grotte von Corgnale*. Abendblatt der Wiener Zeitung, (207), 9 Sept.: [825].
- SCHMIDL A., 1853 - *Wegweiser in die Adelsberger Grotte und die benachbarten Höhlen des Karst...* Braumüller, Wien. (there was a 2<sup>nd</sup> edn. in 1858).
- SCHMIDL A., 1854 - *Guide du voyageur dans la Grotte d'Adelsberg et les cavernes voisines du Karst...* Braumüller, Wien.
- SCHMIDL A., 1861 - *Die Wasserversorgung Triests aus der unterirdischen Recca*. Wiener Zeitung (166) 19 July: 2630.
- SHAW T.R., 1994 - *The wider purpose of Martel's visits abroad*. Acta Carsologica, Ljubljana, 23: 221-231.
- SHAW T.R., 2000 - *Foreign travellers in the Slovene karst 1537-1900*. Založba ZRC, Ljubljana. (A revised edition is in preparation).
- SHAW T.R., 2005 - *Škocjanske jame, Slovenia, in 1891 – an Alpine Club excursion*. Acta Carsologica, Ljubljana, 34 (1): 236-260. (Unfortunately the printers altered the layout so that quotations could not be distinguished from text. The author was not shown the proofs).
- VALVASOR J.W., 1687 - *... a full and accurate description of the wonderfull lake of Zirknitz ...* Philosophical Transactions of the Royal Society, London, 16 (191): 411-426.
- VALVASOR J.W., 1689 - *Die Ehre dess Hertzogthums Crain*. Endter, Ljubljana, 4 vols.
- WEGMANN, DE, 1841 - *[une grotte, près du bourg de Saint-Canzien]*. Bull. de la Société Géologique de France, Paris, 12: 265-266.

## IL CARSO CLASSICO E LE SUE GROTTE COME ERANO CONOSCIUTE NEL RESTO DEL MONDO PRIMA DEL 1914

### RIASSUNTO ESTESO

a cura di Riccardo Corazzi (Commissione Grotte “Eugenio Boegan”)

L'autore di questo articolo compie una analisi storica sulla prima comparsa, su mappe e scritti, della parola Carso, qui intesa come quella zona che più tardi sarà recepita come Carso Classico, e delle sue cavità naturali. Citando vari autori e varie pubblicazioni, si comprende come siano stati due in sostanza i periodi storici ai quali si fa riferimento, e come i medesimi si siano tra di loro integrati. La prima comparsa in assoluto del termine “Carso”, è dovuta ad una mappa di Wolfgang Lazius (1514-1565), pubblicata nel 1561 come componente dell'atlante “*Typi Chorographici Prouin: Austriae*”: oggi tale mappa è eccezionalmente rara, con soltanto sette copie in circolazione e in ogni caso era pronta ed incisa almeno 16 anni prima della sua pubblicazione. Dal 1573, tuttavia, la parola Karst era anche presente su di una mappa del 1570 di Augustin Hirschvogel (1503-1553), e su di un'altra mappa del 1561 di Lazius che indica tra l'altro le Grotte di S.Canziano con la frase: “*S. Kazan, Recca flu. absorbetur, qui in Timaus fontibus erumpit.*”, (S. Canziano, lì dove il fiume Recca sprofonda, prorompendo in uscita dalle fonti del Timavo). Successivamente, per due secoli la zona fu in realtà ignorata per tali caratteristiche carsiche almeno fino all'ultimo ventennio dell'Ottocento, a parte singoli casi come le descrizioni del VALVASOR (1687, 1689) e di Alberto Fortis sulle Torri di Lipizza e la Grotta Vilenica (FORTIS, 1778). In alcune guide turistiche internazionali come quelle di Murray e di Baedeker alcune cavità erano altresì state descritte.

Sulla Vilenica e Torri di Lipizza: “*Il locandiere Mukow ha le chiavi ed il libro della Grotta. Tassa ingresso, Kr 15. ogni persona; sufficiente 1 ora per la visita. È profonda circa 900 piedi e si apre alla base di una piccola dolina.*”(MURRAY, 1867). Sulla Vilenica di più scrisse Adolf Schmidl sia in tedesco che in francese. Altre informazioni comparvero a cura di Leipzig e di Itzinger (1863).

Sulle Grotte di S.Canziano: “*le caverne della Recca di st. Canzian non sono meno notevoli ed imponenti di quelle di Adelsberg, ma decisamente di più difficile accesso.*”, (BAEDEKER, 1868). Come detto precedentemente, l'ingresso del Timavo a S.Canziano era stato segnato sulle mappe di Lazius nel 1561, ed a livello esplorativo i tentativi del Svetina di esplorare il sistema principale nel 1839 e nel 1840 furono segnalati dalla Société Géologique de France dal WEGMANN (1841). I successi esplorativi dello Schmidl nel 1851 ebbero ampio riscontro tramite i suoi lavori in tedesco e francese (SCHMIDL, 1851, 1853) e i lunghi articoli pubblicati sui giornali viennesi (SCHMIDL, 1851, 1861).

Sulla Grotta di Padriciano: “*..Eggenhöfner è un uomo di tante conoscenze e molte abilità. (...) Ha speso molti soldi che rendono più facile e sicura la visita della grotta (...) Il sig. Eggenhöfner non ha goduto il trionfo dei suoi sforzi (...) i ladri hanno rotto i cancelli d'ingresso ed hanno portato via tutti gli articoli mobili e fissi. (...) Il nostro industrioso e sfortunato locandiere ora non ha niente in mano tranne il titolo di “re delle grotte., (Grottenkönig) con cui gli abitanti di questa regione lo hanno onorato.*” HOPPE & HORN-SCHUCH (1818)

E ancora sulla Grotta di Trebiciano: “*(...) la discesa è fatta da 66 scalette bagnate e fangose di lunghezza generalmente 12 ft, separate l'una dall'altra da piazzole. (...) L'ultima scaletta depone l'ospite su una collina di sabbia e fango dalla quale parte una discesa di 170 ft al Recca. Il fiume è così a non più di 65 ft sopra il mare (...) Il colore scuro*

degli ambienti richiede una buona illuminazione. *In tempi di piena l'acqua è aumentata fino 356 piedi sopra i pozzi.*" (MURRAY 1867) Da segnalare che le esplorazioni di Lindner del 1840 e 1841 a Trebiciano furono inserite in un rapporto del consolato degli Stati Uniti a Trieste pubblicato a Washington nel 1842. La grotta fu anche descritta nel famoso libro "Die Unterwelt mit ihren Schätzen und Wundern" del 1863. Pure Adolf Schimdl scrisse a riguardo di Trebiciano, sia in tedesco (SCHIMDL, 1853) che in francese (SCHIMDL, 1854) ed anche in un pezzo pubblicato su un giornale viennese (SCHIMDL, 1851).

## Legami internazionali

Grazie alle scoperte fatte a S.Canziano ed all'incremento degli studi internazionali sul carsismo, l'interesse estero verso il Carso Classico era aumentato. Ciò si deve in gran parte a E.A. Martel (1859-1938). Antecedentemente al 1893, anno della la sua prima visita al Carso, egli portò la Grotta di Trebiciano all'attenzione mondiale pubblicando un articolo nel 1888 sulla rivista scientifica francese "La Nature", sebbene anche le grotte di S.Canziano e di Trebiciano fossero descritte nel suo primo libro, "Les Cévennes" nel 1890.

Sulle esplorazioni a S.Canziano scrisse: "(...) a causa del livello dell'acqua, soltanto il 23 settembre 1893 raggiunsi a piedi la ventesima cascata, sotto la guida di Pазze, Marinitsch, Müller e Novak. (...) io credo che Hanke, Marinitsch e Müller hanno effettuato qui l'esplorazione più pericolosa che sia mai stata mai fatta in una grotta" (MARTEL, 1894). I risultati del 1893 a S.Canziano dettero molta pubblicità alla speleologia locale, soprattutto grazie alle 14 pagine dedicate a questa zona nel suo classico "Les Abîmes". Altri lavori del Martel sul Carso Classico apparvero in "La Nature" e in un libro pubblicato a Londra nel 1905 sulla Grotta di Trebiciano.

Gli sforzi del Martel nell'incoraggiare lo studio delle grotte si concretizzarono con la creazione della "Société de Spéléologie" nel 1895. Il numero degli iscritti stranieri della società era alto: il 21% dei membri fondatori vivevano fuori dalla Francia e tra il 1895 e il 1904 tale rapporto aumentò fino al 29%. Fra i 119 fondatori, risultavano soci Josef Marinitsch, Friedrich Müller, Peter Pазze, Ernest Diez ed Antonio Valle, tutti di Trieste, più la sezione Küstenland del Deutsche und Österreichische Alpenverein (DÖAV). Nel 1895 alla "Société" si unirono Antonio Tommasini, Felix Petritsch, J.B. Urban, del Club Touristi Triestini e la Società Alpina delle Giulie. Luigi Picciola diventò socio aggiunto nel 1900.

Anche "Spelunca", la rivista della società, rifletteva tale tendenza: nei diversi anni, fra il 14% e il 50% dei lavori pubblicati provenivano da soci esteri e tra i maggiori lavori comparsi sulle grotte del Carso triestino troviamo autori come MARINITSCH (1896) e MÜLLER (1896) sull' Abisso dei Serpenti, MARINITSCH (1897, 1904) su S.Canziano, BOEGAN (1897) sulle Torri di Lipizza e sulla Grotta di Padriciano e MARINITSCH (1895), PERKO (1897) ed ANON. (1898) su altre cavità.

Tutte queste pubblicazioni apparse su Spelunca ebbero una divulgazione internazionale tramite lo scambio di pubblicazioni con altre 100 Società in Europa, Australia e il Nord e Sud America.

## Collegamenti con Austria e Germania

Nel 1886 uno dei 98 soci della "Section für Höhlenkunde der Oesterreichischen Touristen-Club", con sede in Vienna, era Emanuele Morpurgo della "Commissione alle Grotte,,

della Società Alpina delle Giulie, società che pubblicava “Atti e Memorie” dove lui aveva descritto la grotta di Trebiciano. La “Section für Höhlenkunde” stessa pubblicò 5 articoli e 3 note brevi sul Carso Classico nella rivista “Mittheilungen”.

Parecchi libri pubblicati fra il 1893 e il 1906 acquisirono lo status internazionale di “manuali sulle grotte e il Carso” riportando informazioni proprio sulla zona di Trieste, facendo sì che venisse considerata come una delle zone carsiche ad interesse mondiale. Le relative grotte ivi descritte dunque, si sono trasformate in “*in esempi da manuale*”,. “*Les Abîmes*” (MARTEL, 1894) è già stato citato. “*Höhlenkunde*” di Franz Kraus (KRAUS, 1894) pubblicato a Vienna, dedica 14 pagine alla zona. “*Höhlenkunde mit Berücksichtigung der Karstphänomene*” il libro pubblicato da Walther von Knebel (VON KNEBEL, 1906), contiene 9 pagine sulla zona, mentre “*Das Karstphänomen*” di Jovan Cvijič (CVJIČ, 1893) è meno descrittivo ma più orientato come trattato sull’origine delle grotte e della geologia carsica, usando come “casi studio” fenomeni del Carso Classico cui dedica espressamente 15 pagine.



Atti e Memorie della Commissione Grotte "E. Boegan"	Vol. 41	pp. 65-73	Trieste, 28 marzo 2007
-----------------------------------------------------	---------	-----------	------------------------

FRANCESCO SGUAZZIN (\*)

## **BRIOFITE RACCOLTE NELL'AMBITO DELLA GROTTA RISORGIVA DEL FONTANON DI GORIUDA (ALPI GIULIE OCCIDENTALI)**

### **RIASSUNTO**

*E' stata effettuata una ricerca sulla brioflora del Fontanon di Goriuda [Alta Val Raccolana, Chiusaforte (Udine), Alpi Giulie Occidentali], una grotta dalla quale fuoriesce un potente torrente che dopo pochi metri precipita a valle con una cascata. All'imboccatura della grotta ed ai piedi della cascata sono state individuate 34 specie: 27 muschi e 7 epatiche. Fra queste, i muschi *Cyrtomnium hymenophylloides* e *Hygrohypnum luridum* risultano inseriti nella "Lista Rossa delle Briofite Italiane" con il grado E (specie minacciate). Il primo di essi, raro e ritrovato solo nelle regioni alpine italiane, risulta anche una riconferma per la Regione Friuli Venezia Giulia. L'elemento temperato, valutato nel complesso delle Briofite, appare dominante (seguito dal boreale e dal subboreale), mentre vi è una significativa presenza dell'elemento suboceanico fra le 7 epatiche raccolte.*

### **SUMMARY**

**BRYOPHYTES COLLECTED IN THE SITE OF THE CAVE - RESURGENCE  
"FONTANON DI GORIUDA"  
CONTRIBUTION TO THE KNOWLEDGE OF THE WESTERN JULIAN ALPS  
BRYOLOGICAL FLORA.**

*A research has been carried out on the bryoflora of the "Fontanon di Goriuda" (Chiusaforte - UD, Western Julian Alps), a cave from which comes out a powerful stream falling down after a few meters as a cascade. At the cave mouth and the cascade foot 34 bryophyte species have been collected: 27 mosses and 7 liverworts. Among these the mosses *Cyrtomnium hymenophylloides* and *Hygrohypnum luridum* appear to be inserted as E (endangered) in the "Red list of the Italian Bryophytes". The former, rare and recorded only in the Italian Alpine Regions, is also a confirmation for Friuli Venezia Giulia. Temperate type appears in all chorologically dominant (followed from boreal and subboreal), while there is a significant presence of the suboceanic type among the 7 gathered liverworts.*

(\*) Gruppo di Lavoro per la Briologia della Società Botanica Italiana.  
Via Selvotta, 61, I-33055 Muzzana del Turgnano (UD) - e-mail: f.sguazzin@nettuno.it

## POVZETEK

### BRIOFITE NABRANE V IZVIRNI JAMI FONTANON DI GORIUDA PRISPEVEK K POZNAVANJU BRIOLOŠKE FLORE ZAHODNIH JULIJSKIH ALP.

*Delo opisuje raziskavo brioflore, ki je bila opravljena v Fontanon di Goriuda, (Zgornja dolina Reklanice, občina Chiusaforte (Kluže), Zahodne Julijske Alpe), v jami iz katere teče močan hudournik, ki po nekaj metrih preide v slap. Ob vhodu v jamo in pod slapom so ugotovili 34 vrst: 27 mahov, in 7 hepaticae. Med temi se mahovi *Cyrtomnium hymenophylloides* in *Hygrohypnum luridum* nahajata v Rdečem seznamu italijanskih Briofit. na stopnji E (ogrožene vrste) Prvi je redek in se nahaja samo v italijanskih alpskih deželah. Njegova najdba predstavlja tudi potrditev za deželo Furlanijo Julisko Krajino. Na splošno prevladujejo vrste zmernega podnebja. Sledijo borealne in subborealne, medtem ko so med sedmimi hepaticae pomenbne suboceanske.*

## Introduzione

Il Fontanon di Goriuda rappresenta una delle mete più suggestive, naturalisticamente parlando, della Val Raccolana, valle delle Alpi Giulie che da Sella Nevea scende fino a sboccare nel Canal del Ferro. A circa 800 metri di quota, dopo Pian della Sega, in direzione di Sella Nevea, 12 km da Chiusaforte, si prende, sulla destra della strada asfaltata, il sentiero CAI 645, che attraversa una faggeta. Dopo 250 m una deviazione sulla destra conduce alla famosa risorgiva carsica (sigla in catasto 20/1 Fr), che si apre a 870 m s.l.m., convogliando dalla sua bocca parte delle acque dell'altipiano carsico del M. Canin. Durante l'attraversamento del bosco, accanto a maestosi faggi, è possibile notare specie interessanti come *Aruncus dioicus*, *Daphne mezereum*, *Hepatica nobilis*, *Veronica urticifolia*, *V. chamaedrys* subsp. *chamaedrys*, *Mercurialis ovata*, *Lamium galeobdolon*, *Vincetoxicum hirundi-*



Fig. 1 – L'imboccatura del "Fontanòn" con la ricca presenza di briofite. (Foto Elio Polli)

*naria*, *Galium odoratum*, *Neottia nidus-avis*, *Dactylorhiza maculata* subsp. *fuchsii*, *Erica carnea* subsp. *carnea*, *Geranium robertianum*, *G. phaeum*, *Rhododendron hirsutum*, *Thalictrum aquilegifolium* subsp. *aquilegifolium*, *Laburnum alpinum*, *Homogyne sylvestris*.

Attorno all'imboccatura della grotta dalla quale fuoriesce, con uno spettacolo d'impressionante potenza, la massa torrentizia del Fontanon, pronta a trasformarsi, dopo alcuni metri di declivio, in un'imponente cascata, assieme alle specie forestali *Acer pseudoplatanus*, *Ostrya carpinifolia* e *Fagus sylvatica* subsp. *sylvatica*, fanno bella mostra di sé eleganti erbacee quali *Viola biflora*, *Saxifraga rotundifolia* subsp. *rotundifolia*, *Bellidiastrum michelii*, *Anemone trifolia* subsp. *trifolia*. L'intero sito (grotta e cascata) mostra una ricca presenza di briofite ed è apparso pertanto, anche sotto questo punto di vista, degno di studio.

La presente ricerca si prefigge quindi di migliorare le conoscenze relative alla speleobrioflora della Regione e, in un piano più generale, quelle riguardanti la flora briologica delle Alpi Giulie Occidentali.

## Materiali e metodi

Le briofite sono state raccolte in occasione di diverse escursioni effettuate nel corso degli anni 2004-2006 insieme all'amico botanico prof. Elio Polli. Gli studi proseguono alle esplorazioni speleofloristiche iniziate nel 1998: POLLI & SGUAZZIN (1998), SGUAZZIN & POLLI (2000), SGUAZZIN (2000), SGUAZZIN & POLLI (2001), POLLI & SGUAZZIN (2002), SGUAZZIN (2005a), SGUAZZIN (2005b). La nomenclatura adottata segue per le epatiche ALEFFI (2005) e CORTINI PEDROTTI (2001a) per i muschi. Le indicazioni corologiche si attengono a DÜLL (1983, 1984, 1985, 1992). Per la determinazione dei reperti sono stati utilizzati i lavori di SCHUMACKER & VÁÑA (2005), DAMSHOLT (2002) e PATON (1999), per quanto riguarda le epatiche, e di CORTINI PEDROTTI (2001b, 2005), FRAHM (2004), FREY *et al.* (2006) e SMITH (2004), per ciò che concerne i muschi. Per i muschi in particolare sono state a volte consultate anche le flore di CASAS *et al.* (2004) e di CRUM (1981). L'elenco delle specie vascolari citate si rifà invece a POLDINI (2002) e, per quanto riguarda la nomenclatura, a CONTI *et al.* (2005).

## Hepaticae

*Aneura pinguis* (L.) Dumort.

Alla base della cascata, su roccia con terriccio in lieve pendenza.  
Specie nord-temperata.

*Cololejeunea calcarea* (Libert) Schiffn.

All'esterno dell'imboccatura della grotta, su anfratti di rocce quasi asciutte; a 4-5 m dal piede della cascata, sulla sua destra orografica, su anfratti rocciosi con terriccio.  
Specie suboceanica-dealpina.

*Conocephalum conicum* (L.) Underw.

All'imboccatura della grotta, sotto un piccola sporgenza, su pietrame e terriccio.  
Specie subboreale-montana.

*Lophozia bantriensis* (Hook.) Steph.

Subito dentro la grotta; sulla destra orografica alla base della cascata, su roccia con terriccio.

Specie boreale-montana.

*Metzgeria coniugata* Lindb.

A 4-5 m dal piede della cascata, sul terreno ricco di humus del sottobosco di *Ostrya carpinifolia* e *Fagus sylvatica*.

Specie suboceanico-montana.

*Pedinophyllum interruptum* (Nees) Kaal

Dentro la grotta, a circa 4 m dall'entrata, su una roccia friabile quasi asciutta; alla base della cascata, sulla sua destra orografica, su roccia nuda e bianca.

Specie suboceanico-dealpina.

*Preissia quadrata* (Scop.) Nees

Ai piedi della cascata, sulla sua destra orografica, in una cavità molto umida.

Specie boreale-dealpina.

## Musci

*Brachythecium rivulare* Bruch & al.

Su rocce con terriccio alla base della cascata del Fontanon, vicino al flusso della cascata.

Specie subboreale.

*Bryum pseudotriquetrum* (Hedw.) P. Gaertn.

Su rocce con terriccio alla base della cascata, vicino al flusso della cascata stessa; sullo scalino roccioso (con terriccio) appena fuori l'imboccatura della grotta e sul quale scende l'acqua del torrente uscente dalla grotta stessa.

Specie temperata.

*Calliergonella cuspidata* (Hedw.) Loeske

All'imboccatura della grotta, sotto un riparo roccioso.

Specie temperata.

*Campylium stellatum* (Hedw.) C.E. O. Jens.

Ai piedi della cascata, sulla destra orografica della stessa, su rocce con terriccio umido e sotto alberi di *Ostrya carpinifolia*.

Specie boreale.

*Campylophyllum calcareum* (Crundw. & Nyholm) Hedenäs

All'imboccatura della grotta, sotto un riparo roccioso.

Specie temperata.

*Cinclidotus aquaticus* (Hedw.) Bruch & Schimp.

Alla base della cascata, sulle rocce sotto l'acqua corrente.

Specie submediterraneo-montana.

*Cratoneuron filicinum* (Hedw.) Spruce

Su rocce stillicidiose dell'imboccatura della grotta.

Specie temperata.

*Ctenidium molluscum* (Hedw.) Mitt.

All'imboccatura della grotta, sotto una piccola sporgenza, su pietrame e terriccio; a 4-5 m dal piede della cascata, sulla destra orografica, su anfratti rocciosi con terriccio.

Specie temperata.

*Ctenidium molluscum* (Hedw.) Mitt. var. *condensatum* (Schimp.) E. Britton

A 4-5 m dal piede della cascata, sul terreno ricco di humus del sottobosco di *Ostrya carpinifolia* e *Fagus sylvatica*.

Specie temperata.

*Cyrtomnium hymenophylloides* (Huebener) Nyholm ex T. J. Kop.

All'imboccatura della grotta, sotto una piccola sporgenza, su pietrame e terriccio.

Specie subartico-subalpina.

*Nota*: Specie non comune, citata per la Regione Friuli Venezia Giulia da KERN (1908) e da ZODDA (1912) e quindi da riconfermare per la Regione. E' inserita nella *Lista Rossa delle Briofite d'Italia* (CORTINI PEDROTTI, ALEFFI, 1992) con il grado E (minacciata).

*Distichium capillaceum* (Hedw.) Bruch & al.

Dentro la grotta, a circa 4 m dall'entrata, su una roccia friabile quasi asciutta.

Specie boreale-montana.

*Encalypta streptocarpa* Hedw.

All'imboccatura della grotta, sotto una piccola sporgenza, su pietrame e terriccio.

Specie subboreale (-montana).

*Eurhynchium hians* (Hedw.) Sande Lac.

Sulla roccia bagnata, circa 4 m all'interno della grotta.

Specie temperata.

*Fissidens dubius* P. Beauv.

Sulla destra orografica alla base della cascata, su roccia con terriccio, quasi verticale; a 4-5 m dal piede della cascata, sul terreno ricco di humus del sottobosco di *Ostrya carpinifolia* e *Fagus sylvatica*.

Specie temperato-montana.

*Hygrohypnum luridum* (Hedw.) Jenn.

Alla base della cascata, sulle rocce sotto l'acqua corrente.

Specie boreale (-montana).

*Nota*: E' inserita nella *Lista Rossa delle Briofite d'Italia* (CORTINI PEDROTTI, ALEFFI, 1992) con il grado E (minacciata).

*Hylocomium splendens* (Hedw.) Bruch & al.

A 4-5 m dal piede della cascata, sul terreno ricco di humus del sottobosco di *Ostrya carpinifolia* e *Fagus sylvatica*.

Specie subartica-subalpina.

*Hymenostylium recurvirostrum* (Hedw.) Dixon

Sulla destra orografica alla base della cascata, su anfratti rocciosi verticali con terriccio.

Specie boreale-dealpina.



Fig. 2 – Il piede della cascata con il retrostante antro, rigoglioso di muschi ed epatiche. (Foto Elio Polli)

*Mnium ambiguum* H. Müll.

Sulla destra orografica alla base della cascata, su roccia con terriccio, quasi verticale.  
Specie boreale-montana.

*Mnium marginatum* (Dicks.) P. Beauv.

All'imboccatura della grotta, sotto una piccola sporgenza, su pietrame e terriccio.  
Specie subboreale (-montana).

*Mnium thomsonii* Schimp.

Sulla roccia bagnata, circa 4 m all'interno della grotta; ai piedi della cascata, sulla sua destra orografica, su rocce con terriccio umide e sotto alberi di *Ostrya carpinifolia*.  
Specie subartico-subalpina.

*Neckera complanata* (Hedw.) Huebener

A 4-5 m dal piede della cascata, sul terreno ricco di humus del sottobosco di *Ostrya carpinifolia* e *Fagus sylvatica*.  
Specie temperata.

*Orthothecium rufescens* (Brid.) Bruch & al.

A 4-5 m dal piede della cascata, sulla sua destra orografica, su anfratti rocciosi con terriccio.  
Specie boreale-montana/dealpina.

*Palustriella commutata* (Hedw.) Ochyra

Su rocce con terriccio alla base della cascata, vicino al flusso della cascata stessa.  
Specie temperata.

*Plagiomnium rostratum* (Schrad.) T. J. Kop.

All'imboccatura della grotta, sotto una piccola sporgenza, su pietrame e terriccio.  
Specie temperata.

*Rhynchostegium riparioides* (Hedw.) C. E. O. Jensen

Sulla piattaforma rocciosa quasi orizzontale dove precipita la cascata, sott'acqua.  
Specie temperata.

*Rhytidiadelphus triquetrus* (Hedw.) Warnst.

A 4-5 m dal piede della cascata, sul terreno ricco di humus del sottobosco di *Ostrya carpinifolia* e *Fagus sylvatica*.

Specie subboreale.

*Tortella tortuosa* (Hedw.) Limpr.

A 4-5 m dal piede della cascata, sulla destra, su anfratti rocciosi con terriccio; a 4-5 m dal piede della cascata, sul terreno ricco di humus del sottobosco di *Ostrya carpinifolia* e *Fagus sylvatica*.

Specie boreale-montana.

### Considerazioni finali

La flora briologica rinvenuta nella cavità e ai piedi della cascata comprende in tutto 34 *taxa* (7 epatiche e 27 muschi). Le specie più interessanti emerse dallo studio sono indubbiamente i muschi *Cyrtomnium hymenophylloides* e *Hygrohypnum luridum*, entrambe appartenenti alla *Lista Rossa delle Briofite d'Italia*, ma quella che risulta più degna di considerazione per la sua rarità è indubbiamente la prima. Si tratta di un delicato muschietto a fusti sottili ed eretti, con foglie brillanti in superficie, arrotondate, ottuse, apicolate e a margine intero, formato di 3-4 file di cellule lunghe e strette, mentre invece le cellule della lamina sono rotondeggianti-esagonali. In Italia risulta ritrovato solo nelle regioni alpine Val d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia, ma la sua presenza si basa per lo più su vecchie segnalazioni, anteriori, anche di molto, al 1950. Dopo il 1950 la specie è stata riaccertata solo per il Piemonte e, ora, per il Friuli Venezia Giulia.

Per quanto riguarda la corologia, riunendo i vari *taxa* per affinità corologica, si ricava la seguente tabella:

Elementi fitogeografici	Epatiche		Muschi		Totale	
	Num.	%	Num.	%	Num.	%
Temperate	1	14,3	12	44,4	13	38,2
Boreali	2	28,6	7	25,9	9	26,5
Subboreali	1	14,3	4	14,8	5	14,7
Subartiche	-	-	3	11,1	3	8,8
Suboceaniche	3	42,8	-	-	3	8,8
Submediterranee	-	-	1	3,7	1	2,9

Accanto alla dominanza di specie temperate, boreali e subboreali, che si riscontra costante anche in altre località, similari per altitudine, della montagna friulana [si confronti ad esempio SGUAZZIN (2004, 2005)], balza all'occhio, pur calcolata su un numero modesto di specie, la consistente presenza di epatiche a diffusione suboceanica (42,8 %), epatiche che sono ritenute particolarmente esigenti in fatto di umidità.

## Ringraziamenti

Voglio qui ringraziare Elio Polli, compagno di tante escursioni, per avermi segnalato la ricchezza briologica del sito del Fontanon di Goriuda.

## BIBLIOGRAFIA

- ALEFFI M., 2005 - *New Check-list of the Hepaticae and Anthocerotae of Italy*. Fl. Medit., 15: 485-566.
- CASAS C., BRUGUÉS M., CROS R.M., 2004 - *Flora dels Briòfits dels Països Catalans*. Institut d'Estudis Catalans, Barcelona.
- CONTI F., ABBATE G., ALESSANDRINI A., BLASI C., 2005 - *An Annotated Checklist of the Italian Vascular Flora*. Palombi Editori, Roma.
- CORTINI PEDROTTI C., 2001a - *New Check-list of the Mosses of Italy*. Fl. Medit., 11: 23-107.
- CORTINI PEDROTTI C., 2001b - *Flora dei Muschi d'Italia*. Sphagnopsida Andreaeopsida Bryopsida (*I parte*). Antonio Delfino Editore, Roma.
- CORTINI PEDROTTI C., 2005 - *Flora dei muschi d'Italia*. Bryopsida (*II parte*). Antonio Delfino Editore, Roma.
- CORTINI PEDROTTI C., ALEFFI M., 1992 - *Lista Rossa delle Briofite d'Italia*. In: CONTI F., MANZI A., PEDROTTI F.-Libro rosso delle piante d'Italia, WWF e SBI: 559-637.
- CRUM H., 1981 - *Mosses of Eastern North America*. Columbia University Press, New York.
- DAMSHOLT K., 2002 - *Illustrated Flora of Nordic Liverworts and Hornworts*. Nord. Bryol. Soc., Lund.
- DÜLL R., 1983 - *Distribution of the European and Macaronesian Liverworts* (Hepaticophytina). Bryolog. Beitr., 2: 1-115.
- DÜLL R., 1984 - *Distribution of the European and Macaronesian Mosses* (Bryophytina). *Part I*. Bryolog. Beitr., 4: 1-113.
- DÜLL R., 1985 - *Distribution of the European and Macaronesian Mosses* (Bryophytina). *Part II*. Bryolog. Beitr., 5: 114-232.
- DÜLL R., 1992 - *Distribution of the European and Macaronesian Mosses* (Bryophytina). *Annotations and progress*. Bryol. Beitr., 8/9: 1-223.
- FRAHM J. P., 2004 - *Moosflora*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- FREY W., FRAHM J.P., FISCHER E., LOBIN W., 2006 - *The Liverworts, Mosses and Ferns of Europe*. Harley Books, Colchester.
- GŁOWACKI J., 1910 - *Die Moosflora der Julischen Alpen*. Abh. k. k. Zool-Bot. Ges. Wien, 5(2): 1-48.
- KERN F., 1908 - *Die Moosflora der Karnischen Alpen*. Jahrb. Schles. Ges. Vaterl. Cult., 2: 2-14.
- PATON J.A., 1999 - *The liverwort flora of the British Isles*. Harley Books, Colchester.



