

SOCIETÀ ALPINA DELLE GIULIE
SEZIONE DI TRIESTE DEL CLUB ALPINO ITALIANO

ATTI E MEMORIE

della

Commissione Grotte "Eugenio Boegan,"

Volume XX

1980

TRIESTE 1981

SOCIETÀ ALPINA DELLE GIULIE
SEZIONE DI TRIESTE DEL CLUB ALPINO ITALIANO

ATTI E MEMORIE

della

Commissione Grotte "Eugenio Boegan,"

Volume XX

1980

TUTTI I DIRITTI RISERVATI

Direttore responsabile: Carlo Finocchiaro

Editrice: Società Alpina delle Giulie - Trieste — Stampato presso la Tipografia Nazionale - Trieste
Autorizzazione del Tribunale di Trieste N. 333 del 7 - 12 - 1966

ATTI

**RELAZIONE
DELL'ATTIVITÀ DELLA COMMISSIONE GROTTE «E. BOEGAN»
NELL'ANNO 1980**

tenuta nel corso dell'Assemblea Ordinaria dei Soci
il giorno 20 febbraio 1981

Cari Consoci,

alcuni giorni fa è scomparso Renato Timeus che ha condiviso, da protagonista, le sorti dell'Alpina si può dire dall'inizio del secolo. Fu un uomo semplice, retto, cordiale. Amò la città in cui visse, gli Alpini fra cui, volontario, combattè la prima guerra mondiale, l'Alpina delle Giulie che considerò la Sua seconda famiglia, la montagna che illustrò in tutte le sue caratteristiche con preziosa opera di fotografo. Quando fu Presidente dell'Alpina volle conoscere meglio l'attività della Commissione Grotte e chiese di esserne socio: lo avemmo fra noi nelle cene sociali fin quando l'età glielo permise. Per l'Alpina è un simbolo, per noi tutti un esempio.

Grotta Gigante

Senza toccare le punte delle oltre 100.000 persone del 1978, rispetto al 1979 si è registrato un aumento del flusso turistico nella Grotta Gigante di circa il 10%, aumento che statisticamente risulta finora normale. Di fronte agli 84.822 visitatori di due anni fa, l'anno scorso abbiamo registrato 92.323 ingressi, di cui le comitive scolastiche rappresentano quasi la metà. Il tempestivo adeguamento delle tariffe, meno sensibile per gli studenti, ci ha permesso comunque di chiudere il bilancio con un buon attivo, tale da poter accantonare i fondi per futuri lavori e per quelle manifestazioni per il centenario dell'Alpina, di cui stiamo studiando le possibilità concrete.

Il Museo è stato riaperto dopo i lavori di restauro ed è stato eseguito qualche altro lavoro di migliore sistemazione dell'impianto elettrico esterno. Nessun altro lavoro di importanza è stato fatto nè all'esterno nè all'interno della Grotta, ma devo aggiungere che, lamentando l'anno scorso il faticoso iter amministrativo per avere a disposizione il contributo regionale dei lavori ufficialmente terminati nel marzo 1979, non ritenevamo che si dovesse arrivare ormai al febbraio del 1981 senza risultati, pur avendo presentato i documenti un anno fa.

Tale situazione si ripercuote negativamente sui nostri bilanci poichè oltre ad aver pagato alla Ditta anche gli interessi per la rateizzazione, riceveremo denaro che ha perduto potere di acquisto e non compensato, almeno in parte, da quegli interessi che il deposito in banca ci avrebbe fruttato.

Riprenderemo comunque l'opera per completare i lavori iniziati alla Grotta Gigante in una situazione che le recenti disposizioni della Regione ci permettono di considerare finanziariamente più favorevoli.

Catasto

I cambiamenti avvenuti al vertice dell'Assessorato Attività Culturali non ha certo agevolato l'iter amministrativo, già difficile, della legge speleologica, rifinanziata appena alla fine dell'anno, nè della Convenzione per la gestione del Catasto. Ritenuto inattuabile per ragioni burocratiche il progetto di una copia microfilmata del Catasto da depositare a Villa Manin, i fondi sono stati diversamente destinati.

Abbiamo proposto un piano a lunga scadenza per rifare le posizioni delle grotte sulle carte tecniche al 5.000 e ci siamo impegnati a stampare ogni anno gli aggiornamenti catastali del Friuli e della Venezia Giulia. Lavoro quest'ultimo che stavamo facendo con i nostri fondi destinati alle pubblicazioni, ma che da quest'anno dovrà avere maggiore regolarità. E' stato intanto iniziato sul Carso Triestino il lavoro per le posizioni delle grotte sulle carte al 5.000.

Per quanto sia difficile prevedere quando i fondi stanziati saranno messi a disposizione, il Catasto ha continuato a funzionare regolarmente. Nel periodo gennaio - ottobre 1980, data in cui diamo relazione alla Regione del lavoro fatto, sono state catastate 155 grotte con tutti i dati indispensabili. La Commissione Grotte ha contribuito con 53 cavità naturali di cui 17 nella Venezia Giulia e 36 nel Friuli. Pertanto il patrimonio speleologico noto nel Friuli - Venezia Giulia assomma a 3.386 cavità.

Congressi a Manifestazioni

Dal 28 al 30 marzo si è svolto il Symposium Internazionale sul tema dell'utilizzazione delle aree carsiche.

La Commissione Grotte, in piena collaborazione con l'Università di Trieste che ha messo a disposizione le sue strutture, ha sostenuto anche il peso finanziario del Convegno, alleviato da un contributo di L. 7.500.000 della Regione e di 500 mila del Commissariato del Governo. Siamo grati al Comune di Trieste che ha offerto un rinfresco nelle sale del Museo Revoltella, all'Azienda Autonoma di Soggiorno e Turismo per il pranzo offerto al Castello di San Giusto, alla Cassa di Risparmio che ha messo a disposizione le cartelle dei Congressisti, ai funzionari della ACEGA che hanno fatto da guida preziosa

agli impianti dell'Acquedotto del Timavo. Le relazioni ufficiali, tenute da esperti cultori di speleologia in campo internazionale espressamente invitati dal Presidente dell'Unione Internazionale di Speleologia, dott. Arrigo Cigna, non hanno certamente esaurito i problemi derivanti dal tema, ma con la pubblicazione negli «Atti» di altri lavori presentati alla Segreteria del Symposium riteniamo sarà dato un panorama più vasto dell'argomento, del resto nuovo nei congressi di speleologia. Resterà a nostro carico il costo della stampa degli Atti, ma confidiamo che almeno in parte sarà possibile recuperarlo.

Dal 21 al 28 settembre si è tenuta a Sofia la prima Conferenza Europea di Speleologia, come sollecitato al Congresso Internazionale di Sheffield. La metà dei 26 membri della delegazione italiana erano soci della Commissione Grotte, giovani soprattutto che hanno voluto ricambiare la visita a Trieste nel 1979 degli speleologi bulgari. Se i giovani hanno potuto visitare parecchie grotte delle zone carsiche della Bulgaria, i più anziani sono stati impegnati in relazioni e nella partecipazione ai lavori di Commissione. Il presidente della Commissione Grotte ha diretto la riunione del Dipartimento dell'U.I.S. per l'insegnamento della Speleologia ed ha preso parte alla riunione della Commissione per la protezione delle grotte; Pino Guidi, nella sua veste di Vicepresidente della Commissione Prevenzione e Soccorso dell'U.I.S., ha presieduto le riunioni dedicate alle tecniche. Vivo interesse ha destato la dimostrazione di uso dei materiali nella progressione a sola corda e di soccorso uomo a uomo, in cui gli speleologi della Commissione Grotte hanno dato prova di perizia.

Due nostri soci hanno preso parte ad un convegno organizzato dagli speleologi della Germania Orientale a Dresda con lo scopo di scambiare informazioni sulle tecniche più moderne di soccorso in grotta.

Ai convegni organizzati in Italia, buona è stata la partecipazione nostra alla rassegna «Immagini dalle Grotte», organizzato nell'ottobre al nuovo Centro Nazionale di Speleologia di Costacciaro, vicino a Gubbio. Si sono visti dei buoni film anche didattici.

Attiva è stata anche la nostra presenza al Convegno organizzato ad Ancona sul tema «La speleologia come realtà sociale»: realtà vecchia discussa con termini nuovi. Nè è mancata la contrapposizione tra Scuole C.A.I. e Scuole S.S.I.

Pubblicazioni

Dal XIX numero di Atti e Memorie si potrebbe dire che è interamente speleologico, riguarda cioè esclusivamente fenomeni legati al carsismo sotterraneo e superficiale. Riteniamo sia di interesse eccezionale il lavoro di Guidi, Marini e Perotti sulle Stufe Vaporose del Monte Kronio, conseguente alla ultima spedizione di cui abbiamo accennato lo scorso anno. E' un lavoro di sintesi di ben 7 spedizioni che si sono succedute dal 1942 al 1979 e che hanno portato alla conoscenza di un complesso sotterraneo di notevole esten-

sione e profondità, dove le condizioni ambientali rendono le esplorazioni estremamente difficoltose. Con la nota del nostro socio onorario Sante Tinè è stato fatto il punto dei dati di fatto e delle ipotesi che si possono avanzare.

Di Fabio Forti sono presenti due lavori. Il primo, sulla base dei concetti di potenziale ed energia carsogenetica collegati con la scala di carsificabilità, dallo stesso autore già in precedenza illustrata, porta alla proposta di una classificazione per la rappresentazione cartografica del grado di energia carsogenetica; il secondo approfondisce le osservazioni sulla dissoluzione sotterranea nelle doline.

Dopo una relazione preliminare sul fenomeno carsico nel territorio di Cassano Jonio, Gasparo conclude lo studio sulla zona con la indagine morfologica delle cavità esplorate e rilevate.

Chiude il volume le aggiunte e revisioni della bibliografia relativa alla Commissione Grotte fino al 1979, dovute alla pazienza ed all'esperienza di Guidi.

Con la consueta regolarità, grazie all'opera di Gasparo, è stato pubblicato il Bollettino annuale della Stazione meteorologica di Borgo Grotta Gigante. Le rilevazioni ed i dati che se ne ricavano appaiono sempre più importanti per studi di particolari aspetti del fenomeno carsico superficiale e sotterraneo.

Sono apparsi ancora due numeri, il 4 ed il 5, di *Progressione*. E' una rivista che ha destato interesse negli ambienti speleologici, soprattutto per qualche articolo e per i dati più recenti che porta. L'avevamo definita la rivista dei più giovani, ma anche i meno giovani vi trovano motivi di spazi. E si può dire che così la rivista appare più equilibrata. Personalmente vorrei qui ripetere che «*Progressione*» non ha da far polemiche neppure di risposta, e non si deve ridurre ad esercizi puramente letterari.

Non è un appunto per quanto è stato finora fatto, ma per ricordare ancora gli scopi ed anche i limiti che ci siamo imposti nel dar l'avvio alla pubblicazione.

Attività

Un nuovo elemento di studio si è inserito nella costante collaborazione con l'Istituto di Geologia e Paleontologia dell'Università di Trieste. Con uno strumento realizzato dal nostro socio Diquil, in grado di controllare variazioni di centesimi di millimetro, si sono iniziate le misurazioni della degradazione meteorica sui vari litotipi del Carso triestino. Contemporaneamente, e con lo stesso strumento, si stanno misurando l'accrescimento di alcune stalammiti nella Grotta Gigante in rapporto con lo stillicidio. I dati pluviometrici esterni, e per la Grotta Gigante lo studio da parte della Facoltà di Scienze sulla chimica delle acque di percolazione, daranno un quadro più completo sui fattori che agiscono sui due fenomeni cui si sta indagando. In correlazione con le misure quantitative della degradazione meteorica sui calcari del Carso,

L'Istituto di Geologia e Paleontologia dell'Università ha sistemato nei pressi della Stazione Meteorologica di Borgo Grotta Gigante 40 campioni di varie rocce del Carso, di uguali dimensioni, sistemati all'aperto in modo da essere esposti agli agenti atmosferici. Verranno posti ogni 6 mesi ed infine studiati sia dal punto di vista chimico che petrografico.

Naturalmente per avere dei dati significativi il ciclo di ricerche dovrà durare 5 anni.

Un altro tipo di attività per la Commissione Grotte non meno importante è la ricerca di nuove cavità sul Carso triestino ad opera di quella squadra di «anziani» che opera ormai ininterrottamente da alcuni anni ed a cui da qualche tempo collabora anche qualche giovane. Si tratta quasi sempre di grotte in cui bisogna procedere a lavori di disostruzione esterni ed interni e di allargamento, reso più agevole dal nuovo mezzo acquistato dalla Commissione. Se si considera che sono state esplorate e rilevate ben 21 nuove cavità e che di altre quattro è stato revisionato il rilievo, bisogna concludere che la squadra ha lavorato con tenacia ottenendo anche alcuni significativi risultati, come nella revisione della 824 VG dove, allargando una fessura sul fondo del pozzo di metri 28 fino allora conosciuto e demolendo altre strettoie, si è raggiunta la profondità di 125 metri. Da segnalare la ricerca sul terreno per l'interpretazione dei dati geoelettrici e fotografici di zone più calde, in una particolare parte dell'area dal Trattato di Osimo destinata a zona franca industriale. Possiamo soltanto dire che ai dati strumentali non si è trovato rispondenza sul terreno.

Ricordiamo ancora le ricerche in campo biologico cui sono stati interessati studiosi italiani e stranieri.

Nel Friuli è continuata intensa l'attività di ricognizioni e di esplorazioni, attività quest'ultima che richiede, per le nuove tecniche in uso, l'impiego di pochi speleologi. C'è ormai una tendenza alla formazione di piccoli gruppi che agiscono in aree preferenziali.

Nelle Grotte di La Val, nel tentativo di collegarle con le Grotte del Noglar, siamo stati preceduti dagli speleologi della Società Adriatica di Scienze, facilitati dal poter operare discendendo da una diramazione del Noglar, essendosi dovuti arrestare a pochi metri dalla congiunzione i nostri sforzi per superare il difficile camino del Ramo dell'Affluente.

Non hanno dato apprezzabili risultati le arrampicate sui camini della Grotta del Lago, nel Cansiglio; nei pressi del Landri Scur è stato rilevato un piccolo pozzo mentre sono proseguiti nella zona di Claut le battute di zona ed il controllo delle posizioni.

Nell'area del Canin sono proseguite le ricerche sul Poviz e su Cima Mogenza. Sul Poviz, tra giugno e luglio sono stati esplorati e rilevati un abisso di 290 metri e 7 piccoli pozzi di 20-30 metri. Varie altre ricognizioni non hanno dato risultati degni di nota. Nell'area di Cima Mogenza è stato esplorato un pozzo contrassegnato U.70 che a 190 metri termina con un'ostruzione di ghiaccio. Continuando le ricognizioni all'M21, da una diramazione sopra il pozzo di metri 90 si è raggiunta la profondità di metri 420.

Nella Grotta del Ghiaccio, sotto il Bila Pec, alcune arrampicate hanno lasciato intravedere ulteriori proseguimenti.

Intense sono state le ricognizioni nel Gortani per continuare le esplorazioni, non concluse, di alcune diramazioni. Si deve ritenere impossibile la prosecuzione nella diramazione del fondo; la Galleria del Fango termina con un pozzo di metri 35 che sbocca sul fondo; è accertata l'esistenza di una nuova galleria di circa 300 metri.

All'attività svolta in Regione, si deve aggiungere la campagna effettuata in ottobre, su invito dell'Amministrazione comunale di Cassano allo Jonio, nella Grotta di S. Angelo dove abbiamo avuto modo di esaminare e discutere in dettaglio la possibilità di una valorizzazione turistica della Grotta. Al ritorno, la parte giovane della spedizione ha esplorato e rilevato una interessantissima grotta nel Comune di Morano ed ha poi tentato una ricognizione esplorativa alla Grotta di Fra' Gentile sull'Alburno; le condizioni idriche della Grotta non hanno però permesso di concludere il programma. Segnaliamo ancora la collaborazione con gli speleologi di Busto Arsizio sul Monte Baldo.

Alcuni nostri soci hanno svolto grande attività che si può considerare personale, anche se nel caso della ricognizione alla Grotta di San Martino, in Lombardia è stata chiesta dal Gruppo Grotte del C.A.I. di Busto Arsizio la collaborazione della Commissione. Molte ricognizioni esplorative sono state effettuate a Piaggia Bella sul Marguareis con i Torinesi ed hanno avuto come risultato il rilevamento di un chilometro di nuove gallerie; così al Fighiera, in Toscana, sempre coi Versiliesi, sono stati esplorati 3 km di nuove diramazioni ed un pozzo di 100 metri; al B. M., ancora in Toscana, è stato rilevato un nuovo ramo laterale. Possiamo mettere fra le ricognizioni a scopo conoscitivo il Buco Cattivo nelle Marche, l'attraversata Caracas - Piaggia Bella, la Genziana dove la piena improvvisa ha messo in allarme il Corpo del Soccorso speleologico ed infine, su invito di una spedizione slovena, in Francia il Berger, la Pierre Saint-Martin, l'abisso del Creu di Chamonix.

Programma 1981

E' un programma che dobbiamo considerare aperto verso quel 1983 in cui la Società Alpina delle Giulie e quindi la Commissione Grotte, celebreranno il centesimo anniversario della fondazione. Il lavoro più significativo è certamente quello della pubblicazione che, ancora una volta, comprenderà quasi duemila grotte del Catasto della Venezia Giulia, cioè le cavità note nelle province di Trieste e Gorizia. Anche se l'impostazione rimane quella del «Duemila Grotte» del 1926, non intendiamo che il nuovo volume sia una semplice revisione. La parte generale introduttiva, allora quasi un manuale di speleologia, riguarderà strettamente il complesso geologico del Carso Triestino e goriziano visto storicamente negli studi nei vari campi della speleologia che hanno portato alle attuali conoscenze. Per questa parte del

lavoro gli studiosi delle varie discipline si sono dichiarati disponibili e si sono già messi al lavoro. La parte catastale non si presenta certamente con facili e rapide conclusioni. Abbiamo ritenuto sia necessario ridisegnare tutti i rilievi, anche per ottenere una uniformità estetica ed una chiara e facile interpretazione. Parecchie cavità dovranno essere revisionate o perchè imprecise nel rilievo, o perchè le più recenti esplorazioni hanno portato a nuove scoperte. Siamo impegnati a trasferire le posizioni delle cavità dalle tavolette al 25.000 sugli elementi della carta tecnica al 5.000, ed è un lavoro già ben avviato, ma che deve essere attuato con un lavoro sul terreno in modo da avere un quadro quanto possibile completo della cavità ancora aperte, di quelle ostruite, di quelle non rintracciabili. Il volume non sarebbe completo se non accompagnato dalla bibliografia, sia generale, sia riferita alle singole grotte. Riteniamo che particolare cura debba essere data alla documentazione fotografica, che non deve, nè lo potrebbe essere, ripetitiva della precedente monografia catastale, ma una illustrazione dei fenomeni superficiali e sotterranei segnalati nel testo. Sarà necessario pertanto organizzare una «campagna fotografica» sui temi e fenomeni che bisognerà precisare nel dettaglio. Confidiamo che materiale fotografico, anche di valore storico, sarà messo a nostra disposizione non solo dai soci e amici ma anche dai Gruppi Grotte che operano nella zona.

Non inganni la considerazione che ci sono due anni di tempo: il lavoro è lungo e difficile ed avremo bisogno di impiegare tutte le nostre migliori energie perchè la nuova pubblicazione rappresenti un momento storico della speleologia come il «Duemila Grotte» del Bertarelli e del Boegan rappresentò allora per la speleologia italiana.

Quest'opera cui siamo già impegnati, importa l'esigenza di accentrare il lavoro della Commissione Grotte nelle ricerche sul Carso, senza naturalmente dimenticare che altre zone, ed ancora il Canin in special modo, hanno motivi di grande interesse. Ed anche al di fuori del Carso bisognerà pure iniziare l'individuazione sulle nuove carte tecniche delle posizioni di altre 2.000 cavità, lavoro che auspichiamo venga fatto in collaborazione con i Gruppi Grotte che hanno svolto la loro attività in zone particolari.

Il completamento delle ricerche speleologiche sull'Alburno ed a Cassano allo Jonio non ci consente di programmare utilmente altre spedizioni nelle due zone. C'è la possibilità di individuare altre zone di interesse nell'area dell'Italia meridionale, ma c'è la necessità di ricognizioni preliminari, costose per la lontananza dell'area, e senza poter contare, almeno all'inizio, su aiuti locali anche solo a carattere logistico.

Altro lavoro impegnativo, non solo finanziariamente, è quello delle normali pubblicazioni, e intendiamo normali quelle pubblicazioni periodiche che concludono e riassumono la parte più vitale della nostra attività. Gli «Atti e Memorie» giungeranno al loro ventesimo volume e darà l'avvio a collaborazione internazionale che speriamo non sporadica, soprattutto negli studi effettuati sul Carso triestino. E' così stampa normale il «Bollettino della stazione meteorologica di Borgo Grotta Gigante», di cui è in distribuzione

il 13° volume relativo al 1980. «Progressione» sta acquistando un suo volto originale nel segnalare quell'attività esplorativa che non si può definire minore perchè è qui appunto il fondamento della Commissione Grotte. E' ormai pronto un aggiornamento catastale della Venezia Giulia e bisogna prevedere un aggiornamento del Friuli.

A questa attività editoriale, con cui diamo un contributo sostanziale alla speleologia italiana e che ci permette nel contempo di consolidare la nostra posizione internazionale, dobbiamo aggiungere quest'anno la pubblicazione degli «Atti» del Symposium internazionale sull'utilizzazione delle aree carsiche che speriamo di poter presentare entro maggio.

Fra pochi giorni si aprirà il XVI Corso Sezionale della Scuola Nazionale di Speleologia del C.A.I.. In questi ultimi tempi si è parlato molto sui problemi inerenti all'insegnamento della Speleologia, ma più sulla forma che sulla sostanza delle cose. Personalmente, ed anche per l'incarico che il C.A.I. mi ha affidato, non posso che ribadire quanto altre volte ho chiarito. Ogni Gruppo Grotte, anche all'interno del C.A.I., ha il diritto di gestire i suoi corsi nella maniera che ritiene migliore; ma se intende avvalersi della Scuola Nazionale di Speleologia del C.A.I. ha il dovere di osservarne i regolamenti i quali comunque non prescrivono che il socio C.A.I. svolga la sua attività esclusivamente nelle Sezioni e nei Gruppi Grotte C.A.I.. Se si chiederà la nostra collaborazione, la daremo purchè sia compatibile con i nostri regolamenti. Ma non si può chiedere alla Commissione Grotte di operare nè fuori nè contro il Club Alpino Italiano.

I materiali di esplorazione dopo gli ultimi acquisti ci sembrano costituire un parco di notevoli possibilità operative, ma le nuove tecniche su sola corda impongono una costante cura e sostituzioni ogni qualvolta ci sia un dubbio sulla pericolosità dell'usura.

Per quanto riguarda i Corsi di Speleologia intendiamo costituire, specialmente per quanto riguarda gli attrezzi di discesa e risalita, un parco materiale riservato appunto all'insegnamento della tecnica di esplorazione.

Resta il problema della Grotta Gigante, anzi i problemi della Grotta Gigante: ricettività esterna, completamento dell'anello dei sentieri, completamento dell'impianto elettrico. I tempi lunghi degli uffici regionali non ci consentono di programmare in un tempo determinato i lavori previsti che d'altronde impongono un onere finanziario che non siamo in grado di sostenere. Sarà pertanto necessario che ci assumiamo in proprio le spese di quelle opere che riteniamo indispensabili ed urgenti e compatibili con le nostre disponibilità di bilancio. Fra queste il piazzale di sosta per autocorriere sul terreno recentemente acquistato.