- POLDINI L., 2002 - *Nuovo Atlante corologico delle piante vascolari nel Friuli Venezia Giulia*. Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Azienda Parchi e Foreste Regionali, Università degli Studi di Trieste, Dipartimento di Biologia, Udine.
- POLLI E., SGUAZZIN F., 1998 - *Aspetti vegetazionali della Grotta Gigante (2 VG): Le piante vascolari e il componente briologico*. Atti e Memorie della Commissione Grotte "E. Boegan", 35: 63-80.
- POLLI E., SGUAZZIN F., 2002 - *Felci e Briofite rinvenute in recenti esplorazioni speleobotaniche sul Carso triestino*. *Pagine Botaniche*, 27: 3-20.
- SCHUMACKER R., VÁNA J., 2005 - *Identification keys to the liverworts and hornworts of Europe and Macaronesia (Distribution and Status)*. Sorus, Poznań.
- SGUAZZIN F., 2000 - *Briofite raccolte presso l'imboccatura della grotta di "Lazzaro Jerko" (4737 VG)*. *Progressione*, 43: 73-76.
- SGUAZZIN F., 2004 - *Contributo alla flora briologica del Friuli-Venezia Giulia. Briofite raccolte nelle Dolomiti Friulane [Val Settimana e Alta Val Cellina, Comune di Claut (PN)]*. *Braun-Blanquetia* 34: 59-67.
- SGUAZZIN F., 2005 - *Contributo alla conoscenza della flora briologica delle Alpi Giulie (Friuli Venezia Giulia). Briofite raccolte nella conca dei Laghi di Fusine (Tarvisio)*. *Gortania – Atti Museo Friul. di Storia Nat.* 26: 137-147.
- SGUAZZIN F., 2005 - *Contributo alla conoscenza della speleoflora della Jama Dimnice (Grotta del Fumo) (Slovenia). Briofite raccolte nel pozzo di accesso (Velike Dimnice) alla grotta*. Atti e Memorie della Commissione Grotte "E. Boegan", 40: 107-116.
- SGUAZZIN F., 2005b - *Contributi alla conoscenza della brioflora delle cavità carsiche. Briofite raccolte nella Grotta Azzurra (257 VG), dell'Orso (7 VG) e nel Riparo Marchesetti (413 VG)*. In: *"Tre grotte in ricordo di Carlo Marchesetti"*. Gruppo Speleologico Flondar, Duino-Aurisina (Trieste): 89-106.
- SGUAZZIN F., POLLI E., 2000 - *Contributo per un approfondimento delle conoscenze sulla flora briologica e vascolare delle Zelške Jame (576 S) – Grotta del Principe Ugo di Windischgraetz (119 VG), nel Rakov Škocjan (Rio dei Gamberi, Slovenia)*. Atti e Mem. Commissione Grotte "E. Boegan", 37: 125-141.
- SGUAZZIN F., POLLI E., 2001 - *Flora vascolare e briologica delle grotte Foran di Landri (11/46 Fr) e Foran des Aganis (122/48 Fr). Contributo alla speleoflora del Friuli-Venezia Giulia*. *Gortania, Atti Museo Friul. di Storia Nat.*, 23: 93-112. Udine.
- SMITH A.J.E., 2004 - *The Moss Flora of Britain and Ireland*. University Press, Cambridge.
- ZODDA G., 1912 - *Contributo alla briologia veneta*. *Nuovo Giorn. Bot. Ital.*, 19: 467-495.



Atti e Memorie della Commissione Grotte "E. Boegan"	Vol. 41	pp. 75-80	Trieste, 28 marzo 2007
-----------------------------------------------------	---------	-----------	------------------------

ENRICO MERLAK (\*)

## STUDIO DI UNA SORGENTE NEL FLYSCH DEI COLLI BIRCHINI (SLOPE – MATARSKO PODOLJE – SLOVENIA).

### RIASSUNTO

*Sono esposti i risultati di uno studio sulle acque di una sorgente del flysch ubicata nei colli birchini (Brkini - Matarsko Podolje - Slovenia). La sorgente, ubicata sul versante SW dei colli Birchini in località Slope, è alimentata da acque provenienti esclusivamente da rocce del flysch.*

*Negli anni dal 2003 al 2006 sono state eseguite 8 indagini idrochimiche.*

*Si tratta di un'acqua oligominerale calcio - bicarbonata a bassa durezza con un contenuto di CO<sub>2</sub> libera che oscilla mediamente intorno ai 35 mg/l.*

*E' stato calcolato l'indice di saturazione (SI = pH-pHsat.) secondo i suggerimenti dell'American Water Work Association (A.W.W.A.). Tale indice varia tra -0,5 e -1,20. E' stato calcolato anche l'indice di stabilità (secondo Ryznar) che varia tra 7,9 e 8,6. Si tratta di un'acqua che presenta un importante disequilibrio calcio – carbonico con caratteristiche di aggressività.*

*Lo studio riguarda le correlazioni idrogeologiche tra flysch e calcari e i fenomeni di degradazione delle arenarie e della marne del territorio.*

### SUMMARY

#### ANALYSIS OF A SPRING WATER. THE SLOPE SPRING IN BRKINI HILLS – SLOVENIA

*This paper presents the results of a survey conducted over the water of a flysch spring located in the Brkini hills (Brkini - Matarsko Podolje - Slovenia). This spring is one of the few in the region that is fed by water coming exclusively from flysch rocks (marls and sandstone). It is therefore subject to detailed study as the physical and chemical characteristics of water permit to highlight two important aspects of the hydrogeological structure of the area:*

- a) the saturation Index (SI = pH-pHsat.) of water, which allows for a better understanding of the corrosion phenomena that take place in the tectonics and stratigraphic contact zones between limestone and flysch;*
- b) the mineral content of water, which depends exclusively on flysch weathering. The assesment of quantitative relations among ions permits to define the level and order of sandstone decomposition. This decomposition partly results in the formation of clay as well as iron, manganese and alluminium oxides and hydroxides, which can be found in soils, in terra rossa areas and in the clay present in caves.*

*This is an oligomineral calcium carbonate water with low hardness, flowing from a basin that stretches over several hectares.*

*In 2003-2006, a total of 8 surveys were conducted, including alkalinity, pH, CO<sub>2</sub> and specific conductivity.*

*The spring has a CO<sub>2</sub> content ranging between 35 mg/l (vs. the average value of 14 mg/l registered in the underlying Ločica stream).*

(\*) Commissione Grotte "E.Boegan", Società Alpina delle Giulie, C.A.I, via Donota 2, I - 34100 Trieste.

*The Saturation Index (SI) was calculated based on the chemical composition (both following the indications of the American Water Work Association (A.W.W.A.) – referring to Langelier's formula, and other indications). This index varies between -0.5 and -1.20.*

*The stability index was also calculated (according to Ryznar), with a result of approximately 8.0. The water under examination has unstable calcium-carbon balance and is therefore aggressive.*

*This study falls within the framework of a set of surveys aimed at assessing the hydrogeological correlations between flysch and limestone and weathering (degradation) phenomena affecting local sandstone and marls.*

## **POVZETEK**

### **ŠTUDIJA IZVIRA V FLIŠU (BRKINI – SLOVENIJA)**

*Delo prinaša rezultate raziskave izvedene na enem izmed izvirov na flišu, ki se nahaja na Brkinih (zaledje potoka Ločice – Matarsko podolje – Slovenija). Izvir se nahaja na SW pobočju Brkinov in se napaja izključno z vodami iz fliša.*

*V letih 2003 – 2006 je bilo opravljenih skupno 8 kemijskih raziskav. Gre za oligomineralno vodo z nizko trdoto in z vsebino CO<sub>2</sub>, ki niha okoli 35 mg/l.*

*Na podlagi kemijske vsebine je bil izračunan indeks nasičenosti po American Water Work Association (A.W.W.A.). Indeks niha med -0,5 in -1,2.*

*Gre za korozivno vodo. Raziskava obravnava hidrogeološko razmerje med flišem in apnencem ter razkranje peščenjeka in laporja na tem področju.*

## **Introduzione**

Negli anni 2003-2006 l'autore ha eseguito una serie di analisi dell'acqua di una sorgente ubicata nell'alto bacino del torrente Ločica, nell'area nord – occidentale dei colli birchini (Matarsko Podolje); il torrente alimenta gli inghiottitoi carsici della valle chiusa di Brezovica (MERLAK, 2004). La sorgente è situata circa 700 metri E dall'abitato di Slope e circa 1200 metri NNW da quello di Brezovica, ad una quota di 660 metri s.l.m. ed è utilizzata occasionalmente come acqua potabile da alcuni abitanti dei paesi vicini pur essendo raggiungibile solamente percorrendo sentieri malagevoli (fig.1).

Si tratta di una sorgente con una portata media indicativa di 15 litri/ora e una massima di circa 60 litri/ora. In periodi di siccità e clima secco la portata è nulla. La temperatura dell'acqua varia da minime invernali di circa 4°C a massime estive di circa 12°C. L'acqua è incolore, insapore e limpida, povera di sostanze in sospensione.

Il bacino di alimentazione è interamente nel flysch e probabilmente non è molto più esteso di qualche ettaro con un gradiente complessivo di circa 30 metri tra i rilievi più vicini e la sorgente. Sono assenti coltivazioni, pascoli e manufatti.

Con questa ricerca si è voluto:

- a) fornire, attraverso una indagine prolungata nel tempo, un contributo alle conoscenze sulle caratteristiche fisico-chimiche di un'acqua proveniente da una sorgente alimentata interamente nel flysch del territorio
- b) valutare l'indice di saturazione (SI), e quindi il grado di potenziale aggressività, di un'acqua proveniente dal flysch per meglio comprendere l'entità dei fenomeni di corrosione nelle zone di contatto tettonico e stratigrafico tra calcari e flysch.

## **Caratteristiche chimiche della sorgente.**

In figura 2 sono riportate le concentrazioni ioniche massime e minime, espresse in milligrammi/litro, rilevate nel corso di 8 prelievi tra gli anni 2003-2006. L'ordinata è in scala logaritmica per l'evidenza di specie ioniche minori.



Fig.1 – Ubicazione della sorgente di Slope.

Per la sua composizione media l'acqua può essere considerata oligominerale calcio-bicarbonata a bassa durezza.

Mediamente il 90% della composizione ionica è costituito da  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ .

Il contenuto predominante di  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{HCO}_3^-$  è conseguenza della dissoluzione del carbonato di calcio che costituisce il cemento legante del flysch ed in particolare delle arenarie.

La silice in soluzione è relativamente costante (da 1,6 a 2,9 mg/l come  $\text{SiO}_2$ ) e deriva dalla degradazione di feldspati, plagioclasti e fillosilicati del flysch secondo una serie di reazioni così schematizzate:

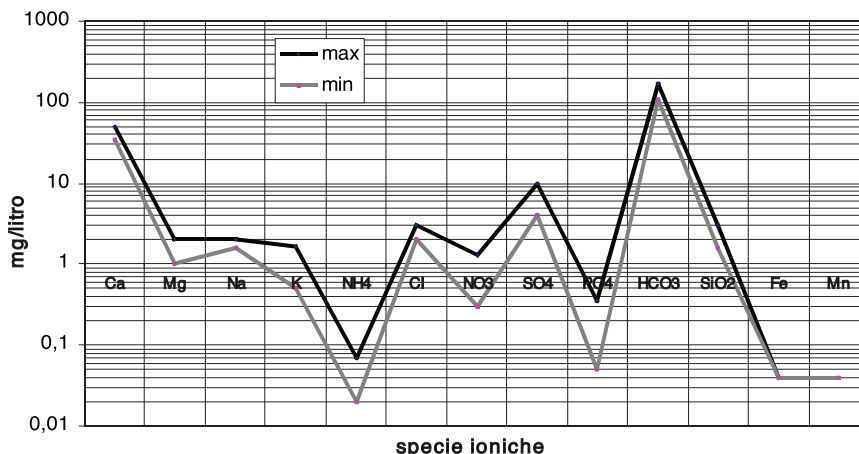
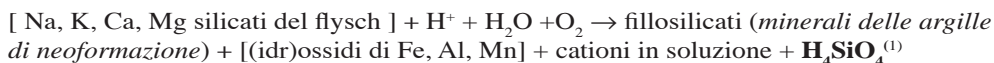


Fig. 2 – Composizione indicativa max. e min. delle acque della sorgente di Slope.

<sup>(1)</sup> La silice proveniente dalla dissoluzione del quarzo è una minima parte della silice presente in soluzione nelle acque del flysch del territorio. La maggior parte della silice in soluzione deriva da reazioni di idrolisi che portano alla formazione dei minerali delle argille e degli idrossidi di Fe, Mn, Al con cessione all'acqua di  $\text{SiO}_2$  sotto forma di  $\text{H}_4\text{SiO}_4$ .

In assenza di inquinamenti antropici si presume che l'origine dei cloruri sia imputabile alle piogge.

Le maggiori variazioni stagionali delle concentrazioni ioniche della sorgente riguardano essenzialmente calcio, alcalinità e solfati con un aumento dei valori nel periodo primaverile ed estivo.

In tabella 1 sono riportate le caratteristiche fisico - chimiche dell'acqua analizzata in data 22 agosto 2006: nell'esempio l'acqua presenta un pH 6,85 e una concentrazione di 33 mg/l di CO<sub>2</sub> libera<sup>(2)</sup> rispetto ad un pH 7,60 ed a 9 mg/l di CO<sub>2</sub> rilevati nella stessa giornata nel torrente sottostante. Questa concentrazione di CO<sub>2</sub> è conseguente all'attività batterica del suolo<sup>(3)</sup>.

L'alcalinità, espressa in mg/l di HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, è stata misurata entro 6 ore dal prelievo con il metodo elettrometrico (RODIER, 1978).

E' stato calcolato l'indice di saturazione (*Saturation Index*),  $SI = pH - pH_{sat.}$ , secondo il metodo indicato dall' A.W.W.A. (*American Water Work Association*) e quello indicato da PISIGAN & SINGLEY (1985). Tali metodi sono già stati applicati nello studio delle acque carsiche del territorio da GEMITI & MERLAK (1999).

Ca	48 mg/l	SO <sub>4</sub>	10 mg/l	K <sub>25°C</sub> calcolata	259 μS/cm
Mg	1,3 mg/l	NO <sub>3</sub>	0,3 mg/l	CO <sub>2</sub> libera	33 mg/l
Na	2 mg/l	PO <sub>4</sub>	tracce	temperatura	11 °C
K	1,65 mg/l	HCO <sub>3</sub>	143,9 mg/l	Durezza calcica	12,0 °F
NH <sub>4</sub>	tracce	SiO <sub>2</sub>	2,8 mg/l	Durezza tot.	12,6 °F
Fe	tracce	pH	6,85	S.I. A.W.W.A.	- 0,68
Mn	tracce	Eh	- 0,103 volt	S.I. Pisigan	- 0,70
Cl	3,0 mg/l	K <sub>25°C</sub> misur.	263 μS/cm	Ind.Stab.	8,23

Tab. 1 – Caratteristiche fisico-chimiche delle acque della sorgente di Slope analizzate il 22 agosto 2006.

Nell'esempio riportato in tabella 1 il valore di S.I. varia tra -0,68 e -0,70 (secondo il sistema di calcolo impiegato) ed è caratteristico di un'acqua potenzialmente aggressiva.

L'indice di stabilità, secondo RYZNAR (1944), è calcolato in 8,23 e conferma la tendenza dell'acqua alla corrosione.

La conducibilità specifica teorica calcolata (ROSSUM, 1975) presenta una differenza di 4 μS/cm (circa l'1,5%) rispetto alla conducibilità specifica misurata a 25°C.

### Limiti del sistema di calcolo dell'indice di saturazione

Gli indici utilizzati per lo studio dell'equilibrio delle acque carsiche sono quelli che indicano la tendenza del carbonato di calcio alla dissoluzione o alla precipitazione e definiscono quindi se un'acqua è considerata sottosatura o sovrassatura. Tra i più largamente utilizzati sono:

*l'indice di Saturazione* ( $SI = pH - pH_{sat.}$ ) e *l'indice di stabilità di Ryznar* ( $I_{stab.} = 2pH_{sat.} - pH$ ).

<sup>(2)</sup> Misurata in sito con il metodo della fenofaleina (media di 3 misure).

<sup>(3)</sup> La sorgente risente della pressione parziale di CO<sub>2</sub> del terreno. La concentrazione di CO<sub>2</sub> nelle sottostanti acque dei torrenti birchini è variabile tra 7 e 15 mg/l.

L'indice di saturazione è ricavato, sulla base di fondamenti termodinamici, dal calcolo del pH di saturazione ( $\text{pH}_{\text{sat}}$ ) utilizzando l'equazione proposta dall'A.W.W.A. e cioè:

$$\text{pH}_{\text{sat}} = \text{p}K_2 - \text{p}K_1 + \text{p}[\text{Ca}^{2+}] + \text{p}[\text{HCO}_3^-] + 5 \text{p}f_m$$

con:

-  $\text{p}K_1$  e  $\text{p}K_2$  = cologaritmi<sub>10</sub> della prima e seconda costante di dissociazione dell'acido carbonico,

-  $\text{p}[\text{Ca}^{2+}]$  e  $\text{p}[\text{HCO}_3^-]$  = cologaritmi<sub>10</sub> delle concentrazioni in g-moli/l di  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{HCO}_3^-$ ,

-  $\text{p}f_m$  = cologaritmo<sub>10</sub> del coefficiente d'attività delle specie ioniche monovalenti presenti in soluzione alla temperatura rilevata.

Sulla base di esperimenti di laboratorio, con SI da -0,1 a -2,0 le acque si intendono moderatamente aggressive, con SI < -2,0 si intendono altamente aggressive.

La presenza di solfati e magnesio possono condizionare la precipitazione e quindi esistono metodologie di calcolo che ne tengono conto (PISIGAN *et al.*, 1985).

L'esperienza acquisita dai ricercatori conferma comunque che acque con SI > 0 possono depositare il carbonato di calcio mentre acque con SI < 0 possono manifestare effetti corrosivi. Numerosi esperimenti dimostrano però che gli effetti corrosivi predetti dagli indici di saturazione non sempre di adattano alle aspettative: caratteristiche non direttamente coinvolte nel calcolo di SI (velocità dell'acqua, ossigeno disciolto, presenza di fosfati e di acidi umici, ecc.) possono influire sul potenziale aggressivo.

Quindi l'indice di saturazione indica la semplice tendenza alla corrosione e non una capacità quantitativa dell'aggressività dell'acqua.

Risultati più precisi posso ottenersi sia attraverso il calcolo analitico del *CCPP* (*calcium carbonate precipitation potential*) sia attraverso la cosiddetta "prova del marmo", che è sperimentale, ma questi due metodi sono complessi e poco adatti a rilevamenti in serie.

Resta il fatto che la determinazione pratica dell'aggressività di un'acqua compiuta su più campioni, in più punti e in più corsi d'acqua, rimane quella dell'indice di saturazione secondo quanto suggerito dall'A.W.W.A. e proposto nel presente lavoro.

Questo sistema è veloce e pratico, a condizione che vengano rispettate alcune norme tra le quali la misura accurata del pH, con calibrazione della sonda in loco, e l'esatta determinazione dell'alcalinità, da effettuare entro poche ore dal prelievo.

## Discussione

Molte sorgenti che sgorgano dal flysch del territorio sono alimentate da acque che hanno attraversato anche formazioni calcaree e calcareo-dolomitiche e che presentano un pH superiore a 7,0 con indici di saturazione prossimi all'equilibrio, indipendentemente dal contenuto di solidi totali disciolti.

La sorgente di Slope è interessante perché è alimentata da un'acqua proveniente esclusivamente da rocce del flysch in un bacino privo di fonti inquinanti antropiche. Questa caratteristica consente di studiare sia l'aspetto dell'alterazione del flysch (dissoluzione e degradazione, formazione di minerali delle argille e rilascio di cationi in soluzione) sia le caratteristiche di equilibrio calcio-carbonico di acque provenienti esclusivamente dal flysch.

Le caratteristiche di equilibrio di queste acque sono importanti negli studi sul carsismo in quanto consentono di definire meglio l'entità dei condizionamenti idrogeologici tra flysch e calcari. Per l'argomento leggi anche FORTI (1998).

L'indice di saturazione varia stagionalmente tra -0,50 e -1,20 confermando la tendenza aggressiva. Nella fase iniziale di una forte precipitazione invernale (durante le quali le acque dei colli Birchini scendono a mineralizzazioni di 50 di mg/l di TDS) è stato calco-

lato un S.I. di circa - 2,0.

Analogamente l'indice di stabilità delle acque della sorgente è sempre superiore a 8,0 indicando una tendenza corrosiva.

L'indice di stabilità è stato proposto da Ryznar, in aggiunta ai sistemi di calcolo dell'indice di saturazione, in quanto è stato accertato che la velocità di precipitazione del carbonato di calcio è anche in relazione con il potere tampone della soluzione e non solo con il pH e la composizione (BIANUCCI & RIBALDONE BIANUCCI, 1985). Si deve precisare peraltro che tale indice ha valenza sperimentale (semi-empirica) a differenza del metodo A.W.W.A. che ha valenza termodinamica.

Anche i torrenti birchini che non hanno ancora lambito i calcari e che arrivano in contatto con gli stessi a valle hanno un'acqua che presenta potenzialità corrosiva. Questa potenzialità decresce ai primi contatti con i calcari.

L'acqua della sorgente di Slope presenta un disequilibrio che rappresenta oggetto di studio per valutare i rapporti tra flysch e calcari del territorio e che spiegherebbe alcune caratteristiche attuali degli inghiottitoi attivi a valle (MERLAK, 2004).

Dai dati sull'indice di saturazione finora disponibili si può attribuire alle acque dei torrenti alimentati dal flysch dei colli Birchini una importante azione corrosiva nei contatti tettonici e stratigrafici tra flysch e calcari.

## BIBLIOGRAFIA

- BIANUCCI G., RIBALDONE BIANUCCI E., 1985 - *La chimica delle acque sotterranee*. Ed. Hoepli: 144.
- FORTI F., 1998 - *Condizionamenti idrogeologici tra calcari e flysch*. Sopra e sotto il Carso, 4: 30-35.
- GEMITI F., 1999 - *Il sistema  $\text{CaCO}_3\text{-CO}_2\text{-H}_2\text{O}$ , potere incrostante e aggressivo*. In: *Chimica, Chimica Fisica e Chimica analitica delle acque naturali*. XLIX Corso di aggiornamento in Ingegneria Sanitaria – Ambientale. Milano, 1- 4 febbraio 1999: 10.1-10.31.
- GEMITI F., MERLAK E., 1999 - *Indagine sull'equilibrio carbonatico nelle acque di percolazione di una cavità del Carso triestino*. Atti VIII Convegno Regionale di speleologia del Friuli – Venezia Giulia. Ronchi dei legionari – Gorizia: 151-160.
- JANŽA M., PRESTOR J., 2002 - *Intrinsic vulnerability assesment of the aquifer in the Rižana spring catchment by the method SINTACS*. Geologija, 45: 401- 406.
- MERLAK E., 2004 - *Idrologia dei torrenti della Birchinia-Valsecca di Castelnuovo nord-occidentale (Matarsko Podolje) – Slovenia*. Atti e Memorie della Comm. Grotte “E. Boegan”, 39: 81-106.
- METHOD 2330 - CALCIUM CARBONATE SATURATION, 1989 - *Standard methods for the examination of water and wastewater*. APHA, AWWA and WPCF, 17. Washington D.C. In: JOINT TASK GROUP, 1990 - *Suggested methods for calculating and interpreting calcium carbonate saturation index*. Journal A.W.W.A., 82, (7): 71-77.
- MIHEVC A., 1994 - *Birchini contact karst*. Acta Carsologica, 23: 99-109.
- PISIGAN R. A., SINGLEY J. E., 1985 - *Calculating the pH of calcium carbonate saturation*. Journal AWWA, Research and Tecnology, october 1985: 83-91.
- PLACER L., 1981 - *Geologic structure of southwestern Slovenia*. Geologija, 24: 27-60.
- RODIER J., 1978 - *L'analyse de l'eau*. Dunod. Paris
- ROSSUM J. R., 1975 - *Checking the accuracy of water analyses through the use of conductivity*. Journal A.W.W.A., Research, April 1975: 204-205.
- RYZNAR J. W., 1944 - *New index for determining the amount of calcium carbonate formed by water*. J. Amer. Water Work Assoc.: 36-47.



MARIO PARISE (\*)

## PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA IN AMBIENTE CARSICO: LE GRAVINE DELL'ARCO IONICO TARANTINO

### RIASSUNTO

*Le gravine, profonde valli erosive di origine carsica, sono il principale elemento morfologico del paesaggio carsico apulo-lucano. Esse risultano incise nei depositi calcarenitici quaternari in trasgressione sui calcari del Cretaceo; questi ultimi di frequente affiorano sul fondo delle gravine. Le caratteristiche idrografiche dell'ambiente carsico fanno sì che le gravine, generalmente secche nel corso dell'anno, in occasione dei più significativi eventi di pioggia divengano la principale via di deflusso delle acque. Ciò, congiuntamente alla diffusa presenza allo sbocco delle gravine di ostacoli naturali e antropici, rende la fascia costiera estremamente vulnerabile al pericolo di alluvioni, come avvenuto nel gennaio-marzo 1996, nel settembre 2003 e nel novembre 2004. Altra tipologia di pericoli naturali che interessano le gravine è rappresentata dalle frane, estremamente diffuse lungo le ripide pareti delle valli. Crolli e ribaltamenti sono i più frequenti fenomeni, con subordinata presenza di scivolamenti planari. Le frane hanno spesso coinvolto, e ancora oggi minacciano, numerosi siti di interesse storico e archeologico, data la diffusa presenza nelle gravine di insediamenti rupestri.*

### SUMMARY

#### GEOMORPHOLOGICAL HAZARDS IN KARST ENVIRONMENT: THE GRAVINE, TYPICAL KARST VALLEYS IN THE TARANTO PROVINCE (APULIA, SOUTHERN ITALY)

*Gravine are typical valleys in the karst landscape of Apulia and Basilicata regions, in southern Italy. They are deep and narrow valleys with vertical walls, cut in the weak Quaternary calcarenites, down to the local bedrock, namely the Cretaceous limestone. Gravine represent a remarkable landform, which has also great importance for history of this sector of Italy, due to presence and frequentation of man in this territory. In particular, during the Middle Age the gravine hosted the so-called rupestrian culture, widespread in about all the karst valleys of the area. The geological and geomorphological characters of gravine make them highly susceptible to natural hazards such as floods and slope instabilities. On the occasion of the most intense rainfall events, gravine loose the dry character they have for most of the year, and become the main drainage way for surface waters. This leads to frequent flooding at the mouth of the valleys, because the coastline there located is nowadays continuously occupied by man-made infrastructures that create obstacles to the natural water flow toward the sea. The most severe recent floods have been registered in January-March 1996, September 2003 and November 2004. As regards slope instability, the vertical to sub-vertical walls of gravine are frequently affected by rock falls and topples, whilst rock slides and wedge failures represent subordinate landslide typologies. The landslides have directly involved or are threatening many of the natural and man-made caves located along the gravine walls.*

(\*) CNR-IRPI, Via Amendola 122, I-70126 Bari. Gruppo Puglia Grotte (Castellana-Grotte, Bari).  
e-mail: m.parise@ba.irpi.cnr.it

## Introduzione

Le gravine, tra i principali elementi morfologici del paesaggio carsico apulo-lucano, sono profonde valli erosive di origine carsica, a fondo generalmente piatto, tramite le quali si realizza il raccordo tra l'altopiano murgiano e le piane costiere. La zona di massima presenza e sviluppo di queste incisioni è costituita dall'ampia fascia che si affaccia sul Golfo di Taranto (fig. 1), e che si estende da Matera, in Basilicata (BOENZI, 1954; TROPEANO, 1992), sino a Grottaglie, in Puglia (PARENZAN, 1976; MASTRONUZZI & SANSÒ, 1993). L'etimologia del termine gravina deriva dal pre-latino *grava*, che significa pozzo, buca, e dal messapico *graba*, che indica erosione di una sponda fluviale (ROHLFS, 1976). Gravina condivide l'etimologia con molti altri termini in uso nella nomenclatura carsica pugliese e provenienti dalla stessa radice: grave, gravaglione, gravinelle, ecc. (PARISE *et al.*, 2003). A tali termini è associato il concetto di profondità (fig. 2), in contrapposizione all'aspetto superficiale che caratterizza invece l'altra classica tipologia di valle carsica pugliese, le lame (COLAMONICO, 1953; PALAGIANO, 1965).

La diffusa presenza di cavità naturali di origine carsica, congiuntamente alle caratteristiche di roccia tenera e di facile lavorabilità della locale roccia, costituita dalle calcareniti plio-pleistoceniche, ha determinato la possibilità per l'uomo di insediarsi nel sistema gravine a partire da epoca preistorica e protostorica. Inizialmente utilizzati come rifugi, le cavità che si aprivano sui versanti delle gravine presentavano indubbi vantaggi per il controllo del territorio e la sicurezza degli insediamenti (NOVEMBRE, 1978; GRECO, 1998). Nel tempo, le cavità naturali vennero via via adattate dall'uomo, e adeguate alle esigenze specifiche dei primi nuclei abitativi. Il massimo sviluppo dell'antropizzazione si ebbe nel Medio Evo con l'espansione della civiltà rupestre (FONSECA, 1970, 1980) e l'utilizzo di molte cavità come luoghi di culto (fig. 3). La disponibilità di acqua, seppure in quantità non elevata, costituì un ulteriore e fondamentale elemento per lo sviluppo degli insediamenti antropici nelle gravine. L'importanza delle risorse idriche è testimoniata dalla frequenza in moltissime gravine di opere atte alla raccolta e al trasporto delle acque piovane: cisterne, canali, vasche di raccolta scavate nelle calcareniti per consentire l'approvvigionamento idrico ai vari siti dislocati nelle valli.

Le caratteristiche morfologiche delle gravine (profondità di qualche decina di metri, pareti verticali o sub-verticali, fondo piatto) fanno sì che tali ambienti siano interessati da fenomeni di pericolosità naturale quali frane ed alluvioni, a cui si aggiungono, data la presenza di numerosi centri abitati ai margini delle gravine, pericoli di natura antropica, inclusi fenomeni di inquinamento e degrado del territorio (COTECCHIA & GRASSI, 1997; PECORELLA *et al.*, 2004). La presente nota intende descrivere i principali elementi di pericolosità geomorfologica naturale delle gravine, che mettono a rischio importanti elementi storici ed archeologici. Le testimonianze della civiltà rupestre risultano infatti in numerose gravine direttamente minacciate da processi gravitativi e, nei casi di ubicazione delle cavità nelle parti basse delle incisioni carsiche, anche da eventi di piena.

## Inquadramento geologico e morfologico

Le tipiche gravine del territorio apulo-lucano incidono il versante sud-orientale delle Murge di Matera e quello meridionale delle Murge Tarantine. La loro genesi, e l'attuale morfologia, vanno inquadrate nel contesto della evoluzione paleogeografica di quest'area. Il locale substrato è costituito dalla formazione cretacea del Calcarea di Altamura: calcari micritici laminati e calcari con abbondanti resti di rudiste, appartenenti alla piattaforma carbonatica apula. Quest'ultima, a partire dalla fine del Cretaceo, è stata interessata da fasi tettoniche che ne hanno provocato l'emersione, e quindi l'inizio di una lun-

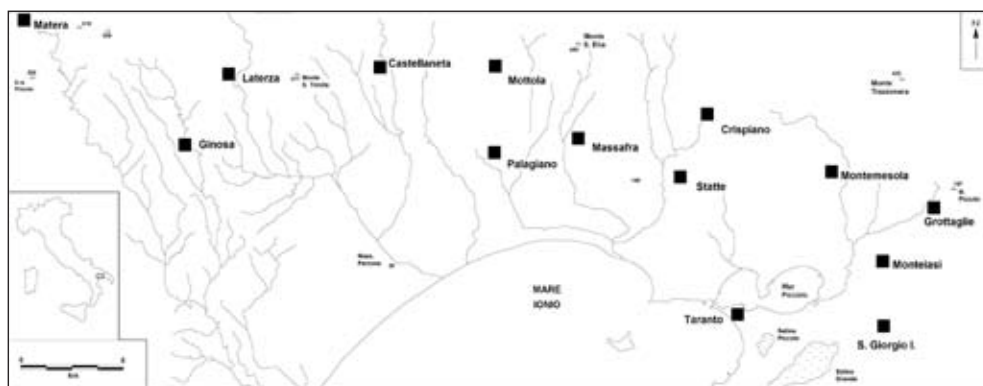


Fig. 1 – Ubicazione dell’area, con indicazione delle principali gravine dell’arco jonico tarantino.

ga fase di continentalità. Conseguenza diretta è stato lo sviluppo dei processi carsici, e la genesi di forme carsiche epigee e ipogee sull’altopiano murgiano. Nel Pliocene si verifica la trasgressione regionale che determina la sommersione di vaste aree carbonatiche, e la deposizione dei sedimenti della Fossa Bradanica, a cominciare dalle Calcareniti di Gravina, note con la denominazione locale di “tufo calcareo” (AZZAROLI *et al.*, 1968; IANNO NE & PIERI, 1982). Si tratta di depositi di mare poco profondo, tipici di ambiente litorale e costituiti in prevalenza da sabbie calcaree fossilifere più o meno cementate. L’approfondimento delle aree di sedimentazione, verificatosi alla fine del Pliocene, ha poi determinato la deposizione di sedimenti di ambiente più profondo, le Argille Subappennine. Nel Pleistocene Medio, l’inizio del sollevamento regionale dell’area determina la sedimentazione di materiali sabbiosi (Sabbie di Monte Marano) e ghiaioso-sabbiosi (Conglomerati di Iršina) di ambiente litorale e continentale.

A partire dal Pleistocene medio-superiore, l’intenso sollevamento regionale ha determinato dapprima l’individuazione di corsi d’acqua e, successivamente, ne ha innescato l’approfondimento fino alle posizioni oggi osservabili, con il conseguente terrazzamento dei depositi fluviali. L’effetto principale della morfogenesi recente è stato quindi proprio la profonda azione di incisione delle gravine.

Il reticolo idrografico presenta un pattern angolare, evidentemente impostato lungo i principali sistemi di discontinuità all’interno dell’ammasso roccioso carbonatico. Da quest’andamento si discostano le parti sommitali delle valli incise nei più teneri terreni quaternari, dove è frequente la presenza di anse e meandri.

In sezione trasversale, le gravine presentano pareti verticali nella porzione medio-alta (fig. 2), mentre quella bassa mostra in genere minore inclinazione, raccordandosi con il fondo stretto e piatto della valle mediante detrito derivante da fenomeni di instabilità delle pareti e breccie di versante più o meno cementate. La forma complessiva è a U leggermente svasata (BOENZI *et al.*, 1976).

Uno dei sistemi di maggiore interesse nell’ambito del territorio delle gravine è costituito dal sistema vallivo che si sviluppa tra Crispiano e Statte (fig. 4): da monte di Crispiano, la Gravina Miola presenta un andamento in direzione NE-SW, unendosi poi alla Gravina dell’Aleza e Gravina di Mésole, provenienti dalla destra orografica. Poco più a valle, a queste si congiunge, ancora dalla destra orografica, la Gravina Bocca Ladroni. Siamo, tra l’altro, nella zona di sviluppo di uno dei più rilevanti antichi acquedotti sotterranei della Puglia, l’acquedotto del Triglio, scavato in età romana in questi territori (GRAS-



Fig. 2 – Veduta verso valle della Gravina di Laterza: in bella evidenza le profonde pareti verticali nei calcari del Cretaceo che si raccordano al fondo valle attraverso acclivi pendii nei depositi detritici.



Fig. 3 – Cripta di S. Nicola a Mottola, uno dei più rappresentativi esempi della civiltà rupestre nelle gravine tarantine.

SI *et al.*, 1991; DELLE ROSE *et al.*, 2006). Da qui in poi la gravina prende infatti la denominazione di Gravina di Triglio, prima di congiungersi, poco a monte della Masseria Accetta piccola, alla Gravina di Lamastuola (o di l'Amastuola), proveniente da nord. La valle prosegue sotto forma di incisione singola e ben definita, con il nome di Gravina di Leucaspide. Nei pressi di Masseria Leucaspide (quota 70 m s.l.m. circa), l'incisione si attenua, raccordandosi lentamente verso le zone prossime alla piana costiera, e diviene meno netta (Gravina Gennarini), sino a assumere la connotazione di una blanda valle, o lama (Canale della Stornara).

## **Pericoli naturali**

### **Eventi di piena**

Le gravine costituiscono le principali vie di deflusso superficiale dall'entroterra murgiano verso il Mare Jonio. Numerose opere stradali e ferroviarie, in aggiunta agli insediamenti civili e industriali, sono dislocate parallelamente alla linea di costa (di conseguenza, ortogonalmente alle gravine stesse), a breve distanza dallo sbocco delle gravine. Tale localizzazione determina un'inevitabile azione di sbarramento in occasione di piogge intense, con ristagno di acqua e formazione di allagamenti.

Le gravine sono generalmente asciutte, prive di un corso d'acqua permanente, e soltanto in occasione dei più significativi eventi di pioggia sono interessate da deflusso idrico attivo (fig. 5). Il carattere di saltuarietà del deflusso fa sì che ci sia scarsa attenzione nei riguardi del pericolo naturale derivante dalle alluvioni, e ciò, a sua volta, determina un'elevata vulnerabilità delle infrastrutture antropiche localizzate sulla piana costiera (FEDERICO *et al.*, 1996).

In ambiente carsico, le acque meteoriche vengono generalmente smaltite attraverso forme carsiche a sviluppo ipogeo. Il ruscellamento superficiale è infatti estremamente limitato, data la natura dei terreni carsici, caratterizzati da permeabilità per fratturazione e dalla rapida infiltrazione delle acque nell'ammasso roccioso carbonatico attraverso i sistemi di discontinuità e i condotti carsici. Allorquando le precipitazioni divengono di intensità medio-elevata, o risultano di lunga durata, il deflusso idrico non viene smaltito del tutto, e ciò determina un'attività di deflusso superficiale anche all'interno delle gravine, con cospicue portate dei corsi d'acqua. Una volta che le acque, in uscita dalle gravine (le quali in pratica fungono da principali canali di deflusso in concomitanza degli eventi di pioggia), raggiungono le zone costiere, si verifica di frequente una situazione altamente propensa all'allagamento. Ciò a causa dei materiali poco permeabili in affioramento, in zone tra l'altro a pendenza estremamente bassa (piane costiere), e della presenza di ostacoli naturali (cordoni di dune) e antropici (intensa urbanizzazione, con numerosi rilevati stradali) che impediscono il naturale deflusso delle acque verso il mare. L'insufficiente capacità idraulica del reticolo idrografico naturale espone al rischio di alluvioni buona parte dei centri localizzati allo sbocco delle gravine; i rischi maggiori sono da individuare per i veicoli in transito lungo le importanti arterie stradali.

Tra i danni derivanti dalle alluvioni si registrano diffusi allagamenti delle campagne, dissesti lungo le sponde dei canali a causa dello straripamento dei corsi d'acqua, invasione della rete stradale con detrito e pietrisco, ostruzione di ponti e attraversamenti.

I più significativi eventi di allagamento registrati nell'area jonica tarantina negli ultimi decenni sono quelli del 4-5 novembre 1966 nel centro abitato di Crispiano, dell'ottobre e novembre 1976 (allagamenti e crolli nella Gravina Miola, ancora a Crispiano), e gli eventi del 1995-96. Questi ultimi ebbero inizio con una fase di intense piogge nei giorni 18-19 dicembre 1995, che determinarono seri problemi tra Francavilla Fontana e Manduria, e

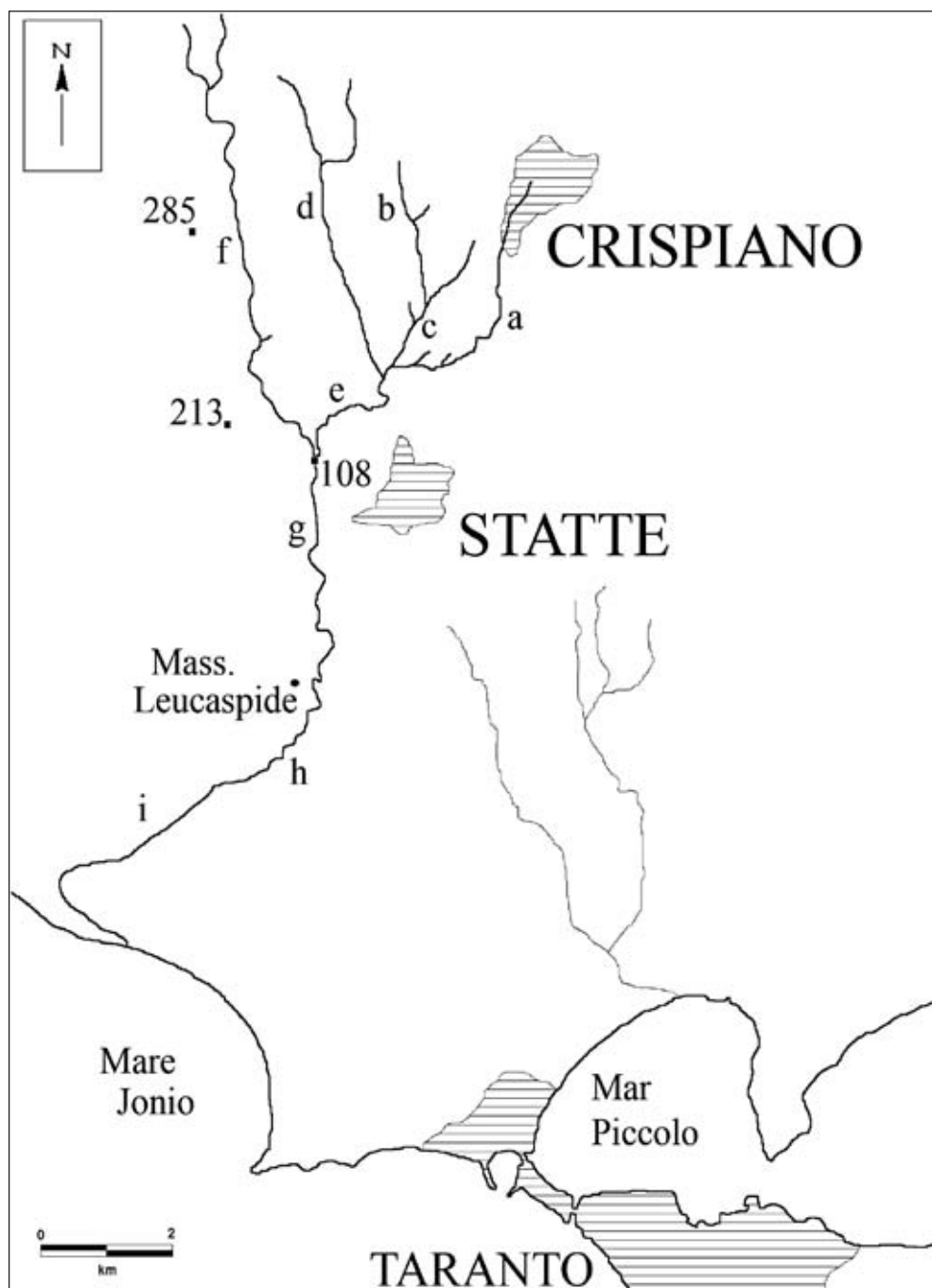


Fig. 4 – Il complesso sistema di gravine compreso tra i territori di Crispiano e Statte. Le lettere indicano le varie gravine: a) Gravina Miola; b) Gravina di Mésole; c) Gravina dell'Alezza; d) Bocca Ladroni o Gravina di Triglio; e) Gravina di Triglio; f) Gravina di l'Amastuola; g) Gravina di Leucaspide; h) Gravina Gennarini; i) Canale della Stornara.



Fig. 5 – La cascata in corrispondenza del salto iniziale di circa 15 m della Gravina Riggio, nel territorio di Grottaglie (settembre 2006, foto: A. Marangella). A destra della cascata, la cosiddetta “casa fortezza”, un complesso abitativo a più piani, costituito da cavità naturali riadattate dall’uomo.

proseguirono con le piogge di gennaio-marzo 1996. Dopo il picco di pioggia negli ultimi giorni di gennaio, ulteriori problemi furono registrati a Ginosa l’11 febbraio 1996, allorché si verificarono dei crolli al Rione Casale, sulla Gravina di Ginosa.

Gli eventi del gennaio-febbraio 1996 ebbero come area epicentrale quella di Crispiano e Massafra, ma si estesero fino a Taranto da un lato e a Palagianello dall’altro; furono caratterizzati da piogge notevoli, di lunga durata (circa tre mesi) sull’intero territorio; a ciò si aggiunse il verificarsi di piogge brevi e di elevata intensità, che toccarono il massimo valore a Crispiano il 30 gennaio (159,6 mm) e a Massafra (151,8 mm), corrispondenti a tempi di ritorno di 152 e 286 anni, rispettivamente (POLEMIO, 1996).

L’8 settembre 2003 la provincia di Taranto, ed in particolare la fascia compresa tra Taranto e Castellaneta, fu nuovamente colpita da intense piogge, che provocarono due vittime ed ingenti danni materiali alle abitazioni, al sistema di comunicazione stradale e ferroviario, e alle attività agricole e zootecniche. L’evento iniziò alle ore 7.00 e si protrasse fino alle 16.00; alcune stazioni pluviometriche private registrarono punte di 300 mm di pioggia nella zona di Mottola, mentre le fonti ufficiali riportano valori ben inferiori, pari a 140 mm a Marina di Ginosa, 115 mm a Taranto e 109 mm a Gioia del Colle.

In tale occasione, le gravine divennero veri e propri fiumi in piena, con conseguenze disastrose per le zone poste allo sbocco delle valli (fig. 6), e in particolare per le colture ivi presenti. Tra i danni derivanti dall’evento alluvionale, a Castellaneta crollò una parete rocciosa sul ponte sulla gravina; in più punti delle sedi stradali si verificarono frane, mentre



Fig. 6a – Effetti dell'alluvione del settembre 2003 nel territorio della provincia tarantina: tronchi di alberi e resti di vegetazione che occludono il passaggio al di sotto di una strada provinciale.



Fig. 6b – Effetti dell'alluvione del settembre 2003 nel territorio della provincia tarantina: ponte asportato dal passaggio della piena, qualche centinaio di metri a valle dello sbocco di una gravina.



grossi massi e detriti si riversarono sulla SS 7 Appia, interrompendo la circolazione per l'abitato di Palagiano. Le strade in molti abitati furono trasformate in torrenti d'acqua che trasportavano detriti di ogni genere. Ad esempio, Palagiano venne investita da tre grosse colate di acqua e fango che si riversarono nel centro abitato seguendo il corso delle principali gravine.

Successivamente all'evento del settembre 2003, sono state registrate altre situazioni analoghe, tra le quali si ricorda l'ondata di maltempo che ha colpito il versante occidentale della provincia di Taranto e del Materano dal 7 al 14 novembre 2004. La stazione di Ginosa Marina nella giornata del 12 novembre 2004 ha registrato 244.4 mm in sole 12 ore, pari a oltre la metà della media annua (calcolata su un arco temporale di 30 anni). Ancora una volta, notevoli danni si verificarono sulla SS 106 Jonica, la

principale arteria di collegamento tra Puglia, Basilicata e Calabria, che rimase chiusa per molte ore a causa del fango e dei detriti che si riversarono sulla carreggiata.



Fig. 7 – Depositi di crolli nei pressi del santuario di Madonna della Scala, a Massafra.

## Frane

I caratteri geomorfologici delle gravine, precedentemente delineati, le rendono siti particolarmente suscettibili alla franosità: le pareti verticali, in materiali estremamente fratturati, e il ruolo del processo carsico, che tende ad allargare le discontinuità presenti nell'ammasso roccioso, e a creare vere e proprie cavità, sono tutti elementi che determinano il verificarsi di movimenti di massa riconducibili principalmente alle categorie tipologiche di frane per crollo e per ribaltamento, con subordinata presenza di scorrimenti planari o di cunei rocciosi.

I crolli sono di gran lunga la tipologia più diffusa, e interessano volumetrie estremamente variabili, da pochi  $\text{dm}^3$  a centinaia di  $\text{m}^3$ . A seconda della morfologia del pendio sottostante (ripido, o più o meno inclinato) i relativi depositi di crollo possono fermarsi al piede della zona di distacco o subire un trasporto fino al fondo della gravina. Il distacco

avviene lungo discontinuità preesistenti nella roccia, o formatesi in seguito al rilascio tensionale che coinvolge le porzioni più esterne dell'ammasso roccioso, in corrispondenza del margine delle gravine. Tra gli esempi più significativi di depositi da crollo si segnalano quelli nei pressi del santuario della Madonna della Scala, in destra orografica dell'omonima gravina, a Massafra (fig. 7).

Ribaltamenti interessano porzioni di roccia con nette fratture verticali che isolano torrioni rocciosi o prismi, la cui altezza risulta ben superiore alle altre dimensioni. La forma stessa degli elementi così isolati determina un movimento in avanti, intorno ad un punto di rotazione situato al di sotto del baricentro della massa interessata (GOODMAN & BRAY, 1976; NOCILLA & URCIOLI, 1998). In molte gravine si osservano pilastri di roccia in situazioni di notevole instabilità, suscettibili a frane del tipo ribaltamento (fig. 8).



Fig. 8 – Prisma roccioso di oltre 10 metri di altezza, interessato da ribaltamento sul versante destro della Gravina di Laterza.

Laddove le potenziali superfici di distacco non sono verticali o prossime alla verticalità, ma presentano minore inclinazione, si possono determinare frane per scorrimento e, nel caso di presenza di più sistemi di discontinuità che si intersecano, sotto forma di distacco di cunei di roccia. Sebbene meno frequenti delle tipologie precedentemente descritte, le frane per scorrimento sono osservabili in molte gravine, e di frequente contribuiscono in maniera significativa ad alimentare i coni detritici alla base delle pareti rocciose.

Altre evidenze di instabilità vanno segnalate in relazione alla presenza di cavità naturali e/o artificiali sulle pareti delle gravine (GRASSI, 1974; COTECCHIA & GRASSI, 1975, 1997; PECORELLA *et al.*, 2004). La notevole diffusione di cavità, ampliate e approfondite verso l'interno delle gravine in diverse epoche storiche, costituisce infatti un ulteriore elemento di debolezza dell'ammasso roccioso (DEL PRETE & PARISE, in stampa). Sia la volta delle cavità che le pareti sono di frequente soggette a fenomeni di alterazione che ne riducono significativamente le caratteristiche di resistenza, determinando il progressivo distacco delle porzioni più superficiali ed alterate. Questo processo si sviluppa talora sino a provocare la caduta di volumi ingenti di roccia. La situazione risulta particolarmente pericolosa allorché vengono interessati i pilastri di sostegno delle cavità (fig. 9), aggrediti da alterazione e distacchi progressivi su tutti i lati, fino a non eserci-

tare più la funzione di supporto statico (HUTCHINSON *et al.*, 2002). Molte cavità, incluse alcune di notevole importanza architettonica, storica ed artistica per la presenza di elementi iconografici, sono interessate da questo tipo di problemi.

## Conclusioni

La breve casistica di eventi di piena descritti dimostra la elevata pericolosità per l'ambiente antropico, connessa a forti piogge nel territorio delle gravine. L'indiscriminata occupazione, con strade, costruzioni e insediamenti ormai senza soluzione di continuità, delle aree allo sbocco delle gravine ha indubbiamente determinato un aumento del rischio da eventi di piena, a causa della forte presenza di elementi vulnerabili. Come spesso osservato in altri eventi alluvionali sui territori carsici pugliesi (BALDASSARRE & FRANCESCANGELI, 1987; PARISE, 2003), i danni sono in gran parte im-

putabili a non corretta pianificazione territoriale, che non tiene in alcun conto la possibilità di arrivi di ingenti quantitativi di acqua nelle zone costiere, a seguito dei maggiori eventi pluviometrici. Anche di recente, numerosi danni sono stati registrati in altre zone della costa pugliese, ad esempio a valle di Ostuni e a Bari (ANDRIANI & WALSH, 2006).

Oltre agli eventi di piena, fenomeni franosi di varia tipologia, direttamente connessi alle caratteristiche intrinseche dei territori delle gravine, risultano estremamente frequenti. L'instabilità coinvolge i centri urbani immediatamente a ridosso delle profonde valli (è il caso, ad esempio, di Matera, Laterza, Ginosa, Crispiano), ma soprattutto le emergenze storico-archeologiche dislocate all'interno delle gravine. Queste ultime, che di frequente versano in notevole stato di degrado e abbandono, sono infatti direttamente danneggiate o minacciate da fenomeni di instabilità avvenuti e/o potenziali.

In conclusione, si ribadisce che il territorio delle gravine costituisce un indubbio patrimonio di notevole valore naturalistico, paesaggistico, storico ed archeologico, che meriterebbe una maggiore attenzione da parte delle amministrazioni locali, e che potrebbe validamente essere inserito in percorsi turistico-naturalistici che ne possano valorizzare le indubbe peculiarità, nel contesto del territorio carsico pugliese e lucano.



Fig. 9 – Pilastro di sostegno all'interno di una cavità artificiale nella Gravina di Petruscio, in territorio di Mottola: la stabilità è seriamente compromessa dalle fratture beanti che interessano il pilastro e la volta della cavità.

## BIBLIOGRAFIA

- ANDRIANI G.F., WALSH N., 2006 - *Human impact on karst in southern Italy: a case study from the Murge plateau (Apulia)*. Geophysical Research Abstracts, 8: 08961.
- AZZAROLI A., PERNO U., RADINA B., 1968 - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Foglio 188 Gravina di Puglia*. Serv. Geol. d'Italia, 57 pp.
- BALDASSARRE G., FRANCESCANGELI R., 1987 - *Osservazioni e considerazioni sulla inondazione del 6 novembre 1926 in Bari e su un relativo deposito*. Mem. Soc. Geol. It., 37: 7-16.
- BOENZI S., 1954 - *La Gravina di Matera e i suoi fenomeni di erosione*. Rass. Spel. It., 6,(3): 123-133.
- BOENZI F., PALMENTOLA G., VALDUGA A., 1976 - *Caratteri geomorfologici dell'area del Foglio "Matera"*. Boll. Soc. Geol. It., 95: 527-566.
- COLAMONICO C., 1953 - *Lame e gravine in Puglia*. Le Vie d'Italia, 11: 704.
- COTECCHIA V., GRASSI D., 1975 - *Dissesti statici e stato di conservazione dei manufatti dei "Sassi" di Matera (Basilicata) in rapporto agli aspetti fisici del territorio e all'attività antropica*. Geologia Applicata e Idrogeologia, 10 (1): 55-105.
- COTECCHIA V., GRASSI D., 1997 - *Incidenze geologico-ambientali sull'ubicazione e lo stato di degrado degli insediamenti rupestri medioevali della Puglia e della Basilicata*. Geologia Applicata e Idrogeologia, 32: 1-10.
- DELLE ROSE M., GIURI F., GUASTELLA P., PARISE M., SAMMARCO M., 2006 - *Aspetti archeologici e condizioni geologico-morfologiche degli antichi acquedotti pugliesi. L'esempio dell'acquedotto del Triglio nell'area tarantina*. Opera Ipogea, 1-2: 33-50.
- DEL PRETE S., PARISE M., in stampa - *L'influenza dei fattori geologici e geomorfologici sulla realizzazione di cavità artificiali*. Opera Ipogea.
- FEDERICO A., DE FILO F., GELATO G., SIMEONE V., 1996 - *Vulnerabilità idrogeologica della fascia costiera ad ovest di Taranto. Nota preliminare*. Geologia Applicata e Idrogeol., 31: 289-295.
- FONSECA C.D., 1970 - *Civiltà rupestre in terra ionica*. Ed. Bestetti, Roma.
- FONSECA C.D., 1980 - *La civiltà rupestre in Puglia*. In: AA.VV., *La Puglia tra Bisanzio e l'Occidente*, 36-116. Milano.
- GOODMAN R.E., BRAY J.W., 1976 - *Toppling of rock slopes*. Atti Conf. "Rock Engineering for Foundations and Slopes", A.S.C.E., Boulder, Colorado, 2: 201-234.
- GRASSI D., 1974 - *Evoluzione morfologica dei depositi calcarenitici quaternari in corrispondenza dei versanti vallivi della Puglia e della Lucania, con particolare riferimento alla Gravina di Matera*. Geologia Applicata e Idrogeologia, 9: 95-117.
- GRASSI D., ZERRUSO F., PASCALI E., GILIBERTO M., 1991 - *Indagine sull'acquedotto del Triglio. Nota preliminare*. Itinerari Speleologici, s. 2, 5: 173-176.
- GRECO A.V., 1998 - *Il territorio di Statte dagli insediamenti rupestri alle masserie*. Umanesimo della Pietra – Riflessioni, Martina Franca: 3-39.
- HUTCHINSON D.J., PHILLIPS C., CASCANTE G., 2002 - *Risk considerations for crown pillar stability assessment for mineral closure planning*. Geotechnical and Geological Engineering, 20: 41-63.
- IANNONE A., PIERI P., 1982 - *Caratteri neotettonici delle Murge*. Geologia Applicata e Idrogeologia, 17: 147-159.
- MASTRONUZZI G., SANSÒ P., 1993 - *Inquadramento geologico e morfologico della Gravina di Riggio (Grottaglie, Taranto)*. Itinerari Speleologici, ser. II, n.7: 23-36.

- NOCILLA N., URCIUOLI G., 1998 - *Stabilità dei pendii in roccia: rilievi strutturali e spostamenti ammissibili*. Argomenti di Ingegneria Geotecnica, Hevelius Edizioni, Benevento.
- NOVEMBRE D., 1978 - *Per una cartografia del popolamento rupestre in Terra Jonica*. Habitat-Strutture-Territorio: 207-224.
- PALAGIANO C., 1965 - *Sulle lame e gravine della Puglia*. Annali Fac. Econ. Comm., Bari, 21: 357-386.
- PARENZAN P., 1976 - *La gravina di Riggio*. Ediz. Comune di Grottaglie.
- PARISE M., 2003 - *Flood history in the karst environment of Castellana-Grotte (Apulia, southern Italy)*. Natural Hazards and Earth System Sciences, 3 (6): 593-604.
- PARISE M., FEDERICO A., DELLE ROSE M., SAMMARCO M., 2003 - *Karst terminology in Apulia (southern Italy)*. Acta Carsologica, 32 (2): 65-82.
- PECORELLA G., FEDERICO A., PARISE M., BUZZACCHINO A., LOLLINO P., 2004 - *Condizioni di stabilità di complessi rupestri nella Gravina Madonna della Scala a Massafra (Taranto, Puglia)*. Grotte e dintorni, 8: 3-24.
- POLEMIO M., 1996 - *Le calamità idrogeologiche dell'inverno 1995-96 nel territorio tarantino*. Atti Conv. Int. "La prevenzione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo della ricerca scientifica", 5-7 novembre 1996, Alba, 2: 63-73.
- ROHLFS G., 1976 - *Vocabolario dei dialetti salentini (Terra d'Otranto), I-III*. Congedo ed., Galatina.
- TROPEANO M., 1992 - *Aspetti geologici e geomorfologici della Gravina di Matera "Parco Archeologico Storico Naturale delle Chiese Rupestri del Materano"*. Itinerari Speleologici, s. 2, 6: 19-33.



Atti e Memorie della Commissione Grotte "E. Boegan"	Vol. 41	pp. 95-103	Trieste, 31 maggio 2007
-----------------------------------------------------	---------	------------	-------------------------

FULVIO GASPARO (\*)

## NOTE SU *TEGENARIA PERCURIOSA* BRIGNOLI, 1972, CON DESCRIZIONE DEL MASCHIO (ARANEAE, AGELENIDAE)

### RIASSUNTO

*Il maschio, sinora sconosciuto, di Tegenaria percuriosa viene descritto e la femmina viene ridescritta su esemplari raccolti recentemente nella località tipica della specie, la grotta Zindan mağarası, presso Aksu, vilayet Isparta, Turchia. Le descrizioni sono accompagnate da dettagliati disegni degli organi genitali maschili e femminili.*

*La sinonimia Tegenaria boitanii Brignoli, 1978 = Tegenaria percuriosa Brignoli, 1972 (syn. nova) è stata riconosciuta attraverso l'esame del maschio holotypus della prima specie, descritta della località di Abant, vilayet Bolu, km 300 a nord di Aksu. La femmina paratypus di Tegenaria boitanii è risultata non conspecifica con il maschio ed appartiene ad una specie probabilmente nuova.*

### SUMMARY

#### NOTES ON *TEGENARIA PERCURIOSA* BRIGNOLI, 1972, WITH DESCRIPTION OF THE MALE (ARANEAE, AGELENIDAE)

*The hitherto unknown male of Tegenaria percuriosa is described and the female is redescribed on newly collected specimens coming from the type locality of the species, the cave Zindan mağarası near Aksu, vilayet Isparta, Turkey, and detailed illustrations are given of both the male and female genitalia.*

*The synonymy of Tegenaria boitanii Brignoli, 1978 with Tegenaria percuriosa Brignoli, 1972 (syn. nova) is proposed after the examination of the male holotype of the former species, described from Abant, vilayet Bolu, km 300 north of Aksu. The female paratype of T. boitanii is not conspecific with the male holotype and probably belongs to an undescribed species of Tegenaria.*

### ZUSAMMENFASSUNG

#### BEMERKUNGEN ZU *TEGENARIA PERCURIOSA* BRIGNOLI, 1972, MIT BESCHREIBUNG DES MÄNNCHENS (ARANEAE, AGELENIDAE)

*Es wird das bisher unbekannte Männchen von Tegenaria percuriosa beschrieben, sowie das Weibchen an Hand von neu gesammeltem Material aus der Typus-Lokalität, die Zindan mağarası Höhle, bei Aksu, vilayet Isparta, Türkei wiederbeschrieben. Den Beschreibungen werden detaillierte Zeichnungen der männlichen und weiblichen Genitalorgane beigelegt.*

(\*) Commissione Grotte "Eugenio Boegan", Società Alpina delle Giulie, C.A.I., Via Donota 2, I-34121 Trieste.

*Die Synonymie von Tegenaria boitanii Brignoli, 1978 mit Tegenaria percuriosa Brignoli, 1972 (syn. nova) wird durch die Analyse des Holotypus (Männchen) der ersten Art belegt, die aus Abant, vilayet Bolu, 300 km nördlich von Aksu beschrieben wurde. Der Paratypus (Weibchen) von Tegenaria boitanii entspricht nicht dem Männchen und gehört wahrscheinlich einer neuen Art an.*

## Premessa

Alcuni anni or sono, durante un periodo di vacanza trascorso sulla costa di Antalya, ho effettuato un'escursione nella Zindan mağarası, nota cavità carsica situata presso Aksu, non lontano dal lago di Eğirdir, nella provincia (vilayet) di Isparta.

Nel corso della visita alla grotta ho svolto una fruttuosa ricerca di fauna cavernicola. Fra il materiale raccolto figurano numerosi esemplari topotipici di *Tegenaria percuriosa* Brignoli, 1972, che comprendono anche il maschio, sinora sconosciuto, di questo raro ragno troglodilo.

Lo studio del nuovo materiale topotipico ha consentito di definire le affinità della specie e di riconoscere la corrispondenza dei maschi con il maschio holotypus di *Tegenaria boitanii* Brignoli, 1978, raccolto in sede epigea nella regione montuosa di Abant, nella provincia di Bolu, 300 chilometri a nord di Aksu.

L'esame dei tipi di *T. boitanii* ha rivelato inoltre la non conspecificità del maschio holotypus con la femmina paratypus.