Come stiamo rivedendo il Catasto delle Grotte, dovremo ristrutturare anche il modo di ordinare l'ingente materiale raccolto che non sta più nei mobili costruiti a suo tempo con larghezza. Non è soltanto un problema di razionalizzazione degli spazi, ma di trovare nuovi spazi. Le soluzioni possibili sono due: o ci trasferiamo in una nuova sede in cui possiamo trovare dei

locali necessari, o ci impegnamo nello studio di sfruttamento razionale dei locali di questa sede in modo che sia salvaguardata la vita sociale che giornalmente vi si svolge e anche l'ingente patrimonio culturale che possediamo: il nostro Catasto Regionale, la Biblioteca, le raccolte fotografiche. Senza contare che avremo necessità di raccogliere in modo ordinato tutto il materiale fra cui scegliere gli elementi che costituiscono il nuovo «Duemila Grotte».

Continueremo nella collaborazione con l'Istituto di Geologia e Paleontologia dell'Università di Trieste sulle ricerche della dissoluzione superficiale dei calcari e sulla crescita delle stalammiti. Studi che non si possono concludere a breve scadenza e che, per questo appunto, ci impongono di mantenere in perfetta efficienza la Stazione Meteorologica di Borgo Grotta Gigante.

Cercheremo di intensificare la collaborazione con studiosi italiani e stranieri nel campo della biospeleologia, non dimenticando che a tali studi, che auspichiamo poter estendere anche alla flora sotterranea, è interessata anche l'Università di Trieste.

Sarebbe opportuna la nostra presenza ufficiale al Congresso Internazionale negli Stati Uniti. Purtroppo gli alti costi per il solo viaggio non ci consentono di parteciparvi come in altri Congressi. Poichè alcuni giovani nostri soci intendono recarsi negli Stati Uniti per l'occasione, affideremo loro l'incarico di rappresentare la Commissione Grotte.

Altri impegni, e non solo di rappresentanza, ci attendono. Saremo presenti a Borgio Verezzi nel Savonese ad un Symposium sulle grotte turistiche, parteciperemo a Motiers, in Svizzera, al Convegno degli insegnanti di speleologia di lingua francese organizzato dalla Unione Internazionale di Speleologia; daremo il nostro contributo di studi e alle discussioni che sono parte del programma del V Convegno Regionale di Speleologia.

E' un programma questo per il 1981 di non facile realizzazione. Noi siamo certi che la Commissione Grotte ha i mezzi e gli uomini per farlo.

Trieste, 20 febbraio 1981

Carlo Finocchiaro
Presidente della Commissione Grotte

MEMBRI DELLA COMMISSIONE GROTTA «EUGENIO BOEGAN»
AL 31 DICEMBRE 1980

ALBERTI Antonio
ALBERTI Giorgio
ANDREOLOTTI Sergio
BASSI Dario
BENUSSI Benno
BIANCHETTI Mario
BOEGAN Bruno
BOLE Guglielmo
BONÈ Natale
† BONGARDI Alessandro
BRANDI Edgardo
CALLIGARIS Francesco
CANDOTTI Paolo
CASALE Adelchi
COLONI Giorgio
COSMINI Bruno
COVA Bruno
COVA Mario
CUCCHI Franco
D'AMBROSI Carlo
DE DENARO Claudio
DELISE Marcello
DIQUAL Augusto
DUDA Sergio
DURNIK Fulvio
FARAONE Egizio
FERESIN Fabio
FERLETTI Ermanno
FERLUGA Tullio
FILIPAS Luciano
FINOCCHIARO Carlo
FOGAR Franco
FORTI Fabio
FORTI Fulvio
GABRIELLI Bruno
GALLI Mario
GASPARO Fulvio
GERDOL Renato
GHERBAZ Mario

GODINA Mauro
GUIDI Pino
KEMPERLE Livio
KLINGENDRATH Antonio
KOZEL Adalberto
LANDI Sabato
LEGNANI Franco
MARINI Dario
MARUSSI Antonio
MELATO Mauro
MICHELINI Daniela
ORLANDINI Gianfranco
PADOVAN Elio
PEROTTI Giulio
PESTOTTI Fabio
PRIOLO Giorgio
PRIVILEGGI Claudio
PRIVILEGGI Mario
REDIVO Bruno
RICCIARDIELLO Roberto
SAVI Glauco
SAVIO Spartaco
SEMERARO Rino
SERRA Sergio
SKABAR Miro
STABILE Livio
STEFFE' Ado
STOK Adriano
† TIMEUS Renato
TOGNOLLI Umberto
TORELLI Luigi
TRIPPARI Mario
VALLES Aldo
VENCHI Fabio
ZACCARIA Sergio
ZERIAL Mauro
ZORN Angelo
ZUCCHI Stefano

MEMBRI ONORARI

DORIA Dario
MISTRON Bruno
PINELLI Dino
POLLI Silvio

SCATURRO Alberto
SIEBERT Gerald
TINE' Sante
TROTTA Michele

CONSIGLIO DIRETTIVO PER L'ANNO 1981
eletto dall'Assemblea ordinaria del 28 febbraio 1981

FINOCCHIARO Carlo	Presidente
FORTI Fabio	Vicepresidente
DELISE Marcello	Segretario
BONE Natale	Consigliere
DIQUAL Augusto	Consigliere
GASPARO Fulvio	Consigliere
SAVI Glauco	Consigliere

INCARICHI CONFERITI DAL CONSIGLIO DIRETTIVO
(seduta dell'1 marzo 1981)

DUDA Sergio	Bibliotecario
FERLUGA Tullio	Economo
FORTI Fabio	Direttore della Grotta Gigante
GASPARO Fulvio	Direttore Staz. Met. Borgo Grotta Gigante
LEGNANI Franco	Conservatore
MARINI Dario	Curatore del Catasto VG
BIANCHETTI Mario	Magazziniere

ATTI E MEMORIE

Direttore Responsabile: FINOCCHIARO Carlo
Redazione: FORTI Fabio, GASPARO Fulvio, GUIDI Pino

PROGRESSIONE

Direttore Responsabile: FINOCCHIARO Carlo
Redazione: FERLUGA Tullio, GUIDI Pino, SERRA Sergio, TORELLI Louis,
TRIPPARI Mario

BOLLETTINO DELLA STAZIONE METEOROLOGICA
DI BORGO GROTTA GIGANTE

Redazione: GASPARO Fulvio

MEMORIE



J. CHOPPY

**INTERPRÉTATION DES MESURES CLIMATIQUES
DANS LA GROTTA COSTANTINO DORIA (N. 3875 VG),
PUBLIÉES PAR S. POLLI (1)**

RIASSUNTO

L'interpretazione di undici anni di misure ha permesso di definire con precisione i processi termici nell'aria e nella roccia della grotta e d'affrontare i processi legati alla presenza d'acqua. Allo stesso tempo sono state precisate ed elaborate diverse nozioni di climatologia sotterranea, relative alle correnti d'aria, alla temperatura dell'aria e della roccia, alla tensione del vapore.

E' stato iniziato il calcolo del bilancio termico, che è stato interrotto per la mancanza di alcuni dati, riguardanti in particolare l'evaporazione, ma soprattutto per il fatto che la teoria degli apporti di calore della roccia è contraddetta dalle misure.

RÉSUMÉ

L'interprétation de onze années de mesures a permis de définir avec finesse les processus thermiques dans l'air de la grotte, comme dans la roche qui l'entoure, et d'aborder les processus liés à la présence d'eau. Ce faisant, diverses notions de climatologie souterraine ont été précisées ou dégagées, relatives aux courants d'air, aux températures de l'air et de la roche, aux tensions de vapeur.

Le calcul du bilan thermique a été entamé; il a été interrompu par l'absence de certaines informations, concernant notamment les évaporations, mais surtout par le fait que la théorie des apports de chaleur par la roche est contredite par les mesures.

ABSTRACT

The interpretation of measures taken for eleven years have permitted to precisely determine thermal processes at work in cave ais as well in the surrounding rock, and to start on the study of processes related to the presence of water. At the same time various notions of underground climatology have been specified or developed concerning air currents, rock and air temperature and absolute humidity.

The calculation of thermal results has been started; then stopped for lack of information, particularly about evaporation, but above all due to the fact the measures are at variance with the theory of heat supply through rock.

PRÉSENTATION SYNTHÉTIQUE

La remarquable série de mesures publiée par S. Polli m'a permis de faire des interprétations qui apportent des notions nouvelles en climatologie souterraine.

(1) Je remercie tout particulièrement Monsieur le Professeur S. POLLI et C. FINOCCHIARO pour le soin et la peine qu'ils ont pris afin de me permettre d'améliorer cette étude.

* * *

Je rappellerai d'abord que la grotte Costantino Doria est un piège à air froid, d'un type un peu particulier toutefois: l'air froid entre l'hiver, non par l'ouverture de la cavité, mais par une autre entrée, plus ample, celle de la Grotta delle Geodi (N. 21 VG), appartenant évidemment au même système; et cet air froid traverse un éboulis pour déboucher au point le plus profond de la grotte C. Doria.

Le gradient de températures est classique, avec des températures plus faibles en bas, plus élevées en hauteur.

* * *

Puisque le renouvellement de l'air se fait par arrivée d'air froid au point le plus bas, il est logique que ce soient les zones à température la plus faible qui présentent la variabilité la plus grande; ceci va jusqu'à l'apparent paradoxe par lequel la zone la moins perturbée de la grotte est la plus proche de l'entrée naturelle. Et la relation est si précise qu'il a été possible de la mettre sous forme mathématique:

$$\Delta T = 1,25.T_m^2 - 28,9.T_m + 168$$

expressions dans laquelle, à une station de mesure,

ΔT est l'écart entre les températures extrême connues,
 T_m est la température moyenne.

* * *

Dans un piège à air froid, l'air extérieur qui entre ne peut généralement que s'échauffer et donc s'éloigner de son point de saturation en vapeur d'eau; de fait, dans la grotte C. Doria, l'humidité n'est qu'exceptionnellement saturante; en outre, comme il est bien classique, la grotte est plus humide en été qu'en hiver.

Le gradient de tension de vapeur (air plus humide en haut, moins humide en bas) est, même dans le détail, comparable à celui des températures, et conforme au classement par gravité. Quant à la relation entre la variation de tension de vapeur ΔH et la valeur moyenne de celle-ci H_m , elle relève également d'une relation de forme mathématique:

$$\Delta H = -0,72.H_m + 8,1$$

* * *

Mais la grotte fonctionne aussi comme un tube à vent, d'un type assez rarement décrit: l'altitude de l'entrée est pratiquement la même pour la grotte C. Doria et pour la grotte N. 21 VG; comme, en raison de ses dimension plus amples, l'air se renouvelle plus facilement dans cette cavité que dans le puits d'entrée de la grotte C. Doria, lorsque les deux colonnes d'air sont à des tem-

pératures différentes, elles ont un poids différent, ce qui déclanche le courant d'air.

On sait que la température de l'atmosphère extérieure varie au long de l'année selon une loi d'allure sinusoïdale, et que les températures internes varient de même, avec un retard croissant à mesure que l'on s'éloigne de l'entrée. On peut admettre que ce retard représente approximativement le temps nécessaire pour que l'air interne soit remplacé par de l'air provenant de l'extérieur. Dans la grotte, on constate que ce retard n'est pas constant: il est un peu supérieur à un mois au niveau des minima thermiques (hiver), et peut atteindre 3 mois au niveau des maxima thermiques (été). Le retard d'hiver permet donc de connaître, *en ordre de grandeur*, la vitesse de propagation du «léger courant d'air» observé par S. Polli durant cette saison; et en été, le retard doit alors être interprété comme représentatif du courant d'air inverse «quasi-nul», et effectivement de vitesse environ trois fois plus faible, car freiné par la masse d'air froid qui se trouve à l'intérieur de la grotte.

La grotte C. Doria apparaît donc comme une cavité *mixte*, dans laquelle des processus habituellement considérés comme indépendants (en tube à vent et en piège thermique) fonctionnent simultanément, et tantôt se confondent tantôt s'opposent.

Les phénomènes décrits jusqu'ici ont un rythme annuel; s'y superposent évidemment, dans l'atmosphère extérieure, des phénomènes conjoncturels; ceux de durée relativement courte (un mois ou une saison particulièrement froide, par exemple) semblent se répercuter sur l'ambiance interne avec un retard qui est également de l'ordre de 1 à 3 mois, ce qui apparaît comme une confirmation de l'interprétation donnée à la notion de retard.

* * *

A l'intérieur de la masse rocheuse entourant la grotte, les températures sont, à mesure que l'on s'éloigne de la paroi, de moins en moins variables; en même temps, les variations ont un retard croissant, presque indépendant de la saison, par rapport aux variations thermiques de l'air de la grotte. Aux distances considérées de la paroi (moins de 5 mètres), les variations thermiques dans la roche paraissent donc essentiellement en relation avec celles de l'air.

Mais, par ailleurs, la température moyenne dans la roche se rapproche de la température moyenne externe à mesure que l'on s'éloigne de la paroi; autrement dit, les variations thermiques dans la roche sont également fonction de la température de la masse rocheuse au delà de l'environnement immédiat de la grotte.

Les éléments que l'on vient de citer montrent qu'entre l'air de la grotte et la paroi rocheuse, tout se passe en termes d'échanges de chaleur; et que le gradient thermique observé dans la roche correspond à une source de chaleur pour l'ambiance interne.

Les mesures d'évaporation ont permis de montrer que ce phénomène est en relation très étroite avec l'humidité de l'air de la grotte, ce qui n'est pas étonnant.

Mais les quantités d'eau intervenant dans ces mesures sont considérablement plus élevées que celles qu'il est possible d'imaginer évaporées au niveau des parois, et ne peuvent être considérées comme totalement représentatives.

Les autres informations concernant l'eau dans la grotte sont peu nombreuses, mais n'apportent pas d'indication que le climat y soit particulièrement dépendant des eaux d'infiltration.

* * *

Au plan méthodologique, on retiendra que, grâce à la qualité de l'information disponible, des méthodes partiellement originales ont pu être mises en oeuvre.

Or la qualité de cette information résulte pour une part de l'expérience acquise précédemment dans d'autres stations de mesure italiennes, mais aussi dans la conceptualisation des processus, l'un n'allant pas sans l'autre.

0. LES MESURES-RÉFLEXIONS SUR LA NOTION D'INTERPRÉTATION

Les lecteurs de cette Revue connaissent le travail considérable d'observations météorologiques exécuté dans diverses cavités par S. Polli, T. Tommasini et F. Forti, poursuivant du reste une longue tradition chez les chercheurs italiens. En aucune autre région du monde, semble-t-il, une telle somme d'observations continues n'a été rassemblée. Consultant les mesures faites dans la grotte C. Doria pour un travail de synthèse, il m'a paru qu'elles autorisaient des conclusions plus étendues qu'il n'avait été dit jusqu'ici, permettant de dégager plusieurs notions nouvelles en climatologie souterraine.

Je rappellerai que les mesures faites à la grotte C. Doria ont été généralement publiées pour une période de onze années consécutives (1957-1967), mais certaines pour une période de six années consécutives (1957-1962) seulement. Les mesures étaient faites une fois par mois, dans la matinée du 2^o dimanche; et la grotte était, le reste du temps, préservée des visiteurs qui auraient pu en perturber le climat.

Par le mot «interprétation», j'entends, comme on le fait de manière plus générale en géophysique, toute tentative d'expliquer des mesures physiques relatives à une partie du globe terrestre par des caractéristiques de celui-ci ou des processus qui s'y développent. Sur plusieurs points, je me contenterai, du reste, de confirmer des interprétations déjà données par S. Polli: double fonctionnement en tube à vent et en piège à air froid, rôle des parois dans le réchauffement de l'air, du courant d'air dans les évaporations.

Les interprétations sont le plus souvent fondées sur des comparaisons, simples ou complexes, entre des évolutions de variables. Ces comparaisons peuvent faire ressortir de simples corrélations: on sait que si la corrélation est parfaite, elle exprime l'existence d'une relation linéaire entre les variables. Dans d'autres cas, la relation entre les variables est plus complexe.

Quelles que soient les relations constatées, elles débouchent sur des hypothèses relatives au fonctionnement climatique de la cavité, hypothèses mieux assurées lorsque des fonctionnement comparables on été observés ailleurs, ou si les observations faites dans la grotte trouvent une explication logique.

Mais au cours de cette étude furent également constatées de nombreuses non-corrélations, que je n'ai mentionné que lorsqu'il fut impossible de trouver en échange une corrélation satisfaisante, mais qui permettent dans tous les cas d'éliminer certaines hypothèses.

Aucune interprétation ne m'était possible sans ces comparaison. Et le grand intérêt des mesures faites dans la grotte C. Doria réside, à mon sens, dans leur variété, leur répartition harmonieuse dans le volume de la cavité et au dehors, enfin leur durée; de telle sorte que les comparaisons possibles sont extrêmement nombreuses et bien assurées.

La note de synthèse placée en tête de cette étude en fournit les données essentielles, exposées de manière plus analytique dans les lignes qui suivent:

1. TEMPÉRATURE DE L'AIR

1.1. SIGNIFICATION DES MESURES

La plupart des mesures faites dans la grotte C. Doria furent des mesu- Fig. 1
res instantanées; mais 4 stations avaient été équipées en thermomètres à Tab. 1

Stations	T_{max}	T_{min}	ΔT	T_m	
P1	11,60	10,25	1,35	11,11	
P2	11,95	10,95	1,00	11,51 M	
P3	11,50	9,85	1,65	10,80	
P4	11,40	9,15	2,25	10,57	
P5	11,40	8,90	2,50	10,33	
P6	11,30	7,30	4,00	9,99 m	
P7	11,35	7,60	3,75	10,06	T_m moyenne = 10,68
P5A	11,40	9,55	1,85	10,64	
PSc 1 m.	11,40	9,05	2,35	10,56	$\Delta T_m = 1,52 \text{ } ^\circ\text{C}$
PSc 3 m.	11,50	9,30	2,20	10,69	
PSc 6 m.	11,50	9,90	1,60	10,83	
PSc 9 m.	11,50	10,10	1,40	11,00	
Extérieur	23,3	-1,8	25,1	11,84 $^\circ\text{C}$	

Tableau 1: Températures maximum, minimum, écart de température et température moyenne en $^\circ\text{C}$. (moyennes sur 11 années) m = minimum; M = maximum.

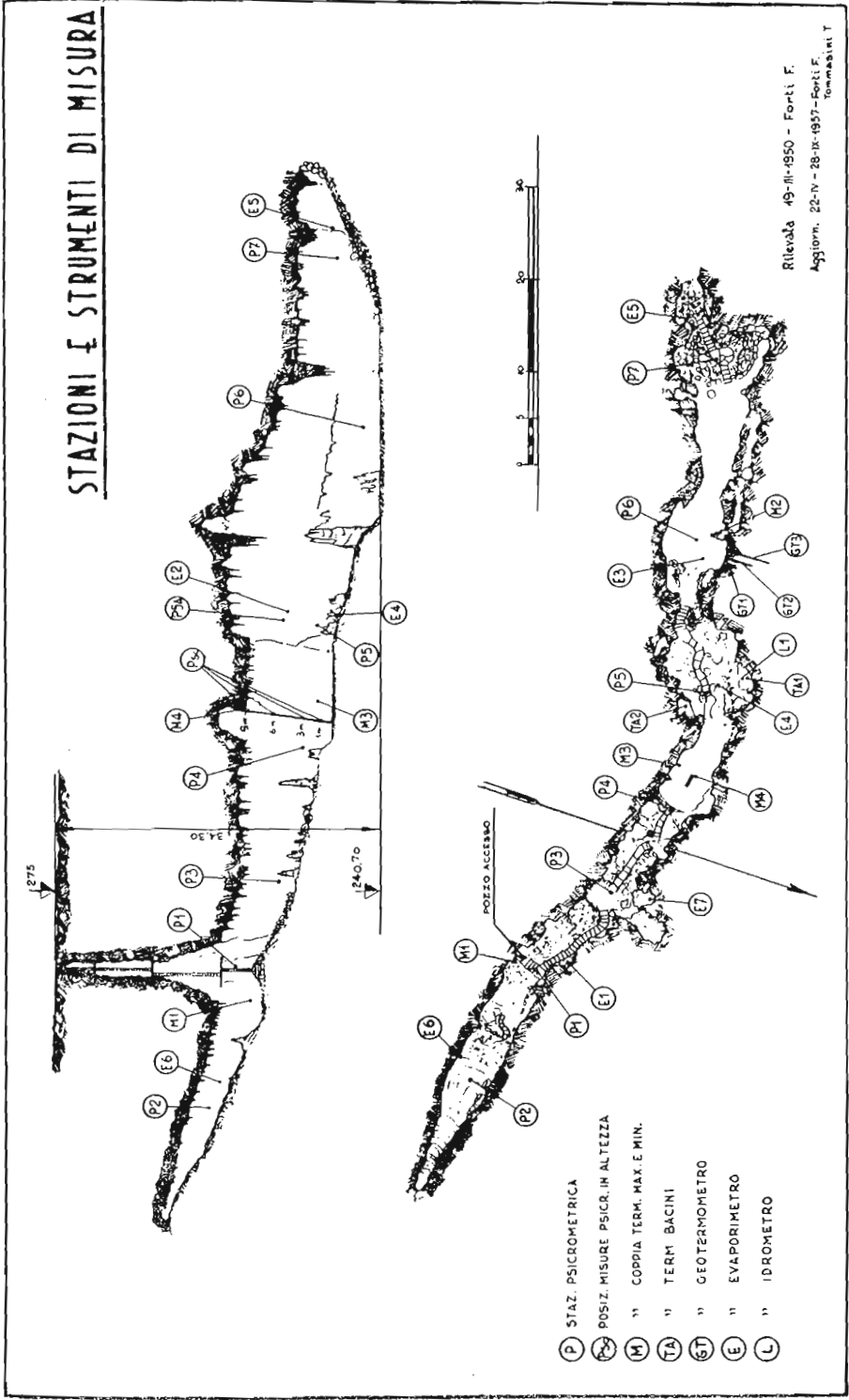


FIG. 1 - Grotte-laboratoire «C. Doria». Plan et élévation avec les stations de mesure et les divers types d'appareils (d'après S. POLLI - 1961).

maxima et minima; les valeurs données par ces derniers ne sont pas aisément utilisables, puisque non corrélables, toutes les autres mesures de température ayant été instantanées; par contre, elles permettent de contrôler si les mesures synthétisées dans le tableau 1 ont une valeur significative:

Tav. 2

Si les écarts thermiques sont plus importants, comme il est logique, pour les thermomètres à maxima et minima, l'on pourra constater que tout ce que je dirai de la température de l'air ne serait guère modifié si l'on disposait de mesures continues au lieu de mesures instantanées.

Tab. 2

On notera par ailleurs que le terrain de surface est subhorizontal; ce qui exclut une action *différentielle* notable liée à la transmission de chaleur par la roche, ou à l'eau d'infiltration.

Stations	T _{max}	T _{min}	Δ T	
M1	11,85	9,8	2,05	proche de P1
M2	11,35	6,65	4,70	proche de P6
M3	11,20	8,10	3,10	proche de PSs 1 m.
M4	11,95	10,05	1,90	proche de PSc 9 m.

Tableau 2: Températures maximum, minimum, écart de température en °C. (moyennes sur 11 années) en 4 stations équipées de thermomètres à maxima et minima.

1.2. FONCTIONNEMENT EN TUBE A VENT

S. Polli précise que la grotte C. Doria est, en hiver, la siège d'un léger courant d'air filtrant au travers de l'éboulis constituant son extrémité Ouest; ce courant d'air provient du fond de la grotta delle Geodi (N. 21 V.G.) (2), à 7 mètres de là.