Nella presente nota *Tegenaria percuriosa* viene ridescritta ed illustrata sulla base degli esemplari topotipici dei due sessi raccolti di recente e vengono formulate alcune considerazioni sulle specie turche del genere *Tegenaria*.

Nella descrizione sono utilizzate le seguenti abbreviazioni. MA, LA, MP, LP: occhi mediani anteriori, laterali anteriori, mediani posteriori, laterali posteriori; Fe, Pt, Tb, Mt, Ta: femore, patella, tibia, metatarso, tarso; d, pl, rl, rd: dorsale, prolaterale, retrolaterale, retrodorsale.

## *Tegenaria percuriosa* Brignoli, 1972 (figg. 1-8)

*Tegenaria percuriosa* Brignoli, 1972: 176, figg. 18, 21 (♀, Zindan mağarası).

*Tegenaria percuriosa*: Brignoli, 1978a: 44, fig. 11 (♀, Zindan mağarası, Grotta di Barla, Hacı Akif mağarası).

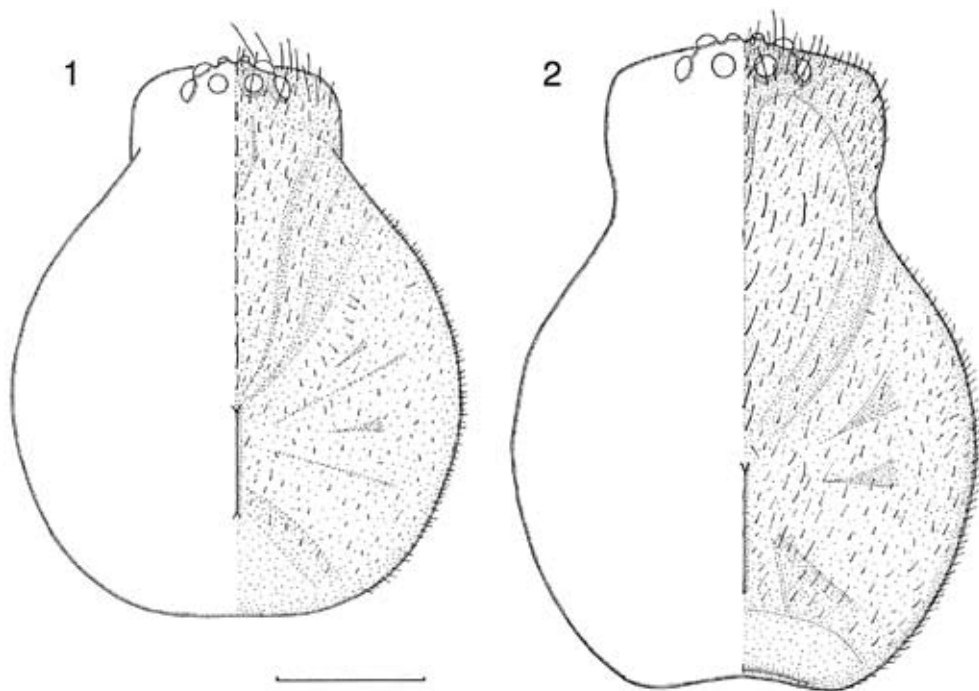
*Tegenaria boitanii* Brignoli, 1978b: 518, figg. 100-101 (♂, Abant – non ♀), vidi, **syn. nova**.

*Tegenaria boitanii*: Levy, 1996: 107, fig. 88 (♂, illustrazione palpo holotypus).

MATERIALE ESAMINATO. Turchia, vilayet Isparta: 2 ♂♂ 8 ♀♀ topotypi, Zindan mağarası, m 1200, presso Aksu (km 20 a ESE di Eğirdir), 5.9.2001, F. Gasparo leg. (coll. Gasparo, Trieste); vilayet Bolu: 1 ♂, Abant, m 1400, 17.7.1971, P. Brignoli leg. (holotypus *Tegenaria boitanii* – coll. Muséum d'histoire naturelle de la Ville de Genève).

DIAGNOSI. Specie di taglia media, con occhi normalmente sviluppati; palpo del ♂ molto allungato, con tibia più lunga della metà del femore, dilatata e curvata nel quarto distale; bulbo con embolo falciforme, molto corto, e conductor piegato distalmente ad angolo retto, che termina con una larga punta triangolare che supera di poco l'apice dell'embolo, apofisi mediana notevolmente dilatata alla base, poi sottile e sinuosa; ♀ con vulva semplice, data da due spermateche subellittiche nelle quali sboccano dotti di copulazione molto corti e massicci.

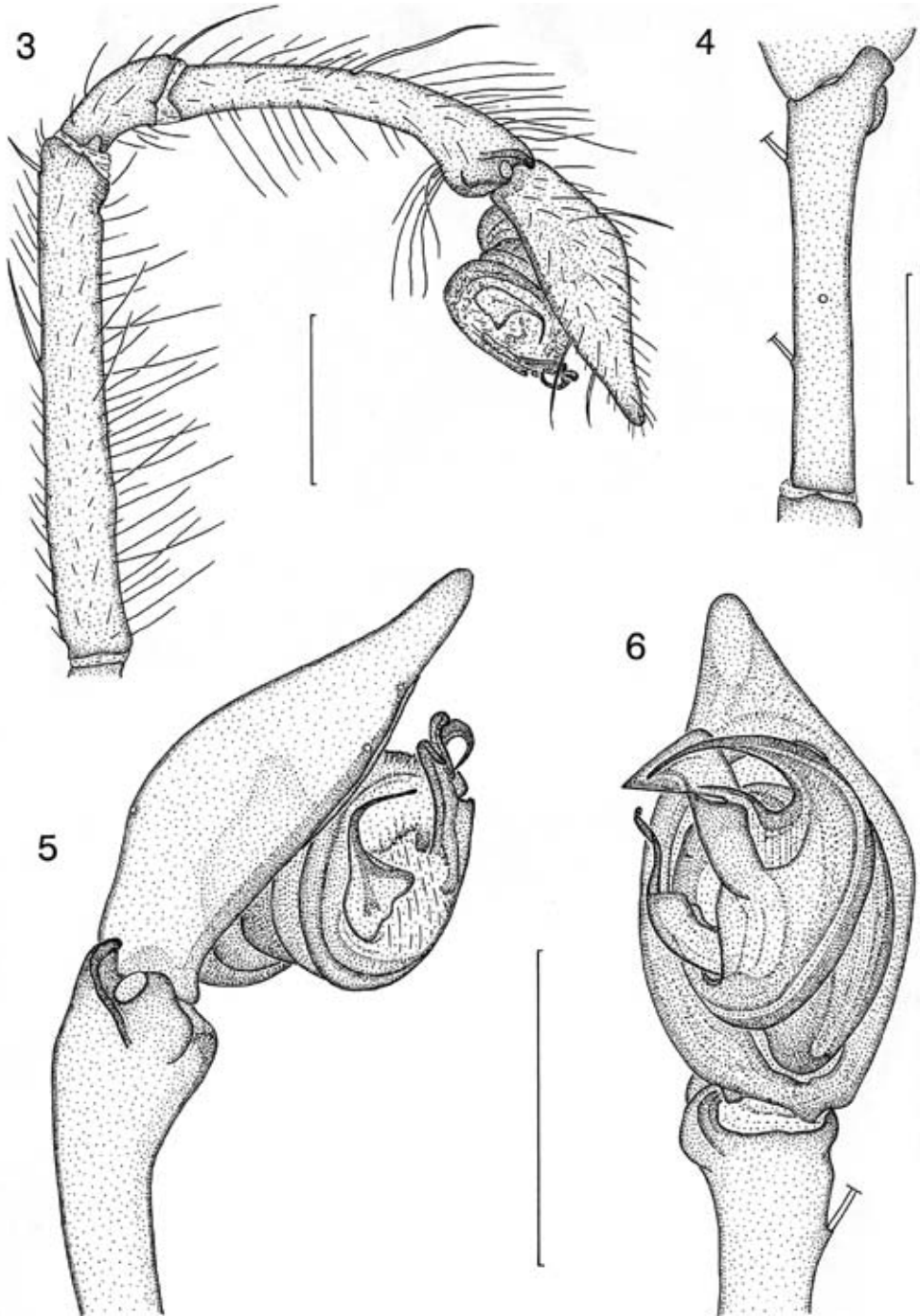




Figg. 1-2 – *Tegenaria percuriosa* Brignoli, prosoma, visione dorsale: ♂ topotypus (1); ♀ topotypus (2). Scala: 1,0 mm.

DESCRIZIONE. Prosoma liscio, di colore bruno-giallastro, rimbrunito nella regione cefalica, con un'area leggermente più chiara fra la fovea e gli occhi e strie radiali poco marcate ed incomplete nei settori laterali della regione toracica; fovea lineare, profondamente incisa, che si prolunga anteriormente con una sottile stria longitudinale, lungo la quale sono allineate 7-9 setole di lunghezza via via decrescente dalla fovea alla regione oculare, debolmente arcuate e dirette in avanti; pubescenza abbondante, più marcata nella regione cefalica (particolarmente nella ♀); dimorfismo sessuale accentuato: nel ♂ (fig. 1) la regione toracica presenta contorno subcircolare, con margine posteriore dritto o leggermente convesso, e regione cefalica poco prominente, con bordi laterali paralleli e margine anteriore debolmente convesso; se visto di lato, il prosoma presenta la massima elevazione nella parte centrale, con lieve declivio verso il margine anteriore e pendenza che si accentua progressivamente verso il margine posteriore; nella ♀ (fig. 2) la regione toracica presenta contorno ellittico, con margine posteriore concavo e regione cefalica molto prominente, ristretta alla base, con margini laterali sinuosi e margine anteriore convesso; se visto di lato il prosoma si presenta pressoché piano nella parte centrale, con massima elevazione in corrispondenza dell'inserzione delle coxe del terzo paio di zampe, con declivio anteriore marcatamente convesso, limitato alla regione cefalica, e profilo posteriore dritto e fortemente acclive. Regione oculare larga poco più della metà della larghezza della regione cefalica; occhi normalmente sviluppati, bordati di nero, disposti su due linee ricurve: MA piccoli, separati di  $1/2-5/6$  del loro diametro, LA con diametro pari a circa  $3/2$  degli MA, distanza MA-LA pari a  $1/4-1/2$  del diametro degli MA; LP maggiori degli LA nel ♂, minori o uguali agli LA nella ♀; MP di poco minori degli LP, distanza fra gli MP

compresa fra i 2/3 ed una volta il loro diametro, distanza MP-LP pari a 1/2-3/4 il diametro degli LP; clipeo verticale, concavo nel ♂, diritto nella ♀. Cheliceri lisci, di colore bruno chiaro, verticali, più slanciati nel ♂, se visti di lato genicolati alla base e poi diritti o debolmente convessi; faccia anteriore disseminata di setole acuminata, più lunghe e più dense presso l'incavo distale, ove è presente una frangia di peli; faccia retrolaterale con peli corti e radi, glabra nella parte centrale, condilo laterale rilevato e debolmente pigmentato; incavo distale armato di tre denti anteriori prossimali adiacenti (il prossimale minuscolo, il mediano grande ed il distale di poco minore del mediano) e di quattro denti posteriori adeguati ed equidistanti (il prossimale retrostante il mediano anteriore); artiglio lungo e sottile. Sterno cordiforme, appena più lungo che largo nel ♂, di poco più allungato nella ♀; margine anteriore diritto, debolmente convesso nel settore labiale, margini laterali lobati in corrispondenza degli interspazi coxali, terminanti posteriormente con una punta inserita fra le coxe del quarto paio di zampe; tegumenti lisci, di colore giallo-bruno uniforme, fatta eccezione per una stria longitudinale leggermente più chiara, con molte setole erette, alcune delle quali più lunghe regolarmente alternate ad altre più corte, più dense presso i bordi. Labium quadrato, con apice poco sclerificato e debolmente incavato, ornato da molte setole, più lunghe lateralmente; maxillae rettangolari, arrotondate al margine esterno, lunghe quasi il doppio del labium, con margine distale obliquo, convesso, poco sclerificato e occupato da numerose setoline. Zampe di colore giallastro, rimbrunate nella parte dorsale dei femori anteriori nel ♂, debolmente annulate di grigio, in particolare nella ♀, negli altri segmenti; pubescenza densa, data da lunghe setole acuminata; organi liriformi poco evidenti; spinulazione: Fe I-III 2 d 2 pl 2 rl; Fe IV 2 d 2 pl 1 rd; Pt I-IV 2 d (la distale più debole nelle zampe anteriori), Tb e Mt con parecchie spine, soprattutto sulle zampe del III e IV paio. Addome ovale, biancastro, con disegni dorsali e laterali grigiastri, più o meno evidenti, rappresentati nella parte anteriore da due sottili bande centrali longitudinali, a volte sostituite da macchie allineate, altre macchie, talora parzialmente fuse con le bande centrali, sono presenti lateralmente; nella parte posteriore sono riconoscibili alcune strie trasversali, a volte non continue, a V rovesciata e molto aperta, di dimensioni decrescenti in direzione delle filiere; pubescenza fitta, data da peli neri, arcuati e acuminati, coricati all'indietro, più densi e lunghi presso l'inserzione del peziolo e le filiere. Palpo della ♀ di colore giallo-bruno chiaro, più scuro in corrispondenza del tarso; femore con 2 spine dorsali nella metà distale e diverse setole spiniformi ventrali, patella con 2 spine dorsali (la distale più lunga e robusta); tibia con 2 spine dorsali e 2 prolaterali; tarso con circa 10 spine laterali e ventrali. Palpo del ♂ (figg. 3-6) di colore bruno, con femore e parte distale della tibia più scuri, femore molto allungato, con 2 spine dorsali (la prossimale più lunga e robusta) e lunghe setole erette ed acuminata sulla faccia ventrale (soprattutto nei 2/3 prossimali); patella armata di 2 sottili spine dorsali (la distale nettamente più lunga), con un organo liriforme longitudinale in posizione dorsale prossimale ed un'altro meno evidente, in posizione retrolaterale distale; tibia molto allungata, dilatata e curvata nel quarto distale, con 1 spina dorsale a metà e 2 spine prolaterali, apofisi dorsale della tibia conformata a paletta, con bordi arrotondati, apofisi retrolaterale rappresentata da una bassa carena con bordo leggermente concavo nella parte centrale, fortemente sclerificata (fatta eccezione per un'area biancasta a contorno ellittico presso il margine dorsale); cymbium piuttosto corto, appuntito, con 1 debole spina dorsale prossimale e 2 spine sul margine retrolaterale, in posizione distale; bulbo ellittico, prominente, con embolo molto corto, falcefornate, sottile e regolarmente attenuato distalmente; conductor largo, piegato ad angolo retto nella parte distale, con apice triangolare, superante di poco l'embolo; apofisi mediana membranosa e fortemente dilatata alla base, poi bruscamente attenuata, terminante con una lunga e sottile lamina sclerificata diretta in avanti e ventralmente, che in visione retrolaterale appare piegata ad angolo retto ed in visione ventrale presenta un andamento si-



Figg. 3-6 – *Tegenaria percuriosa* Brignoli, ♂ topotypus: palpo destro, visione retrolaterale (3); tibia del palpo destro, visione dorsale (4); parte distale della tibia e bulbo destro, visione retrolaterale (5); idem, visione ventrale (6). Scala: 1,0 mm.

nuoso. Zona epigastrica della ♀ con epigino (fig. 7) costituito da una lamina trasversale ricurva, con concavità anteriore, più stretta nella parte centrale e leggermente ribordata al margine posteriore; vulva (fig. 8) semplice, data da due spermateche subellittiche, incastrate dorsalmente nel settore posteriore interno e parzialmente coperte sul lato ventrale interno dai dotti di copulazione, corti e massicci, che sboccano all'esterno in corrispondenza delle estremità laterali dell'epigino.

Misure del ♂ illustrato, in mm. Lunghezza totale 8,55, prosoma lungo 3,68, largo 2,99, larghezza testa 1,42, larghezza regione oculare 0,76, MA 0,09, LA 0,16, MP 0,14, LP 0,18, altezza clipeo 0,23, chelicero 1,50, artiglio 0,81, zampe (lato dorsale):

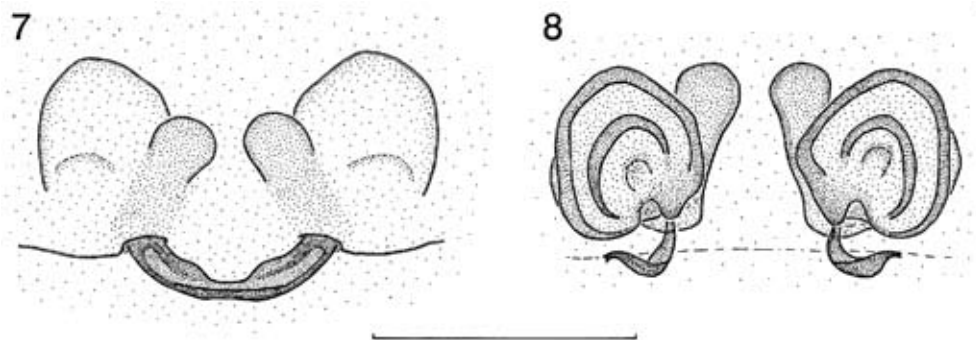
	Fe	Pt	Tb	Mt	Ta	somma
I	5,07	1,40	4,94	5,37	2,47	19,25
II	4,67	1,37	4,20	4,97	2,13	17,34
III	4,20	1,20	3,67	4,87	1,80	15,74
IV	5,20	1,33	4,90	6,50	2,20	20,13
palpo	3,09	0,81	2,04	–	1,67	7,61

Misure di una ♀, in mm. Lunghezza totale 9,80, prosoma lungo 4,27, largo 3,08, larghezza testa 1,84, larghezza regione oculare 0,97, MA 0,11, LA 0,19, MP 0,15, LP 0,16, altezza clipeo 0,24, chelicero 1,93, artiglio 1,05, zampe (lato dorsale):

	Fe	Pt	Tb	Mt	Ta	somma
I	4,74	1,53	4,60	5,04	2,37	18,28
II	4,47	1,47	3,94	4,74	2,07	16,69
III	4,20	1,37	3,44	4,70	1,80	15,51
IV	5,27	1,57	4,84	6,50	2,20	20,38
palpo	2,06	0,76	1,38	–	1,79	5,99

VARIABILITÀ. Le dimensioni del prosoma negli esemplari della Zindan mağarası sono comprese fra mm 3,68x2,99 e 3,93x3,16 per i maschi e mm 3,86x2,80 e 4,34x3,13 per le femmine. Nel maschio di Abant (holotypus di *Tegenaria boitanii*) il prosoma – che misura mm 3,75x2,95 – è leggermente più allungato rispetto ai maschi topotipici, con la regione cefalica di poco più prominente; la tibia del palpo risulta inoltre sensibilmente più corta che nei maschi topotipici (rapporto Tb/Fe pari a 0,53 contro 0,66-0,70).

DISTRIBUZIONE. Conosciuta di tre grotte situate fra i 1180 ed i 1260 metri di altitudine nella parte più occidentale della catena del Tauro (Toros Sıradağları) presso i laghi di Eğirdir e Beyşehir (province di Isparta e Konya) (BRIGNOLI, 1978: 44) e di una stazione epigea dell'Abant Dağları (provincia di Bolu), 300 chilometri a nord della località tipica. *Tegenaria percuriosa* e *T. boitanii* sono state recentemente segnalate per la Bulgaria (BLAGOEV et al., 2006); sarebbe interessante controllare i relativi reperti, anche al fine di verificare la presenza di questa specie anatolica in territorio europeo.



Figg. 7-8 – *Tegenaria percuriosa* Brignoli, ♀ topotypus: epigino e vulva in trasparenza, visione ventrale (7); vulva, visione dorsale (8). Scala: 0,5 mm.

### Osservazioni sistematiche

Il genere *Tegenaria* Latreille, 1804, è rappresentato in Turchia da una trentina di specie<sup>(1)</sup>, in larga parte (quasi i due terzi) endemiche (PLATNICK, 2006).

Le conoscenze tassonomiche su queste ultime sono ancora molto incomplete, in particolare per la presenza di un numero notevole di specie descritte, in modo estremamente sintetico e spesso con iconografia insufficiente, su esemplari di sesso femminile (BRIGNOLI, 1972, 1978a, 1978b).

Questa situazione rende impossibile, o quantomeno incerta, l'attribuzione di gran parte dei reperti di ragni di questo genere raccolti in tutta la Turchia e probabilmente nelle regioni vicine, specialmente quelle situate presso i confini orientali del paese.

Per risolvere il problema – particolarmente complesso, dato l'elevato numero di specie coinvolte – sarebbe necessario ridescrivere le singole specie sul materiale tipico e, possibilmente, svolgere una serie di raccolte mirate nelle località tipiche (spesso rappresentate da grotte), con prelievo di esemplari subadulti vivi, da tenere in allevamento fino al raggiungimento della maturità sessuale (metodo particolarmente indicato per ottenere maschi adulti, altrimenti molto difficili da reperire).

Un primo contributo in questa direzione è rappresentato dalla presente nota che, come anticipato nella premessa, illustra il maschio di una specie descritta sulla sola femmina e nel contempo consente di riconoscere una nuova sinonimia che interessa un'ulteriore specie turca del genere *Tegenaria* (*T. boitanii* Brignoli, 1978, risultata identica a *T. percuriosa*).

Quale ulteriore elemento di complicazione, attraverso l'esame dei tipi di *T. boitanii* è stata accertata la non conspecificità del maschio holotypus e della femmina paratypus<sup>(2)</sup>.

<sup>(1)</sup> Nel numero sono comprese anche le specie recentemente trasferite al genere *Malthonica* Simon, 1898, da GUSEINOV et al. (2005).

<sup>(2)</sup> La femmina paratypus di *Tegenaria boitanii* (cartellinata "Turchia, vil. Bolu, Abant, m 1500, 16-17.7.1971, L. Boitani leg.") presenta il prosoma moderatamente allungato e con bordi della regione cefalica non sinuosi, il margine distale dei cheliceri armato di 4 denti anteriori e 5 posteriori e l'addome biancastro, disseminato di piccole macchie grigiastre a contorno irregolare. La vulva – come illustrato da Brignoli (1978b: figg. 99 e 102) – è caratterizzata da dotti di copulazione molto sviluppati e circonvoluti, che fanno presumere che il maschio sia fornito di un embolo flagelliforme, con ogni probabilità molto lungo. Si tratta verosimilmente di una specie nuova.

Sulla base dei caratteri del palpo maschile, *Tegenaria percuriosa* potrebbe essere avvicinata a *T. longimana* Simon, 1898 (ridescritta da ROTH, 1967) conosciuta della Georgia e dell'adiacente regione nord-orientale della Turchia (province di Trabzon, Rize e Artvin; BRIGNOLI, 1978b) ed a *T. vignai* Brignoli, 1978, di Borçka (provincia di Artvin; BRIGNOLI, 1978b), nonché a *T. halidi* Guseinov, Marusik et Koponen, 2005, dell'Azerbaijan sud-orientale (GUSEINOV et al., 2005).

Poco si può dire sulle possibili affinità con le specie conosciute sulle sole femmine, anche se va rilevata la notevole somiglianza delle vulve di *Tegenaria percuriosa* e di *T. forestieri* Brignoli, 1978, nota di 10 grotte delle province di Antalya, Isparta e Konya (BRIGNOLI, 1978a).

### **Nota biospeleologica**

La Zindan mağarası, località tipica di *Tegenaria percuriosa*, si trova un paio di chilometri a NE dell'abitato di Aksu, dal quale è agevolmente raggiungibile percorrendo una buona carrozzabile a fondo naturale.

L'imponente ingresso della grotta è situato presso il fondovalle di una gola percorsa da un torrente perenne, a circa 1200 metri di quota, in corrispondenza di un ponte romano. La cavità è costituita da un'unica galleria, di dimensioni generalmente ampie, che si sviluppa in leggera salita per circa 850 metri. I vani interni, a tratti ben concrezionati, sono percorsi da un torrentello di portata molto modesta, che solo in periodi di piena può allagare il tratto prossimo all'ingresso.

Data la facile accessibilità, la grotta è stata interessata in un recente passato da interventi di valorizzazione turistica – che fortunatamente non hanno avuto effetti devastanti per gli ambienti sotterranei – di cui si riconoscono le tracce (sentieri in calcestruzzo, resti di un impianto di illuminazione elettrica) nei vani iniziali.

La cavità, oggetto di indagini biospeleologiche a partire dagli anni '40 del secolo scorso, rappresenta la località tipica di diverse specie di artropodi, anche troglobi. La fauna araneologica è costituita – oltre che dalla specie in esame – da due elementi troglolofili, che si rinvencono nel tratto iniziale della grotta: *Harpactocrates troglophilus* Brignoli, 1978 (Dysderidae), noto solo di questa stazione, e *Diplocephalus turcicus* Brignoli, 1972 (Linyphiidae).

Gli esemplari di *Tegenaria percuriosa* considerati nella presente nota sono stati rinvenuti su tela (uno dei maschi era impegnato nel corteggiamento di una femmina) alle pareti del tratto iniziale della grotta, a 30-50 metri dall'ingresso, in zone umide, sia discretamente illuminate, sia quasi completamente oscure.

### **Ringraziamenti**

Sono particolarmente riconoscente al Dr Peter Schwendinger (Genève) per il prestito dei tipi di *Tegenaria boitanii* ed al Dr Vito Zingerle (Bozen/Bolzano) per il riassunto in lingua tedesca.

## BIBLIOGRAFIA

- BLAGOEV G., DELTSHEV C., LAZAROV S., 2006 - *The Spiders (Araneae) of Bulgaria*. Institute of Zoology, Bulgarian Academy of Sciences, <http://cl.bas.bg/bulgarianspiders>.
- BRIGNOLI P. M., 1972 - *Terzo contributo alla conoscenza dei ragni cavernicoli di Turchia (Araneae)*. *Fragmenta entomologica*, Roma, 8(3): 170-190.
- BRIGNOLI P. M., 1978a - *Ragni di Turchia IV. Leptonetidae, Dysderidae ed Agelenidae nuovi o interessanti di grotte della Turchia meridionale (Araneae)*. In SBORDONI V., VIGNA TAGLIANTI A. (a cura di), *Fauna ipogea di Turchia*, Quaderni di Speleologia del Circolo Speleologico Romano, Roma, 3: 37-54.
- BRIGNOLI P. M., 1978b - *Ragni di Turchia V. Specie nuove o interessanti, cavernicole ed epigee, di varie famiglie (Araneae)*. *Revue suisse de Zoologie*, Genève, 85(3): 461-541.
- GUSEINOV E. F., MARUSIK Y. M., KOPONEN S., 2005 - *Spiders (Arachnida: Aranei) of Azerbaijan. 5. Faunistic review of the funnel-web spiders (Agelenidae) with the description of new genus and species*. *Arthropoda Selecta*, Moscow, 14(2): 153-177.
- LEVY G., 1996 - *The agelenid funnel-weaver family and the spider genus Cedicus in Israel (Araneae, Agelenidae and Cybaeidae)*. *Zoologica Scripta*, Stockholm, 25(2): 85-122.
- PLATNICK N. I., 2006 - *The world spider catalog, version 7.0*. American Museum of Natural History, <http://research.amnh.org/entomology/spiders/catalog/index.html>.
- ROTH V. D., 1967 - *Redescription of Tegenaria longimana Simon (Araneae, Agelenidae)*. *Journal of the Arizona Academy of Science*, Tucson, 4(3): 197-198.





Atti e Memorie della Commissione Grotte "E. Boegan"	Vol. 41	pp. 105-120	Trieste, 15 giugno 2007
-----------------------------------------------------	---------	-------------	-------------------------

C. BRAITENBERG (\*), B. GRILLO (\*\*), I. NAGY (\*), S. ZIDARICH (\*), A. PICCIN (\*\*\*)

## LA STAZIONE GEODETICO-GEOFISICA IPOGEA DEL BUS DE LA GENZIANA - PIAN CANSIGLIO

### RIASSUNTO

*Nel novembre del 2005 ha preso vita la stazione geofisico-geodetica situata nel Bus de la Genziana sull'altipiano del Cansiglio. La stazione ha lo scopo di monitorare con continuità l'inclinazione del terreno. Attualmente è dotata di una coppia di clinometri.*

*Nel presente lavoro viene prima fatto l'inquadramento geologico dell'area nella quale è situata la stazione, riportando anche le caratteristiche della forte scossa di terremoto del 1936, che è avvenuta ai piedi dell'altipiano del Cansiglio. Successivamente vengono presentate le caratteristiche dei movimenti osservati nel primo anno di vita della stazione: è stato riscontrato un buon accoppiamento con il terreno, documentato dal buon segnale di marea terrestre osservabile.*

### SUMMARY

#### THE GEODETIC - GEOPHYSICAL UNDERGROUND STATION OF BUS DE LA GENZIANA - CANSIGLIO PLATEAU - EASTERN ALPS

*The present seismicity of NE-Italy is well manifested towards the eastern sector of the Friuli Piedemountain region, whereas towards the western sector a relative calmness is found. This picture emerges when considering the local seismicity recorded since the 1976 disastrous Friuli earthquake, certainly biased by the post-seismic sequence of this event. The western sector was hit in 1936 by the destructive Cansiglio earthquake, showing that the seismic potential is high in the entire region, reaching also farther west to the eastern Venetian sector. It is therefore necessary to monitor the deformation of the entire area, possibly by different geodetic methods. We report on the recent installation of a two-component tilt station in a natural cave of the Cansiglio plateau, just above the 1936 hypocenter. We first give an introduction to the local geology and give some details regarding the 1936 Cansiglio event. Then a discussion of the tilt records is given, with an interpretation of the signals we identify, which are due to hydrologic effects, earth tides and tectonic effects. We find that the hydrologic induced signal due to subsurface water runoff has a characteristic signal with a typical azimuthal direction. The good earth tide signal shows that the tiltmeters are well coupled to the crust and reliably measure crustal deformation. The one year long data series reveals a southwards tilting which started on september 3, 2006, set off by a south-east trending dislocation.*

(\*) Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi Trieste, Via Weiss, 1, I - 34100 Trieste, Tel.: 040 5582257, cell. 339 8290713, e-mail: berg@units.it

(\*\*) Commissione Grotte "E. Boegan", Società Alpina delle Giulie, C. A. I., Via di Donata, 2, I - 34121 Trieste, e-mail: boegan@tin.it, radi587@yahoo.it.

(\*\*\*) Corpo Forestale dello Stato, Ministero delle Politiche Agricole e Forestali, Ufficio Territoriale per la Biodiversità, Via Lioni, 137, I - 31029 Vittorio Veneto (Treviso), Tel.: 0434 57033; e-mail: utb.vittorioveneto@corpoforestale.it.



**Anticlinale del Cansiglio Nord (ACN, fig. 2):** è una piega ad ampio raggio che, a partire da Ovest, ha l'asse dapprima orientato in direzione NE-SW e successivamente sterza verso Est; il fianco NW dell'anticlinale immerge, con inclinazione gradualmente crescente, verso il Lago di Santa Croce, mentre il fianco opposto immerge verso l'altopiano;

**Anticlinale del Cansiglio Meridionale (ACS, fig. 2):** l'asse di questa piega ha un andamento con direzione NE SW lungo la dorsale Candaglia - Cornier e di direzione NW-SE sulla dorsale Crosetta - Pizzoc; si tratta di una piega che manifesta la tendenza a rovesciarsi verso Sud tanto da avere il fianco meridionale interessato da profondi disturbi tettonici;

**Brachisclinale del Cansiglio:** è una ampia piega con asse orientato NNE-SSW, che corrisponde allo stesso Pian del Cansiglio. Infatti si può notare una notevole coincidenza tra morfologia e tettonica, perché la topografia segue spesso l'inclinazione degli strati: i fianchi della Conca coincidono con i fianchi della sinclinale, mentre la parte centrale coincide col nucleo della piega, dove gli strati di Scaglia sono suborizzontali; la sinclinale è però asimmetrica, in quanto sul lato WNW è presente una flessura caratterizzata da strati subverticali, detta Flessura di Vallorch (LV, fig. 2), mentre verso NNW l'asse della piega viene bruscamente tagliato dalla Linea di Pian dell'Osteria (PO, fig. 2).