Fig. 2

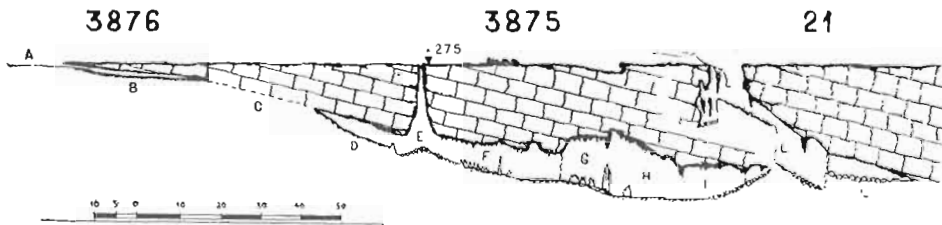


FIG. 2 - (d'après F. FORTI): situation respective des grottes 3876, 3875 et 21 V.G.

Le phénomène se classe dans une catégorie plus rarement étudiée que celle de deux entrées d'altitudes différentes, mais il est toujours commandé

(2) Les mesures n'ont pas été possibles dans la grotte N. 21 VG., incluse dans un terrain militaire; du reste, récemment, cette grotte a été fermée par une dalle en béton; mais toutes les mesures publiées par S. POLLI sont antérieures à cette fermeture.

par la différence de poids de deux colonnes d'air: ici, les deux entrées du système sont presque à la même altitude, mais, dans la grotta delle Geodi, largement ouverte, l'air est à une température proche de celle de l'extérieur, tandis que le puits d'entrée de la grotte C. Doria est très protégé des influences externes.

Tab. 1 Toujours est-il que les effets de ce courant d'air sont nets: si l'on examine les écarts thermiques ΔT , on constate qu'ils sont plus élevés pour les stations P6 et P7 (l'écart à P6 étant même plus fort qu'à P7) et qu'ils décroissent ensuite, l'écart à P1, sous le puits d'entrée de la cavité, étant l'un des plus faibles (alors qu'habituellement, les écarts thermiques décroissent à me-

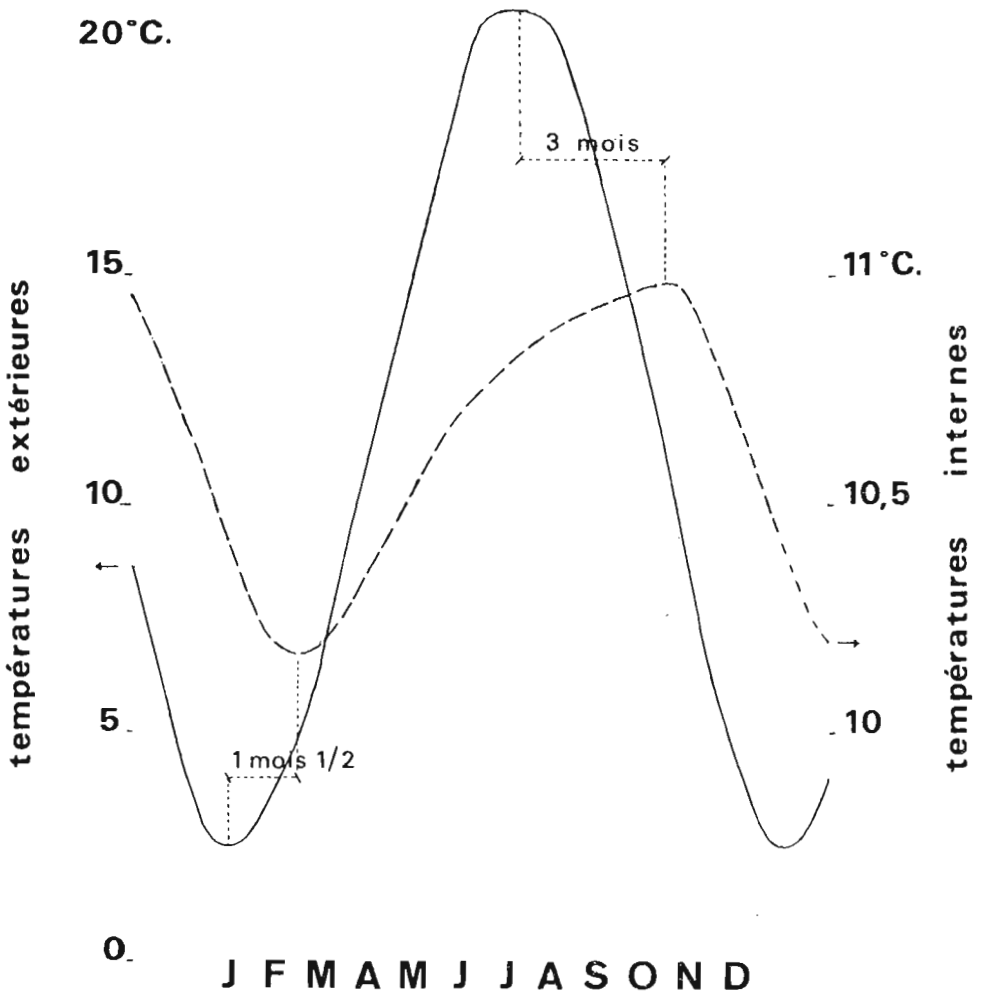


FIG. 3 - Variations cycliques à période annuelle de la température extérieure et de celle à la station P5A; cette station a été choisie parce que ses variations cycliques sont proches de celles de la moyenne des 12 stations du tableau 1 (moyenne sur 11 années).

sure que l'on s'éloigne de l'entrée); climatiquement, l'entrée principale de la cavité est donc proche de P7: malgré la perte de charge se produisant au niveau de l'éboulis, c'est la grotte N. 21 V.G.

Comme cela avait été constaté ailleurs (par R. Ginet, et par S. Polli lui-même, à la Grotta Gigante), on observe dans la grotte C. Doria un retard des variations cycliques à période annuelle des températures internes par rapport à celles externes; ce retard est variable au cours de l'année; de sorte que la courbe des températures externes étant d'allure sinusoïdale, celle des températures internes suit une loi plus complexe. De manière systématique, le retard est nettement plus faible en hiver qu'en été; il est également croissant en hiver du fond de la grotte jusqu'à la station P3, ce qui confirme bien le sens des mouvements d'air; et, en été, il est de même croissant de la station P1 à la station P6, ce qui ne peut guère s'expliquer que par une inversion du courant d'air (même s'il est alors «quasi-nul»), l'air de la grotte N. 21 V.G. étant susceptible de se réchauffer plus vite que celui de la grotte C. Doria; les effets de ce courant d'air sur les variations thermiques sont, de toutes façons, plus modestes que ceux du courant d'air d'hiver.

Fig. 3

Tab. 3

Stations	Mois de retard	
	Hiver	Été
P1	1,1	1,2
P2	0,9	1,3
P3	1,2	2,2
P4	1,1	2,7
P5	1,0	2,8
P6	1,0	2,9
P7	1,0	2,7
P5A	1,2	2,6
PSc 1 m.	1,4	2,8
PSc 3 m.	1,5	3,0
PSc 6 m.	1,5	2,7
PSc 9 m.	1,8	2,7

Tableau 3: retard des minima et maxima thermique (d'hiver et d'été), en mois, par rapport à ceux de l'extérieur, qui se situent respectivement en Janvier et en Juillet (moyennes sur 11 années).

Il semble alors logique d'admettre que le retard des variations internes mesure approximativement le temps mis par l'air à cheminer dans la grotte. Les valeurs extrêmes du retard sont proches des maxima et minima thermiques, ce qui permet de limiter à ces points singuliers l'étude de l'évolution du retard: on peut alors fixer la progression du courant d'air à environ 1 mois en hiver sur le trajet le plus rapide, et à près de 3 mois en été.

C'est seulement à proximité des entrées, sans doute en raison d'effets locaux, que les retards ne suivent pas la règle générale: en hiver, le retard est plus faible à la station P1 qu'à P3; et, en été, le retard est plus faible à P7 qu'à P6.

Bien entendu, au long de son trajet, l'air qui entre se met en équilibre avec les conditions internes de température et d'hygrométrie.

1.3. LA GROTTÉ A AUSSI LES CARACTÉRISTIQUES D'UN PIÈGE À AIR FROID

Si l'on examine les choses plus globalement, la grotte apparaît comme un piège à air froid: le fait que les températures moyennes internes T_m soient toutes inférieures à celles de l'extérieur, le gradient gravitationnel des températures, quel que soit le sens de la ventilation, en sont des signes évidents. Toutefois, ce gradient est nettement plus important en hiver, période d'intrusion de l'air froid, qu'en été (2,38 °C. entre P6 et P2 en Février, contre 1,02 °C. en Septembre); on note encore, au niveau des mesures P5c, l'existence d'une anomalie avec des températures un peu plus chaudes.

Tab. 1
Fig. 4

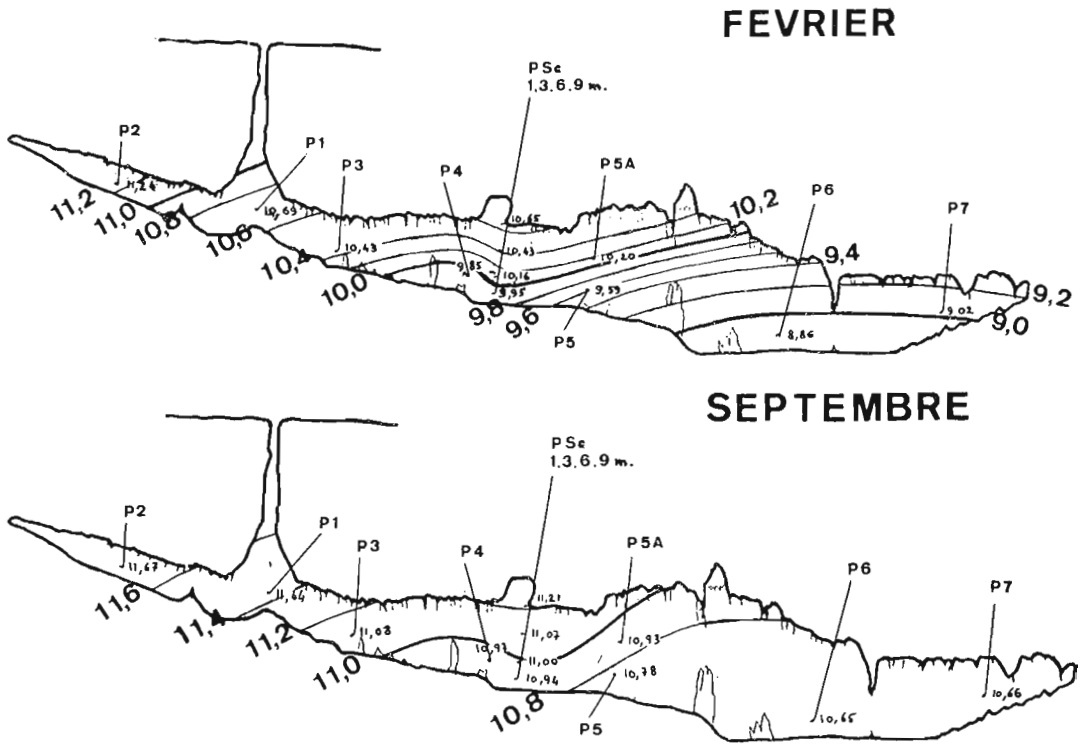


FIG. 4 - Pour les deux mois correspondant aux valeurs extrêmes de la température moyenne interne (Février et Septembre), températures aux diverses stations de la grotte et essais d'isothermes (valeurs sur 11 années). Le gradient de température dans le puits d'entrée est inconnu. Températures en °C.

Si les effets du mouvement d'air d'été sont moins sensibles que ceux du courant d'air d'hiver, c'est vraisemblablement en grande partie parce qu'il est freiné par la masse d'air froid: il est très possible qu'il ne provoque qu'un renouvellement partiel de l'air, avec un mélange de l'air chaud provenant de l'extérieur et de l'air froid intérieur. Bien entendu, dans une cavité qui présenterait les caractéristiques d'un piège à air chaud, les choses devraient se passer à l'inverse.

La distinction habituelle entre cavités fonctionnant en tube à vent et en piège thermique est tempérée par certains auteurs qui ont décrit des cas de coexistence ou de succession des deux processus.

Mais la grotte C. Doria apparaît comme une cavité *mixte* qui, non seulement présente des aspects des deux type de fonctionnement, mais dans laquelle les deux processus intéressent simultanément les mêmes conduits, se confondant en hiver et s'opposant en été. Les cas de ce type son vraisemblablement peu nombreux puisqu'ils doivent être, comme la grotte C. Doria, des pièges thermiques à deux entrées de caractéristiques dissemblables, telles qu'elles entraînent une différence de masse volumique de l'air.

1.4. RELATION ENTRE LES ÉCARTS THERMIQUES ET LES TEMPÉRATURES MOYENNES

Entre les écarts thermiques ΔT et les températures moyennes T_m relatifs aux mêmes stations de mesure, on constate une relation très spectaculaire, qu'il est possible d'exprimer par une courbe d'équation: Tab. 1
Fig. 5

$$\Delta T = 1,25.T_m^2 - 28,9.T_m + 168$$

Certes, l'exemple d'une seule grotte ne suffit pas pour établir comme loi que la relation entre les deux variables puisse être représentée par une fonction mathématique. Mais qu'une relation de ce type existe dans un piège à air froid ayant la morphologie de la grotte C. Doria, c'est à dire alimenté en air froid au point le plus bas, est tout à fait logique; autrement dit, les zones où l'air est le plus chaud, dans les points hauts, apparaissent comme celles où la variabilité est la plus faible: ce sont des «pièges à air chaud relatifs». Ici encore, les choses devraient se passer à l'inverse dans une cavité du type piège à air chaud.

On observera que l'équation ci-dessus peut se mettre sous la forme équivalente:

$$\Delta T = 1,25 (T_m - 11,56)^2 + 0,958$$

C'est l'équation d'une parabole présentant un minimum pour la valeur $T_m = 11,56$, le ΔT étant alors égal à 0,958.

Physiquement, on peut supposer que les évolutions thermiques dans la cavité sont en quelque sorte bornées par ces valeurs; et l'on observera que la valeur 11,56 est très proche de la température moyenne externe.

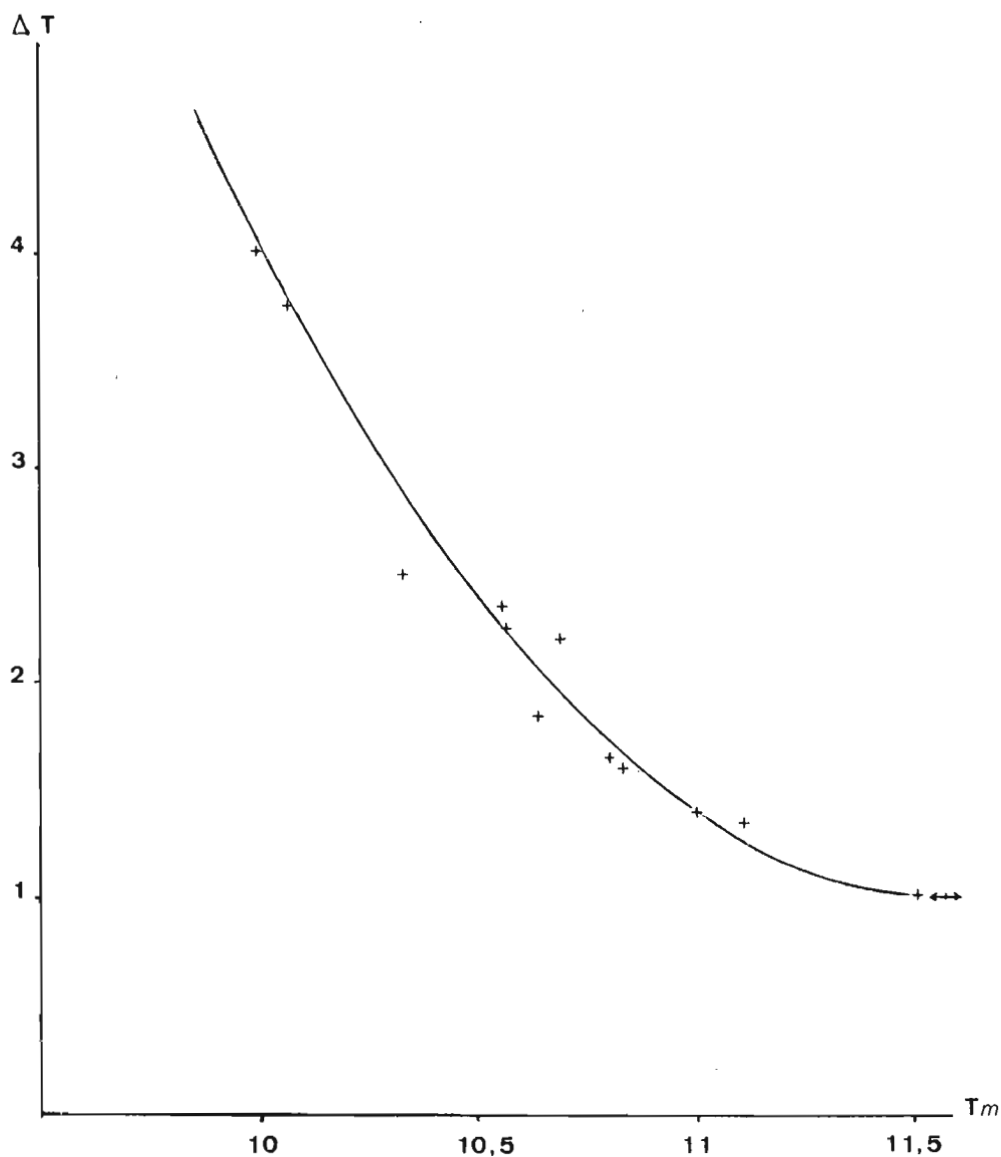


FIG. 5 - Relation entre les écarts thermiques ΔT et les températures moyennes T_m aux diverses stations de mesure; on a préféré conserver des coefficients simples dans l'équation de la courbe moyenne, au prix d'une adéquation moins parfaite (températures en °C.).

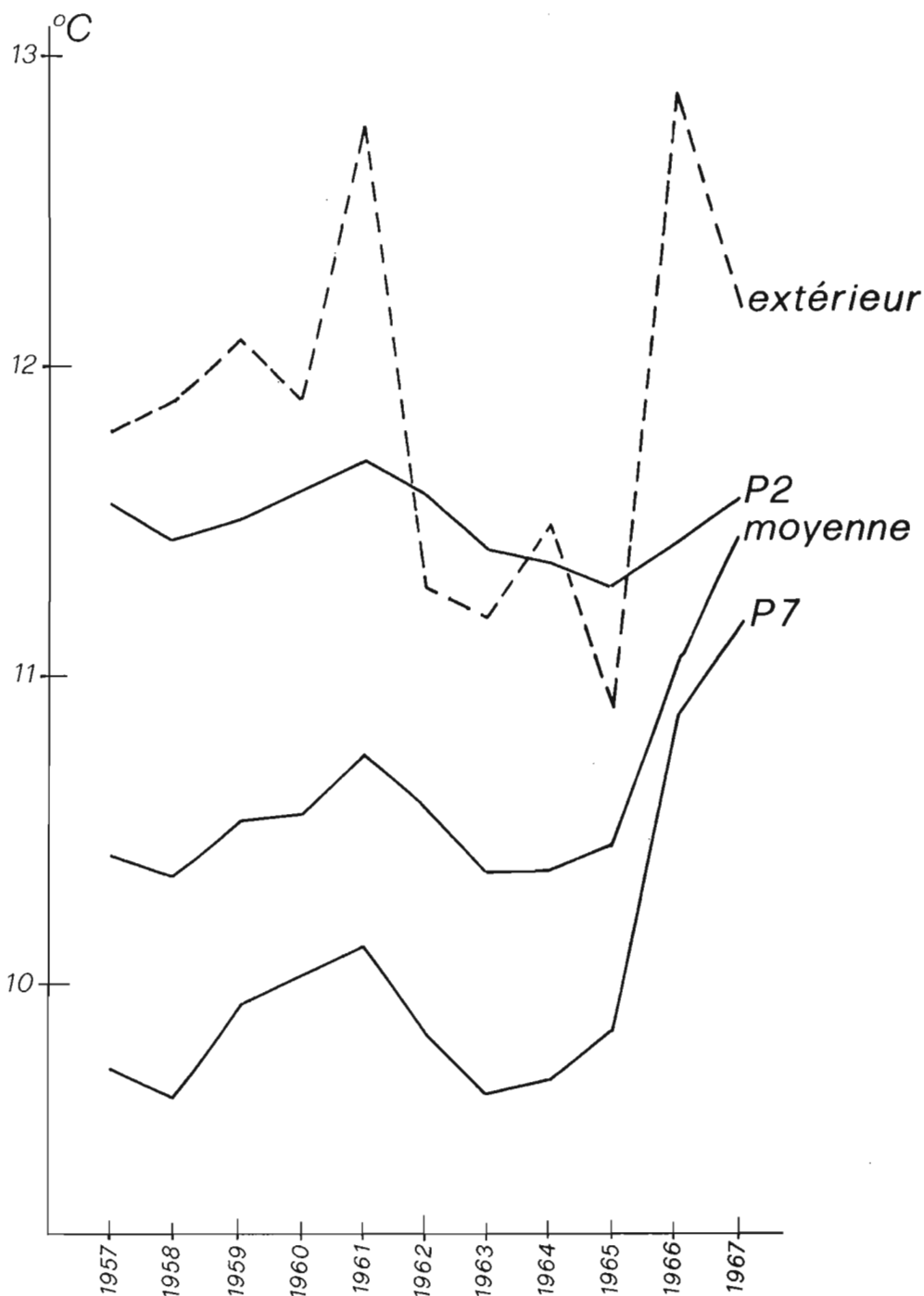


FIG. 6 - Températures moyennes annuelles à l'extérieur, aux deux stations de mesure P2 et P7 et en moyenne des 12 stations du tableau 1.

Tab. 1 On note enfin que les écarts thermiques à l'intérieur de la grotte représentent, selon les stations, entre 4 et 16% des écarts thermiques externes (nous nous référons toujours aux valeurs mesurées une fois par mois).

1.5. ANOMALIE RÉSIDUELLE PAR RAPPORT AUX VARIATIONS CYCLIQUES À PÉRIODE ANNUELLE

Fig. 6 Si l'on considère les températures moyennes annuelles, on constate que les variations thermiques extérieures se répercutent sur les températures internes avec une certaine inertie, les observations que l'on peut faire aux stations P2 et P7 étant parfaitement concordantes sur ce point, malgré l'amplitude très diverse des variations thermiques annuelles à ces deux stations; et il en est de même pour la courbe moyenne: voir en particulier la croissance des températures internes entre 1959 et 1960 alors que la température extérieure baisse, mais a augmenté précédemment; et le phénomène analogue qui se produit entre 1966 et 1967.

Autrement dit, superposées aux variations cycliques, dont j'ai examiné plus haut le fonctionnement moyen, existent des variations conjoncturelles, qui peuvent évidemment être plus fines que celles considérées ci-dessus: ce peut être un mois (ou une saison) particulièrement froid ou chaud. Est-il possible de savoir avec quel retard les variations conjoncturelles de la température extérieure se répercutent sur les températures internes?

La méthode retenue doit permettre de se départir des variations saisonnières; j'ai donc calculé pour les 11 années et pour chaque mois de l'année la valeur moyenne de la température en chaque point de mesure; ces valeurs mensuelles sont dès lors considérées comme caractéristiques de la variation cyclique; au mois le mois, entre la température mesurée et cette température caractéristique existe un *écart*, qui constitue l'anomalie à prendre en compte. C'est alors par corrélation entre la courbe des écarts relatifs à l'extérieur d'une part, et au point de mesure intérieur d'autre part, que l'on peut évaluer le décalage dans le temps cherché.

Fig. 7 Pratiquement, les corrélations se sont avérées médiocres, laissant néanmoins apparaître que l'influence des variations conjoncturelles de température était ressenties à l'intérieur de la cavité avec un retard de 1 à 3 mois, retard du même ordre de grandeur que celui mesuré pour les variations cycliques; ce qui tend à montrer que la notion de retard est effectivement significative.

On observera que ma définition des anomalies soumises à corrélation n'est parfaitement justifiée que dans l'hypothèse où l'influence des variations d'amplitude de la température extérieure sur celle de la température intérieure est un phénomène régi par une loi linéaire; ce qui n'est certainement pas le cas; la définition même des anomalies est donc entachée d'une erreur systématique, qui nuit probablement à la qualité de la corrélation.

Mais, surtout, le raisonnement fait jusqu'ici a pour but de montrer comment la température de l'air de la grotte s'organise en fonction des variations thermiques externes; il est bien évident que d'autres facteurs interviennent.

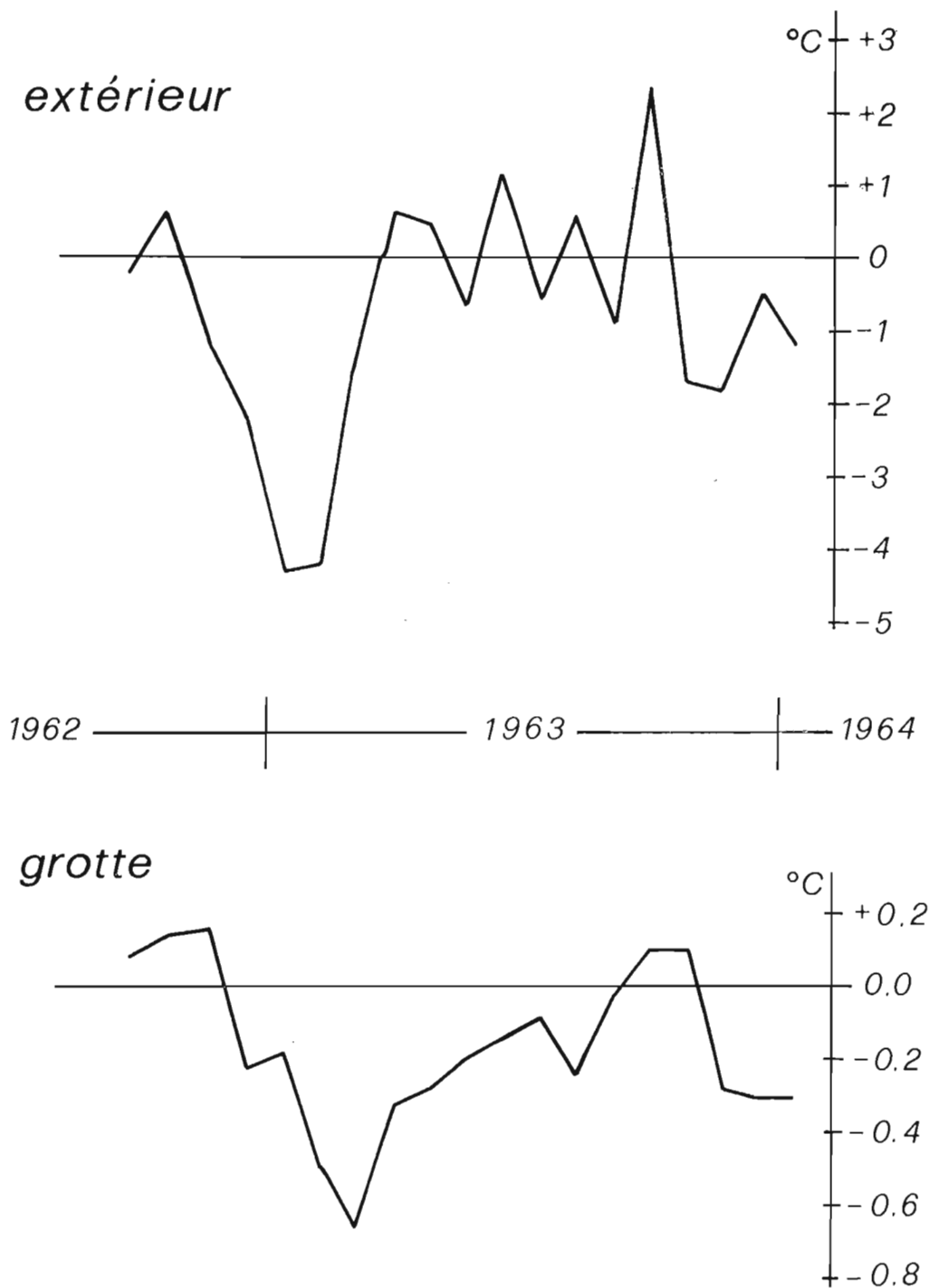


FIG. 7 - Anomalie résiduelle par rapport aux variations cycliques à période annuelle. La figure représente une des moins mauvaises corrélations qu'il ait été possible d'observer entre les écarts par rapport à la température caractéristique à l'extérieur et à la station 5A; dans la zone représentée, un temps de réponse d'un mois peut être assez facilement constaté.

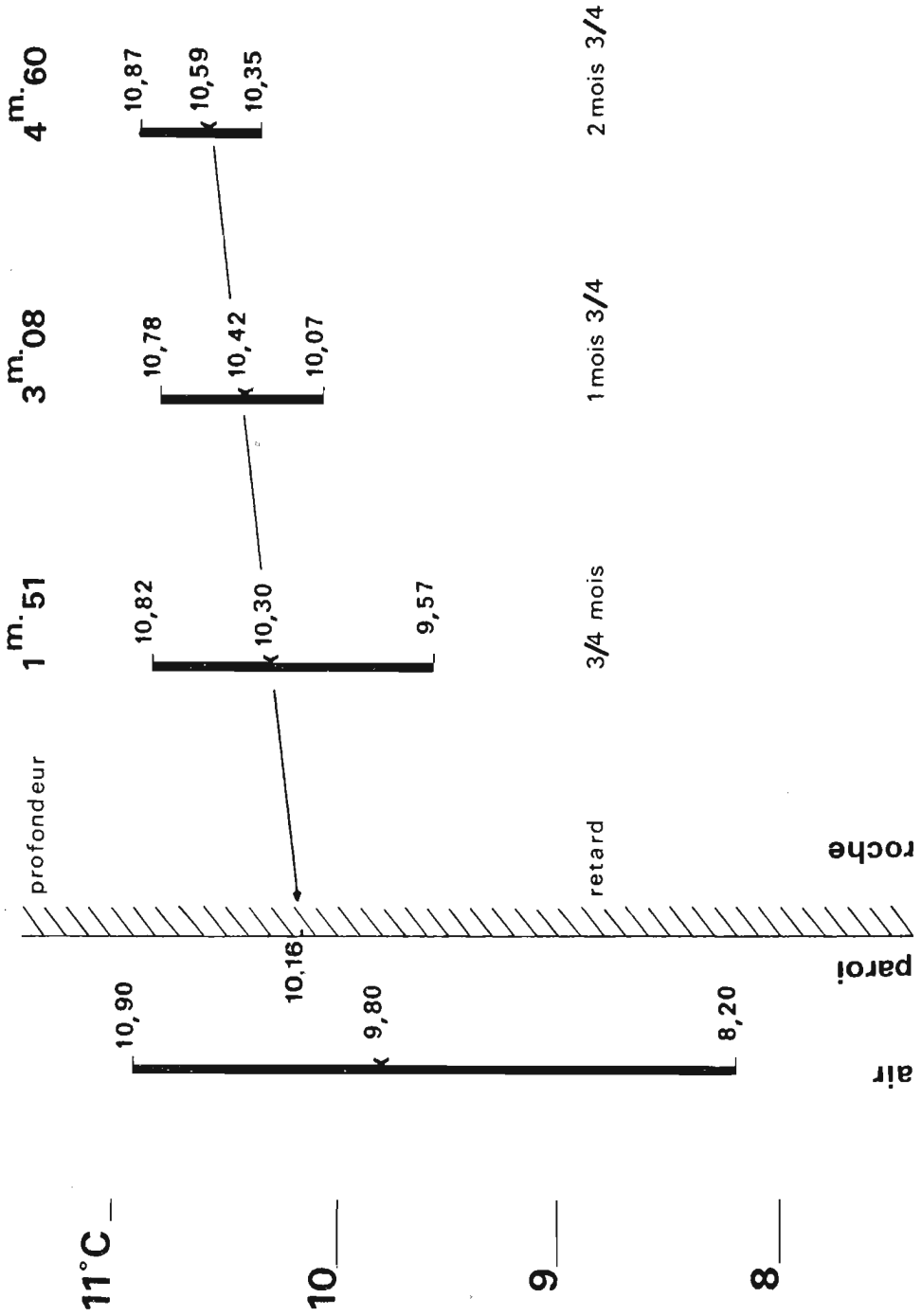


FIG. 8 - Températures moyennes et extrêmes de l'air à la station P6 et au fond de trois trous forés dans la roche, avec indication des retards moyens des maxima et minima dans la roche par rapport à ceux de l'air.

2. TEMPÉRATURE DE LA ROCHE

Au fond de trous horizontaux, forés à profondeurs croissantes dans la roche, les températures se sont avérées progressivement moins variables que la température de l'air en regard, un retard se manifestant de surcroît; ce retard est croissant avec l'éloignement de la paroi: il est légèrement plus faible, et un peu moins cohérent (qu'il n'apparaît sur le tableau) pour les maxima que pour les minima.

Fig. 8

Tab. 4

Profondeur dans la roche	Retard (mois)		
	Minimum thermique	Maximum thermique	Moyenne
1,51 m.	1	1/2	3/4
3,08 m.	2	1 1/2	1 3/4
4,60 m.	3	2 1/2	2 3/4

Tableau 4: Retard des minima et maxima thermiques dans la roche par rapport à ceux de la station P6, dans l'air, qui est la plus proche (moyennes sur 6 années).

On serait donc tenté de dire qu'il y a «dépendance» des variations de la température de la roche par rapport à celles de l'air. En réalité, il y a, bien entendu, échange de chaleur; mais il importe de souligner que ces observations *excluent que la température de la roche ait des variations dépendant directement de celles de la température extérieure* du moins pour l'essentiel et, bien entendu, à faible distance de la cavité.

Et la «dépendance» est moins totale qu'il ne pourrait paraître au premier abord: les températures moyennes à l'intérieur de la roche croissent nettement à mesure que l'on s'éloigne de la paroi, mais sont encore loin d'atteindre la température moyenne extérieure (11,84 °C.). L'on doit même observer que si les températures maxima observées sont décroissantes (par rapport à celles de l'air) dans les forages à 1,51 m et à 3,08 m., cette température maxima augmente à nouveau dans le forage à 4,60 m.

Pour autant, un volume important de roche autour de la grotte est influencé par la température de celle-ci: si le gradient de 0,29 °C. mesuré en température moyenne entre le fond du trou de 1,51 m. et celui de 4,60 m. peut être extrapolé, il faudrait s'éloigner de quelques 18 mètres de la paroi de la grotte pour atteindre une température égale à la moyenne externe de 11,84 °C.; or, certains points de la grotte sont à moins de 20 mètres de la surface.

On notera que la vitesse de diffusion des variations thermiques dans la roche (à partir de la grotte) est en bon accord avec celle mesurée par H. Schoeller entre la surface et la célèbre grotte de Lascaux (Dordogne, France), c'est à dire un peu moins de 2 mètres par mois, valeur du reste classique.

Comme il est normal, il apparaît donc que, de l'intérieur de la masse rocheuse entourant la grotte C. Doria, provient une certaine quantité de chaleur, qui explique notamment l'échauffement de l'air en hiver au cours de son trajet dans la cavité. Cet échauffement peut dépasser 4 °C. si, comme le pense S. Polli avec beaucoup de vraisemblance, la température à la station P7 est représentative de celle de l'air qui arrive dans la grotte en hiver, en provenance de la grotta delle Geodi.

Tab. 1 P7 est représentative de celle de l'air qui arrive dans la grotte en hiver, en provenance de la grotta delle Geodi.

Mais il apparaît quelque chose d'important dans les mesures de température de la roche, c'est la discontinuité d'évolution des températures qui se produit au niveau de la paroi: si l'on considère le gradient des températures moyennes dans la roche, la température au niveau de la paroi devrait être de l'ordre de 10,16 °C., soit 0,36 °C. de plus que la température de l'air en

Fig. 8

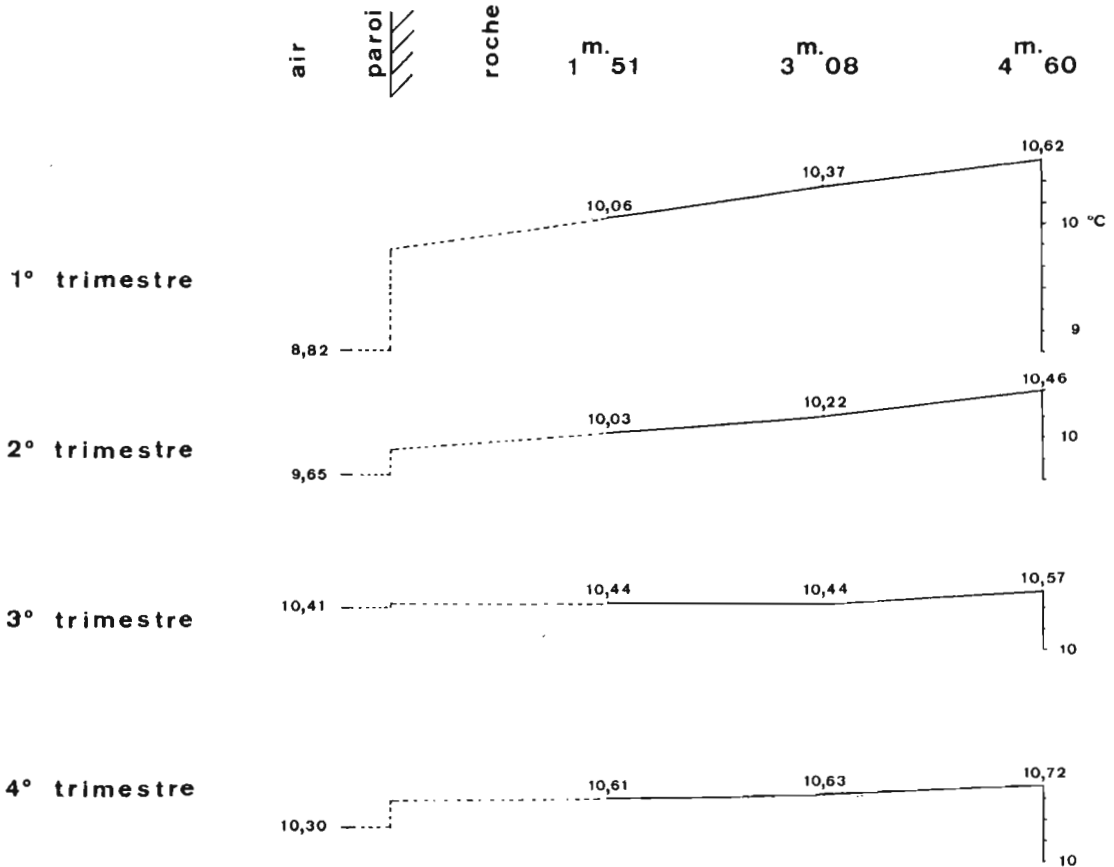


FIG. 9 - Températures moyennes de l'air à la station P6 et de la roche au fond de trois trous forés, pour chacun des 4 trimestres civils. Les discontinuités au niveau de la paroi sont respectivement de 0,93, 0,19, 0,03 et 0,29 °C. Bien entendu, cette représentation est schématique, le phénomène étant certainement plus complexe.

regard. Certes, on sait (A. Rousset) qu'à proximité immédiate des parois, la température est normalement quelque peu différent de celle de l'ambiance générale; mais l'écart constaté paraît élevé et encore faut-il l'expliquer. Du reste, si l'on étudie de plus près cette discontinuité, on observe qu'elle est toujours dans le même sens, mais qu'elle est très faible en été et très forte en hiver.

Fig. 9

On serait tenté d'imaginer que la roche s'équilibre avec retard par rapport à la brusque arrivée d'air froid l'hiver; or, compte tenu de ce que nous savons de la vitesse de transmission dans la roche, cela ne paraît pas suffisant pour expliquer les valeurs mesurées. Mais, nous le verrons, c'est également en hiver que se produisent les plus fortes évaporations. Faute de pouvoir invoquer un autre phénomène se produisant au niveau des parois, on est donc fondé à supposer que les évaporations se traduisent par un refroidissement plus important pour l'air que pour la roche.

3. TEMPÉRATURE DE L'EAU (mesures sur 6 années)

La température des deux vasques d'eau de la grotte est légèrement inférieure à celle de l'air au point de mesure le plus proche (P5); le retard des minima est toujours nul; les maxima ont un retard moyen de 1/2 mois par rapport à ceux de l'air; l'amplitude des variations thermiques est plus faible pour l'eau que pour l'air.

Tab. 5

	T_m	ΔT	Retard par rapport à P5	
			minima thermiques	maxima thermiques
P5	10,20	2,03	/	/
TA1	10,18	1,43	0	0,5 mois
TA2	10,18	1,48	0	0,4 mois

Tableau 5: Température moyenne, écart entre les extrêmes thermiques de la station aérienne P5, de l'eau des vasques 1 et 2 proches de P5, et retard des minima et maxima thermiques dans ces vasques par rapport à ceux de la station P5 (moyenne sur 6 années).

Comme pour la roche, on pourrait considérer que la température de cette eau dormante est «sous la dépendance» de celle de l'air; et ici encore, il y a certainement échanges compliqués par les évaporations.

Pour l'eau des précipitations qui est drainée par la grotte, je ne peux faire état que d'observations inédites de S. Polli: lors des pluies, l'eau s'infiltrerait rapidement jusqu'à la grotte, s'amasse au point le plus bas, et disparaît presque aussitôt par deux «pertes» internes, laissant présumer l'existence de cavités plus profondes. L'effet d'une pluie sur le climat souterrain ne paraît donc important que durant quelques heures.

4. HUMIDITÉ DE L'AIR

4.1. HUMIDITÉ RELATIVE

Fig. 10 A l'extérieur, dans cette région très humide (73% d'humidité en moyenne), le minimum d'humidité relative est en Août (66%), le maximum en Décembre - Janvier (79%).

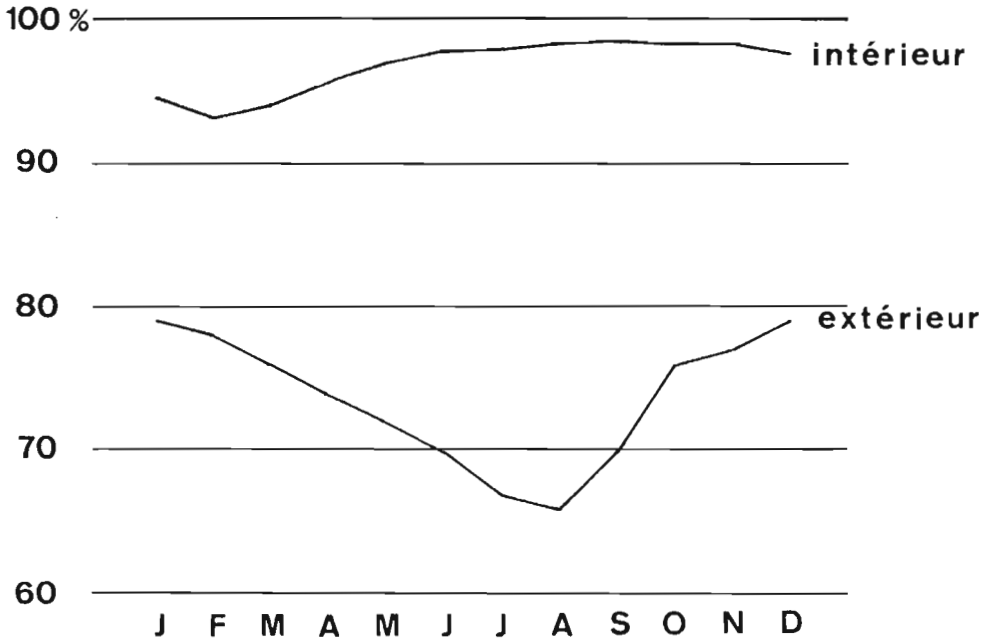


FIG. 10 - Comparaison de l'humidité relative à l'intérieur de la grotte (moyennes mensuelles établies sur 8 stations de mesure pendant 11 années) et à l'extérieur (valeurs normales).

Tab. 6 Dans la grotte, l'humidité relative varie de 85 à 100%, mais n'est qu'exceptionnellement saturante. Toutefois, les maxima sont toujours très proches de 100%, de sorte que la variabilité ne dépend pratiquement que des valeurs minima; et les valeurs moyennes se classent approximativement comme les valeurs minima.

Fig. 10 Comme cela fut souvent constaté ailleurs, — et souvent contesté ⁽³⁾ —, l'humidité est, dans cette grotte, minimum en hiver (Février), maximum en été (Septembre), ce qui montre l'influence essentielle de l'humidité de l'air extérieur sur celle de l'air de la grotte. Et, dans l'évolution à long terme éga-

(3) Bien que l'explication du phénomène ait été donnée par J. G. BIREBENT à propos de la grotte Merveilleuse (Algérie): l'air extérieur, ramené à la température de la cavité, est normalement sur-saturé en été, sous-saturé en hiver.

	h_{\max}	h_{\min}	Δh	h_m	
P1	99,0	87,0	12,0	96,7	
P2	99,9	90,0	9,0	96,6	
P3	99,0	86,0	13,0	96,1 m	
P4	99,5	88,0	11,5	96,6	
P5	99,0	87,0	12,0	96,5	
P6	100,0	91,5	8,5 m	97,4 M	
P7	99,5	90,5	9,0	97,3	
P5 a	99,0	86,0	13,0	96,3	
PSc 1 m.	99,5	87,5	12,0	97,0	
PSc 3 m.	100,0	85,5	14,5 M	96,6	
PSc 6 m.	99,0	85,0	14,0	96,1 m	
PSc 9 m.	99,0	88,0	11,0	96,7	$\Delta h_m = 1,3\%$

Tableau 6: Humidités relatives (en %): maximum et minimum, écart entre maximum et minimum, moyenne (valeurs sur 11 années).

lement, on note une bonne corrélation entre les variations de l'humidité et celles des températures: l'humidité relative est plus élevée quand la grotte est plus chaude; là encore les processus internes interviennent donc peu; de fait, en hiver, entre les stations P7 et P1, l'humidité relative décroît, l'humidification de l'air allant «moins vite» que son échauffement. Et, en été, les variations sont de toutes façons faibles, puisque l'air est plus proche de la saturation.

Par ailleurs, les tentatives de corrélations concernant l'humidité relative, notamment avec le volume des précipitations (mesurées en cumulé, il est vrai), ou de répartition géographique, n'ont pas fourni de résultat convaincant.

	H I V E R			E T È		
	Décember à P1	Mai P7	Nov. à Avril Extérieur	Juin à P1	Novembre P7	Mai à Octobre Extérieur
Température (°C.)	10,87	9,56	5,3	11,36	10,55	17,47
Tension de vapeur saturante (pascals)	1301	1192	890	1343	1273	1995
Humidité relative (%)	94,95	96,16	77,17	98,35	98,45	70,17
Humidité absolue (pascals)	1235	1146	687	1321	1252	1400
Poids d'eau par m ³ d'air à 0 °C. (g.)	9,8	9,1	5,4	10,5	9,9	11,1
Sens général du courant d'air	←			→		

Tableau 7: Valeurs mesurées ou calculées à P1 et P7 (moyenne sur 6 mois de 11 années) et valeurs normales à l'extérieur (moyenne sur 6 mois).