Nel complesso il Massiccio del Cansiglio-Cavallo può essere considerato come una unità tettonica omogenea compresa tra le seguenti dislocazioni di carattere regionale (fig. 2), che lo delimitano:

**Il sovrascorrimento Barcis - Staro Selo (a Nord):** è un sovrascorrimento di importanza regionale, denominato anche "sovrascorrimento periadriatico"; si sviluppa per oltre 100 Km da Barcis (PN) a Staro Selo (Slovenia), portando la Dolomia Principale a contatto tettonico con terreni di età compresa tra Triassico superiore e Miocene; il piano presenta una direzione generale Est-Ovest con immersione verso Nord ed inclinazione variabile tra 20° e 60°;

**Linea di Caneva – Maniago (CM, fig. 2 e 3)<sup>(1)</sup>:** borda il margine Sud-orientale del Massiccio del Cansiglio-Cavallo e mette a contatto lungo un piano orientato NE-SW, immerso a Nord, i calcari di piattaforma con la successione terziaria;

**Linea del Cansiglio (LC, fig. 2):** faglia inversa ad alto angolo tra il Calcare del Cellina e il Calcare di Monte Cavallo, che si propaga nella parte orientale del massiccio lungo una direzione NNE-SSW fino ad incontrare a Nord il sovrascorrimento Barcis - Staro Selo e a Sud la Linea di Caneva - Maniago;

**Linea di Montaner (LM, fig. 2 e 3)<sup>(2)</sup>:** è una dislocazione molto complessa che ha subito una evoluzione nel tempo; si sviluppa dalle pendici del M. Pizzoc fino a Caneva con

<sup>(1)</sup> Tale linea viene interpretata da alcuni autori come faglia inversa; le strutture, che andrebbero a complicare l'assetto della Linea di Caneva – Maniago, sono: la Linea di Sarone (direzione NNE-SSW) e la linea di Aviano (direzione WSW-ENE), la cui intersezione avverrebbe presso Polcenigo. Queste dislocazioni vengono interpretate come il risultato di movimenti verticali del basamento. DOGLIONI C. (1990) considera la Linea di Caneva come una *transfer line*: il profondo piano di sovrascorrimento delle Prealpi Venete, rappresentato dalla **Linea di Bassano - Valdobbiadene**, verrebbe alla superficie grazie alla "faglia transpressiva destra" (Linea di Caneva) e proseguirebbe col nome di Linea di Maniago (fig. 3). L'Autore sostiene che le attuali linee di disturbo delle Alpi Venete rappresentano la riattivazione in termini compressivi di inerti strutture mesozoiche originatesi in regime tensivo. Una recente pubblicazione di MARCHESINI & ZANFERRARI (2000) considera Caneva una complessa zona di accumulo tettonico formata da un ventaglio di scaglie embricate e da alcune strutture di duplicazione. In questa zona gli autori stanno curando una rete geodetica per la misura delle deformazioni in atto sul fronte della Catena Sud Alpina orientale: tale ubicazione è stata suggerita dalle numerose evidenze di mobilità recente, rappresentate da dislocazioni e/o deformazioni di depositi pleistocenici, le quali hanno trovato la loro massima espressione col terremoto del Cansiglio nel 1936.

<sup>(2)</sup> Secondo alcuni inizialmente tale linea ha la caratteristica di una flessura con il fianco di raccordo sub-verticale o immerso verso SW, mentre, man mano che ci si avvicina all'intersezione con la Linea di Caneva - Maniago, assume la peculiarità di una faglia inversa. Il CAVALLIN sostiene che tale dislocazione assume i caratteri di un sovrascorrimento, visto che le unità terrigene talora si presentano in serie rovesciata secondo una direzione parallela alla linea stessa. Secondo il DOGLIONI (1990) tale linea tettonica fa parte della "zona a triangolo" delle Prealpi Venete come la Linea di Caneva e si può definire una *transfer line* (fig. 3).

orientazione NW-SE e pone a contatto i calcari di piattaforma con unità terrigene terziarie via via più recenti;

**Linea di Sacile (S, fig. 2):** è una faglia inversa ad alto angolo, che assieme alle altre determina un sollevamento crescente verso NW; disloca fortemente i depositi quaternari;

**Linea di Santa Croce e di Lastra (SC, L, fig. 2):** sono due elementi che bordano il Cansiglio sul lato Nord occidentale; hanno una direzione N-S con un piano di dislocazione verticale ed hanno determinato la piccola fossa tettonica del Fadalto.

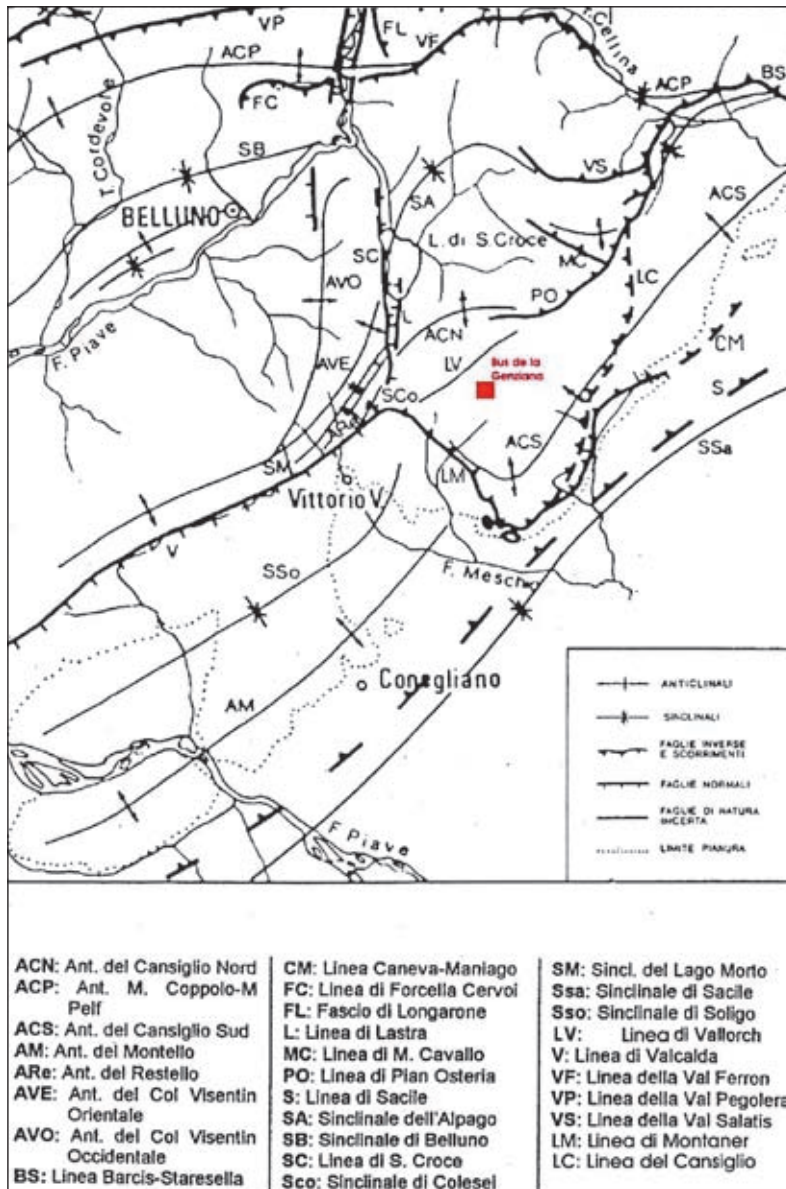


Fig. 2 – Carta strutturale delle Prealpi Venete, secondo BOZZO e SEMENZA (1973, modificata): rappresenta le strutture tettoniche maggiori che interessano il Massiccio del Cansiglio – Cavallo.

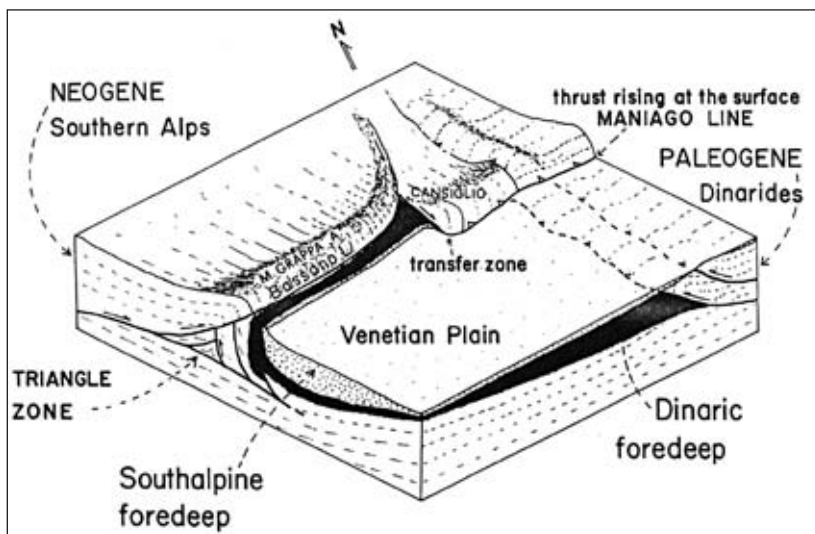


Fig. 3 – Inquadramento strutturale della zona del Cansiglio secondo DOGLIONI C. (1990). Il Cansiglio è interessato dall'intersezione di più lineamenti tettonici, a Sud in particolare dalla: Linea di Montaner e Linea di Caneva – Maniago.

Le formazioni geologiche che riguardano il Massiccio del Cansiglio - Cavallo hanno un'età compresa tra il Norico (Triassico superiore) e la fine del Miocene (Terziario). Per quanto riguarda la sola zona del Cansiglio le rocce interessate sono la Scaglia (Grigia e Rossa) e la Formazione del Calcarea di Monte Cavallo (fig. 4).

La genesi e l'evoluzione delle suddette strutture tettoniche hanno condizionato la nascita di dislocazioni a livello locale riconoscibili nell'area del Pian Cansiglio, che può essere considerato un'ampia brachianticlinale, inflessa a bacino nella parte centrale (fig. 2, 4):

**Linea di Pian Osteria (PO, fig. 2, 4):** è una dislocazione complessa di direzione WSW-ENE (giacitura del piano  $70^\circ/55^\circ$ ), che passa per Pian Osteria e si dirige verso Valmenera: nel primo tratto piega la Scaglia Grigia o Rossa, mentre da Pian Osteria a Casera Costalta mette a contatto il Rosso di Col Indes col Calcarea di Monte Cavallo;

**Linea di Vallorch (LV, fig. 2, 4):** nei pressi di Vallorch è visibile una flessura che si dirige verso Pian Osteria con orientamento NNE-SSW. Essa corrisponde alla dorsale Ovest che borda il Pian Cansiglio. È una anticlinale che viene intercettata dalla Linea di Pian Osteria, con evidenti fenomeni deformativi a carattere plastico della Scaglia (sia Rossa che Grigia): le pieghe sono del tipo a chevron e talvolta coricate con asse SSW-NNE;

**Faglia di Candaglia (fig. 4):** è una linea strutturale orientata WSW-ENE, che limita il fianco Sud-Est del Pian Cansiglio. È possibile seguire il suo sviluppo lungo tutta la strada forestale che dal Passo de la Crosetta conduce al Monte Candaglia, ma non è facilmente rilevabile causa la fitta copertura vegetale. Infatti solo localmente è possibile osservare specchi di faglia con striature inclinate di  $25^\circ-30^\circ$  verso WSW in prossimità di Candaglia;

**Faglia presso il Col della Rizza (fig. 4):** è una faglia orientata NNW-SSE, che passa ad Est del Col de la Rizza. Si sviluppa nel Calcarea di Monte Cavallo ed è riconoscibile localmente da specchi di faglia con striature inclinate di  $20^\circ$ , immergenti a NNW, e dal carattere cataclastico del calcarea. Tale struttura è purtroppo coperta dalla vegetazione, pertanto la sua presenza è testimoniata dall'impostazione di alcune forme carsiche (solchi, doline, crepacci, grotte) lungo direzioni preferenziali.

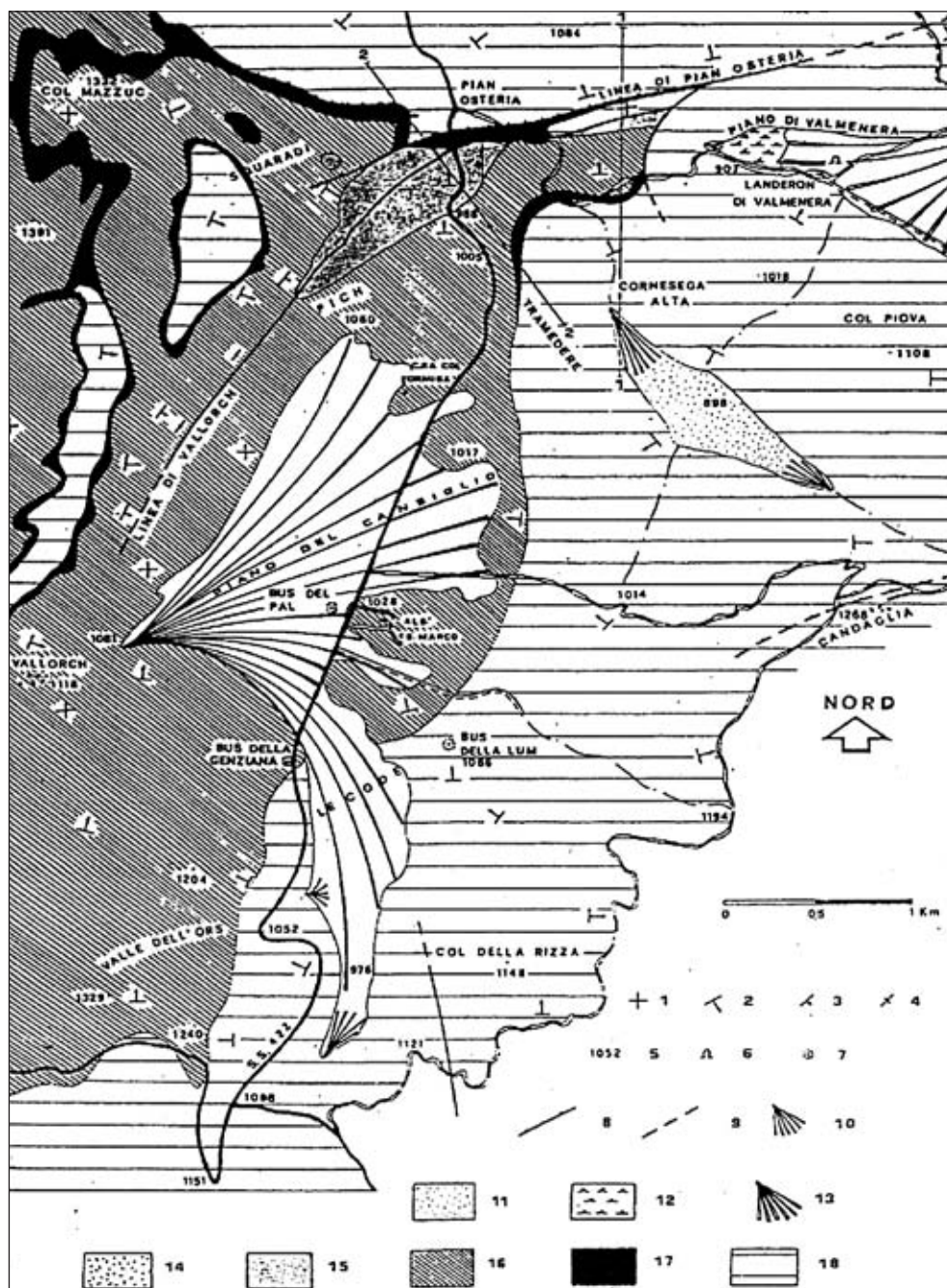


Fig. 4 – Carta geologico-strutturale del Pian Cansiglio, secondo CANCIAN G. (1985): 1) strati con inclinazione Inferiore a 5°; 2) strati con inclinazione tra 5° e 50°; 3) strati con inclinazione tra 50° e 80°; 4) strati con inclinazione superiore a 80°; 5) quota altimetrica; 6) cava; 7) grotta; 8) faglia; 9) faglia presunta; 10) cono di deiezione; 11) copertura eluviale; 12) depositi palustri; 13) cono proglaciale; 14) morene del Piave; 15) Scaglia Rossa; 16) Scaglia Grigia; 17) Rosso di Col Indes; 18) Calcare di Monte Cavallo.

## Il terremoto del Cansiglio del 1936 in relazione alla posizione della stazione

La zona del Cansiglio è stata interessata da un forte terremoto avvenuto il 18 ottobre 1936 con magnitudo stimata fra  $M_s = 5,8$  (Magnitudo dell'onda di superficie) e  $M_m = 6,2$  (Magnitudo macrosismica), dato riportato dal Catalogo NT4.1. È uno dei due eventi, precedenti quello del Friuli del 1976, più forti del XX secolo. La localizzazione esatta dell'ipocentro presenta qualche incertezza, in quanto in quella data non si disponeva di un elevato numero di stazioni sismologiche come oggi. Un recente studio di PETTINATI & SIROVICH (2003) riporta le diverse localizzazioni e stime di magnitudo secondo i vari autori ed uno studio sull'inversione del meccanismo focale utilizzando dati di macrosismica. Secondo questi autori, l'ipocentro era a 15,3 km di profondità, con epicentro definito da latitudine  $46^{\circ}00'$ , longitudine  $12^{\circ}30'$ , con uno strike  $238^{\circ}$ , dip  $47^{\circ}$  e rake  $88^{\circ}$ . Nella figura 5 è riportata la soluzione più recente del meccanismo, del modello dell'estensione e dell'ubicazione del piano di faglia, che avrebbe interessato il sovrascorrimento di Aviano e quello di Bassano. La figura 5 evidenzia il piano di faglia dell'evento, che si propaga proprio al di sotto dell'ubicazione della stazione del Bus de la Genziana.

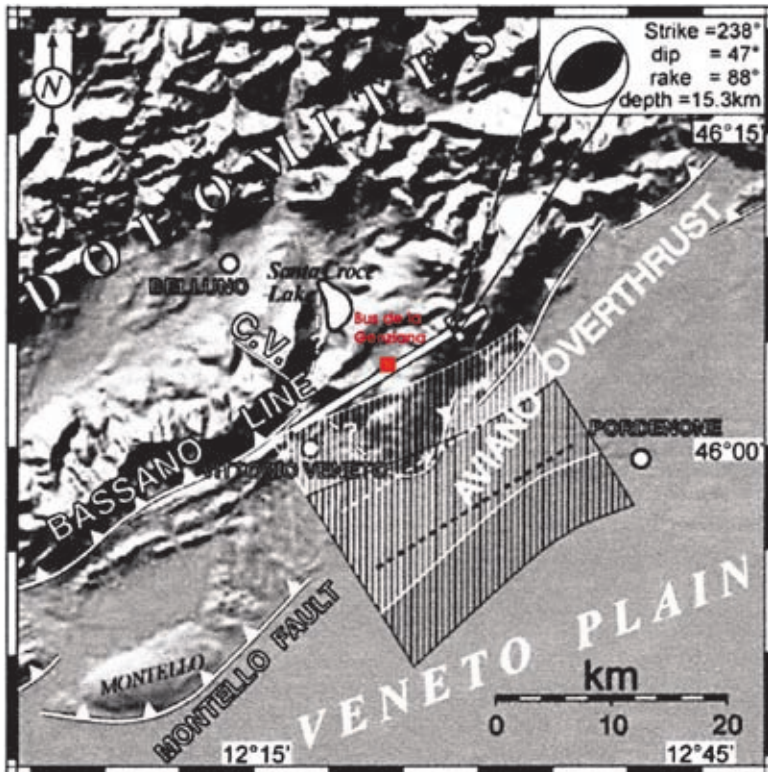


Fig. 5 – Localizzazione e parametri del terremoto del Cansiglio del 1936 secondo PETTINATI e SIROVICH (2003). Viene evidenziato il piano di faglia dell'evento, che si propaga proprio al di sotto dell'ubicazione della stazione del Bus de la Genziana.

Nell'anno 2006 ricorreva il 70° anniversario del terremoto del Cansiglio e la stazione del Bus de la Genziana, localizzata proprio nei pressi dell'epicentro di quel evento, rappresenta un punto strategico per lo studio della sismicità locale: oltre che permettere di po-

ter fare una triangolazione geodetica con le altre due stazioni di Grotta Gigante e Grotta Nuova di Villanova, registra dati che possono integrare il quadro geofisico dell'Italia del Nord-Orientale. È da attendersi in futuro un ulteriore evento in zona, in quanto da osservazioni GPS è stato dimostrato che il movimento relativo fra pianura Friulana e area pedemontana è di 1-2 mm/a. Questa è la prova di un continuo accentuarsi degli sforzi, che a lungo andare potrebbe essere rilasciato con un evento sismico.

### I risultati delle registrazioni di inclinazione da dicembre 2005 a febbraio 2007

La strumentazione installata nella stazione del Bus de la Genziana misura la variazione dell'inclinazione del suolo con un campionamento di 1 ora. Per poter apprezzare i movimenti del suolo è necessaria una strumentazione di alta risoluzione, come quella presente in grotta. La strumentazione amplifica i movimenti e permette così di rappresentare anche movimenti piccolissimi. Il suolo è in continuo movimento per una serie di cause: a) movimenti lenti tettonici; b) movimenti indotti da fattori ambientali quali termici e acque sotterranee; c) movimenti bruschi tettonici; d) maree terrestri, causate da Luna e Sole. Di seguito vengono illustrati tali segnali.

#### I movimenti lenti

Il movimento lento registrato nel primo anno è la somma del movimento tettonico, creato dallo scontro della placca Adria e la placca Eurasiatica, e l'effetto annuale di temperatura. Avendo a disposizione attualmente poco più di un anno di dati, il segnale termico si confonde con il segnale tettonico. In figura 6a l'andamento dell'inclinazione è rappresentato per il periodo dal 13 febbraio 2006 al 31 marzo 2007. Il periodo precedente, da dicembre 2005 a febbraio 2006, è da considerarsi di prova e non può essere utilizzato per la rappresentazione del movimento tettonico lento, causa alcune interruzioni e messe a punto strumentali.

Normalmente il ciclo annuale delle altre due stazioni, Grotta Gigante e Grotta Nuova di Villanova, compie una traccia ad ellisse. In questo caso non è ancora evidente, ma si sta accennando un semielisse con asse in direzione NNW-SSE, con inclinazione verso SE in inverno ed inclinazione verso NW in estate.

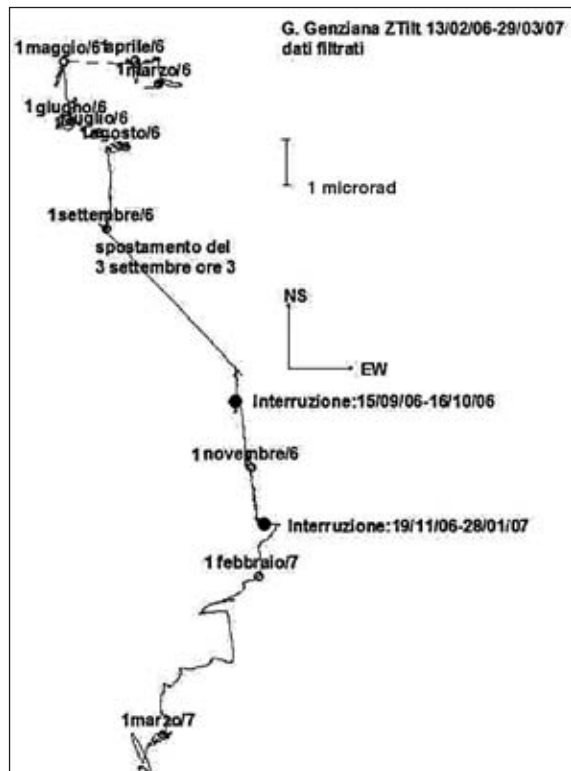


Fig. 6a – Andamento dell'inclinazione. Viene accennato il ciclo annuale fra marzo ed agosto 2006: esso descrive quasi un'ellisse con asse in direzione NNW-SSE, con inclinazione verso SE in inverno ed inclinazione verso NW in estate. La stazione inizia a derivare verso sud dal 3 settembre 2006, a seguito della dislocazione osservata con inclinazione verso SE. I dati sono stati ridotti da un campionamento orario ad un campionamento giornaliero previo filtraggio.



inverno ed inclinazione verso NW in estate. Si prevede quindi che per il prossimo anno il ciclo sarà completato con un'ellisse.

Il 3 settembre 2006 la stazione ha subito un movimento improvviso (durata minore di 1 ora) verso SE, preceduto da un movimento accelerato nei 14 giorni precedenti. Questo segnale è attribuibile ad un movimento tettonico, che è avvenuto asismicamente, cioè in assenza di un evento sismico apprezzabile. È da escludere che tale movimento sia un artefatto strumentale, in quanto è stato osservato con due strumenti indipendenti. Nella figura 6b tale segnale anomalo è evidenziato: si osserva la deriva verso Sud, con inizio il 20 agosto, e l'inclinazione permanente brusca verso Sud e verso Est il giorno 3 settembre.

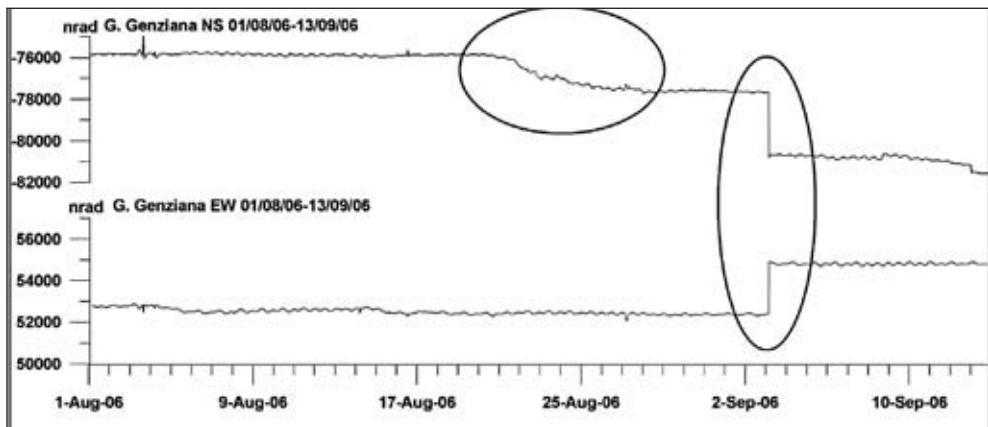


Fig. 6b – Il 3 settembre 2006 la stazione ha subito un movimento improvviso (durata minore di 1 ora) verso SE, preceduto da un movimento accelerato nei giorni precedenti. Tale evento può essere considerato un movimento asismico. Valori crescenti indicano tilting verso N ed E, rispettivamente.

### Inclinazioni causate da run-off di acque del sottosuolo

La figura 7 mostra una sezione di maggior dettaglio (periodo da dicembre 2005 ad agosto 2006): sono evidenti i movimenti ad “andata e ritorno” segnati con frecce colorate in rosso e blu. Queste sono inclinazioni causate dal run-off sotterraneo di acque piovane. La direzione dell’inclinazione subisce una variazione legata alle stagioni: da dicembre a maggio la direzione è orientata SW, mentre da maggio a settembre è orientata NW.

La correlazione di tali segnali impulsivi con la piovosità è evidente nella figura 8, dove sono rappresentate le inclinazioni verso Nord ed Est (in nrad), la pressione atmosferica (in hPa) e la piovosità (in mm/ora). La pressione si riferisce alla stazione Belluno Aeroporto, quella della piovosità alla stazione Tramedere (Bosco del Cansiglio), gestite dall’Ufficio di Telerilevamento e Climatologia dell’A.R.P.A. Veneto, Centro Meteorologico di Teolo. I segnali correlati con la maggiore piovosità sono evidenziati in verde. Per completezza rappresentiamo l’intera serie di dati a disposizione insieme a pressione barometrica e piovosità in tre grafici consecutivi figura 9a, b, c. Nei grafici della figura 9a, b, c, si possono notare altri segnali di inclinazione legati al run-off dell’acqua piovana nel sottosuolo.

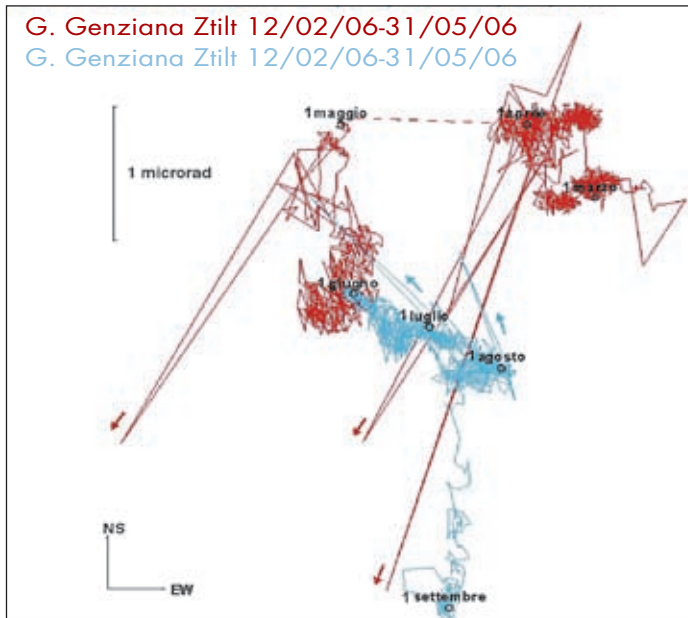


Fig. 7 – Inclinazioni causate da run-off di acque nel sotto suolo: sono evidenti i movimenti ad “andata e ritorno” segnati con frecce colorate in rosso e blu.

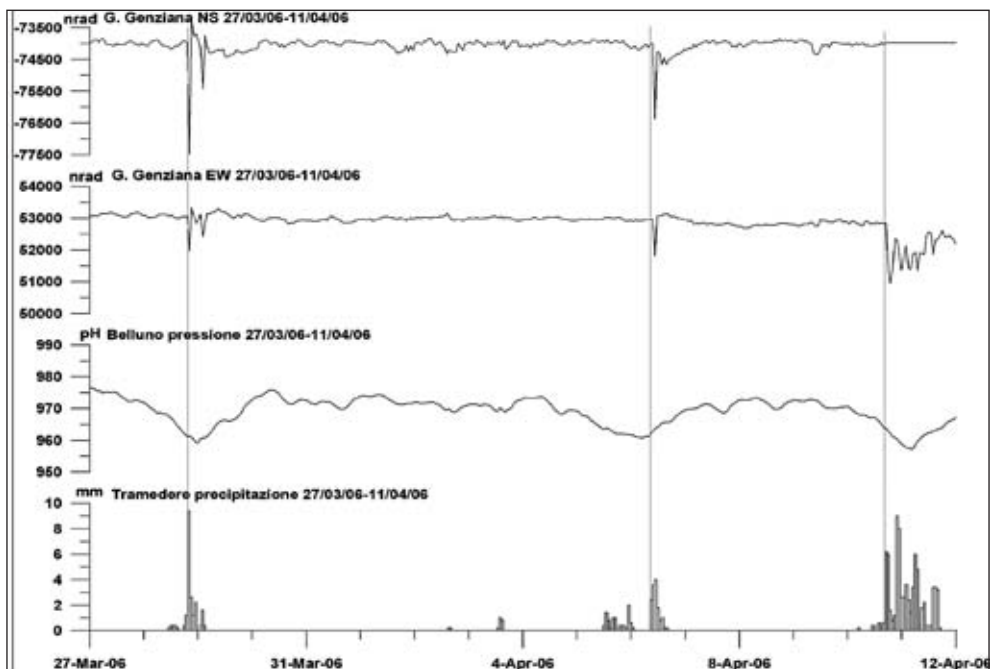


Fig. 8 – Viene evidenziata la correlazione dei segnali impulsivi con la piovosità, dove sono rappresentate le inclinazioni verso Nord ed Est (in nrad), la pressione atmosferica (in hPa) e la piovosità (in mm/ora). I dati meteorologici sono disponibili fino a dicembre del 2006. I segnali correlati con la maggiore piovosità sono evidenziati in verde. Si veda anche le figure 9a, b, c.