Fig. 11

Tab. 7

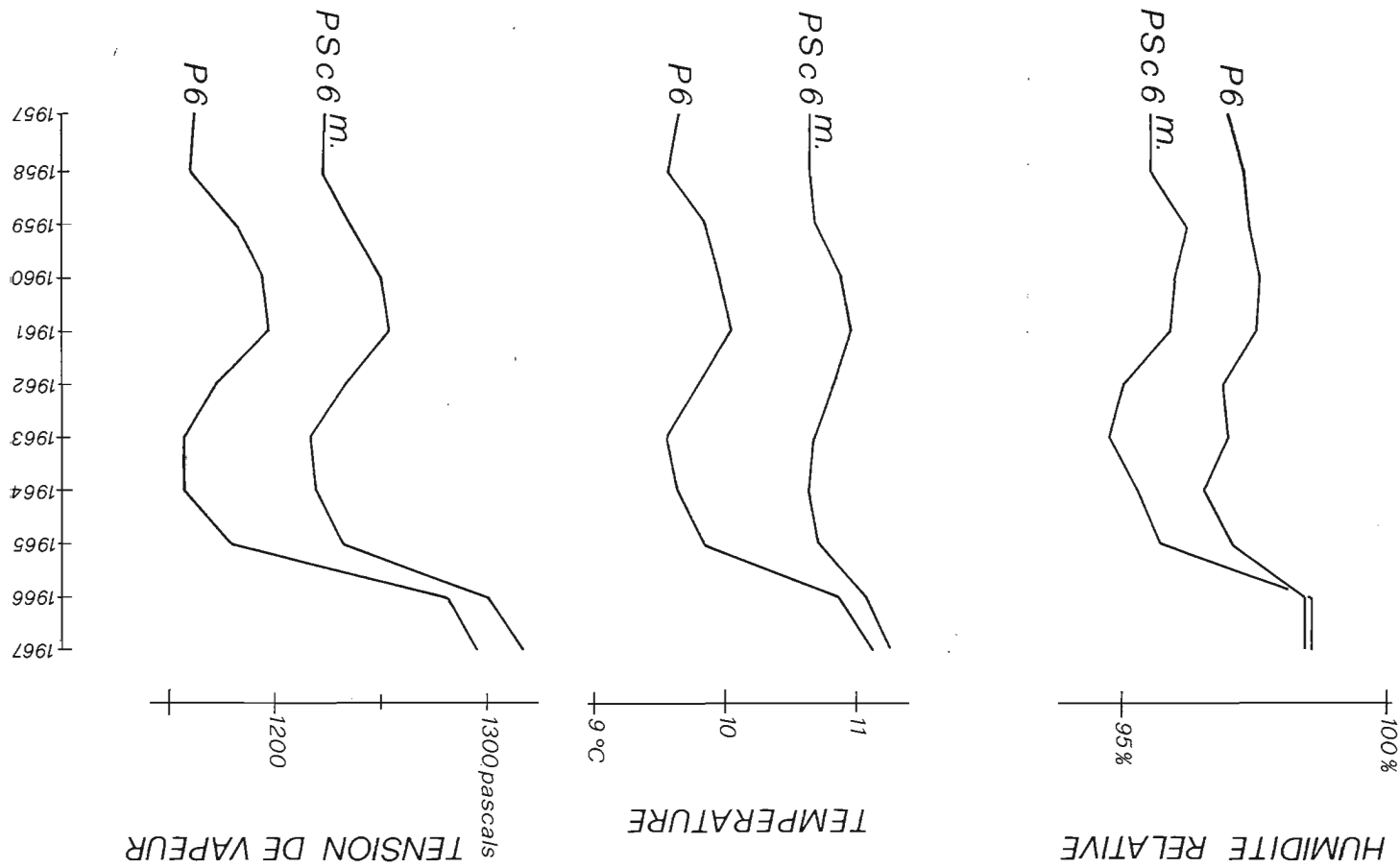


FIG. 11 - Comparaison des variations de l'humidité relative et de la tension de vapeur avec celles de la température: moyennes annuelles en deux stations choisies sur le tableau 6 comme présentant les valeurs extrêmes du Δh .

4.2. TENSION DE VAPEUR (4)

Bien entendu, si l'on considère la tension de vapeur, l'évolution à l'extérieur s'inverse, avec minimum en Janvier, et maximum en Juillet.

Tab. 8

Et l'on constate un retard des variations des stations souterraines par rapport à l'extérieur du même ordre de grandeur que celui constaté pour les températures et, comme celui-ci, plus faible en hiver qu'en été.

Tab. 9

Dans l'évolution à long terme, la corrélation est encore meilleure que pour l'humidité relative entre les variations de la tension de vapeur et celles de la température, ce qui est normal, puisque la tension de vapeur est le produit de l'humidité relative par la tension de vapeur saturante, et que celle-ci peut être considérée comme une fonction linéaire de la température dans l'intervalle considéré.

Fig. 11

Mois	Tension de vapeur	
	Extérieur	Station P3
Janvier	542 m	1188
Février	583	1153 m
Mars	725	1158
Avril	946	1194
Mai	1235	1227
Juin	1528	1252
Juillet	1707 M	1268
Août	1597	1287
Septembre	1347	1293
Octobre	1060	1297 M
Novembre	776	1291
Décembre	616	1167
Moyenne	1055	1231

Tableau 8: Humidités absolues (en pascals) à l'extérieur et à la station P3, qui est l'une de celles où le retard par rapport à l'extérieur est le plus grand; m = minimum, M = maximum (moyenne sur 6 années pour P3 et valeurs normales à l'extérieur).

Stations	Mois de retard	
	Hiver	Été
P1	1,2	1,1
P2	1,0	1,0
P3	1,2	3,1
P4	1,2	3,1
P5	1,2	2,5
P6	1,2	2,6
P7	1,2	2,4
P5 A	1,2	2,4

Tableau 9: Retard des minima et maxima de tension de vapeur (d'hiver et d'été), en mois, par rapport à ceux de l'extérieur (moyenne sur 6 années).

L'étude de l'humidité montre donc que l'entrée de l'air extérieur est le facteur essentiel des variations d'humidité interne; c'est une notion assez

(4) J'ai pris les tensions de vapeur saturante dans la table donnée par M. ROCHE, en partant de valeurs moyennes de température et d'humidité relative, ne disposant pas des moyens de calcul pour partir des valeurs individuelles.

Stations	T _m	Tension de vapeur saturante	h _m	Tension de vapeur H _m
P1	11,11	1322	96,7	1278
P2	11,51	1357	96,6	1311 M
P3	10,80	1295	96,1	1244
P4	10,57	1273	96,6	1230
P5	10,33	1255	96,5	1211
P6	9,99	1226	97,4	1194 m
P7	10,06	1232	97,3	1199
P5 A	10,64	1281	96,3	1234
PSc 1 m.	10,56	1274	97,0	1236
PSc 3 m.	10,69	1285	96,6	1241
PSc 6 m.	10,83	1297	96,1	1246
PSc 9 m.	11,00	1312	96,7	1269

Tableau 10: Calcul de la tension de vapeur (en pascals - moyenne sur 11 années).
Tension de vapeur moyenne = 1241 pascals.

intuitive dans la mesure où l'influence des eaux d'infiltration paraît faible dans cette grotte: il ne semble pas que cela ait jamais été montré précédemment.

Tab. 10 Quant à la répartition de la tension de vapeur dans la grotte, que ce
Fig. 12 soit en valeur moyenne, ou en régime saisonnier d'hiver ou d'été, elle est très nette: l'air le plus humide est en haut; ce qui paraît logique, puisqu'il est plus léger; restant que le écarts de densité dûs aux différences d'humidité sont très faibles par rapport à ceux dûs aux différences de température: les valeurs extrêmes de l'humidité relative en une station étant de 85 à 100%, la variation correspondante de la masse volumique est de l'ordre de 1,5 grammes/m³; à la même station (PSs 3 m.), les températures extrêmes ont un écart de 2,2 °C., correspondant à une différence de masse volumique de l'ordre de 10 grammes/m³.

Fig. 13 Pour le gradient de tension de vapeur, il est deux fois plus élevé en Février (205 pascals entre valeurs extrême mesurées) qu'en Septembre (97 pascals), ce qui va dans le même sens que les gradients de température. Et l'on observe, comme pour la température, la possibilité d'établir une relation entre les valeur ΔH et H_m relatives aux mêmes stations, la relation étant cette fois linéaire:

$$\Delta H = - 0,72. H_m + 8,1$$

Comme pour les températures, il reste à étudier d'autres cas pour savoir si une relation de ce type a valeur générale.

Toujours comme pour les températures, on trouve des valeurs relativement plus fortes au niveau des stations PSc.

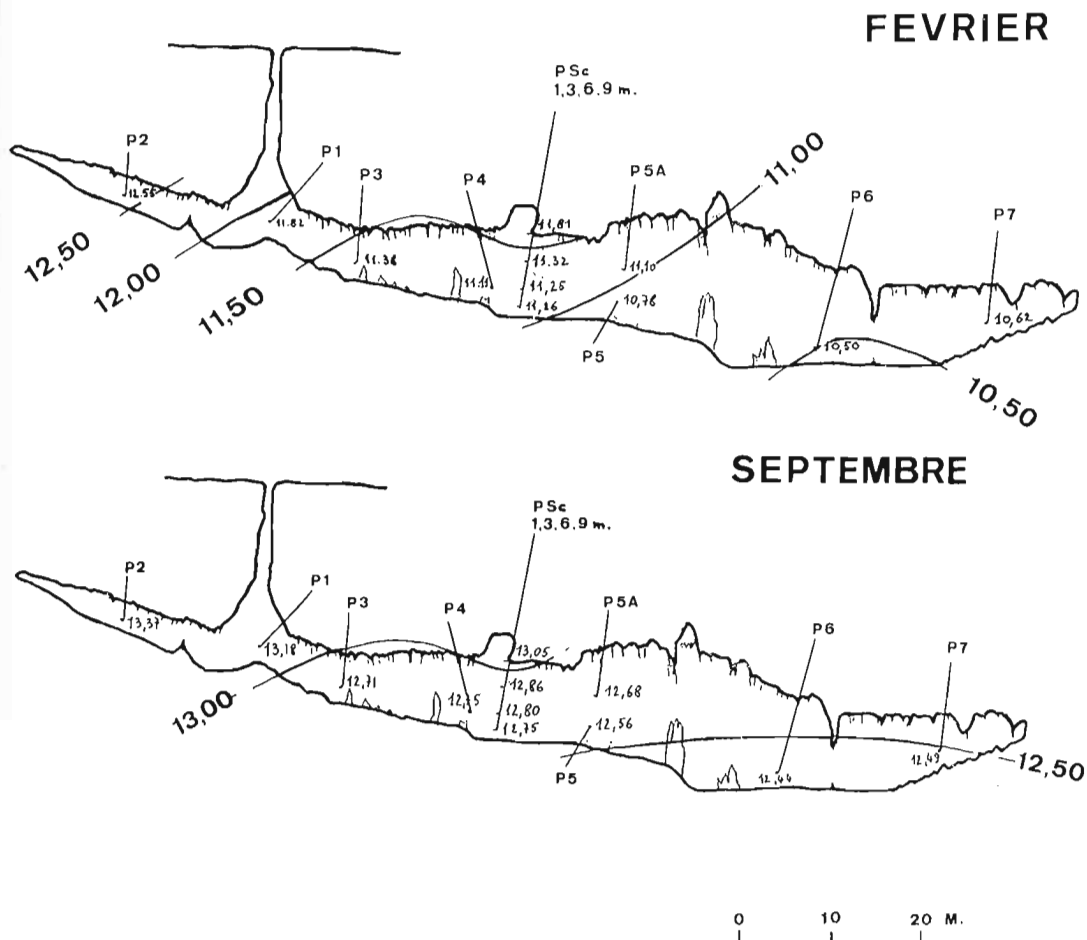


FIG. 12 - Pour les deux mois correspondant aux valeurs extrêmes de la température moyenne interne (Février et Septembre), tensions de vapeur aux diverses stations de la grotte et essais d'isotensions de vapeur (valeurs sur 11 années); les mois de Février et de Septembre sont aussi, à très peu près, ceux où la tension de vapeur est respectivement maximum et minimum. Le gradient de tension de vapeur dans le puits d'entrée est inconnu. Les tensions de vapeur sont données en millibars (= 100 pascals).

5. NIVEAU D'EAU DANS UNE VASQUE (mesures sur 6 années)

Dans la vasque la plus profonde, le niveau d'eau est minimum en Septembre, maximum en Décembre, soit un rythme qui n'a rien à voir avec celui de l'humidité dans la grotte, que ce soit en humidité relative ou en humidité absolue; et l'étude de l'évaporation, dont l'évolution est en accord avec celle de l'humidité (voir § 6), confirmera que la cause essentielle des variations

Tab. 11

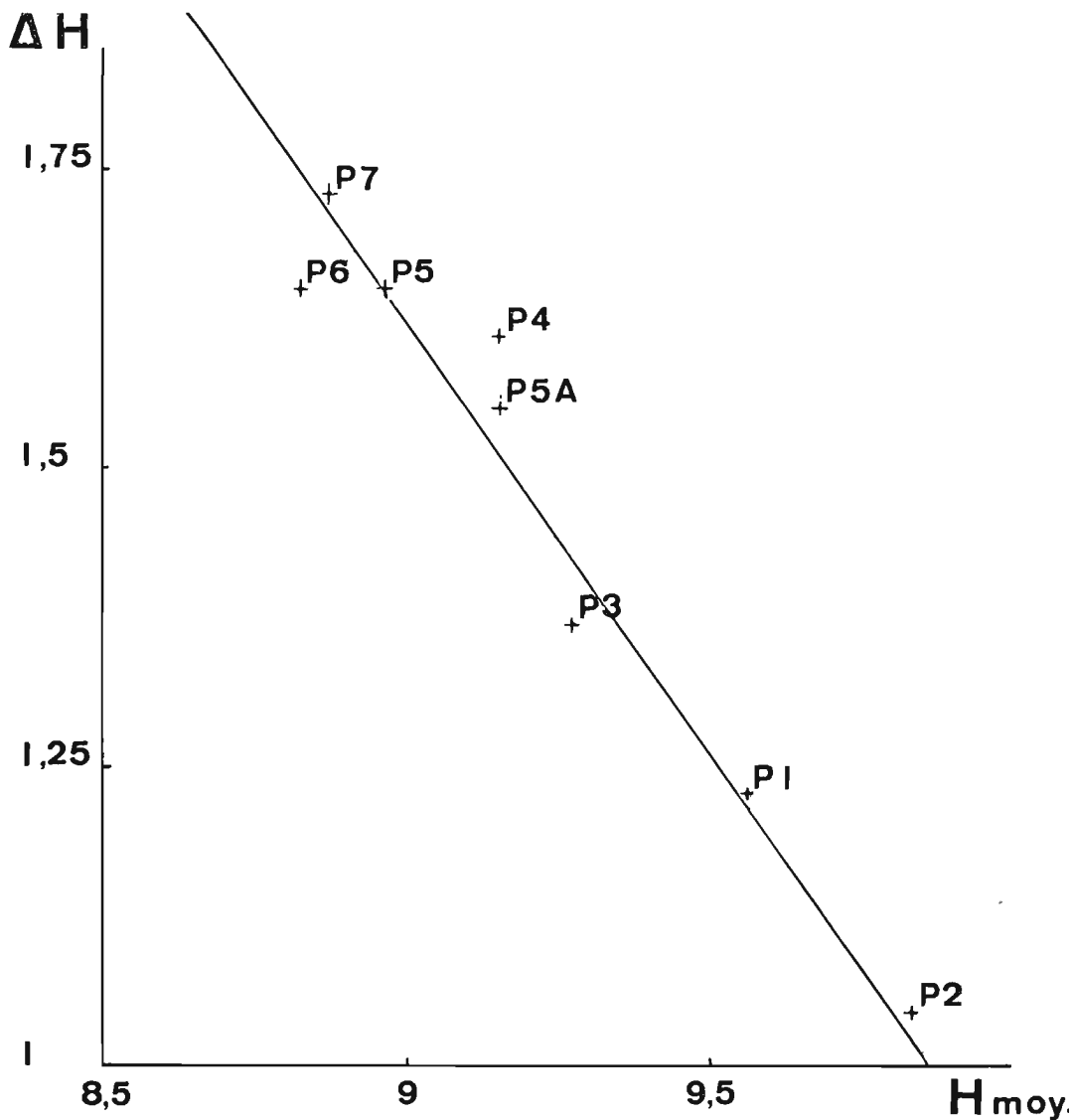


FIG. 13 - Relation de ΔH en fonction de H_m d'après les mesures aux 8 stations P1 à P7 et P5a. Exceptionnellement, j'ai pris les valeurs données par S. POLLI en mm. de Hg (moyennes sur 6 années), ne disposant pas des moyens de calcul pour exploiter, d'après la table de M. ROCHE, les 12 stations et les 11 années de mesures. Les tensions de vapeur sont en millibars (= 100 pascals).

du niveau d'eau doit être cherchée ailleurs; du reste, les évaporations mensuelles dans les évaporimètres ne dépassent que rarement 2 mm. par mois, alors que les variations de niveau dépassent fréquemment le centimètre dans les deux sens. La comparaison brutale des variations de ce niveau avec les précipitation extérieures fait apparaître que le rythme d'évolution, assez régulier pour le niveau de l'eau est on contraire très variable pour les précipitations. Un calcul en total mobile sur 7 mois a bien permis de montrer une corrélation mais, compte tenu des nombreux autres facteurs qui interviennent (évapo-transpiration en surface, évaporation dans la grotte, infiltration de l'eau dans le sous-sol de la vasque démontrée par les variations d'eau dans celle-ci bien supérieures à la hauteur évaporée), il est très probable que ce résultat soit fortuit.

Tab. 12

Tab. 11

Mois	Niveau d'eau (cm.)	Précipitations (mm.)	A fin de mois, total des précipitations des 7 derniers mois (mm.)
Janvier	9,1	89	734
Février	9,7	72 m	702
Mars	8,6	75	705
Avril	10,0	102	704
Mai	9,2	78	676
Juin	7,5	97	631
Juillet	6,1	104	617
Aaoût	4,8	72 m	600 m
Septembre	3,4 m	103	631
Octobre	5,4	106	662
Novembre	8,6	142 M	702
Décembre	10,2 M	118	742 M

Tableau 11: Niveau d'eau dans la vasque, comparé aux précipitations en valeurs mensuelles et en total mobile sur 7 mois (moyenne sur 6 années).

Stations	E_{\max}	E_{\min}	ΔE	E_m	
E1	4,51	0,20	4,31	0,86	proche de P1
E2	1,44	0,00	1,44	0,36	proche de P5A
E3	3,30	0,20	3,10	1,15	proche de P6
E4	2,55	0,10	2,45	0,86	proche de P5
E5	2,03	-0,38	2,41	0,19	proche de P7
E6	2,35	0,27	2,08	1,02	proche de P2
E7	1,53	-0,14	1,67	0,75	peu éloignée de P3

Tableau 12: Evaporations mensuelles (en mm.): maximum et minimum, écart entre maximum et minimum, moyenne (valeurs sur 6 années). E_m moyen = 0,7.

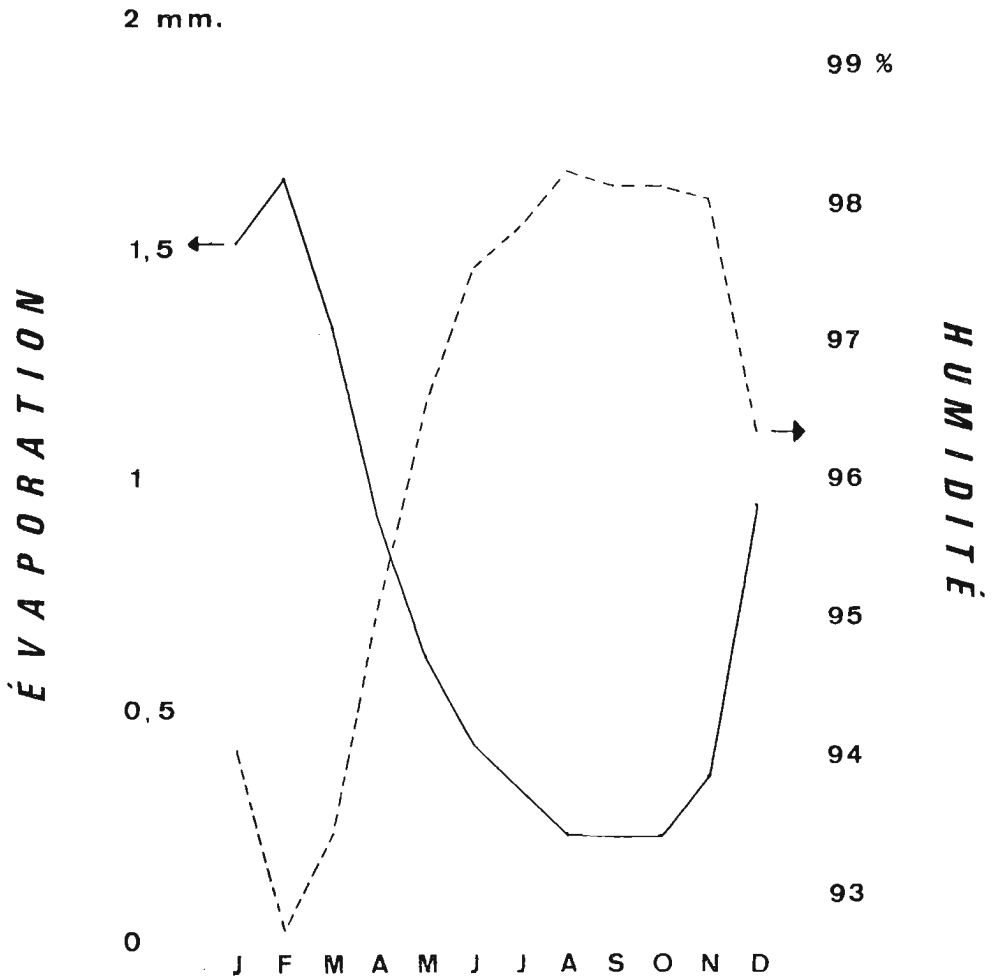


FIG 14 - Valeurs moyennes de l'évaporation (moyenne de 7 stations E1 à E7) en mm., et de l'humidité relative (moyenne de 8 stations P1 à P7+P5A) en % (moyennes sur 6 années).

6. EVAPORATION (mesures sur 6 années)

L'évaporation, minimum en Septembre-Octobre, est maximum en Février, (où elle est 7 fois plus élevée qu'en Septembre); ses variations sont inverses de celles de l'humidité, et cela de manière particulièrement spectaculaire.

Fig. 14

Comme il était logique dans une grotte où l'humidité n'est que très exceptionnellement saturante, et sauf une exception, on n'a relevé des valeurs négatives de l'évaporation, c'est à dire une condensation, que pour une seule

station: à la station E5, en effet, l'évaporation est négative en moyenne 7 mois par an, d'Avril à Octobre, avec des maxima de la condensation en Avril ou Mai, et une légère augmentation de la condensation en Octobre, ou parfois en Novembre, c'est à dire aux changements de saison; la station E5 est très proche de l'éboulis rejoignant la grotte N. 21 V.G., et l'on peut supposer que son fonctionnement particulier s'explique par une relative proximité de la surface; je n'en tiendrai pas compte dans la suite.

Par ailleurs, il ne semble pas possible d'établir de relation entre l'organisation géographique des valeurs de l'humidité et de celles de l'évaporation; en l'on doit admettre, avec S. Polli, que les courants d'air, variables d'un point à un autre, sont un facteur prépondérant de l'évaporation.

Le fait que l'évaporation présente ses valeurs extrêmes aux mêmes périodes que la température de l'air conduit à se demander si les retards des variations thermiques de la roche ne sont pas en fait des retards par rapport aux variations de l'évaporation, du moins quand la paroi est humide; à l'exception de cette dernière restriction, la question se pose dans les mêmes termes pour les variations thermiques de l'eau. Il ne semble pas que l'information disponible permette de répondre.

Tab. 6

Tab. 4

Tab. 5

7. ELÉMENTS POUR UN BILAN THERMIQUE

7.1. DIMENSION DE LA GROTTTE

On peut très grossièrement assimiler la grotte C. Doria à un parallépipède de 130 m. de long, 5 m. de large et 10 m. de haut:

— soit une surface minimum des parois = 4.000 m²

— et un volume de 6.500 m³

Fig. 1

7.2. CALORIES ABSORBÉES PAR L'AIR EN MOUVEMENT

J'admettrai que le courant d'air d'hiver (pendant 6 mois) provoque 5 fois le renouvellement de l'air de la cavité, et que l'air qui entre est, en moyenne, échauffé de 2 °C. pendant son trajet dans la grotte. La chaleur spécifique de l'air étant de 1,1 Kjoules/m³, les calories absorbées sont:

$$6.500 \times 5 \times 2 \times 1,1 = 71,5.10^3 \text{ Kjoules}$$

A l'inverse, le courant d'air d'été dégage un peu de chaleur: s'il se traduit, en 6 mois, par le renouvellement de deux fois de volume d'air de la cavité (ce qui semble un maximum) et par un refroidissement de 1 °C., les calories dégagées peuvent être évaluées à:

$$6.500 \times 2 \times 1 \times 1,1 = 14,3.10^3 \text{ Kjoules}$$

Au total, les variations de température de l'air en mouvement dans la cavité doivent se traduire par une absorption d'environ:

$$60.10^3 \text{ Kjoules.}$$

Fig. 4

7.3. CALORIES ABSORBÉES PAR L'ÉVAPORATION

Tab. 7 L'évaporation dans la grotte peut être mesurée par l'augmentation d'humidité de l'air entre son entrée et sa sortie, qui sont les points de mesure P1 et P7, ou P7 et P1 selon les saisons. Or il apparaît que les mesures dont on dispose semblent effectivement démontrer entre ces points une humidification de l'air en hiver, mais un assèchement en été, ce qui est contradictoire avec les mesures des évaporimètres durant cette saison.

Fig. 14 En fait, si les évaporimètres donnent des résultats qui peuvent être représentatifs de l'ambiance de la grotte, on va voir que ce qu'ils mesurent n'a rien à voir avec l'évaporation naturelle dans la grotte, au niveau des parois.

Tab. 7 En hiver, l'humidification de l'air entre P7 et P1 se traduit par une augmentation du poids d'eau égal à:

$$9,8 - 9,1 = 0,7 \text{ g./m}^3$$

soit, pour 6.500 m³ renouvelés 5 fois durant l'hiver:

$$0,7 \cdot 10^{-3} \times 6.500 \times 5 = 23 \text{ Kg.}$$

En été, le poids d'eau diminue de

$$10,5 - 9,9 = 0,6 \text{ g./m}^3$$

soit, pour 6.500 m³ renouvelés 2 fois (au maximum) durant l'été:

$$0,6 \cdot 10^{-3} \times 6.500 \times 2 = 8 \text{ Kg.}$$

Par an, l'évaporation dans la grotte serait donc de l'ordre de:

$$23 - 8 = 15 \text{ Kg. d'eau, qui absorbent:}$$

$$15 \cdot 10^3 \times 2,5 = 37 \cdot 10^3 \text{ Kjoules.}$$

Tab. 7 On observera que ces évaporations et condensations internes sont certainement très faibles par rapport aux phénomènes qui se passent à la limite du domaine souterrain et de l'extérieur, si l'on se réfère au poids d'eau dans l'air extérieur, beaucoup plus variable que celui de l'air intérieur. Si l'on fait seulement le calcul entre les conditions moyennes de température et d'humidité de l'air extérieur d'une part, et de l'air intérieur d'autre part, le premier doit en moyenne absorber 1,3 grammes/m³ pour se mettre aux conditions internes; et avec le renouvellement que nous avons admis, c'est donc 60 Kg. d'eau qui sont absorbés chaque année par l'air qui pénètre dans la cavité.

Tab. 12 D'autre part, les 15 Kg. d'eau annuels correspondent, pour 4.000 m² de parois (minimum) à 4 grammes/m². Or, les mesures des évaporimètres ressortent en moyenne à 0,7 mm./m², soit 700 grammes d'eau par m² et par mois, c'est à dire 2.000 fois plus que dans le phénomène naturel; comme je l'annonçais plus haut, ces mesures ne peuvent donc être considérées comme représentatives. Dans le phénomène naturel, en effet, il ne peut y avoir éva-

poration que si la paroi est humide (ce n'est pas toujours le cas) et l'air en regard sous-saturé; or l'évaporation absorbe de la chaleur; l'air se refroidit donc et va se trouver saturé pour sa température initiale; ensuite, l'on devra attendre le renouvellement de l'air pour que l'évaporation reprenne, ce qui est évidemment plus long que pour des évaporimètres placés au milieu de l'ambiance de la grotte et davantage soumis à l'influence des courants d'air.

Ajoutons que les évaporimètres avaient une surface totale dépassant vraisemblablement le mètre carré, et que l'évaporation à leur niveau était donc du même ordre de grandeur que celle se produisant sur l'ensemble des parois de la grotte, même si l'on tient compte de l'évaporation des vasques d'eau; ces appareils agissaient donc en éléments perturbateurs du climat naturel, ce qui réduit la crédibilité de tout ce que l'on peut dire de l'humidité de l'air de la cavité.

7.4. RÔLE CALORIFIQUE DE L'EAU D'INFILTRATION

Le rôle calorifique de l'eau d'infiltration est fonction de la quantité annuelle de celle-ci, et de sa température; ces données sont inconnues et ne peuvent être estimées.

7.5. CALORIES APPORTÉES PAR LA ROCHE

Le bilan des divers phénomènes thermiques qui se produisent à l'intérieur de la grotte est certainement déficitaire.

Ce déficit est logiquement compensé par l'énergie calorifique transmise par la roche et provenant, soit du rayonnement solaire, soit des zones profondes du globe.

Nous n'avons pas procédé à l'évaluation de cet apport à partir des calculs théoriques issus des formules classiques relatives à la propagation de la chaleur au travers d'une paroi dans le cas où le système est en équilibre (L. Trouillet); ces calculs sont, en effet, gravement contredits par le gradient de température mesuré dans la roche.

8. CONCLUSION SUR LA GROTTE C. DORIA

La grotte C. Doria se trouve dans une région au climat humide (pour l'Europe): les précipitations annuelles furent de 1161 mm. en moyenne des 11 années de mesure.

Pour autant, le micro-climat de la grotte n'est pas particulièrement humide: l'humidité à 100% y est exceptionnelle; les vasques d'eau sont à niveau très variable, et peuvent même s'assécher.

Et, effectivement, rien n'indique une influence notable de l'eau d'infiltration sur le micro-climat de la cavité; celui-ci paraît au contraire essentielle-

ment commandé par la pénétration de l'air extérieur, bien qu'elle soit entravée par le fait que la cavité fonctionne en partie comme piège à air froid. Dans une moindre mesure, la transmission de calories par la roche agit sur le climat de la cavité.

Le fonctionnement de la grotte C. Doria n'est donc pas conforme à l'idée communément admise, selon laquelle le principal facteur commandant le climat souterrain est l'eau qui traverse la cavité sous forme liquide.

On peut encore noter que les variations à terme de 1 à 2 ans des paramètres du climat sont du même ordre de grandeur que l'amplitude des variations saisonnières (1 °C., 100 pascals de tension de vapeur).

Compte tenu de l'intérêt des mesures déjà faites dans la grotte, il est grand dommage qu'elles soient totalement interrompues: on aimerait en particulier pouvoir mieux apprécier ce qui se passe au niveau des parois, et connaître l'effet de l'obstruction de la grotte N. 21 V.G.

9. CONCLUSION MÉTHODOLOGIQUE

Parmi les méthodes d'interprétation qui sont apparues les plus fructueuses, on peut citer:

- l'utilisation de valeurs moyennes;
- la recherche des corrélations se traduisant en particulier par la notion de retard;
- la prise en compte des tensions de vapeur au lieu des humidités relatives;
- les représentations en gradient et en iso-valeurs;
- l'étude de la relation entre écart maximum et valeur moyenne;
- enfin, pour les question qu'ils provoquent, les calculs en termes de bilan.

Cette étude montre tout l'intérêt de mesures suivies et réparties dans la cavité, mais aussi que les chercheurs italiens témoignent d'un véritable «savoir-faire»; celui-ci est garant de la fiabilité des mesures durant une période aussi longue, comme de la facilité d'utiliser celles-ci.

Il est clair que ce savoir-faire suppose une excellente compréhension des phénomènes climatiques souterrains, appliquée au cas particulier de la grotte à étudier comme au choix de celle-ci; c'est dire l'influence réciproque des mesures sur le terrain et des travaux théorique:

Mesurer, sans doute, mais savoir ce qu'on mesure.

BIBLIOGRAPHIE

- J. G. BIREBENT - 1953, *Explorations souterraines en Algérie*, Annales de Spéléologie VIII/1, 57-8.
- F. FORTI - 1961, *Studio geomorfologico della grotta «Costantino Doria»* N. 3875 V.G., Atti e Memorie della Commissione Grotte «Eugenio Boegan» I, 17-26.
- R. GINET - 1951, *Etude écologique de la grotte de la Balme (Isère)*, Bull. Biologique de la France et de la Belgique LXXXV/4, 422-47.
- S. POLLI - 1953, *Meteorologia ipogea nella Grotta Gigante presso Trieste*, Actes I Congr. Intern. Spéléologie II, 307-8.
- S. POLLI - 1961, *Tre anni di meteorologia ipogea nella grotta sperimentale «C. Doria» del Carso di Trieste*, Atti e Memorie della Commissione Grotte «Eugenio Boegan» I, 27 - 53.
- S. POLLI - 1964, *Meteorologia ipogea nella grotta «C. Doria» del Carso di Trieste - Triennio 1960-62*, Atti e Memorie della Commissione Grotte «E. Boegan» IV, 79-95.
- S. POLLI - 1969, *Meteorologia ipogea nella grotta «C. Doria» del Carso di Trieste - Quinquennio 1963-67*, Atti e Memorie della Commissione Grotte «E. Boegan» IX, 87-98.
- M. ROCHE - 1963, *Hydrologie de surface*, Gauthier Villars éd. Paris.
- H. SCHOELLER - 1967, *Conduite de l'étude hydrogéologique et climatologique des grottes descendantes*, Spelunca (4° série) Mém. n. 5, 85-7.
- L. TROUILLET - 1885, *La glacière de Chauvignas les Passavant*, extrait Mém. Soc. Emulation Doubs 18 Avril, 71-2 de l'extrait.

FABIO FORTI - FULVIO GASPARO

RAPPORTI FRA PRECIPITAZIONI METEORICHE E STILLICIDIO NELLA GROTTA GIGANTE SUL CARSO TRIESTINO (anno 1980)

RIASSUNTO

Viene esposto il metodo adottato per uno studio sulle relazioni fra le precipitazioni meteoriche rilevate presso la Stazione meteorologica di Borgo Grotta Gigante e lo stillicidio registrato da un pluviografo in corrispondenza della sommità di una stalagmite nella Grotta Gigante.

I valori giornalieri, mensili ed annui delle precipitazioni e dello stillicidio, relativi all'anno 1980, sono riportati in due tabelle e vengono messi a confronto in un diagramma.

Seguono brevi considerazioni sulla dinamica del fenomeno dello stillicidio in rapporto alle condizioni meteorologiche esterne.

SUMMARY

Daily dripping data recorded in 1980 on the top of a stalagmite in a large karstic cave (Grotta Gigante) near Trieste, Italy, are compared with the corresponding precipitation data collected at the meteorological station of Borgo Grotta Gigante.

The main aspects of the dripping phenomenon in the cave are discussed.

PREMESSA

La Grotta Gigante (VG 2) si apre, ad una quota di 275 metri s.l.m., alcune centinaia di metri a NNW del borgo omonimo, quasi al centro del settore di Carso Triestino racchiuso dagli attuali confini politici.

Si tratta di una delle più importanti cavità carsiche della Provincia di Trieste, costituita da una grande caverna (lunghezza m 120, larghezza massima m 65, altezza massima della volta m 100, volume m³ 600.000 circa), accessibile attraverso tre ingressi naturali, e dalla quale si dipartono alcune brevi gallerie. L'asse maggiore della grotta misura m 280; la profondità massima raggiunge i 115 metri dal piano campagna.

La cavità è attualmente in stato di avanzata maturità, evidenziata da grandiosi depositi clastici e dall'abbondantissimo concrezionamento calcitico.

Tutti i vani della grotta sono facilmente accessibili grazie alle attrezzature turistiche di cui è dotata, e tale situazione ha favorito gli studi sul clima ipogeo, iniziati nel 1950 e svolti in più cicli pluriennali, che hanno consentito di osservare le variazioni climatiche naturali e quelle indotte dagli

interventi effettuati — soprattutto in corrispondenza degli ingressi — nel dopoguerra.

A riguardo si vedano i lavori di Polli S. (1953, 1956, 1958, 1971) e Tommasini T. (1972, 1975).

Nel 1966 è stata installata in superficie una stazione meteorologica, operante dal 1967, anche allo scopo di poter disporre di dati direttamente comparabili con quelli rilevati nelle stazioni di meteorologia ipogea della stessa Grotta Gigante e della Grotta «C. Doria».

Nella presente nota vengono considerati i rapporti fra le precipitazioni meteoriche e lo stillicidio, già oggetto di indagine nella Grotta Gigante (Tommasini T., 1970) e nella Grotta «C. Doria» (dati inediti).

DESCRIZIONE DELLE METODOLOGIE IMPIEGATE

Il metodo di indagine consiste nel confronto fra i parametri meteorologici rilevati in superficie, in particolare quelli relativi alle precipitazioni, e la quantità di stillicidio registrata in un punto della grotta opportunamente scelto (stazione interna).

I dati esterni, come si è detto, provengono dalla stazione meteorologica di Borgo Grotta Gigante, ubicata 50 metri a SSE dell'ingresso turistico della cavità, ad una quota di m 275 s.l.m.

La stazione è dotata di strumenti che registrano i seguenti elementi meteorologici: pressione atmosferica, temperatura dell'aria e del suolo (alla profondità di cm 5 e cm 15), umidità relativa, vento, precipitazioni, evaporazione e soleggiamento.

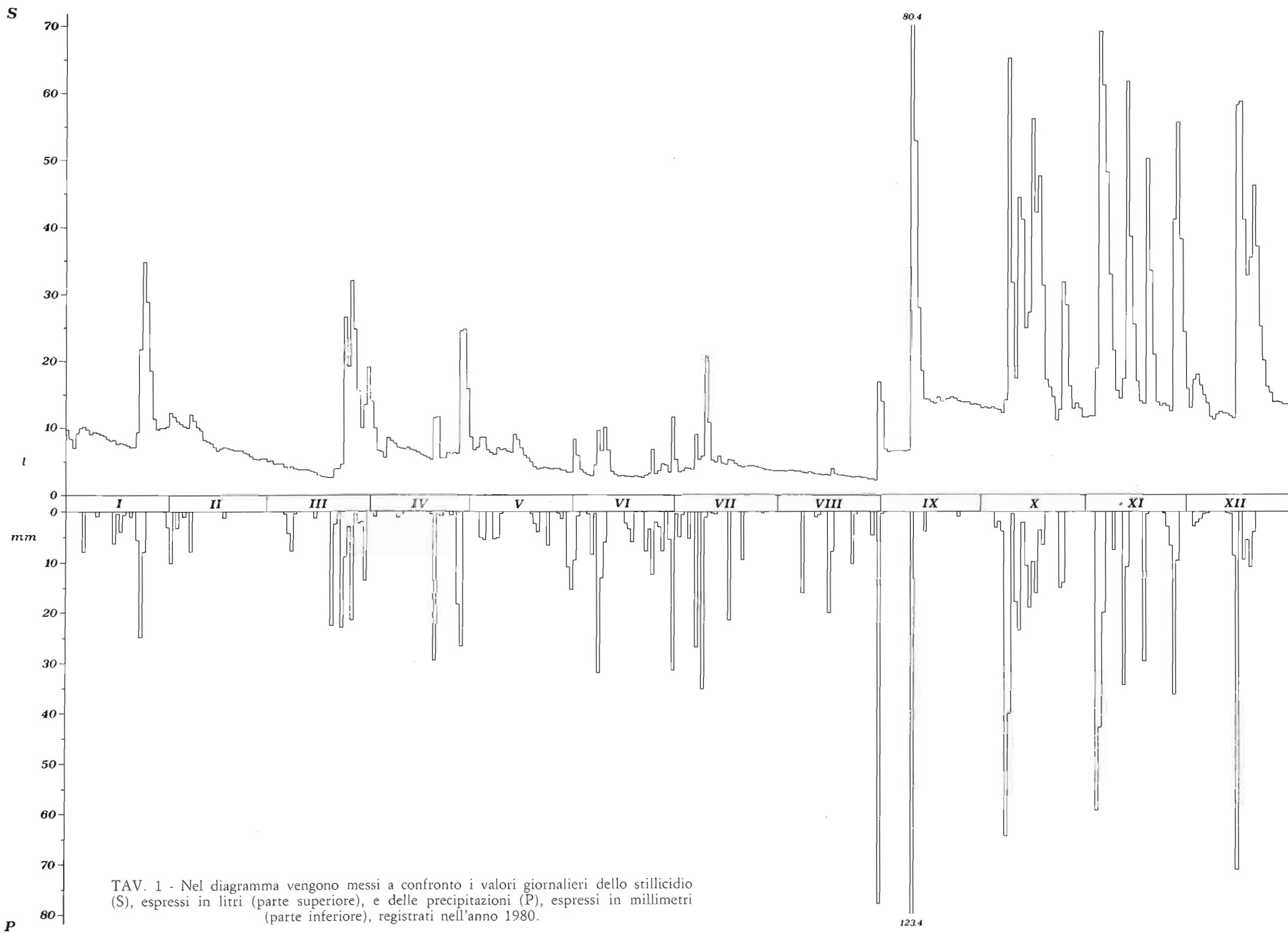
In particolare le precipitazioni vengono registrate da un pluviografo a rullo settimanale SIAP, mod. UM 8100, avente le seguenti caratteristiche:

- vaschetta ad altalena;
- scatti del pennino ogni mm 0,2 di pioggia o g 20 d'acqua;
- avanzamento del diagramma: 2,5 mm/h.

Le quantità d'acqua caduta vengono controllate tre volte al giorno con quelle raccolte da un pluviometro a bocca tarata.

La «stazione interna» (operante dall'11.2.1979) è sistemata nella parte orientale della grande caverna, presso il cosiddetto «Palazzo delle Ninfe», 160 metri a SSE dell'ingresso turistico, ed è costituita da un pluviografo identico a quello di cui è dotata la stazione meteorologica. Il pluviografo è posto in una capannina di nailon con intelaiatura metallica, riscaldata mediante una lampadina da 3 W allo scopo di limitare l'umidità dell'aria a contatto dello strumento. L'acqua viene raccolta alla sommità di una stalagmite per mezzo di un imbuto ed è quindi convogliata al pluviografo attraverso un tubo di gomma.

La stalagmite considerata è alta un metro circa dal suolo ed è situata ad una profondità dal p. c. di m 95 (q. m 180 s.l.m.) in una zona ove l'altezza della volta è di m 20; lo spessore della roccia è quindi di m 75.



TAV. 1 - Nel diagramma vengono messi a confronto i valori giornalieri dello stillicidio (S), espressi in litri (parte superiore), e delle precipitazioni (P), espressi in millimetri (parte inferiore), registrati nell'anno 1980.

L'elaborazione di base dei pluviogrammi viene effettuata per intervalli giornalieri.

I valori riportati nelle tabelle 2 e 3 si riferiscono alle quantità registrate nell'intervallo compreso fra le ore 0 e le ore 24 del giorno indicato (Tempo medio dell'Europa Centrale).

A riguardo dei dati relativi alle precipitazioni meteoriche (tab. 2), essi potranno pertanto differire da quelli pubblicati sul «Bollettino della Stazione Meteorologica di Borgo Grotta Gigante» (Gasparo F., 1981), che sono riferiti all'intervallo di tempo compreso fra le ore 19 del giorno precedente e le ore 19 del giorno indicato. Diversa è inoltre la metodologia seguita in caso di precipitazioni solide (neve). Nella tabella 2 sono riportati i valori registrati in seguito alla fusione spontanea della neve nell'imbuto del pluviografo, che si può considerare con buona approssimazione contemporanea alla fusione che avviene naturalmente al suolo. I dati riportati nel «Bollettino» si riferiscono invece alla fusione provocata artificialmente nel pluviometro dopo ogni precipitazione nevosa.

ILLUSTRAZIONE DEI DATI RILEVATI NELL'ANNO 1980

Nella tabella 1 sono riportati i valori degli elementi meteorologici relativi all'anno che interessa, assieme ai valori medi del periodo 1967-1980; i dati sono stati ripresi da Gasparo F. (1981), a cui si rimanda per maggiori dettagli.

Le condizioni meteorologiche nella grotta nell'anno 1980 risultano da osservazioni stagionali effettuate in prossimità della stazione di misura dello stillicidio. La temperatura media dell'aria è stata di 11,3° C, con un valore minimo di 10,0° C (27 dicembre) e massimo di 11,8° C (30 agosto); i valori dell'umidità relativa risultano compresi fra il 96 ed il 100% (media 99%).

Date le finalità della ricerca risulta di fondamentale importanza la comparazione diretta dell'entità giornaliera delle precipitazioni meteoriche (tab. 2) e dello stillicidio (tab. 3); per una maggiore evidenza i dati sono stati messi a confronto nel diagramma di figura 1.

Le quantità totali dello stillicidio e delle precipitazioni rilevate nel 1980 sono rispettivamente di l 4378,7 (valore medio 12,0 l/giorno) e di mm 1494,2 (valore medio 4,1 mm/giorno).

La punta massima giornaliera dello stillicidio è stata registrata il 10 settembre con l 80,4, in occasione di una eccezionale precipitazione verificatasi nella notte e nella mattinata dello stesso giorno, per complessivi mm 123,4 di pioggia (massimo valore giornaliero rilevato in 30 anni di osservazioni pluviometriche a Borgo Grotta Gigante). Non si tratta tuttavia di un valore da considerarsi massimo in assoluto, anche per effetto del ritardo che intercorre fra l'inizio della precipitazione e l'incremento dello stillicidio in grotta: considerando infatti l'intervallo compreso fra le ore 8 del 10 settembre e la stessa ora del giorno successivo si ricava un valore di l 97,6.

Il valore minimo giornaliero dell'anno, pari a l 2,3, si è avuto il 30 agosto, dopo un lungo periodo di tempo secco con modeste precipitazioni, temperature generalmente elevate e notevole evaporazione e soleggiamento. Anche in questo caso non si tratta del valore minimo assoluto, registrato i giorni 10 e 11 giugno 1979, pari a soli l 1,5.

Per ciò che concerne la dinamica del fenomeno dello stillicidio si è notato che esso è caratterizzato da una serie di «onde di piena» conseguenti alle precipitazioni di maggiore entità, con fasi di «magra» nei periodi secchi.