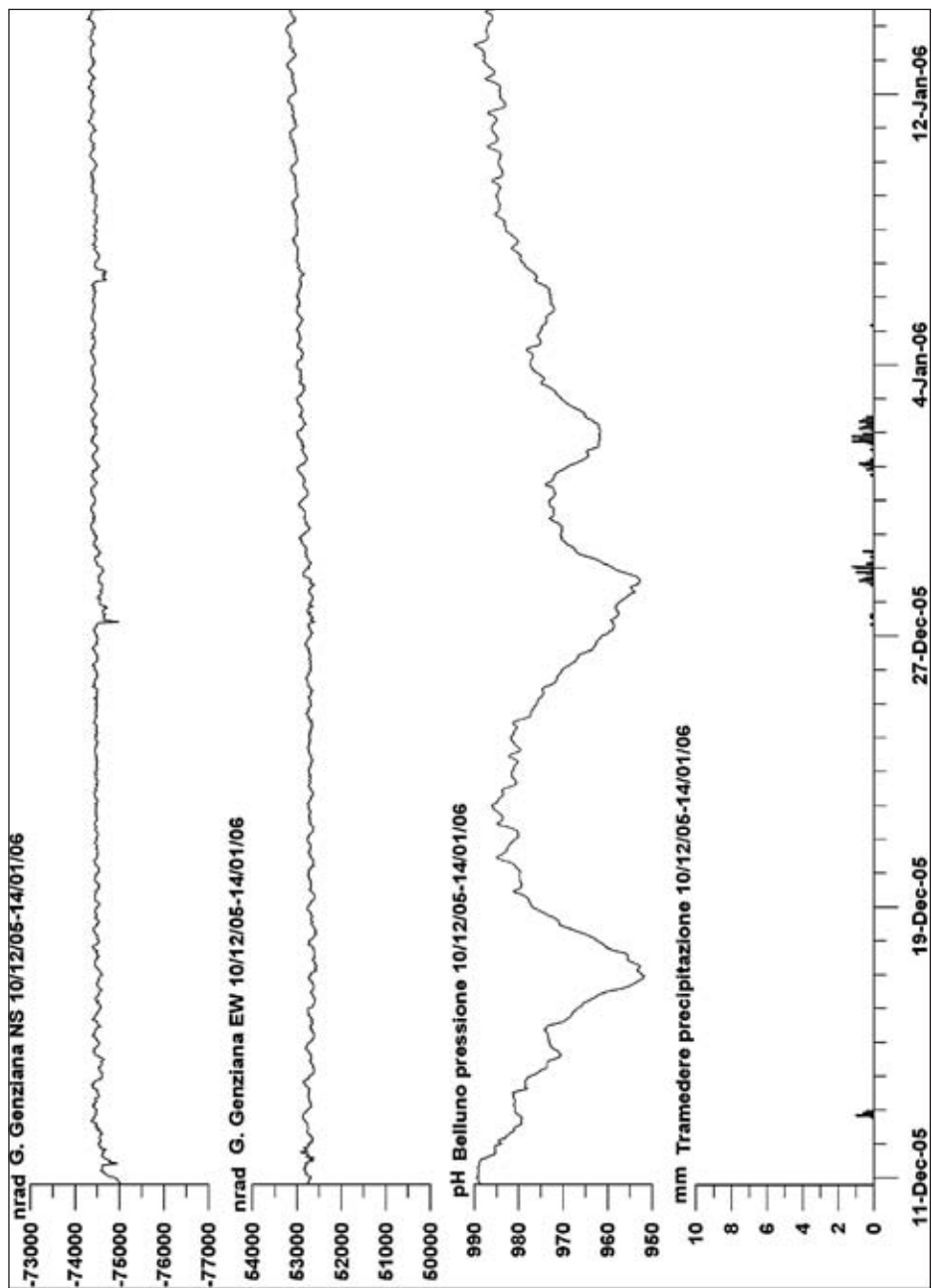


Fig. 9a – L'intera serie di dati a disposizione è stata rappresentata insieme a pressione barometrica e piovosità. Si possono notare altri segnali di inclinazione legati al run-off dell'acqua piovana nel sottosuolo.

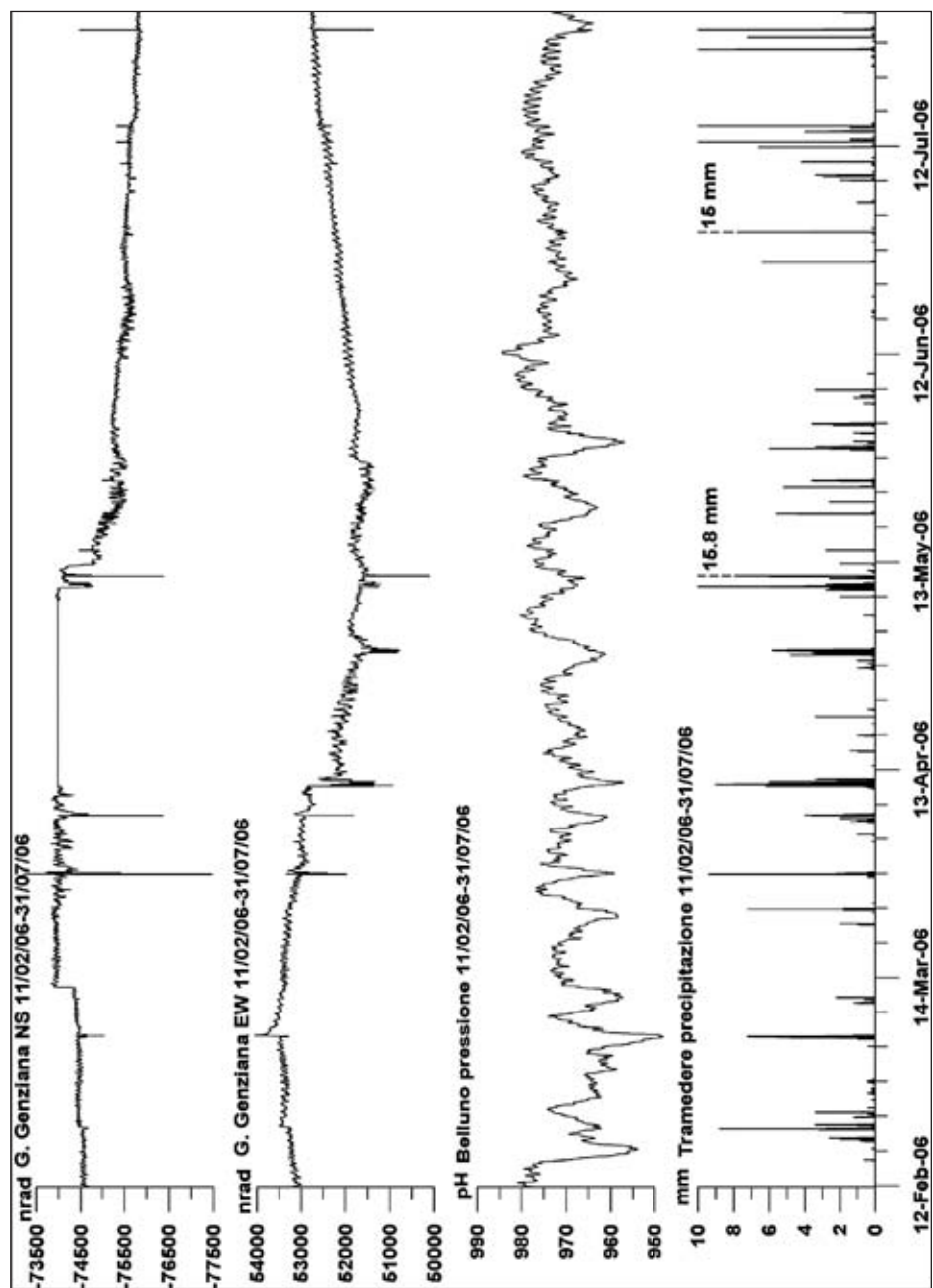


Fig. 9b – L'intera serie di dati a disposizione è stata rappresentata insieme a pressione barometrica e piovosità. Si possono notare altri segnali di in- clinazione legati al run-off dell'acqua piovana nel sottosuolo.

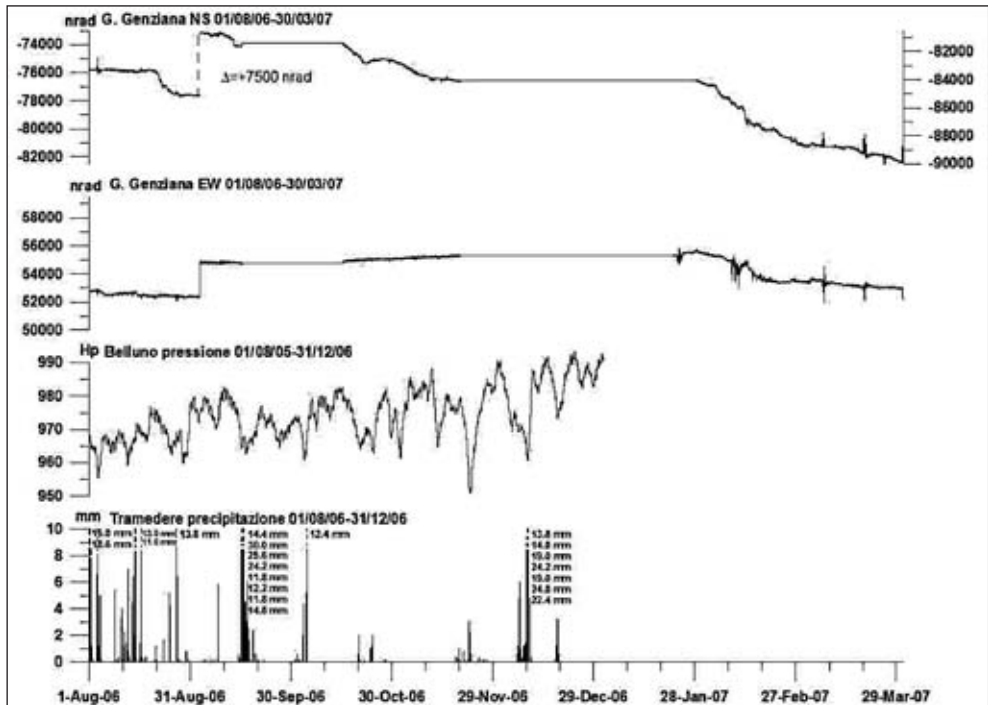


Fig. 9c – L'intera serie di dati a disposizione è stata rappresentata insieme a pressione barometrica e piovosità. Si possono notare altri segnali di inclinazione legati al run-off dell'acqua piovana nel sottosuolo. La curva superiore (componente NS) è stata spostata verso l'alto in corrispondenza del segnale di dislocazione del 3 settembre 2006 per permettere una migliore visione dei valori. L'asse delle ascisse di sinistra compete alla prima parte, l'asse delle ascisse sulla destra compete alla seconda parte della registrazione.

## Le osservazioni delle maree terrestri

Uno dei segnali di deformazione noti teoricamente è quello della deformazione della grotta causata dalle maree terrestri. Le maree terrestri sono utili a stabilire il corretto funzionamento continuo dell'accoppiamento degli strumenti con il terreno, in quanto il segnale può essere calcolato teoricamente e poi confrontato con le osservazioni. Il segnale di marea può anche essere utilizzato per osservare possibili variazioni delle proprietà elastiche della crosta, in quanto in tal caso il segnale osservato a confronto con quello di modello subisce variazioni temporali di ampiezza. Nella figura 10 è rappresentato il confronto della marea teorica con quella osservata. Si può notare come le osservazioni delineano bene il segnale predetto, dimostrando così che la stazione della Genziana è adatta al rilevamento delle deformazioni del suolo.

Si rivela che il segnale in direzione N-S è amplificato rispetto al segnale teorico. Questo indica un effetto di sito locale che porta ad una distorsione del segnale, amplificando maggiormente la componente N-S. In studi successivi si dovrà scoprire se tale amplificazione sia dovuta alla conformazione della grotta, oppure ad una non omogeneità delle strutture tettoniche, che influenza le proprietà meccaniche della roccia.

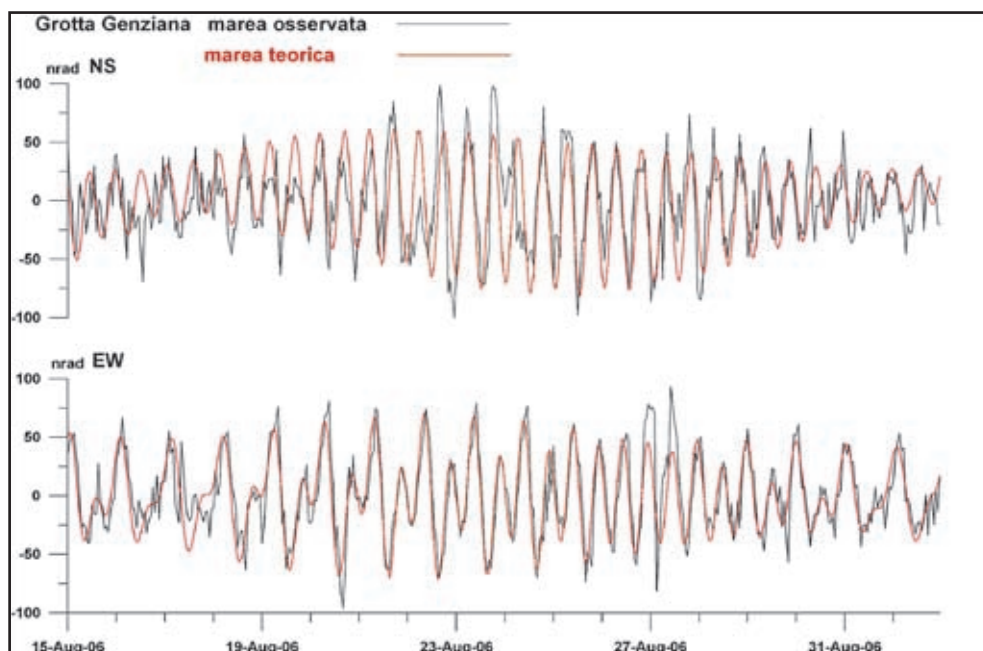


Fig. 10 – Confronto della marea teorica con quella osservata: le osservazioni delineano bene il segnale predetto, dimostrando che la stazione della Genziana è adatta al rilevamento delle deformazioni del suolo. Rispetto ad un modello isotropo, la componente NS della marea teorica è stata amplificata di un fattore 1.8.

## Conclusioni

Nel presente rapporto si fornisce un quadro tettonico della zona del Cansiglio e si sono descritte le proprietà dell'evento sismico che ha colpito la zona nel 1936. Da tale data tutta l'area è stata sismicamente relativamente tranquilla. La sismicità invece è risultata in seguito maggiormente concentrata nel Friuli Orientale, evidenza del fatto che il relativo movimento di placche Adria e Eurasiatica è tuttora in atto. Uno studio dettagliato delle velocità relative, rilevato con il sistema GPS, ha dimostrato che le velocità relative della pianura rispetto alla zona pedemontana sono dell'ordine di 1-2 mm/anno. Questa è la prova di un continuo accentuarsi degli sforzi, che a lungo andare potrebbe essere rilasciato con un evento sismico.

La stazione clinometrica del Bus de la Genziana ha un buon accoppiamento con il terreno, evidenziato da un buon segnale di marea osservato. Il 3 settembre 2006 si è osservato un movimento brusco verso Sud, avvenuto asismicamente, che potrebbe essere dovuto ad un assestamento asismico. Il flusso di acque sotterranee comporta una deflessione rilevabile dalla stazione della durata di qualche ora.

Ci si auspica di mantenere la stazione in vita per almeno altri due anni allo scopo di determinare le direzioni di inclinazioni tettoniche. Una miglioria strumentale importante, che aumenterebbe l'affidabilità e le potenzialità della stazione, consisterebbe in un collegamento remoto della trasmissione dei dati e nell'alimentazione a pannello solare fotovoltaico.

## Ringraziamenti

Il lavoro è stato svolto con il contributo dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia e del Dipartimento per la Protezione Civile.

Si ringraziano Alberto Casagrande per l'impegno costante e la preziosa collaborazione e le persone che hanno contribuito attivamente al lavoro di posizionamento della stazione in grotta il 15 ottobre 2005 (Gabriele Zanin, Denis Zanette, Alberto Gattel, Sergio Masut, Davide Gasparotto, Carlo Urbanet), Sergio Zidarich per l'assistenza tecnica e l'A.R.P.A. Veneto, Centro Meteorologico di Teolo per la concessione dei dati meteorologici.

## BIBLIOGRAFIA

- BOSELLINI A., 1973 - *Modello geodinamico e paleotettonico delle Alpi Meridionali durante il Giurassico-Cretacico. Sue possibili applicazioni agli Appennini*. Atti Conv. Moderno vedute sulla geologia dell'Appennino. Acc. Naz. Lincei, Roma, Quaderno 18: 163-205.
- BOZZO G. P., SEMENZA E., 1973 - *Nuovi elementi tettonici del vallone Fadalto e loro inquadramento nella struttura del Veneto Nord - orientale*. Boll. Mus. Civ. Sc. Nat. Venezia, Suppl. 24: 11-25.
- BRAITENBERG C., 1999 - *The Friuli (NE Italy) tilt/strain gauges and short term observations*. Annali di Geofisica, 42: 1-28.
- BRAITENBERG C., NAGY, I., NEGUSINI, M., ROMAGNOLI, C., ZADRO, M., ZERBINI S., 2001- *Geodetic measurements at the northern border of the Adria plate*, Millennium Issue of the Journal of Geodynamics, 32, 1/2: 267-286.
- CANCIAN G., GHETTI S., SEMENZA E., 1985 - *Aspetti geologici dell'Altopiano del Cansiglio*. Lav. Soc. Venez. Sc. Nat., Venezia, Suppl. 10: 79-90.
- CARULLI G. B., CAROBENE L., CAVALLIN A., MARTINIS B., ONOFRI R. (CON CUCCHI F. E VAIA F.) - *Evoluzione strutturale Plio - quaternaria del Friuli Venezia Giulia*. Progetto Finalizzato Geodinamica C.N.R. Contributi preliminari alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia n°356.
- CARULLI G. B., PONTON M., 1992 - *Interpretazione strutturale profonda del settore centrale carnico - friulano*. Studi Geologici Camerti, Volume speciale (1992/2) CROP1-1A, Camerino: 275-284.
- CARULLI G. B., 2006 - *Carta geologica del Friuli Venezia Giulia, scala 1:150000*. Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Direzione Regionale Ambiente e Lavori Pubblici, Servizio Geologico Regionale. Selca, Firenze.
- CAVALLIN A., 1980 - *Assetto strutturale del Massiccio Cansiglio - Cavallo, Prealpi Carniche Occidentali*. Atti del 2° Convegno di Studi sul Territorio della provincia di Pordenone, Piancavallo, 19-2 ottobre: 15-30.
- CAVALLIN A., MARTINIS B., 1982 - *Gli scorrimenti del margine settentrionale della Piattaforma Carbonatica Adriatica*. In Castellarin A. e Vai G. B., Guida alla Geologia del Sudalpino centro-orientale, Guide Geol. Reg. S. G. I., Bologna: 349-359.
- CAVALLIN A., 1981 - *Fogli 24 Maniago e 39 Pordenone*. Carta tettonica delle Alpi Meridionali (alla scala 1:200000), Progetto Finalizzato Geodinamica, C.N.R., pubbl. 441: 46-50.
- DE NARDI A., 1977 - *Il Cansiglio-Cavallo. Lineamenti geologici e morfologici*. Azienda delle Foreste della Regione Friuli Venezia Giulia. Azienda di Stato per le Foreste Demaniali. Doretto. Udine.
- DE NARDI A., 1965 - *Schema tettonico del massiccio Cansiglio - Cavallo nelle Prealpi Friulane occidentali*. Mem. Accademia Patavina SS. LL. AA. Cl. Sc. Mat. Nat. Padova, 77: 137-147.

- DOGLIONI C., 1990 - *Thrust tectonics examples from Venetian Alps*. Stud. Geol. Camerti, Spec.: 117-129.
- GATTO G. O., SEMENZA E., 1981 - *Foglio 23 Belluno*. In Castellarin A. Carta Neotettonica delle Alpi Meridionali alla scala 1:200000. Progetto Finalizzato Geodinamica, C.N.R., Contributi preliminari alla realizzazione della carta neotettonica d'Italia, pubbl. 441.
- GRILLO B., 2001 - *Carsismo e idrogeologia dell'Altopiano del Cansiglio*. Tesi di Laurea in Geologia Applicata. Facoltà di SS. MM. FF. NN. Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine. Università degli Studi di Trieste.
- GUERRA R., 1994 - *Rilevamento geologico - strutturale di una parte del Bosco del Cansiglio (Province di BL, TV, PN) e analisi del condizionamento geologico - strutturale delle cavità carsiche*. Tesi di Laurea in Sc. Geologiche Facoltà di Sc. MM. FF. NN. Dipartimento di Scienze Geologiche e Paleontologiche. Università degli Studi di Ferrara.
- MANTOVANI P., PANIZZA M., PIACENTE S., SEMENZA E., 1976 - *L'Alpago (Prealpi Bellunesi): geologia, geomorfologia, nivoplanimetria*. Boll. Soc. Geol. Ital. Roma, 95: 1589-1656.
- MARTINIS B., 1993 - *La Storia Geologica del Friuli*. La Nuova Base Editrice Udine: 13-247.
- PELLEGRINI G. B., ZANFERRARI A., 1980 - *Inquadramento strutturale ed evoluzione neotettonica dell'area compresa nei Fogli 23 Belluno, 22 Feltre, 24 Maniago*. Pubbl. 356, 359, 396. Contributi preliminari alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia n 356.
- PETTENATI F., SIROVICH L., 2004 - *Source inversion of intensity patterns of earthquakes: a destructive shock in 1936 in the northeast Italy*. Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale. Borgo Grotta Gigante. Trieste. Journal of Geophysical Research, 109, B 10309: 1-16.
- PINATO GABRIELI C., 2005 - *Movimenti crostali in Friuli Venezia Giulia da osservazioni geodetiche spaziali e clino - estensimetriche*. Tesi di Laurea in Geodesia. Facoltà di SS. MM. FF. NN. Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Trieste.
- PINATO GABRIELI C., BRAITENBERG C., NAGY I., ZULIANI D., 2006 - *Tilting and horizontal movement at and across the northern border of the Adria plate*, Accepted, Jaen Symposium 2005, in: Geodetic Monitoring Deformations: from Geophysical to Engineering roles, Edts. Gil A.J. e Sansò F. IAG Symposium Springer Verlag, 1: 131.
- ZANFERRARI A., 1973 - *Osservazioni geologiche sui terreni attraversati dalle gallerie dell'autostrada Alemagna presso Vitt. Veneto. Significato dei dati in rapporto alla tettonica del margine meridionale del Cansiglio*. Mem. Soc. Geol. Ital. Roma, 12: 529-548.
- ZANFERRARI A., 1973 - *Sulla terminazione occidentale del sovrascorrimento periadriatico (piega-faglia periadriatica auct.) nelle Prealpi Carniche*. Boll. Soc. Geol. It., 93: 33-46.
- ZANFERRARI A., PIANETTI F., MATTANA U., DALL'ARCHE L., TONIELLO V., 1980 - *Evoluzione neotettonica e schema strutturale dell'area compresa nei Fogli 38 Conegliano, 37 Bassano del Grappa, 39 Pordenone*. Progetto Finalizzato Geodinamica C.N.R. Contributi preliminari alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia n 356.
- ZANFERRARI A., MARCHESINI C., 2000 - *La rete geodetica di Caneva (Friuli Occidentale): misura delle deformazioni in atto sul fronte della Catena Sud alpina orientale*. 80° riunione Società Geologica Italiana, 6 - 8 settembre 2000, Trieste.
- WINTERER E.L., BOSELLINI A., 1980 - *Subsidence and sedimentation on Jurassic passive continental margin, Southern Alps, Italy*. Istituto di Geologia Università di Ferrara, Pubbl. 151.



Atti e Memorie della Commissione Grotte "E. Boegan"	Vol. 41	pp. 121-139	Trieste, 15 giugno 2007
-----------------------------------------------------	---------	-------------	-------------------------

ELIO POLLI (\*)

## **ASPETTI VEGETAZIONALI DEL "FONTANON DI GORIUDA" NELL'ALTA VAL RACCOLANA (ALPI GIULIE OCCIDENTALI – GRUPPO DEL CANIN)**

### **RIASSUNTO**

*Nel presente contributo vengono presi in considerazione gli aspetti speleovegetazionali del "Fontanon di Goriuda" (20/1 Fr), poderosa risorgiva che, con flusso perenne, sgorga alla q. di 868 m dal versante orografico sinistro dell'Alta Val Raccolana, presso la località di Sella Nevea (Massiccio calcareo-dolomitico del Canin, Alpi Giulie Occidentali) nel Comune di Chiusaforte, in provincia di Udine (Italia). Dopo una premessa sulla configurazione geomorfologia e climatica dell'ambiente, sulle indagini botaniche del territorio e sulle vicende storico-esplorative dell'ipogeo in oggetto, viene specificatamente analizzata la situazione vegetazionale che si sussegue nell'ampia caverna d'accesso, a partire dalla zona circostante sino al suo interno, ove la radiazione luminosa si attenua, smorzandosi del tutto. Vengono di conseguenza riportate le principali entità della flora vascolare che colonizzano le relative fasce di vegetazione (zone "liminare", "subliminare", "suboscura" ed "oscura") che si alternano nella galleria iniziale dell'ipogeo, lunga un'ottantina di metri e dall'andamento pressoché orizzontale. Ne vengono evidenziate quelle di più importante pregio botanico, influenzate dalle particolari locali condizioni meteorologiche. Si prospetta, nella parte conclusiva del lavoro, il quadro vegetazionale, con le specie di maggior rilievo, dell'ambiente circostante l'imponente cascata che il "Fontanon" determina più a valle, presso la località di "Pian della Sega".*

### **SUMMARY**

#### **VEGETATIONAL REMARKS ON THE RESURGENCE CAVE "FONTANON DI GORIUDA" IN THE RACCOLANA VALLEY (JULIAN ALPS, MT. CANIN)**

*The present work refers to the speleovegetation of the "Fontanon di Goriuda", a powerful resurgence which, with a perennial stream, gushes out at the altitude of 868 metres, from the left orographical slope of the High Raccolana Valley, nearby the locality of Sella Nevea (calcareous-dolomitic massif of Mt. Canin, Western Julian Alps) in the municipal land of Chiusaforte, province of Udine (Italy). After a previous statement on the geomorphological and climatic outline of the environment, on the botanical territorial research and the historical-explorative events of the investigated hypogeous, the vegetational situation is specifically analysed. It develops in the wide entry cave, from the surrounding zone to its inside, where the light weaks, quite damping. The most important taxa of the vascular flora colonizing the respective vegetation bands ("liminal", "subliminal", "subdark" and*

(\*) Commissione Grotte "Eugenio Boegan", Società Alpina delle Giulie, C. A. I., Via Donota 2, I-34121 Trieste, e-mail: epoll@katamail.com

“dark”) and alternating in the initial underground passage of the hypogeous, 80 metres long and with an almost horizontal course, are therefore reported. The botanically most valuable taxa, being under the influence of the local meteoroclimatic conditions, are underlined. In the final part of the work, the vegetational outlines, with the most important taxa of the environment surrounding the imposing cascade generated by the “Fontanon” while falling downhill, nearby the locality “Pian della Sega”, are pointed out.

## IZVLEČEK

### PRISPEVEK PRIKAZUJE SPELEOVEGETACIJSKE ZNAČILNOSTI IZVIRNE JAME «FONTANON DI GORIUDA».

*Gre za mogočen izvir s stalnim tokom na nadmorski višini 868 m na levi orografski strani zgornje doline Reklanice v bližini Nevejskega sedla (Kaninsko pogorje, Zahodne Julijske Alpe) v občini Chiusaforte (Kluže) v pokrajini Udine (Videm), Italia. Uvod opisuje geomorfologijo kraja, njegovo klimo, dosedanje botanične raziskave, ter zgodovino raziskav jame s posebnim ozirom na rastlinje, ki si sledi od velike vhodne votline do notranjih delov kjer naravna osvetlitev polagoma slabi, dokler ne popolnoma izgine. Delo opisuje glavne rastlinske vrste, ki se nahajajo v sledečih pasovih: osvetljen, delno osvetljen, skoraj temen in temen, ki si sledijo v vhodnem delu votline, ki je skupno dolg okoli osemdeset metrov in ki je v glavnem vodoraven. Predvsem so opisane botanično bolj zanimive rastline, ki so močno odvisne od lokalnih metereoloških in klimatskih razmer. V zaključku delo prikazuje splošen pogled na prisotno rastlinstvo v okolici mogočnega slapa, ki se nahaja pod »Fontanomom« v bližini kraja »Pian della Sega«.*

## Premesse

Scopo essenziale del presente contributo è quello di delineare gli aspetti vegetazionali dell'ambiente in cui si apre il “Fontanon di Goriuda” (Fr 1) e, in modo specifico, esaminare la flora che colonizza la singolare risorgiva, a partire dall'antro d'accesso (zona “liminare”) sino al tratto della galleria in cui s'attenuano del tutto le radiazioni luminose (zona “oscura”). Nella prima parte del lavoro vengono considerate le principali caratteristiche climatiche della zona. Successivamente sono descritti i limiti geografici e morfologici e le caratteristiche geologiche.

Viene fatto inoltre un riassunto generale delle principali esplorazioni speleologiche ed una descrizione dei principali sistemi sotterranei.

A conclusione del lavoro viene presa in considerazione la particolare situazione vegetazionale che si sviluppa nell'imponente antro del fontanone e che è influenzata dalla maestosa cascata.

## Cenni climatici del territorio

Pur tenendo conto delle marcate diversificazioni microclimatiche, il Massiccio del Canin, con la Val Raccolana a NW, si può inquadrare nella zona climatica prealpina “resiana”. Essa è caratterizzata da una temperatura media annua generalmente compresa fra gli 8° ed i 12°C. E ciò, sotto l'aspetto fitogeografico, fa rientrare tale territorio nel distretto “esalpico julico” o “esojulico” (POLDINI, 1989). Per la Val Raccolana, mentre il mese più freddo risulta gennaio con un valore medio mensile di 2,8°C, quelli più caldi si rivelano luglio ed agosto con valori medi mensili di 19,1°C.

Le elevate precipitazioni, che si aggirano dai 2800 ai 3200 mm annui, collocano tale territorio fra le zone a massima piovosità europea (GENTILI, 1964). Le punte più alte si registrano in corrispondenza della catena dei Monti Musi (3300 mm annui). Le precipitazioni di massima intensità avvengono in novembre ed in maggio-giugno, quelle minime sia in gennaio-febbraio che in luglio-agosto. La forte piovosità, dovuta alle particolari condizioni geografiche del territorio, compensa l'eccessiva permeabilità dei terreni di natura calcareo-dolomitica e così pure l'aridità superficiale, causata dall'azione costante dei venti e delle brezze. Tutto ciò trova qui un favorevole equilibrio per la flora e la vegetazione, comportando un notevole abbassamento dei limiti altimetrici (valutabile sui 400 m), cui concorrono pure l'alta nuvolosità e la conseguente scarsa eliofanìa. Il fenomeno dell'anomalo abbassamento dei limiti altimetrici non riguarda soltanto i vegetali, ma anche gli animali, quali ad esempio i Lepidotteri (MORANDINI, 1979).

Il limite orografico delle nevi perenni non corrisponde qui al loro limite climatico, ma è determinato dall'esposizione a nord, al riparo ed all'ombra di strapiombanti pareti. Queste circostanze hanno condizionato, per un lungo periodo di tempo, la conservazione dei ghiacciai. Tale situazione tuttavia, a causa dell'attuale evoluzione climatica, è in fase di evidente mutamento, soprattutto in questi ultimi decenni, per cui i ghiacciai vanno progressivamente riducendosi sia in estensione che in spessore; appaiono inoltre singolari per la bassa quota (2200 m) cui fondono le loro fronti.

Il ghiacciaio del Canin, il più orientale di quelli italiani e di tutto l'arco alpino, è stato palestra di osservazioni e di studi per tre generazioni di geografi friulani: Savorgnan di Brazzà (1852-1905), Olinto Marinelli (1874-1926), Giovan Battista De Gasperi (1892-1916), Egidio Feruglio (1897-1954) e Ardito Desio (1897-2001).

### **Limiti geografici e morfologici**

Il Fontanon di Goriuda sgorga, alla quota di 868 m, dal versante orografico sinistro dell'Alta Val Raccolana, a settentrione del gruppo del Monte Canin. Tale massiccio, che presenta una direzione generale secondo E – W e che culmina nel Canin Alto (2587 m), appartiene al sistema delle Alpi Giulie Occidentali. Esso consiste in una potente massa calcareo-dolomitica delimitata a nord dalle valli fluvio-glaciali del torrente Raccolana, a nord-est dal Rio del Lago, ad est dal torrente Coritenza (Koritnica), a sud dal corso dell'Isonzo, a sud-ovest dal torrente Resia e ad ovest dal fiume Fella. Lungo la linea di cresta principale decorre il confine di Stato con la Repubblica di Slovenia.

La successione stratigrafica della compagine, costituita quasi esclusivamente da termini mesozoici (Triassico sup., Giurassico e Cretacico sup.), mette in evidenza uno spessore complessivo superiore ai 5000 m. Lungo il limite geografico settentrionale, ove peraltro si manifestano alcuni complessi eruttivi, vi figurano pure sedimenti del Permico sup. (Calcarea a *Bellerophon*). Sono pure presenti, in limitati affioramenti, depositi quaternari (morene, detriti di falda e alluvioni).

Nelle zone dell'altipiano, ove hanno sede i principali fenomeni carsici superficiali e profondi (campi carreggiati, vasche di corrosione, solchi di dissoluzione, crepacci, "glaz-zèris", imbuti assorbenti, pozzi, abissi, meandri, sifoni e laghi sotterranei), affiorano estesamente le formazioni "calcaree del Dachstein" (Norico-Retico, 200 milioni di anni, con potenza superiore ai 900 m e ad alto grado di solubilità), coperte a tratti da lembi calcarei giurassici e cretacicci. Il complesso carbonatico poggia su un potente zoccolo di Dolomia Principale del Norico (Triassico sup.), rappresentata da una "facies" di dolomia cristallina e calcari dolomitici grigio-chiari. Tale "facies" è messa alla luce, a quota inferiore, dall'incisione del Canale di Raccolana. Le formazioni più diffuse sono quelle dolomitiche:

costituiscono infatti alcuni dei maggiori rilievi delle Alpi Giulie Occidentali, quali il Mangart (2677 m) e lo Jof di Montasio (2753 m). La zolla carbonatica risulta inoltre suddivisa in due monoclinali: quella settentrionale - cui corrispondono le zone di altipiano presenti nel versante italiano del massiccio - con direzione E-W ed immersione a nord e quella meridionale a sud.

L'altipiano compreso fra il Monte Sart (2324 m) ed il Poviz (1978 m) è invece costituito da una grande piastra di calcari del Lias inferiore e medio (potenza di 120 m), molto più compatti e di formazione più recente; sono rappresentati da rocce generalmente consistenti, bianche, grigiastre e rosate, in più punti magistralmente cesellate dall'erosione. Si tratta di un ambiente carsico d'alta quota, esasperato nell'aridità e nell'intensità dei fenomeni superficiali ed ipogei al cui sviluppo dovrebbe aver contribuito, in una certa misura, l'ultima glaciazione würmiana.

### **Esplorazioni speleologiche nel territorio**

Nel massiccio del Canin, una delle zone carsiche europee di maggior rilevanza, sono state esplorate oltre 1000 cavità. Alcune di esse, classificate come grotte di "tipo alpino" e che superano i 900 m di profondità, devono la loro conformazione ad una serie di fenomeni, legati alla presenza di ghiaccio e neve. In effetti, le lingue di ghiaccio, all'interno delle grotte, hanno trasportato grandi quantità di detriti a notevoli profondità. In un secondo tempo l'azione dei ghiacciai, erodendo il fondovalle, ha tagliato i fianchi della montagna, portando alla luce cavità che prima erano celate all'interno dei complessi montuosi. A tali fenomeni è in particolare ricollegabile il Fontanon di Goriuda, dal quale il flusso acqueo erompe da un antro posto ad una quota visibilmente più elevata dell'attuale fondovalle.

L'esplorazione speleologica nel massiccio del Canin iniziò, sotto l'aspetto prettamente pionieristico, alla fine dell'Ottocento. Dal 13 al 15 agosto del 1888 il goriziano Carlo Seppenhofer (appartenente alla Società Alpinisti Triestini) salì sul Canin, assieme a tre consoci di Trieste e di quattro della S.A.F. di Udine. Nel passo della relazione in cui viene descritto il Fontanon di Goriuda, Seppenhofer ricorda che *"il nominato Fontanone è alimentato dai ghiacciai del Canin e l'acqua ne è frigidissima"*.

In modo più organico, l'esplorazione speleologica nel territorio si sviluppò ai primi del Novecento (1910-1915) con le ricerche di Giovan Battista de Gasperi, il primo a scandagliare, sul Col delle Erbe e sul Foran del Muss, una decina di pozzi naturali. Va successivamente ricordato Franco Anelli (1899-1977) che vi rilevò alcuni crepacci di profondità superiore ai 20 m. Lo scoppio della Prima Guerra Mondiale fece cessare del tutto le esplorazioni a carattere speleologico nella zona. Esse ripresero soltanto negli Anni Sessanta, soprattutto al fine di individuare gli accessi di quelle cavità che rifornivano di acqua le poderose risorgive a valle. Fu così che nel 1963 la Commissione Grotte "Eugenio Boegan", della Società Alpina delle Giulie, iniziò una avventura esplorativa che condusse alla scoperta di un sistema carsico eccezionalmente sviluppato con abissi complessi, grandi profondità ed enormi sviluppi di gallerie. Tra questi l'abisso Gortani con una profondità di 935 metri.

Ricerche ed esplorazioni, effettuate in tempi successivi e che si protrassero sino a quelli attuali, hanno consentito di individuare una fittissima rete di inghiottitoi, abissi, pozzi, voragini e cavità, situate tutte fra i 1800 ed i 2000 m d'altitudine. Esse drenano le acque piovane o di fusione delle nevi, convogliandole nelle sorgenti che caratterizzano la Val Raccolana, circa 1000 m più in basso. Il complesso più importante in oggetto è quello del Col delle Erbe (1988 m).

Il "Complesso del Col delle Erbe" (con un'estensione globale di 38209), include - fra quelli più rilevanti - l'abisso Gianni Venturi, l'Abisso Enrico Davanzo, l'Abisso Marino Vianello e il già citato Abisso Michele Gortani.

Di particolare rilievo risulta anche il “Complesso del Foran del Muss”. Esteso per 18000 m e profondo al massimo 1100 m, comprendente molti abissi e pozzi, fra i quali l’Abisso Emilio Comici, l’Abisso Giovanni Mornig, l’Abisso Carlo Seppenhofer e la Grotta Dobra Picka.

A questi due complessi si aggiungono, per la loro importanza, quelli del Col Sclaf, delle Casere Goriuda, del Paolo Fonda-Laricetto e del Bila Pec.

Vanno ancora segnalati sul Massiccio, fra quelli più conosciuti e di maggior spicco, gli abissi: Led Zeppelin, Prez, Martini, Boegan, De Gasperi e Picciola.

In tempi recenti sono stati esplorati ulteriori ipogei, anche nell’area situata sul versante sloveno, il più profondo dei quali, l’abisso Ceki, giunge alla profondità di – 1370 m.

Poiché le esplorazioni degli ambienti ipogei sono tuttora in atto, con l’individuazione - relativamente agevolata dalla rapida fusione di numerosi nevai presenti sul fondo di pozzi e doline - di altre importanti cavità, si può affermare come il Canin costituisca attualmente una delle più rilevanti ed interessanti aree speleologiche esistenti, sia per l’aspetto geomorfologico che da un punto di vista strettamente applicato (risorgive e risorse idrogeologiche).

La struttura del Canin presenta infatti nove importanti sorgenti perenni di varia portata ed una serie di sorgenti temporanee con funzione di troppo pieno.

Esistono anche delle risorgenze in sub-alveo e la maggior parte di queste è situata presso la Valle di Rio del Lago e la Val Raccolana.

Limitatamente all’area nord occidentale del massiccio, un complicato sistema di reticoli carsici, dello sviluppo di una cinquantina di chilometri, drena le acque soprattutto verso il Fontanone di Goriuda.

Il rilevamento dei livelli di gallerie con il riconoscimento delle morfologie freatiche abbandonate ha consentito di mettere in evidenza, per questa area, la presenza di più livelli fondamentali, livelli che sono relativi ad altrettanti stadi di incarsimento e di abbassamento progressivo della falda idrica..

### **Indagini botaniche nel territorio**

Nel Friuli, le prime esplorazioni botaniche si ebbero a partire dalla metà del XV secolo: fra i precursori si segnalano soprattutto Pier Andrea Mattioli (1501-1577) e Antonio Micheli (1679-1737). Eseguite con basi scientifiche attendibili, le indagini iniziarono soltanto dopo la metà del 1700 e, fra i vari botanici e naturalisti, sono da citare il modenese Giovanni Girolamo Zannichelli (1662-1729), il veronese Pietro Arduino (1729-1805), Giovanni Antonio Scopoli (1723-1788), il pontebbano Giovanni Marsili (1727-1795), il gesuita Francesco Saverio de Wulfen (1728-1805), il bretone Balthasar Hacquet (1739-1815), il marchese di Francia Palamede de Suffren (nato a Chalons nella prima metà del XVIII sec.), il gradiscano Giovanni Brignoli di Brunhoff (1774-1857), l’abate Leonardo Brumati (1774-1855), l’udinese Giuseppe Carlo Cernazai (1773-1849), il padovano Giovanni Mazzuccato (1787-1814), l’abate Giuseppe Berini (1746-1831), il parroco di Amaro Leonardo Antonio Morassi (1809-1863), Otto Sendter (1813-1859), Muzio Giuseppe Spirito de Tommasini (1794-1879) e Vincenzo Manzini (1859-1961). Fra gli altri naturalisti, con vocazione prettamente botanica, vanno ancora citati Adriano Fiori, A. Cohors, G. Tacconi e Camillo Marinoni. È da ricordare pure il triestino Carlo de’Marchesetti (1850-1926) che effettuò alcune escursioni botaniche sulle Prealpi Giulie, pubblicandone i resoconti.

Più in particolare, fra gli indagatori botanici della Val Raccolana e del massiccio del Canin, vanno cronologicamente menzionati il farmacista udinese Francesco Comelli (1793-1852), il dignanese Giulio Andrea Pirona (1822-1895), Antonio Kerner von Ma-

rilaun (1831-1898), il veneziano Ettore De Toni (1858-1925) ed Otto (Ottone) Penzig (1856-1929).

E proprio quest'ultimo botanico, affiliato all'Università di Genova, ebbe l'opportunità di soggiornare per parecchie settimane a Chiusaforte ed a Nevea alla fine del 1800. Poté di conseguenza raccogliere un cospicuo numero di piante (555 *taxa*), tanto da consentirgli di compilare, nel 1894, una Flòrula della Valle di Raccolana. Olinto Marinelli (1874-1926), ispiratore della fondazione del Circolo Speleologico di Udine) vi aggiunse, al nome scientifico delle singole piante ed ov'era possibile, quello volgare. Utilizzò, a tale scopo, il "*Florae forojuliensis Syllabus*" (pubblicato nel 1855 e contenente oltre 2064 Fanerogame delle Prealpi Giulie) del dignanese Giulio Andrea Pirona (1822-1895), unitamente al Dizionario Friulano e ad altri contributi.

All'inizio del 1900, e precisamente fra il 1905 ed il 1906, un notevole impulso alle ricerche botaniche del territorio venne fornito da Luigi (1850-1908) e Michele Gortani (1883-1966) con la pubblicazione della loro "Flora Friulana". A quest'ultima vennero successivamente aggiunte numerose note: nel 1924-25 da parte di Giovanni Marinelli e nel 1981 ad opera di Giovanni Fornaciari (1907-1991). Quasi contemporaneamente, l'arteniese Giovanni Crichiutti (1863-1923) pubblicava la "Florula della Valle di Raccolana e del gruppo del Monte Canin", frutto di varie erborizzazioni effettuate, nel corso del 1904-1905, in prevalenza sul versante settentrionale del Massiccio.

A partire dagli anni sessanta, il territorio in oggetto è stato pure variamente considerato dagli studiosi dell'Istituto di Botanica dell'Università di Trieste, in particolare da Duilio Lausi, Sandro Pignatti e Livio Poldini. Fra i contributi relativamente recenti e significativi, vanno ancora segnalati quelli di Paolo Paiero, di U. Wolf, di F. Černic, di Paolo Londero, di Fabrizio Martini, di Walter Simonetti e di Giuliano Mainardis. Fra gli studiosi di altre nazionalità sono da citare, per i loro originali contributi in merito, gli sloveni Ernest Mayer, L. Marinček e Tone Wraber nonché l'austriaco Helmut Melzer.

## **Il Fontanon di Goriuda e le relative vicende storico-esplorative**

Il Fontanon di Goriuda (Fig 1), situato al contatto fra la formazione della "Dolomia Principale" e quella calcarea del "*Dachstein*", è una poderosa risorgiva perenne di portata variabile, che consente alle acque del sovrastante altipiano del Canin di riaffiorare nella Val Raccolana. Lo alimentano le acque di precipitazione e quelle di fusione delle nevi e dei ghiacciai di due conche: quella più alta, situata fra il Bila Pec (2146 m), il M. Canin (Alto Visoki, 2587 m) e la Sella di Grubia (Peravo, 2040 m), e quella più bassa del Foran del Muss (1800 m), percorsa dal Sentiero Segnavie CAI N. 645.

L'ingresso della scaturigine – classificabile quale sorgente di emergenza carsica di interstrato - già segnato sulla Tav. I. G. M. "M. Canin" (1910) e noto da tempo ai ricercatori del C. S. I. F., non risultava tuttavia indagato, neppure in parte, sino agli Anni '60.

Con il delinarsi dell'importanza dell'imponente fenomeno speleologico del sovrastante altipiano, la Commissione Grotte "E. Boegan" avviò nel 1959 le esplorazioni nella risorgiva, il cui primo tratto è rappresentato da una galleria d'interstrato, ad andamento diritto e con la volta piatta, lunga circa 80 m, alta 3 m e larga dai 4 ai 6 m, completamente occupata dal corso d'acqua.

Le esplorazioni successive, che proseguono tuttora, hanno permesso alla CGEB di raggiungere notevoli risultati nonostante le difficoltà incontrate nel superamento dei sifoni.

Ad oggi la risorgiva è stata esplorata per uno sviluppo di 434 m ma non si escludono ulteriori possibilità di avanzamento.



Fig. 1 – Fontanon di Goriuda: al confine fra la fascia “liminare” e quella “subliminare”. Nella semioscurità, alla piante vascolari subentrano, quasi incontrastate, le Briofite. (Foto Elio Polli)

Sempre nell’ambito delle ricerche sulla circolazione idrica sotterranea della zona, esperimenti effettuati con l’immissione della fluoresceina accertarono nel 1968 la continuità delle acque che scorrono nell’Abisso Boegan con il Fontanon di Goriuda, (separati da 500 m di dislivello) ma non con quelle del versante di Plezzo. Analoghe indagini, effettuate nel Gortani l’anno successivo, dettero esito negativo. Una segnalazione da parte di speleologi jugoslavi prospettava la possibilità di una comunicazione tra il Gortani e le risorgenti della Conca di Plezzo sul versante est del Canin. Vennero di conseguenza ripetuti gli esperimenti nel corso di una spedizione effettuata nell’agosto del 1972, con risultati che si rivelarono positivi per il Fontanon.

### **Analisi delle fasce di vegetazione che si susseguono nella risorgiva**

Riferendosi al Progetto Cartografico Europeo (EHRENDORFER F. & HAMANN U., 1965), la zona del Fontanon di Goriuda rientra nell’Area di base 96/46 (“Monte Canin”). L’ambiente in cui si apre la cavità è contraddistinto da una faggeta altimontana a dentarie (*Dentario pentaphylli-Fagetum* MAYER ET HOFMANN 69), che subentra a quella submontana a primula e ad orchidee (*Hacquetio epipactido-Fagetum* KOSIR 62), presente a quote inferiori.

L’*Abieti-fagetum*, l’associazione arborea più ipsofila delle nostre Alpi e che conclude di norma la vegetazione arborea, è caratterizzata, come in tutte le faggete d’alta quota, dall’abbondanza delle megaforie, specie solitamente presenti in ambienti freschi e umidi, su suoli ricchi di nitrati. Fra queste, si segnalano *Adenostyles alliariae/alliariae*, *Cicerbita alpina*, *Saxifraga rotundifolia/rotundifolia* e *Doronicum austriacum*.

Salendo lungo il Sentiero N. 645, in direzione del Fontanon di Goriuda e che, proseguendo, porta alle Casere Goriuda di Sotto e di Sopra (q. 1404 m), la vegetazione, oltre



Fig. 2 – La rigogliosa e varia vegetazione che si sviluppa sugli esuberanti massi, lungo le umbratili cenge e negli umidi anfratti delle stillanti pareti che immettono nell'antro d'accesso del Fontanon. (Foto Elio Polli)

che da *Fagus sylvatica/sylvatica* dominante, è costituita da varie specie, fra le quali si possono individuare *Aruncus dioicus*, *Daphne mezereum*, *Hacquetia epipactis*, *Hepatica nobilis*, *Oxalis acetosella*, *Veronica urticifolia*, *V. chamaedrys/chamaedrys*, *Lamium montanum* (= *L. galeobdolon*), *Vincetoxicum hirundinaria/hirundinaria*, *Galium odoratum*, *Neottia nidus-avis*, *Dactylorhiza fuchsii/fuchsii*, *Erica carnea/carnea*, *Geranium robertianum/robertianum*, *G. phaeum/phaeum*, *Homogyne sylvestris*, *Rhododendron hirsutum*, *Thalictrum aquilegifolium/aquilegifolium* e *Laburnum alpinum*.

### Flora e vegetazione dell'antro d'accesso

1 - Zona circostante l'ingresso - La vegetazione arboreo-arbustiva risulta qui (Foto 2) essenzialmente costituita da *Fagus sylvatica/sylvatica*, *Acer pseudoplatanus*, *Sorbus aucuparia/aucuparia*, *Laburnum alpinum*, *Aruncus dioicus*, *Clematis alpina/alpina*, *Rhododendron hirsutum*, *Rosa pendulina* e *Rubus idaeus*. Sporadicamente è pure presente *Ostrya carpinifolia*, salita da quote più basse. Nello strato erbaceo, fra le specie più caratteristiche, si sviluppano *Daphne mezereum*, *Chaerophyllum hirsutum/hirsutum*, *Angelica sylvestris*, *Cirsium erisithales*, *Campanula trachelium/trachelium*, *Geranium robertianum/robertianum*, *G. macrorrhizum*, *Lunaria rediviva*, *Aconitum lycoctonum/lycoctonum*, *Gentiana asclepiadea*, *Epilobium montanum*, *Aposeris foetida*, *Lamium flavidum*, *Senecio nemorensis* (= *S. fuchsii*). Nell'ambito delle Pteridofite, relativamente diffuse appaiono *Asplenium trichomanes*, *Cystopteris fragilis* e *Polystichum aculeatum*.

Negli anfratti rocciosi e sulle cenge delle pareti, situate soprattutto sulla sinistra dell'ingresso della caverna d'accesso, si sviluppano numerose specie, appartenenti al rupi-





Fig. 3 – Nella rigogliosità della vegetazione che si sviluppa all’ingresso del Fontanon primeggiano, nell’accentuata luminosità, *Chaerophyllum hirsutum/hirsutum*, *Viola biflora/biflora*, *Veronica urticifolia*, *Betonica alopecurus* e l’ubiquitario *Asplenium trichomanes* qui frammisto ad *A. viride*. (Foto Elio Polli)

colo *Spiraeo-Potentilletum caulescentis* POLDINI 73, cenosi generalmente legata alle pareti calcaree e che, considerata la sua notevole termofilia, può scendere a quota anche molto modeste (200-300 m) e raramente spingersi oltre i 1500-1800 m d’altitudine. Oltre a quelle caratteristiche della cenosi (*Spiraea decumbens/decumbens*, scoperta sul M. Amariana da Balthasar Hacquet e *Potentilla caulescens/caulescens*), si rinvencono qui altre specie che, in alcuni casi, provengono da formazioni limitrofe. Fra le entità presenti vanno citate *Physoplexis comosa*, *Aster bellidiastrum*, *Aquilegia einseleana*, *Anemone trifolia*, *Phyteuma scheuchzeri/columnae*, *Pinguicola alpina*, *Kernera saxatilis/saxatilis*, *Rhamnus pumilus*, *Campanula carnica/carnica*, *Erica carnea/carnea*, *Cystopteris fragilis*, *C. regia*, *Gymnocarpium robertianum*, *Adenostyles glabra/glabra*, *Viola biflora*, *Silene pudibunda*. Un’evidente nicchia ospita *Geranium macrorrhizum*, *Gymnocarpium robertianum*, *Mycelis muralis*, *Viola biflora*, *Valeriana elongata*, *V. saxatilis*, *Angelica sylvestris*, *Carex mucronata*, *Sesleria caerulea/caerulea*, *S. varia*, *Globularia cordifolia/cordifolia*.

Nelle immediate adiacenze, oltre alle precedenti specie, si possono ancora riconoscere *Rhamnus pumila*, *Pinguicola alpina*, *Tofieldia calyculata*, *Kernera saxatilis/saxatilis*, *Aquilegia einseleana*, *Saxifraga rotundifolia/rotundifolia*, *S. incrustata*, *Aster bellidiastrum*, *Daphne mezereum*, *Peucedanum verticillare*, *Valeriana elongata*, *V. saxatilis*, *V. wallrothii*, *Paederota lutea*, *Moehringia muscosa*, *Gentiana asclepiadea*, *Cyclamen purpurascens/purpurascens*, *Gymnocarpium robertianum*, *Polystichum aculeatum*, *Carex mucronata*, *Asplenium trichomanes* e *A. viride*.

Sulla roccia sovrastante il portale d’accesso spicca ancora *Potentilla caulescens/caulescens* cui s’aggrega *Valeriana saxatilis*. Sull’evidente gradino roccioso, situato pochi metri davanti all’ingresso, trovano un ottimale *habitat* di sviluppo *Veronica urticifolia*,



Fig. 4 – L'esteso antro, che si evolve nella zona retrostante la maestosa cascata, ospita una variegata e lussureggiante vegetazione dai connotati prettamente igrofilo. (Foto Elio Polli)

*Adenostyles alliariae/alliariae*, *Viola biflora*, *Poa bulbosa*, *Saxifraga rotundifolia/rotundifolia*, *Saxifraga stellaris/robusta*, *Petasites albus* e varie specie di *Hieracium* fra cui *H. porrifolium*.

2 - Zona “liminare” – Entrando nell’atrio (imboccatura di 6 x 8 m) si avverte immediatamente come le condizioni microclimatiche mutino rispetto a quelle esterne: la temperatura diminuisce rapidamente e l’umidità aumenta vistosamente. Nei primi 5-6 m, ove nel corso della giornata le radiazioni luminose riescono ancora a penetrare in varia misura a seconda delle stagioni, si sono insediate *Betonica alopecuros*, *Chaerophyllum hirsutum/hirsutum*, *Geranium macrorrhizum*, *Thalictrum aquilegifolium/aquilegifolium*, *T. minus/minus*, *Mycelis muralis*, *Veronica urticifolia*, *Pinguicula alpina*, *Viola biflora* (Foto 3). Fra le Pteridofite, si segnala qui la buona presenza di *Asplenium viride* e *Gymnocarpium robertianum*. Fra le Briofite, prevale *Conocephalum conicum*.

3 - Zona “subliminare” – Ancora più all’interno, dai 6 ai 10 m, ove le Briofite iniziano ad avere una netta preminenza, si spingono ancora *Veronica urticifolia*, *Chaerophyllum hirsutum/hirsutum*, *Asplenium viride*, *Viola biflora*, *Aconitum degeni/paniculatum*, *Asplenium trichomanes*, *Adenostyles alliariae/alliariae*, *Mycelis muralis* (4 -5 m) ed *Urtica dioica*.

Sul marcato ripiano, che decorre a destra della caverna, si sviluppa in modo ottimale *Arabis alpina/alpina*. Alcuni massi, sparsi lungo il flusso acqueo della risorgiva, ospitano *Asplenium trichomanes* e *Cystopteris fragilis*.

Si possono identificare in questo ambiente alcune Briofite appartenenti ai generi *Distichium*, *Eurynchium* e *Mnium*.

4 - Zona “suboscura” – In questa zona, che si addentra dai 10 ai 40 m all’interno e nella quale l’illuminazione progressivamente va a smorzarsi, la vegetazione a carattere vascolare è costituita da poche specie. Sui massi emergenti e sulle pareti delimitanti la cavità si sviluppa ancora qualche rara fronda di *Cystopteris fragilis* e di *Asplenium viride*. Una drastica rarefazione avviene per le specie presenti nelle precedenti zone, per cui solo sporadicamente, nei siti loro maggiormente consoni, si sono insediate ancora *Arabis alpina/alpina* e *Chaerophyllum hirsutum/hirsutum*.

5 - Zona “oscura” – Comprende la parte terminale della galleria, a partire dai 40 m dall’ingresso. Sono scomparse del tutto le piante vascolari ed è possibile individuare soltanto alcune briofite. Patine algali (*Cianoficeae*), di aspetto viscido o gelatinoso, costituiscono, assieme ai Cianobatteri, i colonizzatori primari di tali substrati.

### Aspetti vegetazionali della cascata del “Fontanon di Goriuda”

La maestosa ed imponente cascata (Fig. 4), che il Fontanon determina 170 m più a valle alla quota di 700 m, mette in evidenza un interessante e rigoglioso ambiente vegetazionale. Spettacolare per l’enorme portata, soprattutto durante la fase del disgelo, essa si delinea improvvisamente sulla destra della strada, costruita nel 1933 e che, dopo aver attraversato più volte il torrente Raccolana, risale fra incombenti versanti dirupati, incisi da profonde gole, giungendo in località “Pian della Sega” (685 m).

L’ampio riparo sotto roccia retrostante la cascata, circondato da una faggeta termofila a carattere submontano (*Hacquetio epipactido-Fagetum* KOSIR 62), è stato catastato (Fr 1724) il 10 luglio 1978 da Umberto Mikolic (GSSG).

L’ingresso, dalle dimensioni di 56 x 15 m, consente di accedere ad un vano avente uno sviluppo massimo di 14,5 m. Ad un attento esame del sito, si possono in realtà individuare tre flussi acquei che convogliano il loro contributo nel bacino sottostante. Il più occidentale di essi non precipita dalla parete sovrastante la cavità, ma da un foro della volta. Tutte le acque, provenienti da tali flussi, si raccolgono in un pittoresco laghetto, distante poche decine di metri a nord dell’imponente antro.

Per la situazione topo- e microclimatica che si determina nell’ambiente limitrofo, ed in particolare nella parte dell’antro compresa fra il flusso acqueo e la retrostante zona stillicidiosa, il sito mette in evidenza una vegetazione dai connotati marcatamente igrofilo, con valori molto elevati d’umidità.

Nell’ambiente circostante lo specchio d’acqua la vegetazione, piuttosto varia e rigogliosa, è costituita da numerose entità fra cui prevalgono, nella fascia arboreo-arbustiva, *Acer pseudoplatanus*, *Salix appendiculata*, *Salix caprea* ed *Aruncus dioicus*. In quella erbacea si sviluppano, fra le specie più evidenti, *Chaerophyllum hirsutum/hirsutum*, *Crepis paludosa*, *Cerastium fontanum*, *Laserpitium peucedanoides*, *Lamium montanum*, *L. maculatum*, *Saxifraga rotundifolia/rotundifolia*, *Aconitum lycoctonum/lycoctonum*, *A. degenti/paniculatum*, *Epilobium montanum*, *Adenostyles glabra/glabra*, *Campanula carnica/carnica*, *Crepis pyrenaica* (= *C. blattarioides*), *Molopospermum peloponnesiacum/bauhinii*, *Luzula nivea*, *Geranium robertianum/robertianum*, *G. macrorrhizum*, *Heracleum sphondylium/sphondylium*, *Erica carnea/carnea*, *Phyteuma scheuchzeri/columnnae*, *P. spicatum* s. l., *Galium mollugo* (aggr.), *Elymus caninus* v. *caninus* (= *Agropyron caninum*), *Hieracium* sp. e *Festuca* sp.

Le pareti dell’antro presentano numerose nicchie ed anfratti di varie dimensioni, sottoposti quasi tutti ad intenso stillicidio. In tale ambito, ove l’umidità assume spesso valori prossimi alla saturazione, si sviluppano *Physoplexis comosa*, *Potentilla caulescens/caulescens*, *Adenostyles alliariae/alliariae*, *Saxifraga rotundifolia/rotundifolia* (Tav. 1), *S. stella-*

ris, *S. cuneifolia/robusta*, *S. burserana*, *S. caesia*, *Geranium robertianum*, *G. macrorrhizum*, *Chaerophyllum hirsutum/hirsutum*, *Veronica urticifolia*, *Thalictrum aquilegifolium/aquilegifolium*, *Potentilla caulescens/caulescens*, *Aquilegia einseleana*, *Luzula nivea*, *Silene pusilla/pusilla*, *Valeriana saxatilis*, *Angelica sylvestris*, *Heracleum sphondylium*, *Mycelis muralis*, *Epilobium montanum*.

Fra le Pteridofite che colonizzano l'ambiente, si segnalano *Asplenium trichomanes*, *A. viride*, *Cystopteris fragilis* (poco diffusa all'esterno dell'antro) e *Gymnocarpium robertianum* cui s'aggregano *Dryopteris filix-mas* ed il più raro *Blechnum spicant*.

Nella stagione invernale la cascata costituisce un esemplare sito d'arrampicata su ghiaccio.