Dopo ogni precipitazione superiore ad un determinato valore («soglia») si rileva un repentino incremento dello stillicidio, che decresce quindi regolarmente nei giorni successivi all'evento meteorico.

Nel corso dell'anno è stata rilevata una notevolissima variabilità in termini qualitativi e quantitativi dei rapporti fra precipitazioni e stillicidio, caratterizzata da variazioni dei seguenti parametri principali:

- livello della «soglia» (valore minimo delle precipitazioni necessario per determinare un incremento dello stillicidio);
- rapporti quantitativi fra acque meteoriche precipitate e stillicidio;
- tempo di corrivazione (che si considera uguale al ritardo fra l'inizio della precipitazione in superficie e l'inizio dell'onda di piena in grotta).

Dato il carattere preliminare della presente nota ed il breve periodo considerato non si ritiene opportuno entrare nel dettaglio nella descrizione dei singoli parametri; ci si limiterà pertanto ad alcune considerazioni di carattere generale.

Le variazioni dei parametri citati appaiono condizionate dalla situazione meteorologica esterna ed in particolare da un fattore ad essa intimamente legato che viene qui denominato «stato di saturazione del terreno».

Si ritiene cioè che la quantità d'acqua presente nella terra rossa carsica che copre con uno spessore variabile (di norma pochi decimetri) la roccia calcarea — ove questa non è addirittura affiorante — svolga un ruolo determinante nella regolazione del deflusso dell'acqua nella sottostante massa rocciosa, acqua che nel caso considerato può venire misurata direttamente sotto forma di stillicidio in un grande vano carsico ipogeo.

Le acque che raggiungono la superficie topografica, in un'area carsica come quella ove si apre la Grotta Gigante, in parte si infiltrano e defluiscono nella roccia calcarea, dopo aver attraversato un limitato spessore di suolo, mentre la rimanente quantità satura il suolo stesso e torna quindi all'atmosfera per fenomeni di evapotraspirazione.

Può verificarsi in alcuni periodi che gli apporti di acque meteoriche non siano sufficienti a compensare le perdite dovute all'evapotraspirazione, con conseguente diminuzione dell'acqua presente nel suolo. In questo caso — che si riscontra con maggiore evidenza e frequenza nei mesi estivi — si avrà un «livello di soglia» piuttosto elevato e bassi valori generali dello stillicidio: si vedano ad esempio nella tavola 1 le situazioni registrate nella seconda metà di luglio ed in particolare in agosto, quando precipitazioni anche intense (10 - 15 mm) non hanno portato ad alterazioni nello stillicidio e le precipitazioni

dei giorni 16 e 17 agosto (mm 27,8 di pioggia) ne hanno determinato un aumento modestissimo (l 4,0 il 17 agosto contro i l 3,0 - 3,1 dei giorni precedenti).

Completamente diversa è la situazione in un autunno caratterizzato, come nel 1980, da forti precipitazioni ed in generale da scarsa evaporazione e ridotta attività vegetativa delle piante. In questo caso le quantità dello stillicidio sono notevoli ed il «livello di soglia» è basso (si vedano gli effetti provocati sullo stillicidio dalle modeste precipitazioni nevose del 3 dicembre).

Lo stesso discorso vale per i «tempi di corrivazione», di norma tanto più bassi quanto più prossimo alla saturazione è il terreno; fanno eccezione le precipitazioni di grande intensità, come quella già citata del 10 settembre, in occasione della quale si ebbe una rapida saturazione del terreno con conseguente rapido deflusso delle acque in profondità (a titolo di esempio il ritardo fra l'inizio dei rovesci del giorno citato e l'arrivo dell'onda di piena dello stillicidio è stato di 4 ore circa).

Le caratteristiche meteorologiche dei mesi di ottobre, novembre e dicembre consentono inoltre di effettuare un calcolo che può consentire — sia pur con approssimazione — la valutazione della superficie di assorbimento delle acque che alimentano la «stalagmite campione».

Nel periodo di 88 giorni compreso fra il 5 ottobre ed il 31 dicembre sono caduti complessivamente mm 625,2 di pioggia, a cui corrispondono l 2216,6 d'acqua registrati dal pluviografo posto in grotta. Considerando i valori pressochè identici dello stillicidio nei giorni di inizio e di fine del periodo indicato (l 12,6 il 5 ottobre, l 13,5 il 31 dicembre), si ritiene di poter mettere ragionevolmente in rapporto diretto i due dati complessivi: ne deriva una quantità di stillicidio di circa 3,5 volte superiore a quella delle precipitazioni.

Lo stesso rapporto, calcolato in modo analogo per il periodo 3 - 31 dicembre è di circa 5,3.

I mesi autunnali, come si è detto, sono caratterizzati da una ridotta evapotraspirazione, che si riduce a valori minimi in dicembre in seguito alla stasi vegetativa delle piante.

Ricordando che una precipitazione di mm 1 comporta un apporto complessivo di l 1 d'acqua per ogni metro quadrato di terreno, i rapporti sopra riportati fanno ritenere che la superficie di assorbimento delle acque che alimentano la «stalagmite campione» sia prossima a m² 5.

Si tratta naturalmente di un dato puramente indicativo, in quanto sono stati considerati nel calcolo esclusivamente i fattori registrati, prescindendo dagli elementi (non noti) che regolano il deflusso nello spessore di roccia (e suolo) presente fra la superficie topografica ed il soffitto della grotta.

Un ultimo fenomeno che sarà oggetto di ricerca in futuro e che in questa sede si intende solamente segnalare è quello relativo ad anomali incrementi dello stillicidio, sicuramente non legati a precipitazioni meteoriche.

Alcuni di questi casi — ad esempio l'incremento registrato i giorni 4 e 5 gennaio — si ritiene siano legati a fenomeni di gelo (e successiva fusione)

dell'acqua presente nella parte superficiale del suolo, mentre non trovano attualmente spiegazione i forti incrementi dei giorni 6 aprile e 14 maggio, con «onde di piena» simili a quelle conseguenti a sensibili precipitazioni.

BIBLIOGRAFIA

- FORTI F. (1981). *La Grotta Gigante sul Carso Triestino, stazione di ricerche scientifiche*. Atti Conv. Int. sulle Grotte Turistiche (Borgio Verezzi, 1981), in stampa.
- GASPARO F. (1981). *Osservazioni meteoriche eseguite nel 1980*. Boll. Staz. Met. di Borgo Grotta Gigante, pp. 1-18, Trieste.
- POLLI S. (1953). *Meteorologia ipogea nella Grotta Gigante presso Trieste*. Actes I Congrès Int. de Spéléologie (Paris, 1953), tome 2, pp. 307-319, Paris.
- POLLI S. (1956). *La Grotta Gigante del Carso Triestino quale cavità barometrica*. Atti VI Congr. Naz. di Speleologia (Trieste, 1954), pp. 277-286, Trieste.
- POLLI S. (1958). *Cinque anni di meteorologia ipogea alla Grotta Gigante presso Trieste*. Atti VIII Congr. Naz. di Speleologia (Como, 1956), tomo 2, pp. 166-178, Como.
- POLLI S. (1971). *Quattro anni di meteorologia ipogea nella Grotta Gigante presso Trieste (1958-1961)*. Atti e Mem. Comm. Grotte «E. Boegan», vol. 10, pp. 67-74, Trieste.
- POLLI S. & TOMMASINI T. (1972). *Un ventennio di pluviometria giornaliera sul Carso Triestino*. Atti Museo Civ. St. Nat. di Trieste, vol. 27, fasc. 4, pp. 173-186, Trieste.
- TOMMASINI T. (1970). *Piovosità esterna e stilicidio nella Grotta Gigante sul Carso Triestino*. Atti e Mem. Comm. Grotte «E. Boegan», vol. 9, pp. 99-105, Trieste.
- TOMMASINI T. (1972). *Meteorologia ipogea nella Grotta Gigante sul Carso Triestino*. Atti e Memorie Comm. Grotte «E. Boegan», vol. 11, pp. 103-107, Trieste.
- TOMMASINI T. (1975). *Ventitre anni di termoigrometria alla Grotta Gigante sul Carso Triestino*. Atti e Memorie Comm. Grotte «E. Boegan», vol. 14, pp. 51-64, Trieste.
- TOMMASINI T. (1979). *Dieci anni di osservazioni meteorologiche a Borgo Grotta Gigante*. Boll. Staz. Met. di Borgo Grotta Gigante, pp. 1-11, Trieste.

	1980	1967-80 media
Pressione atmosferica media (mb)	981,6	982,1
media	11,0	11,8
Temperatura dell'aria (°C) media min	6,7	7,3
media max	15,4	16,3
Umidità relativa media (%)	69	69
Velocità media del vento (km/h)	7,1	7,8
Precipitazioni (mm)	1494,2	1391,7
Evaporazione (mm)	448,4	544,7
Soleggiamento (ore)	1845,4	2039,7
Temperatura media del suolo a cm 5	10,4	11,0
a cm 15	10,7	11,4

Tabella 1 — Valori degli elementi meteorologici principali rilevati nel corso dell'anno 1980 e valori medi (1967-1980) nella Stazione meteorologica di Borgo Grotta Gigante.

MESE	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
1	—	10,2	—	—	—	9,6	0,4	—	0,4	—	—	—
2	—	—	—	1,0	—	0,8	4,8	—	—	—	—	—
3	—	3,4	—	—	—	—	0,6	—	—	—	—	3,0
4	—	—	—	—	5,0	—	—	—	—	—	59,0	2,2
5	—	1,0	—	—	5,6	0,6	5,2	—	—	3,2	42,6	1,4
6	8,0	—	0,4	—	—	8,4	—	—	—	1,8	19,8	0,4
7	—	8,0	4,4	—	—	0,2	26,8	—	—	3,8	—	0,2
8	—	—	7,8	1,2	5,2	31,8	—	15,8	—	64,2	—	—
9	—	—	0,4	0,2	5,0	13,0	34,8	—	—	40,0	7,4	—
10	1,0	—	—	—	0,2	6,0	1,0	—	123,4	0,2	—	—
11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	17,8	—	—
12	—	—	—	—	—	—	0,2	1,2	—	23,4	32,4	—
13	—	—	—	—	—	—	0,4	0,6	—	2,2	10,8	0,2
14	—	—	—	—	—	—	—	—	4,0	10,6	—	0,4
15	6,4	—	1,4	—	—	—	—	—	—	18,8	—	8,6
16	0,4	—	—	—	—	2,2	—	20,0	—	9,6	—	70,8
17	4,0	1,4	—	—	—	3,4	21,4	7,8	—	16,2	—	—
18	0,6	—	—	—	—	6,0	—	—	—	3,6	29,6	9,6
19	—	—	—	0,6	0,6	—	—	—	—	6,4	0,6	5,4
20	1,2	—	22,6	29,6	2,2	—	—	—	—	—	—	11,0
21	—	—	2,4	0,6	4,0	—	9,4	—	—	—	—	4,0
22	5,6	—	0,2	0,8	—	7,4	—	—	—	—	—	—
23	24,8	—	23,0	—	—	3,2	—	10,4	—	—	—	—
24	8,0	—	8,8	—	6,6	12,4	—	0,4	1,0	14,8	0,2	—
25	—	—	2,8	0,8	—	1,8	—	—	—	13,8	2,8	—
26	—	—	21,4	—	—	3,0	—	—	—	—	6,6	—
27	—	—	0,4	18,2	0,2	7,4	0,2	—	—	—	36,2	—
28	—	—	2,2	26,6	1,4	—	—	—	—	—	9,6	—
29	—	—	2,0	—	—	5,4	—	4,4	—	—	—	—
30	—	—	13,6	—	10,8	31,6	—	—	—	—	—	—
31	3,2	—	—	—	15,4	—	—	77,4	—	—	—	—
Totale	63,2	24,0	113,8	79,6	62,2	154,2	105,2	138,0	128,8	250,4	257,6	117,2

Anno 1494,2

Tabella 2 — Precipitazioni giornaliere, mensili ed annua (in mm) registrate nella Stazione meteorologica di Borgo Grotta Gigante nell'anno 1980.

MESE	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
1	9,7	12,3	5,0	13,9	8,6	8,4	5,3	3,7	13,9	12,9	11,5	15,7
2	8,3	11,6	5,1	9,9	6,7	5,9	3,4	3,7	6,8	13,0	11,7	12,9
3	6,8	11,0	4,6	6,6	7,1	3,8	3,6	3,5	6,4	12,7	11,7	17,2
4	9,2	10,5	4,7	6,5	8,6	3,3	4,1	3,6	6,5	13,0	18,8	18,0
5	10,0	10,2	4,7	5,5	8,6	3,0	4,0	3,6	6,6	12,6	69,0	16,4
6	10,2	10,0	4,2	8,7	6,8	2,8	3,8	3,5	6,6	12,5	61,0	14,8
7	9,8	12,1	4,1	8,1	6,4	4,5	9,0	3,6	6,6	12,2	48,0	13,6
8	9,0	11,0	4,2	7,7	6,1	9,7	5,2	3,4	6,5	14,0	32,7	11,6
9	9,4	10,1	3,9	7,2	7,1	6,5	5,8	3,3	6,6	65,0	21,5	11,2
10	9,3	9,6	3,8	7,0	6,8	10,1	20,7	3,5	80,4	31,6	15,5	12,0
11	9,1	8,2	3,8	6,9	6,9	6,7	10,7	3,3	52,6	17,1	14,3	12,4
12	8,8	8,0	3,8	7,2	6,6	3,5	5,1	3,1	27,8	44,3	17,3	12,2
13	8,4	7,7	3,7	6,8	6,4	3,1	4,8	3,1	18,4	41,0	61,7	12,2
14	8,0	7,2	3,5	6,7	9,1	2,8	5,9	3,0	14,2	24,8	38,4	11,6
15	8,3	6,5	3,3	6,4	8,3	2,9	4,7	3,1	14,2	27,2	25,4	11,4
16	7,5	6,9	3,0	6,1	7,0	2,8	4,6	3,0	13,8	56,0	16,9	58,0
17	7,6	7,1	2,9	5,8	5,9	2,8	5,3	4,0	13,5	42,0	13,9	58,6
18	7,5	7,0	2,8	5,6	5,5	2,7	5,2	3,2	14,5	47,5	13,6	40,8
19	7,4	6,8	2,7	5,3	5,0	2,8	4,7	3,0	13,9	31,2	50,0	32,5
20	7,1	6,6	2,7	11,6	4,2	2,7	4,4	3,0	14,1	17,2	33,3	35,2
21	7,1	6,6	3,8	11,7	3,9	2,6	4,1	2,9	14,3	16,0	20,9	46,0
22	9,4	6,7	3,8	5,5	4,0	3,1	4,2	2,7	14,6	14,6	13,8	36,8
23	21,6	6,3	4,6	5,5	4,1	3,3	4,4	2,6	14,4	11,1	13,2	25,1
24	34,9	6,2	26,5	6,3	4,0	6,8	4,4	2,7	13,9	12,7	13,6	19,9
25	28,8	5,7	19,1	6,1	3,9	3,2	4,3	2,7	13,8	31,7	13,2	16,1
26	18,5	5,4	31,9	6,3	4,0	3,6	4,1	2,6	13,8	28,2	12,4	15,1
27	11,4	5,3	24,7	6,1	4,0	4,7	4,0	2,6	13,8	16,2	41,0	13,7
28	9,7	5,5	15,5	24,5	3,7	4,5	3,8	2,4	13,4	12,8	55,4	13,8
29	10,0	5,5	10,0	24,8	3,7	3,3	3,8	2,4	13,6	13,7	38,0	13,7
30	10,0		13,4	15,3	3,4	11,6	3,7	2,3	13,5	12,9	24,2	13,5
31	10,2		19,1		3,4		3,7	16,8		11,5		13,5
Tot.	343,0	233,6	248,9	261,6	179,8	137,5	164,8	109,9	483,0	729,2	831,9	655,5

Anno 4378,7

Tabella 3 — Quantità giornaliera, mensili ed annua (in litri) dello stillicidio registrate nell'anno 1980 per la stalagmite considerata.

FRANCO STRAVISI (*)

**DISTRIBUZIONE STATISTICA DELLE PRECIPITAZIONI GIORNALIERE
A PESCHIERA DEL TIMAVO, MALCHINA, OPICINA, DOMIO
E SAN BARTOLOMEO
(provincia di Trieste)**

RIASSUNTO

Sulla base dei dati giornalieri di precipitazione rilevati negli anni 1957-1966 in cinque stazioni meteorologiche dell'Istituto Talassografico di Trieste, si calcolano le distribuzioni cumulative di frequenza stagionali ed annue. La media di tali distribuzioni rappresenta l'intera area circostante la città, dal mare all'altipiano carsico.

**FREQUENCY DISTRIBUTION OF DAILY PRECIPITATIONS
IN THE KARST AREA NEAR TRIESTE**

ABSTRACT

The daily precipitations measured in the years 1957-1966 at five meteorological stations near Trieste (fig. 1, tab. 1) are considered. The cumulative relative frequencies (1) are computed as the best cumulative population probabilities for each station, for the whole period of observations and for each season separately.

Seasonal and annual frequency tables (3) are given (tabs 2.1 to 2.3); the average values between the five stations are considered to be representative of the area from the Karst to the sea (Gulf of Trieste), tab. 2.3. Mean recurrence intervals or return periods (4) for daily precipitations are given (tab. 4). The average seasonal probability cycle for classes of daily precipitations is represented in fig. 2; fig. 3 gives the average cumulative distribution which characterizes the whole area surrounding Trieste.

LE STAZIONI METEOROLOGICHE ED I DATI DI PRECIPITAZIONE

In questa nota viene studiata la distribuzione statistica stagionale ed annuale delle precipitazioni giornaliere rilevate negli anni 1957-1966 in una serie di cinque stazioni meteorologiche installate dall'Istituto Talassografico di Trieste sul Carso triestino ed ai piedi dell'altipiano (fig. 1).

(*) C. N. R. - Istituto Talassografico di Trieste.

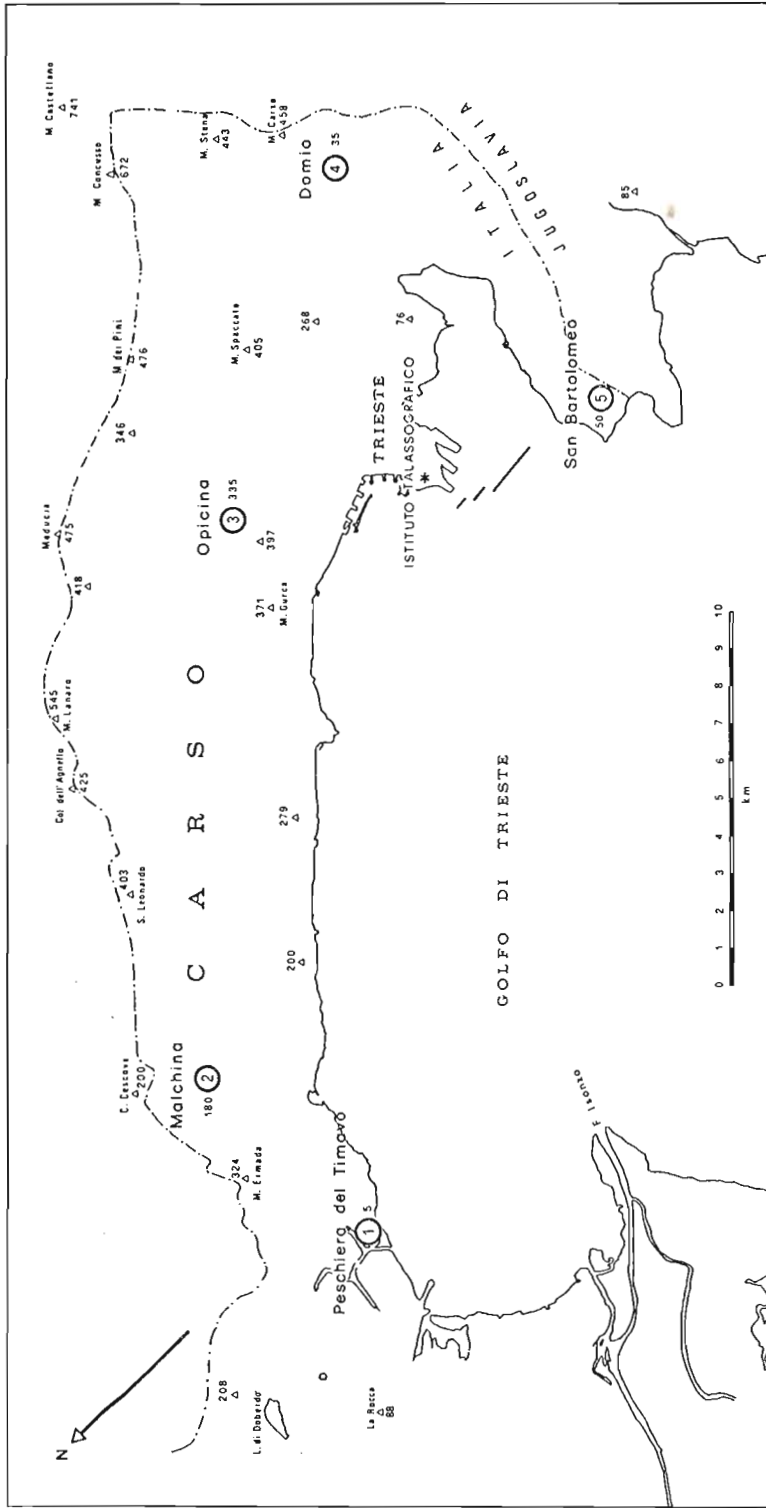


Fig. 1 — Le stazioni meteorologiche.
The meteorological stations.

Queste stazioni funzionarono con continuità per un periodo di 8-10 anni fornendo, oltre alle precipitazioni, dati di temperatura dell'aria, umidità relativa, evaporazione e velocità del vento. Una descrizione delle caratteristiche climatiche di queste cinque località, e dei relativi dati correlati ai dati della stazione campione di Trieste, è riportata da Stravisi (1980). Altre utili informazioni sul clima di Trieste e dintorni si trovano in Stravisi (1976, 1977) e Polli (1953); i dati meteorologici di Trieste e di altre località della regione sono stati ampiamente pubblicati (vedi bibliografia).

I dati qui esaminati sono le altezze, totalizzate in 24 ore, della densità di precipitazione (pioggia, rugiada; brina, grandine e neve fusa) misurate alle ore 19 (tempo medio dell'Europa centrale) nelle stazioni di Peschiera del Timavo, Malchina ed Opicina, fornite di pluviometro, e rilevate alle ore 24 nelle stazioni di Domio e San Bartolomeo, fornite anche di un pluviografo ad altalena. In entrambi i casi la superficie di raccolta era di 1000 cm². Nel periodo invernale, nei casi in cui la neve non veniva fusa e misurata direttamente dagli osservatori, si è considerata un'altezza equivalente in acqua pari ad 1/10 dell'altezza osservata del manto nevoso precipitato.

STAZIONE STATION	ANNI YEARS	I WI	P SP	E SU	A AU	TOTALE TOTAL
1) Peschiera del Timavo (m 5)	1959-1966	722	736	736	728	2922
2) Malchina (m 180)	1957-1965	722	736	736	728	2922
3) Opicina (m 335)	1958-1965	660	675	582	546	2463
4) Domio (m 35)	1957-1966	843	889	859	910	3501
5) San Bartolomeo (m 50)	1957-1965	781	767	736	728	3012

Tab. 1 — Stazioni meteorologiche: quota, anni di osservazioni, numero di dati giornalieri di precipitazione per stagione e totali.
 Meteorological stations: height above m. s. l., years of observations, number of daily precipitation data per season and total.