\* \* \*

Nella Val Raccolana affluiscono altre risorgive perenni: fra quelle più significative si ricorda il Fontanòn di Vandul (Fontanòn dei Piani, "La Fontana", 21/160 Fr, q. 705 m), scavato negli strati della Dolomia principale (Calcarei dolomitici del Trias) e che si riversa sul fianco destro della valle, ad ovest della borgata di Pian di Qua (650 m). Le acque erompono da una cavità, occupata all'ingresso da grossi massi e praticabile soltanto per una ventina di metri. Il cunicolo semiallagato in salita è stato esplorato nell'agosto del 1967 dalla Squadra Subacquea della CGEB (R. Segolin e B. Baldo) per circa 60 m. È stato di conseguenza possibile aggiornare il primo rilievo che risaliva all'11 ottobre 1964.

Parzialmente imbrigliato da uno sbarramento all'uscita della cavità per alimentare l'acquedotto di Piani, il poderoso flusso acqueo scende per varie rapide con il nome di Rio del Lavinal di Vandul, immettendosi alla fine nel Torrente Raccolana. La cavità, che si apre in ambiente di faggeta, presenta una rigogliosa vegetazione a carattere cavernicolo nella quale, oltre alle consuete specie di tale cenosi, prevalgono fra le Pteridofite *Asplenium scolopendrium/scolopendrium* e *Polystichum aculeatum*.

Nei pressi della località di Tamaroz (Saletto) esiste un'altra risorgiva, la Grotta Amelia o grotta di Pelis (3819/2099 Fr). Si tratta di un singolare ipogeo percorso da un torrente, scoperto e parzialmente esplorato negli anni sessanta dall'Associazione XXX Ottobre e ripreso in considerazione dal CAT negli Anni '80. In caso di piena, il corso d'acqua mette in evidenza una cospicua portata che, mediante una consistente cascata, riversa le acque nella Val Raccolana. La grotta è ancora in parte da esplorare (MERLAK, 1971).



Tav.1 – *Saxifraga rotundifolia/rotundifolia*.

Se ci si riferisce al Massiccio del Canin, altre risorgive perenni sono quelle della Bocca di Plezzo e la sorgente del Plusna (le cui acque sono catturate per un impianto elettrico), ubicate rispettivamente a quota 731 m e 440 m, sul versante meridionale della montagna.

Una grossa sorgente temporanea che scaturisce nell'Alta Val Resia, dalle pendici sud occidentali del Monte Sart (Pic di Sarc, 2324 m) è la "Risorgiva sotto il Monte Sart" (3501/1889 Fr). Essa drena la gran parte delle acque che s'infiltrano negli inghiottitoi carsici del Monte Sart e delle aree adiacenti, relative al Picco di Grubia (Hrubia, 2240 m), al Col Sclaf (2157 m) ed al Foran dal Muss (2009 m). Sotto l'aspetto botanico-vegetazionale l'ipogeo risulta relativamente interessante sia per gli aspetti della flora circostante l'ingresso, sia per quella propria che si sviluppa nella zona antistante l'ampia imboccatura, ma anche per quella che vi penetra per alcune decine di metri, rifugiandosi negli anfratti e negli ambienti meno illuminati, più freschi ed umidi. Sono state qui rilevate, durante la campagna effettuata nel 2002, *Cystopteris fragilis*, *Saxifraga rotundifolia/rotundifolia*, *Silene pudibunda* (= *Heliosperma quadrifidum*), *Paederota lutea*, *Asplenium viride*, *A. trichomanes* e *Viola biflora*. Quest'ultima specie, a distribuzione circumboreale, è quella che più d'ogni altra si spinge all'interno dell'ipogeo, sviluppandosi negli anfratti ed umidi della zona suboscura.

Una stazione della felce rupicola endemica *Asplenium selosii*, posta alla q. di 620 m e costituita da circa una dozzina di cespi, fu individuata da G. G. Lorenzoni il 18 marzo 1960 su rocce stillicidiose di una cascata del Rio di Costa Stretta, all'inizio della Val Raccolana. La felce, di piccole dimensioni ed esclusiva di roccia calcareo-dolomitica, colonizza tuttora nel sito alcune nicchie in ombra di pioggia manifestando la sua decisa valenza imbrifoba. Il continuo sfaldamento del tratto di roccia su cui è abbarbicato *Asplenium selosii* mette tuttavia in pericolo la sopravvivenza della felce.

### Considerazioni conclusive

La vegetazione, pur varia e rigogliosa, rilevata sia all'ingresso del Fontanon di Goriuda che nella zona circostante l'imponente cascata, non mette in rilievo entità di eccezionale o particolare interesse botanico. In ogni caso, l'analisi delle specie rilevate in tali ambienti consente di ampliare le conoscenze relative alla flora cavernicola, sia della zona considerata che di quella regionale, al punto attuale ancora poco studiata ed in fase di approfondimento.

Con la possibilità di effettuare sistematiche indagini speleo-vegetazionali di altre, fra le più significative cavità ubicate nella zona, sarebbe possibile realizzare un proficuo confronto e precisare meglio le relative situazione vegetazionale del territorio, già meritevole d'attenzione da parte degli speleologi, sia per la sua costituzione geologica che per gli aspetti del carsismo superficiale e sotterraneo che esso mette in evidenza.

### Ringraziamenti

Ringrazio Dario Marini per alcune proficue visite al Fontanon di Goriuda e ad altri singoli siti ipogei d'interesse botanico presenti nella zona circostante; Fabrizio Martini, del Dipartimento di Biologia dell'Università di Trieste, per avermi messo gentilmente a disposizione le sue precise ed estese conoscenze botaniche; Francesco Sguazzin, briologo di gran vaglia e prezioso collaboratore nelle uscite e che si è preso carico, come già in precedenza, della traduzione in inglese del riassunto del presente contributo.

Particolare gratitudine va infine a Stojan Sancin che, con la premurosa e consueta cortesia, ha curato anche in questa occasione la traduzione del riassunto stesso nella lingua slovena.

## BIBLIOGRAFIA CITATA E CONSULTATA

- , 1967 – *Notiziario speleologico*. Sottoterra, 6 (17), Bologna, ago. 1967: 38-40.
- , 1967 – *Notiziario*. Grotte, Boll. del Gr. Spel. Piemontese, 33, Torino, ago. 1967: 3-5.
- , 1967 - *Sull'altipiano del Canin il più lungo sifone d'Italia*. Lo Scarpone, 37, Milano, 16 set. 1967.
- SCHEDE CATASTO/ARCHIVIO DELLA COMMISSIONE GROTTTE "E. BOEGAN", TRIESTE.
- SCHEDE CATASTO REGIONALE DELLE GROTTTE DEL FRIULI-VENEZIA GIULIA.
- AA. VV., 1970 - *Elenco delle cavità inserite nel catasto grotte del Friuli tenuto dal Circolo Speleologico e Idrologico Friulano*: 82.
- AA. VV., 1994 - *Flora alpina nel Friuli-Venezia Giulia. Vol. 1 – Rocce e ghiaioni*. Direz. Reg. delle Foreste e dei Parchi-Reg. Aut. Friuli-Venezia Giulia, Udine.
- AA.VV., 1999 - *Il Parco Naturale delle Prealpi Giulie. 1/Geografia e paesaggio*. Coop. Utopie Concrete, Ente Parco Naturale Prealpi Giulie, Resia.
- AICHELE D., SCHWEGLER H. W., 1984 - *Unsere Moos-und Farnpflanzen*. Kosmos, Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart.
- AICHINGER J., 1909 - *Die Julischen Alpen*. Zeitschr. des Deutschen und Österreichischen Alpenverein, München, 30: 311-314.
- BALDO G., 1968 - *Note di attività subacquea*. Alpi Giulie, 63: 102-103.
- BALDO G., KOZEL A., 1968 - *Superato il Fontanon di Goriuda il sifone più lungo d'Italia*. Alpi Giulie, 63: 105-107.
- BERTARELLI L. V., BOEGAN E., 1926 - *Duemila Grotte*. Ed. T.C.I., Milano, 1926.
- BIANCHINI F., 1970 - *Flora della Regione Veronese (Parte I. Pteridofite)*. Mem. Mus. Civ. Stor. Nat.: 448-449.
- BONA E., 1994 - *Felci ed altre Pteridofite del Bacino Superiore del fiume Oglio (Lombardia Orientale. Presenza-Distribuzione-Iconografia)*. Edit. T.E., Nadro di Ceto (Bs): 1-68 + 58 Tav. iconografiche.
- BONA E., MARTINI F., NIKLFELD H., PROSSER F., 2005 - *Atlante corologico delle Pteridofite nell'Italia nordorientale (Distribution Atlas of the Pteridophytes of North-Eastern Italy)*. XCVI pubbl. del Museo Civico Rovereto, Ediz. Osiride, Rovereto: 1-239.
- BRIGNOLI DI BRUNHOFF G., 1810 - *Fasciculus rariorum plantarum forojuliensium*. Tip. Guerrini, Urbino.
- BUSCAINI G., 1974 - *Alpi Giulie. Guida dei monti d'Italia*. C.A.I.-T.C.I., Milano, 488 pp.
- CAPORIAMICO DI L., 1921 - *L'abbassamento dei limiti inferiori della vegetazione di alcune piante alpine nei dintorni di Gemona*. In Alto, 32 (1-3): 11-15.
- ČERNIC F., POLDINI L., WRABER T., 1966 - *Erborizzazioni nelle Prealpi Giulie del Torre*. Boll. Soc. Adr. Sc., 54: 5-9.
- CHIAPPA B., 1994 - *Rifugio dell'Orcolat sotto il Fontanon*. La Domenica del Messaggero, Udine 1 (10).
- COHORS A., 1963 - *Beiträge zur Flora des nordadriatischen Küstenlandes mit besonderer Berücksichtigung von Friaul, den Julischen und Karnischen Alpen*. Feddes Repert., 68 (1): 12-80.
- CRICHIUTTI G., 1898-1899 - *Piante raccolte sul M. Quarnan*. In Alto, Udine, 9: 3-6, 16-17, 25; 10: 5-6.
- CRICHIUTTI G., 1905-1909 - *Florula della Valle di Raccolana e del gruppo del Monte Canin*. In Alto, Udine: 16. 9-20, 30-42, 40-43; 18: 3-7; 20: 23-24.
- CRICHIUTTI G., 1906 - *Elenco di piante raccolte per la prima volta in Valle di Raccolana e nel gruppo del monte Canin con cenno sulla distribuzione delle piante (A) arboree*. Atti Accad. Sci. Veneto-Trentino-Istria, n. ser., 3 (1/2), Padova: 104-121.

- DE GASPERI G. B., 1910 - *Catalogo delle grotte e voragini del Friuli*. Mondo Sotterraneo, 7 (1-2): 28.
- DE GASPERI G. B., 1910 - *I nomi indicanti fenomeni carsici nella zona montuosa del Friuli*. In Alto, s. II, 21 (2): 32-33, 21 (3): 50-61.
- DE GASPERI G. B., 1911 - *I ghiacciai del Canin. Osservazioni del 1910*. In Alto, s. 2, 22 (1): 9-12.
- DE GASPERI G. B., 1913 - *Fenomeni carsici del M. Canin*. Mondo Sotterraneo, 10: 49-60.
- DE GASPERI G. B., 1915 - *Grotte e voragini del Friuli*. Mondo Sotterraneo, 11, (1-6): 7-219.
- DE TONI E., 1889 - *Note sulla Flora Friulana. Serie seconda*. Cronaca Soc. Alpina Friulana, 7-8: 131-175.
- EHRENDORFER F., HAMANN U., 1965 - *Vorschläge zu einer floristischen Kartierung von Mitteleuropa*. Ber. Deutsch. Bot. Ges., 78: 35-50.
- EHRENDORFER F. et al., 1973 - *Liste der Gefäßpflanzen Mitteleuropas*. Fisher, Stuttgart.
- FEOLI CHIAPPELLA L., POLDINI L., 1985 - *Contributi floristici del Friuli-Venezia Giulia*. Gortania, 7: 193-195.
- FERUGLIO E., 1933 - *Relazione della campagna glaciologica del 1932. Alpi Giulie, gruppo del Canin*. Boll. Com. Glaciol. It., 13: 246-250.
- FERUGLIO E., 1934 - *Relazione della campagna glaciologica del 1933. Alpi Giulie, gruppo del Canin*. Boll. Com. Glaciol. It., 14: 295-297.
- FINOCCHIARO C., 1964 - *Relazione dell'attività della Commissione Grotte "E. Boegan" nell'anno 1963*. Atti e Mem. Comm. Grotte "E. Boegan", 3: 5-12.
- FINOCCHIARO C., 1968 - *Relazione dell'attività della Commissione Grotte "E. Boegan" nell'anno 1967*. Atti e Mem. Comm. Gr. "E. Boegan", 7: 7-17.
- FINOCCHIARO C., 1971 - *Caverne e grotte della Regione Friuli-Venezia Giulia*. Encicl. Mon. del Friuli-Venezia Giulia, vol. 1, il Paese, 2: 173-190.
- FINOCCHIARO C., 1973 - *Relazione dell'attività della Commissione Grotte "E. Boegan" nell'anno 1972*. Notiz. ai Soci. Suppl. di Alpi Giulie, (2) 1973.
- FINOCCHIARO C., 1975 - *Attività della Commissione Grotte "E. Boegan"*. Atti I Conv. di Spel. del Friuli Venezia Giulia, Trieste, 8-9: 184-188.
- FIORI A., 1969 - *Nuova Flora Analitica d'Italia*. 2 voll., Edagricole, Bologna.
- FIORI A., PAOLETTI G., 1970 - *Iconographia Florae Italicae. Flora italiana illustrata*. Edagricole, Bologna.
- FORNACIARI G., 1964 - *Appunti sulla flora del Friuli. Osservazioni fatte nel 1962 e nel 1963*. Giorn. Bot. Ital., 71 (6): 596-599.
- FORNACIARI G., 1973 - *Bibliografia botanica del Friuli dalle origini al 1970*. Atti Acc. Sc. Lett. Art., s. 7, 11.
- GALLI M., 1986 - *I sentieri montani del Friuli-Venezia Giulia*. Lint, Trieste.
- GAMS I., 1974 - *KRAS. Zgodovinski, naravoslovni in geografski oris*. Izdala Slovenska Matica, Ljubljana: 1-360.
- GASPARO F., 1982 - *Relazione sugli esperimenti di marcatura delle acque finora effettuati nelle cavità del Gruppo del Monte Canin (Alpi Giulie Occidentali)*. Atti e Mem. Comm. Grotte "E. Boegan", 21: 41-45.
- GASPARO F., 1983 - *Note sul fenomeno carsico nel massiccio del Monte Canin (Alpi Giulie Occidentali, Italia)*. Atti Conv. Int. sul Carso di Alta Montagna, Imperia aprile-maggio 1982, 1: 427-435.
- GASPARO F., GUIDI P., 1972 - *Le più profonde cavità del Friuli-Venezia Giulia*. Spel. Emiliana, serie II, anno 4, n. 7: 37-48.
- GASPARO F., GUIDI P., 1977 - *Dati catastali delle prime mille grotte del Friuli*. Suppl. al n. 16 di Atti Mem. Comm. Gr. "E. Boegan", 116 pp.

- GENTILI J., 1964 - *Il Friuli. I climi*. Cam. Comm. Ind. Agr., Udine.
- GOBBO G. & POLDINI L., 2005 - *La diversità floristica del Parco delle Prealpi Giulie. Atlante Corologico*. Reg. Aut. F.V.G.-Parco Nat. delle Prealpi Giulie – Univ. St. Trieste, Dip. Biologia, 363 pp.
- GORTANI L. & M., 1905-06 - *Flora friulana con speciale riguardo alla Carnia*. Forni, Bologna.
- GORTANI M., 1925 - *La Carnia ed il Canal del Ferro. Parte seconda. Descrizioni locali ed itinerari*. Guida della Carnia e del Canal del Ferro: 225-704.
- GORTANI M., 1981 - *Supplemento a "Flora Friulana con speciale riguardo alla Carnia". Note postume a cura di G. Fornaciari*. Pubbl. n. 29. Ed. Mus. Friul. St. Nat., Udine: 1-172.
- GUIDI P., 1966 - *Campagne speleologiche sul M. Canin*. Rass. Spel. It., 18 (3-4): 185.
- GUIDI P., 1969 - *Alcune cavità del Monte Canin*. Estr. da: Rass. Spel. Ital., Anno XXI, Fasc. 1-4.
- GUIDI P., 1972 - *Coloranti al Gortani e al Davanzo*. Notiz. Soc. Spel. It., s. 2,3 (6): 2.
- GUIDI P., 1973 - *Appunti di bibliografia speleologica friulana*. Mondo Sotterraneo, 73: 56-77.
- GUIDI P., 1981 - *Uno speleologo d'altri tempi. Carlo Seppenhofer*. Sopra e sotto il Carso, Boll. del C.R.C. Seppenhofer: 7-10.
- GUIDI P., 1997 - *Bibliografia speleologica del Friuli*. Circolo Spel. e Idrol. Friul. – Udine. Prov. di Udine, Ass. all'Ecologia. Litho Stampa, Pasion di Prato, 344 pp.
- GUIDI P., 2005 - *Indici di Mondo Sotterraneo (1904-2003)*. Suppl. a Mondo Sott., n. s., Anno XXVIII, Arti Graf. Friul., Udine, 190 pp.
- GUIDI P., KOZEL A., 1965 - *Attività della Sez. Sommozzatori della Commissione Grotte "E. Boegan"*. Rass. Spel. It., 17 (1/4): 91.
- GUIDI P., NUSSDORFER G., 1987 - *Cento anni di ricerche in grotte sul Monte Canin: storia delle esplorazioni e risultati conoscitivi*. Il Carso 1986, n. s., 4: 9-27.
- HACQUET B., 1778-1779 - *Oryctographia Carniolica*. Lipsiae.
- HEGI G., 1912-1987 - *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*. Band I-VII, München.
- IVANCICH A., 1926 - *La Flora cavernicola*. In: *Duemila Grotte*. Ed. T.C.I., Milano: 35-46.
- JAHNS H. M., 1982 - *Farne, Moose, Flechten Mittel-, Nord- und Westeuropas*. BLV Bestimmungsbuch München Wien Zurich.
- JOGAN N., 2001 - *Gradivo za Atlas flore Slovenije (Materials for the Atlas of Flora of Slovenia)*. Center za Kartografijo Favne in Flore.
- KERNER DI MARILAUN A., 1871 - *Novae plantarum species, Decas I-III*. Innsbruck.
- KERNER DI MARILAUN A., 1895 - *La vita delle piante*. Vol. Secondo: *Storia delle Piante*. Torino, Un. Tip. Editr., 947 pp.
- KOZEL A., GUIDI P., 1966 - *Speleologia subacquea*. Alpi Giulie N. 61.
- KREMER B. P., MUHLE H., 1991 - *Flechten, Moose, Farne*. Mosaik Verlag: 260 pp.
- LAUSI D., PIGNATTI S. & POLDINI L., 1978 - *Carta della vegetazione dell'Alto Friuli. Zona colpita dai terremoti del maggio-settembre 1976*. AQ/1/3, C.N.R., Roma.
- LORENZI A., 1899 - *Intorno ai limiti altimetrici die fenomeni fisici e biologici nelle regioni centrali e periferiche delle Alpi*. In Alto, 10 (5): 67-68.
- LORENZONI G. G., 1960 - *Una nuova stazione di Asplenium selosii Leyb. Nella Val Raccolana (Friuli). Contributo alla flora del Friuli Orientale* – Soc. Bot. It., Nuovo Giorn. Bot. It., n. s., vol. LXVII, n. 1-2: 311-319.



- LORENZONI G. G., 1967 - *Flora e vegetazione del Friuli nord-orientale*. Tip. Fulvio, Udine.
- MAATSCH R., 1980 - *Das Buch der Freilandfarne*. Verlag Paul Parey: 92-96.
- MAINARDIS G., 1999 - *Il Parco Naturale delle Prealpi Giulie. 4/Flora*. Coop. Utopie Concrete, Com. coord. Parco Naturale Prealpi Giulie, Resia.
- MAINARDIS G., 2001 - *Atlante illustrato della flora del Parco delle Prealpi Giulie. Regione Auton. Friuli-Ven. Giulia – Parco Naturale delle Prealpi Giulie*, 462 pp.
- MAINARDIS G., CANDOLINI R., 2001 - *Osservazioni naturalistiche sul territorio di Gemona*. Estr. da: Glemone, 78° Congr. Soc. Fil. Furl, 23 sett. 2001, Arti Graf. Fulvio, Tavagnacco (Ud): 15-44.
- MAINARDIS G., SIMONETTI G., 1990 - *Flora delle Prealpi Giulie Nord-Occidentali tra il Fiume Tagliamento ed il Gruppo del Monte Canin*. Gortania-Atti Mus. Friul. St. Nat, 12: 31-236.
- MARINELLI G., 1894 - *Descrizioni locali ed itinerari. Guida del Friuli, II*. Guida del Canal del Ferro, S.A.F. ed.: 189-320.
- MARINELLI O. et al., 1912 - *Guida delle Prealpi Giulie*. Soc. Alp. Friul., Tip. M. Ricci, Firenze.
- MARINELLI O., 1924-25 - *Guida della Carnia e del Canal del Ferro*. Nuova Ediz. a cura di M. Gortani, Udine-Tolmezzo, 726 pp.
- MARINI D., 1964 - *Abisso Eugenio Boegan (M. Canin)*. Alpi Giulie, 59: 27-40.
- MARINI D., 1964 - *Esplorazioni della Commissione Grotte "E. Boegan" sull'altipiano carsico del M. Canin (Alpi Giulie)*. Rass. Spel. It., 16 (1/2): 117-118.
- MARINI D., 1988 - *14 luglio 1963, inizio di una storia*. Progressione 20, 11 (2): 4-7.
- MARINI D., GALLI M., 1983 - *Alpi Giulie Occidentali. Escursioni e salite*. Soc. Alpina delle Giulie, Sez. C.A.I. di Trieste: 1-346.
- MARTINČIČ A., SUŠNIK F., 1984 - *Mala Flora Slovenije*. Praprotnice in semenke. Država založba Slovenije, Ljubljana.
- MARTINI F., 1987 - *L'endemismo vegetale nel Friuli-Venezia Giulia*. Biogeographia, 13: 339-399.
- MARTINI F., 1987 - *Appunti sulla flora delle Alpi Friulane e del loro avanterra*. Gortania, Atti Mus. Friul. Storia Nat., 6 (84): 147-174.
- MARTINIS B., 1946 - *Le variazioni dei ghiacciai del Canin e del Montasio dal 1938 al 1946*. In Alto, s. 2, num. un.: 14-20.
- MARTINIS B., 1971 - *Geologia generale e geomorfologia del Friuli-Venezia Giulia*. Enc. Monogr. del Fr.-Ven. Giulia, 1 (1).
- MAYER E. A., 1923 - *Raccolana*. Deutsche Hausbücherei, Band 81, Wien.
- MELZER H., 1984 - *Beiträge zur Flora von Friaul-Julisch Venetien und angrenzen der Gebiete (Italien, Jugoslawien)*. Gortania – Atti Mus. Friul. St. Nat., 6: 175-190.
- MERLAK E., 1971 - *Problemi esplorativi e idrologici della Grotta di Pelis nel Gruppo del Montasio (Alpi Giulie)*. Bollettino del Gruppo Grotte dell'Ass. XXX Ott. Sez. C.A.I. Trieste, 1(1): 14-16.
- MORANDINI C., 1979 - *L'abbassamento dei limiti altimetrici dei fenomeni fisici e biologici in Friuli, con particolare riguardo alle Prealpi Carniche e Giulie, visto nelle sue cause*. Comune Ud., Mus. Friul. Stor. Nat.-Ud., Pubbl. N. 28. Estr. da: Boll. Civ. Istituz. Cult. N. 12-16, Graf. Fulvio spa: 3-15.

- MUSCIO G., 1991 - *Carsismo ed idrologia sotterranea*. Guida del Friuli, VII. Val Canale, Ed. S.A.F.: 89-102.
- NUSSDORFER G., 1982 - *Indagine sui maggiori fenomeni ipogei della regione Friuli-Venezia Giulia*. Atti II Conv. Triveneto di Spel., Monfalcone: 61-71.
- NUSSDORFER G., 2005 - *Le maggiori cavità del Friuli Venezia Giulia al 31.12.2005*. Progressione 52, Anno 28, n. 1-2: 47-49.
- OBERDORFER E., 1990 - *Pflanzensoziologische Excursions Flora*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- POLLI E., 1999 - *Storia delle ricerche speleobotaniche sul Carso classico*. Atti e Mem. Comm. Gr. "E. Boegan", 36: 27-42.
- POLLI E., 2001 - *Ricerche speleobotaniche sul Carso triestino e classico: il punto sulle attuali conoscenze*. Atti Incontro Internaz. di Speleologia Bora 2000, Federaz. Spel. Triestina: 41-56.
- POLLI E., 2004 - *Aspetti vegetazionali della Risorgiva sotto il Monte Sart (3501/1889 FR) – In: Spedizione Speleosubacquea Resia 2002–Immersi nella leggenda*. Monte Sart-Val Resia (Ud): 42-48.
- POLLI E., 2005 - *Elenco della flora citata*. In: *Indici di Mondo Sotterraneo (1904-2003). Parte Sesta*. Suppl. Mondo Sott. (n.s. 28): 175-187.
- POLLI S., 1971 - *Il clima della Regione* - Encicl. Monogr. del Friuli-Venezia Giulia, Vol. I, il Paese, Parte I, Udine: 442-488.
- POLLI E., SGUAZZIN F., 2002 - *Flora vascolare e briologica delle grotte Foran di Landri (11/46 Fr) e Foran des Aganis (122/48 Fr)*. Contributo alla speleoflora del Friuli-Venezia Giulia. Gortania - Atti Mus. Friul Stor. Nat., 23: 93-112.
- POSPICHAL E., 1898 - *Flora des Oesterreichischen Küstenlandes*. 2 (1), Leipzig u. Wien.
- SAVORGAN DI BRAZZA' G., 1883 - *Studi alpini fatti nella Valle di Raccolana. (Alpi Giulie Occidentali)*. Boll. Soc. Geogr. It., s. 2.a, 8 (3/4): 186-212 e 269-283.
- SCOPOLI J. A., 1760-1772 - *Flora Carniolica*. I ed. (1760), Wien, 448 pp – 2.a ed. Wien, 496 pp.
- SEPPENHOFFER C., 1893 - *Una salita del Canino dall'Ursic*. Atti e Mem. Soc. Alpina delle Giulie, 1887-1892: 161-168.
- SGOBINO F., 1988 - *Piano di Conservazione e Sviluppo del Parco Naturale n. 3 delle Prealpi Giulie*. Relazione geologica. Com. Montana Gemonese, Gemona del Friuli.
- SGOBINO F., 1994 - *Il Parco Naturale delle Prealpi Giulie. 2/Geologia e clima*. Coop. Utopie Concrete, Com. coord. Parco Naturale Prealpi Giulie, Resia.
- SGUAZZIN F., POLLI E., 2000 - *Contributo per un approfondimento delle conoscenze sulla flora briologica e vascolare delle Zelške Jame (576 S) – Grotta del principe Ugo di Windischgraetz (119 VG), nel Rakov Škocjan (Rio dei Gamberi, Slovenia)*. Atti e Mem. Comm. Gr. "E. Boegan", 37: 125-141.
- SGUAZZIN F., POLLI E., 2001 - *Flora vascolare e briologica delle grotte Foran di Landri (11/46 Fr) e Foran des Aganis (122/48 Fr)*. Contributo alla speleoflora del Friuli-Venezia Giulia. Gortania – Atti Museo Friul. di Storia Nat., 23, Udine: 93-112.
- SIMONETTI G., 1997 - *Il Parco Naturale delle Prealpi Giulie. 3/Vegetazione*. Coop. Utopie Concrete, Com. coord. Parco Naturale Prealpi Giulie, Resia.
- SIMONETTI G., MAINARDIS G., 1997 - *Carta della vegetazione delle Prealpi Giulie nord-occidentali tra il Fiume Tagliamento ed il Gruppo del Monte Canin*. Gortania, Atti Mus. Friul. St. Nat., vol. 18 (1996), Udine: 111-160.
- SOSTER M., 2001 - *Identikit delle Felci d'Italia. Guida al riconoscimento delle Pteridofite italiane*. Valsesia Editrice: 304 pp.
- STABILE L., 1968 - *Raggiunto il fondo dell'Abisso Boegan*. Alpi Giulie, 63: 96-98.

- TACCONI G., 1892 - *Uno sguardo alla flora del bacino del Fella*. In Alto, Cron. Soc. Alp. Friul., 3, Udine: 49-55.
- TOMMASINI M., 1839 - *Ueber das Alyssum petraeum Ard.* Flora Allgem. Bot. Zeitung, XXII (2), Regensburg: 497-505.
- TOMMASINI M., 1840 - *Ausflüge aus die Bergen Sbeunize in Istrien, Matajur und Canin-Alpen in Görzischen und in das Trenta Thal.* Flora Allgem. Bot. Zeitung, Anno XXIII (2), Regensburg: 637-640.
- TURCO S., 1987 - *Il massiccio del Canin e le Alpi Giulie.* Grotte ed Abissi del Friuli. Prov. Ud. Ed., Premariacco: 85-98.
- TUTIN T. G., HEYWOOD V. H. et al., 1964-1980 - *Flora Europaea 1-5.* The University Press, Cambridge.
- VENCHI F., 1971 - *Fontanon di Goriuda: via d'acqua nel cuore del Canin.* Alpi Giulie, 66, Trieste 1971: 110-114.
- WRABER T., 1964 - *Floristične novosti iz Juljskih alp.* Biol. Vestnik, 12: 97-108.
- WRABER T., 1978 - *Alpine Vegetation der Julischen Alpen.* Mittl. Ostalp.-Din. Ges. F. vegetkde., 14, Ljubliana.
- WULFEN F. S., 1805 - *Plantarum rariorum descriptiones.* Arch. für Botanik, III, Lipsiaea.
- ZANGHERI P., 1976 - *Flora italica.* Cedam, Padova.
- ZENARI S., 1957 - *Flora escursionistica.* Libr. Ed. Internaz. Zannoni, Padova.
- ZUCCARELLO V., 1983 - *Analisi indiretta di gradienti ecologici sulla vegetazione alpina e nivale (Gruppo del M. Canin, Alpi Giulie).* Tesi di laurea in Sc. Biologiche, Univ. Studi Trieste.



## INDICE

Premessa al XLI volume	Pag.	3
------------------------	------	---

### MEMORIE

GRILLO B.: Contributo alle conoscenze idrogeologiche dell'altopiano del Cansiglio	”	5
BUSSANI A.: Atmospheric tide effects in a Trieste Karst cave: preliminary results	”	17
De WAELE J.: Impatto ambientale di attività antropiche sulle aree carsiche in Sardegna	”	25
SHAW T. R.: The classical Karst and its caves as known to the rest of the world before 1914	”	47
SGAZZIN F.: Briofite raccolte nell'ambito della grotta risorgiva del Fontanon di Goriuda (Alpi Giulie occidentali)	”	65
MERLAK E.: Studio di una sorgente nel Flysch dei Colli Birchini (Slope – Matarsko Podolje – Slovenia)	”	75
PARISE M.: Pericolosità geomorfologica in ambiente carsico: le gravine dell'arco ionico tarantino	”	81
GASPARO F.: Note su <i>Tegenaria percuriosa</i> Brignoli, 1972, con descrizione del maschio (Araneae, Agelenidae)	”	95
BRAITEMBERG C., GRILLO B., NAGY I., ZIDARICH S., PICCIN A.: La stazione geodetica – geofisica ipogea del Bus della Genziana – Pian Cansiglio	”	105
POLLI E.: Aspetti vegetazionali del “Fontanon di Goriuda” nell'alta Val Raccolana (Alpi Giulie – Gruppo del Canin)	”	121