METODO DI ANALISI STATISTICA

Le altezze giornaliere di precipitazione di ciascuna stazione sono state raggruppate in quattro campioni secondo la stagione; per esempio l'inverno (WI) comprende tutti i mesi di dicembre, gennaio e febbraio negli anni di osservazione, e così via per la primavera (SP), estate (SU) ed autunno (AU).

Ciascun campione stagionale, di circa 700 dati giornalieri (tab. 1), espressi in mm con una cifra decimale, è stato suddiviso in classi di precipitazione aperte a sinistra. La prima è la classe di precipitazione nulla; i limiti superiori delle altre classi sono p_i , $i = 1, N$ (1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, ... mm/d). L'ampiezza di ciascuna classe $C_i =]p_{i-1}, p_i]$ è di 1 mm/d per $0 < p_i \leq 5$ mm/d, di 5 mm/d per $p_i \geq 10$ mm/d.

Indicando con

n_i il numero di dati del campione compresi nella classe C_i ,

$n = \sum_{i=0}^N n_i$ il numero totale di dati giornalieri del campione,

m_i il numero progressivo dell'ultimo dato uguale a p_i ,
possiamo definire le frequenze relative cumulative

$$F(p_i) = m_i / (n+1), \quad (1)$$

che rappresentano la miglior stima delle probabilità cumulative della popolazione (Thom, 1971). La probabilità di avere una precipitazione maggiore di p è data dunque da

$$f(p) = 100 (1 - F(p)) \% = 365 (1 - F(p)) \text{ giorni/anno}; \quad (2)$$

la funzione $F(p)$ si ottiene interpolando linearmente $F(p_i)$. La probabilità che sia $a < p < b$ è ovviamente

$$d(a, b) = f(a) - f(b). \quad (3)$$

Il tempo medio di ricorrenza o periodo di ritorno per valori superiori a p è

$$R(p) = (1 - F(p))^{-1}. \quad (4)$$

La distribuzione di frequenza di ciascuna stazione relativa a tutto l'anno si ottiene sommando per ogni classe C_i le frequenze n_i relative ai quattro campioni stagionali; sommando anche i quattro valori stagionali di m_i ed n , si ricalcolano le probabilità cumulative (1).

La distribuzione di frequenza media caratterizzante il territorio coperto dalle cinque stazioni si ottiene considerando la media aritmetica delle corrispondenti distribuzioni.

RISULTATI E COMMENTI

Le tab. 2.1, 2.2, 2.3 riportano, per le cinque stazioni elencate in tab. 1, la probabilità di avere, nelle diverse stagioni e complessivamente nell'anno, una giornata con un'altezza totale di precipitazione compresa entro i limiti indicati. Le probabilità medie, che assumiamo rappresentative per la provincia di Trieste, sono date nella tab. 2.3.

La fig. 2 rappresenta l'andamento stagionale delle probabilità percentuali medie delle cinque stazioni (tab. 2.3), caratterizzanti cioè tutto il territorio della provincia di Trieste. Si nota che le precipitazioni giornaliere tra 0 ed 1 mm hanno una probabilità massima (6.2%) in primavera e minima (4.3%) in estate; questo ciclo annuale si modifica con continuità nelle classi successive, e la probabilità minima stagionale slitta in inverno per precipitazioni comprese tra 3 e 4 mm/d (fig. 2a). Le precipitazioni tra 5 e 10 mm/d (fig. 2b) hanno un massimo di probabilità in estate (6.6%) ed in inverno

(6.3%) ed un minimo in primavera (5.5%) ed in autunno (5.4%). Le precipitazioni tra 10 e 15 mm/d sono caratteristiche dell'autunno, quelle tra 15 e 20 mm/d dell'autunno e della primavera. Le precipitazioni giornaliere comprese tra 25-30, 30-35 e 35-40 mm (fig. 2c) aumentano la loro probabilità, dell'ordine di 1%, dall'inverno all'autunno; gli acquazzoni più intensi (40-45, 45-50, > 50 mm/d) caratterizzano l'estate, ed ancora l'autunno, con probabilità da 0.4% (una volta ogni 3 anni) a 0.9% (uno all'anno).

Il numero di giorni all'anno (2) con precipitazione totale uguale a zero o superiore a p è riportato nella tab. 3 per ciascuna stazione (1, . . . 5), assieme ai valori medi delle cinque località.

I periodi di ritorno (4) in giorni per precipitazioni giornaliere superiori a p , relativi alle località 1, . . . 5 ed alla loro media, sono riportati nella tab. 4.

L'istogramma cumulativo medio delle cinque stazioni (fig. 3) rappresenta infine la probabilità di avere sul territorio della provincia di Trieste una precipitazione giornaliera di altezza superiore ad un certo valore p riportato in ascisse.

Ringraziamenti

Desidero ringraziare in primo luogo il prof. Silvio Polli, che ha promosso e curato l'attività delle stazioni meteorologiche citate in questa nota.

Ringrazio inoltre gli osservatori di Peschiera del Timavo, Malchina, Opicina, Domio e San Bartolomeo ed il personale dell'Istituto Talassografico di Trieste che nel passato si è occupato della raccolta di questi dati. Ricordo in particolare Ivo Luca e Giorgio Pieri, che hanno seguito ed assicurato il funzionamento delle stazioni e dei relativi strumenti.

1) PESCHIERA DEL TIMAVO

mm/g mm/d	I WI %	P SP %	E SU %	A AU %	ANNO YEAR %	giorni days
0	73.0	68.2	68.8	66.1	69.1	252
0 - 1	4.3	4.7	3.3	3.4	3.9	14
1 - 2	1.7	4.9	3.1	4.1	3.5	13
2 - 3	1.5	2.7	2.4	2.9	2.4	9
3 - 4	1.1	2.8	2.4	1.4	2.0	7
4 - 5	1.9	1.4	1.5	1.1	1.5	5
0 - 5	10.5	16.6	12.8	12.9	13.2	48
5 - 10	6.5	4.7	7.1	5.5	6.0	22
10 - 15	3.9	3.1	3.0	4.0	3.5	13
15 - 20	1.2	3.3	2.0	4.7	2.8	10
20 - 25	1.2	1.8	1.4	2.1	1.6	6
25 - 30	1.5	0.5	0.9	1.2	1.1	4
30 - 35	0.4	0.5	1.4	1.4	0.9	3
35 - 40	0.6	0.5	0.7	0.4	0.5	2
40 - 45	0.3	0.3	0.3	0.0	0.2	1
45 - 50	0.3	0.1	0.3	0.3	0.2	1
> 50	0.4	0.1	1.4	1.4	0.8	3

2) MALCHINA

mm/g mm/d	A AU %	E SU %	P SP %	I WI %	ANNO YEAR %	giorni days
0	73.4	72.3	74.9	71.5	73.1	267
0 - 1	3.3	5.0	2.8	4.0	3.8	14
1 - 2	1.9	2.4	2.0	1.9	2.1	7
2 - 3	2.1	2.2	1.5	1.5	1.8	7
3 - 4	1.5	1.6	1.2	2.2	1.6	6
4 - 5	1.7	1.9	1.9	1.1	1.6	6
0 - 5	10.5	13.2	9.5	10.7	11.0	40
5 - 10	5.7	4.7	5.2	4.4	5.0	18
10 - 15	3.2	2.7	2.3	4.7	3.2	12
15 - 20	2.1	2.2	1.9	1.9	2.0	7
20 - 25	1.8	1.6	1.4	1.0	1.4	6
25 - 30	1.2	1.9	1.1	1.6	1.5	5
30 - 35	0.6	0.3	1.1	0.7	0.7	2
35 - 40	0.6	0.5	0.4	0.8	0.6	2
40 - 45	0.1	0.0	0.5	0.8	0.4	2
45 - 50	0.0	0.3	0.4	0.4	0.3	1
> 50	0.7	0.1	1.2	1.4	0.8	3

Tab. 2.1 — Tabelle di frequenza stagionali ed annuali delle precipitazioni totali giornaliere.
Seasonal and annual frequency tables of daily precipitations.

3) OPICINA

mm/g mm/d	I WI %	P SP %	E SU %	A AU %	ANNO YEAR %	giorni days
0	70.5	66.3	71.0	65.3	68.4	250
0 - 1	4.5	4.7	2.2	4.8	4.1	15
1 - 2	3.0	4.9	2.4	2.7	3.3	12
2 - 3	1.4	3.0	2.4	4.0	2.6	10
3 - 4	1.2	1.5	0.9	2.4	1.5	5
4 - 5	1.8	1.3	1.5	1.8	1.6	6
0 - 5	12.0	15.4	9.5	15.7	13.2	48
5 - 10	6.7	5.9	8.9	5.7	6.8	25
10 - 15	3.5	4.7	3.3	4.4	4.0	15
15 - 20	2.0	2.8	1.4	1.6	2.0	7
20 - 25	2.7	1.6	1.0	1.8	1.8	7
25 - 30	0.9	1.6	1.5	2.0	1.5	6
30 - 35	0.8	1.0	1.0	1.5	1.1	4
35 - 40	0.3	0.1	0.7	0.4	0.4	1
40 - 45	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	1
45 - 50	0.0	0.0	0.7	0.2	0.2	1
> 50	0.3	0.0	0.5	0.9	0.4	1

4) DOMIO

mm/g mm/d	I WI %	P SP %	E SU %	A AU %	ANNO YEAR %	giorni days
0	65.3	65.4	66.7	66.0	65.9	241
0 - 1	10.0	8.9	7.3	7.7	8.5	31
1 - 2	3.9	5.1	3.1	3.3	3.9	14
2 - 3	2.3	2.7	2.8	2.2	2.5	9
3 - 4	2.1	1.7	1.9	2.2	2.0	7
4 - 5	2.1	1.7	1.3	1.6	1.7	6
0 - 5	20.4	20.0	16.4	17.0	18.4	67
5 - 10	6.2	7.0	5.0	4.9	5.8	21
10 - 15	2.8	1.9	3.3	3.8	3.0	11
15 - 20	1.9	2.6	2.6	2.7	2.5	9
20 - 25	1.3	1.2	2.2	1.5	1.6	6
25 - 30	0.8	0.7	1.4	1.3	1.1	4
30 - 35	0.4	0.7	0.5	0.4	0.5	2
35 - 40	0.4	0.2	0.1	1.0	0.4	2
40 - 45	0.2	0.1	0.5	0.4	0.3	1
45 - 50	0.2	0.0	0.5	0.1	0.2	1
> 50	0.0	0.1	0.8	0.5	0.4	1

Tab. 2.2 — Tabelle di frequenza stagionali ed annuali delle precipitazioni totali giornaliere.
Seasonal and annual frequency tables of daily precipitations.

5) SAN BARTOLOMEO

mm/g mm/d	I WI %	P SP %	E SU %	A AU %	ANNO YEAR %	giorni days
0	69.9	67.7	70.4	68.4	69.2	253
0 - 1	7.0	7.6	6.0	6.2	6.7	24
1 - 2	3.5	3.5	2.8	3.0	3.2	12
2 - 3	2.0	3.0	1.8	2.9	2.4	9
3 - 4	1.8	2.3	2.2	1.6	2.0	7
4 - 5	2.0	2.3	1.2	1.1	1.7	6
0 - 5	16.4	18.7	14.0	14.8	16.0	59
5 - 10	6.4	5.2	6.6	6.3	6.1	22
10 - 15	3.8	3.0	2.8	3.3	3.3	12
15 - 20	1.7	2.2	1.6	2.6	2.0	7
20 - 25	0.9	2.0	1.2	1.0	1.3	5
25 - 30	0.1	0.5	0.7	1.2	0.6	2
30 - 35	0.3	0.1	0.5	0.8	0.4	2
35 - 40	0.3	0.1	0.4	0.7	0.4	1
40 - 45	0.1	0.3	0.5	0.4	0.3	1
45 - 50	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0
> 50	0.0	0.0	0.8	0.3	0.3	1

FREQUENZE MEDIE AVERAGE FREQUENCIES

mm/g mm/d	I WI %	P SP %	E SU %	A AU %	ANNO YEAR %	giorni days
0	70.4	68.0	70.4	67.5	69.1	252
0 - 1	5.8	6.2	4.3	5.2	5.3	19
1 - 2	2.8	4.2	2.7	3.0	3.2	12
2 - 3	1.9	2.7	2.2	2.7	2.3	8
3 - 4	1.5	2.0	1.7	2.0	1.8	7
4 - 5	1.9	1.7	1.5	1.3	1.6	6
0 - 5	13.9	16.8	12.4	14.2	14.4	52
5 - 10	6.3	5.5	6.6	5.4	5.9	22
10 - 15	3.4	3.1	2.9	4.0	3.4	12
15 - 20	1.8	2.6	1.9	2.7	2.3	8
20 - 25	1.6	1.6	1.4	1.5	1.5	6
25 - 30	0.9	1.0	1.1	1.5	1.1	4
30 - 35	0.5	0.5	0.9	1.0	0.9	3
35 - 40	0.4	0.3	0.5	0.7	0.5	2
40 - 45	0.2	0.2	0.4	0.4	0.3	1
45 - 50	0.1	0.1	0.4	0.2	0.2	1
> 50	0.3	0.1	0.9	0.9	0.6	2

Tab. 2.3 — Tabelle di frequenza stagionali ed annuali delle precipitazioni totali giornaliere.
Seasonal and annual frequency tables of daily precipitations.

p mm/g mm/d	1	2	3	4	5	MEDIA Average
0	113	98	115	124	112	113
1	98	84	100	94	88	93
2	86	77	88	80	76	81
3	77	70	79	70	67	73
4	70	64	73	63	60	66
5	65	58	67	57	54	60
10	43	40	43	36	31	39
15	30	28	28	25	20	26
20	20	21	21	16	12	18
25	14	15	14	11	8	12
30	10	10	9	7	5	8
35	7	8	5	5	4	6
40	5	6	4	3	2	4
45	4	4	2	2	1	3
50	3	3	2	1	1	2
p = 0	252	267	250	241	253	252

Tab. 3 — Giorni all'anno con precipitazioni superiori a p (cinque stazioni e valori mensili).
Days per year with precipitations greater than p (five localities and average values).

p mm/g mm/d	1	2	3	4	5	MEDIA Average
0	3	4	3	3	3	3
1	4	4	4	4	4	4
2	4	5	4	5	5	5
3	5	5	5	5	5	5
4	5	6	5	6	6	6
5	6	6	5	6	7	6
10	9	9	9	10	12	10
15	12	13	13	14	19	14
20	18	18	17	22	30	21
25	26	24	26	35	48	32
30	36	36	42	55	68	47
35	54	47	75	75	97	70
40	77	65	103	110	152	101
45	92	86	154	167	303	160
50	116	112	222	250	333	207

Tab. 4 — Periodi di ritorno in giorni per precipitazioni giornaliere superiori a p
(cinque stazioni e valori medi).
Return periods for daily precipitations greater than p (five localities and average values).

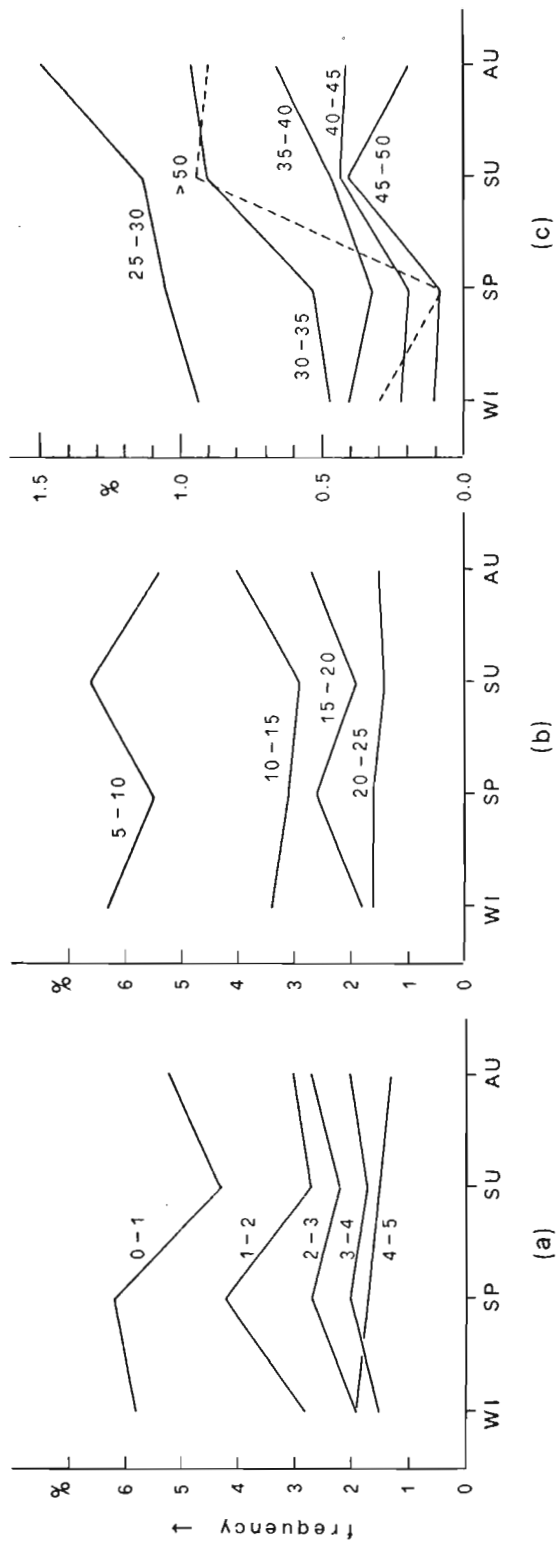


Fig. 2 — Frequenza media delle precipitazioni giornaliere nelle stazioni di Peschiera del Timavo, Matichina, Opicina, Domio e San Bartolomeo: variazione stagionale per classi di 1 mm/g (a) e di 5 mm/g (b, c).
 Average frequency of daily precipitations at the five localities: seasonal variation for classes with a range of 1 mm/d (a) and 5 mm/d (b, c).

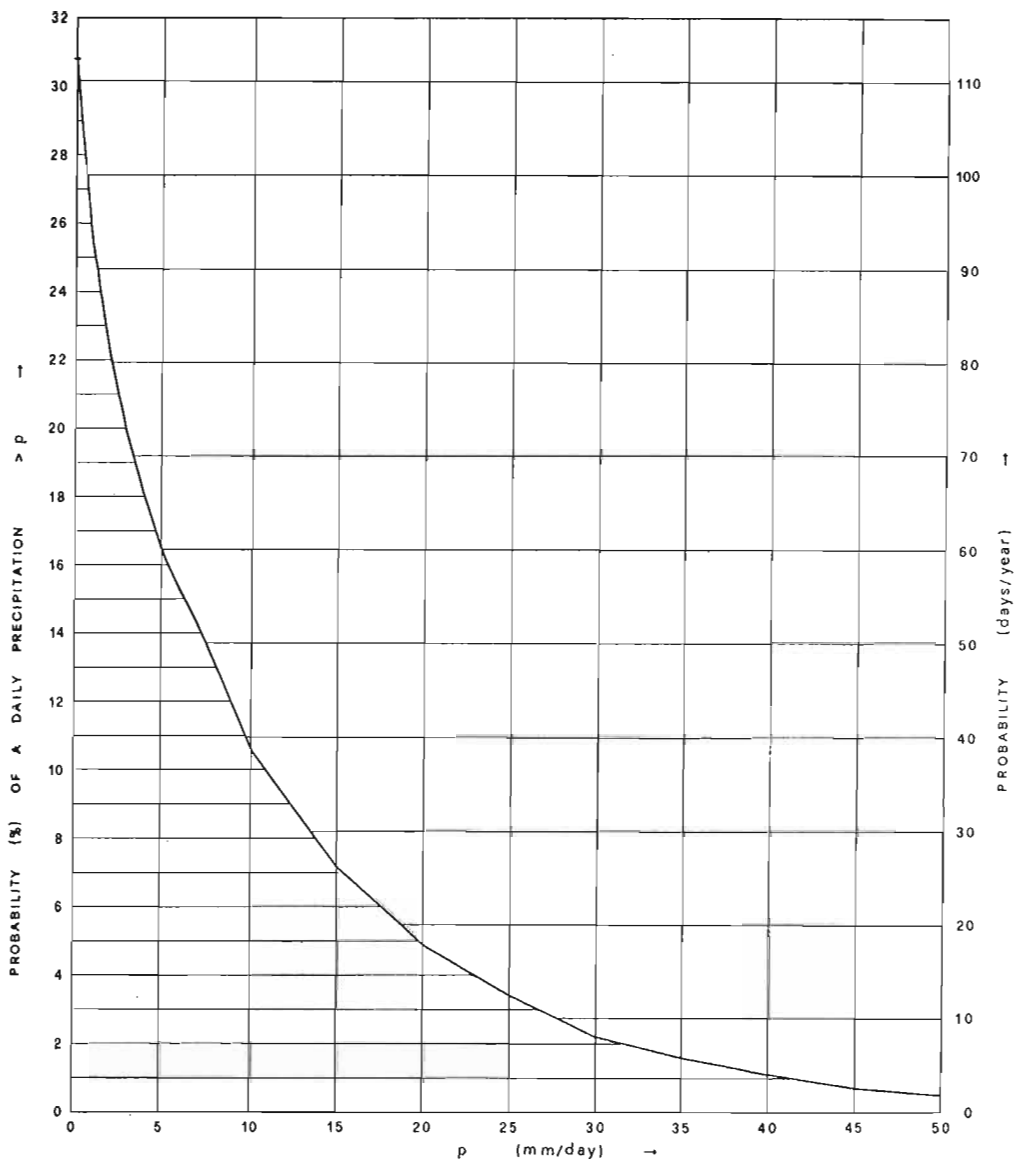


Fig. 3 — Probabilità per precipitazioni giornaliere superiori a p nel Carso triestino (distribuzione cumulativa media di cinque stazioni).
 Probability of daily precipitations exceeding p in the Karst area near Trieste (average cumulative distribution of five localities).

BIBLIOGRAFIA

- ISTITUTO TALASSOGRAFICO DI TRIESTE: «*Annuario con le osservazioni meteorologiche*», dal 1972 al 1975, N. 491 (1973), N. 500 (1974), N. 508 (1975), N. 524 (1976).
- ISTITUTO TALASSOGRAFICO DI TRIESTE: «*Dati delle stazioni meteorologiche nella regione Friuli - Venezia Giulia*», anno 1976, N. 533 (1977); anno 1977 N. 549 (1979).
- MAGISTRATO ALLE ACQUE, Ufficio Idrografico: «*Bollettino mensile*», dal 1912.
- MAGISTRATO ALLE ACQUE, Ufficio Idrografico: «*Annali idrologici*», dal 1925.
- POLLI S. (1953): «*Dati climatici di Trieste e dintorni*», Ist. Talassografico Trieste, N. 284, 1-16.
- POLLI S., (1971): «*Il clima della regione*», in Enc. Mon. Friuli - Venezia Giulia, I, 1, «*Il Paese*», 443-488.
- POLLI S. e TOMMASINI T. (1972): «*Un ventennio di pluviometria giornaliera sul Carso triestino*», Atti Mus. Civ. Stor. Nat. Trieste, 27, (4), 173-186.
- S. A. G. COMMISSIONE GROTTE «E. BOEGAN»: «*Bollettino della stazione meteorologica di Borgo Grotta Gigante (Trieste): osservazioni meteoriche*», dal 1967 al 1980.
- STRAVISI F. (1976): «*Considerazioni statistiche sui valori medi mensili di cinque elementi meteorologici - Trieste 1841-1975*», Ist. Talassografico di Trieste, N. 529, 1-53.
- STRAVISI F. (1977): «*Il regime dei venti a Trieste (1951-1975)*», Boll. Soc. Adriatica Sc., LXI, 87-104.
- STRAVISI F. (1980): «*Caratteristiche climatiche di Peschiera del Timavo, Malchina, Opicina, Domio e San Bartolomeo (provincia di Trieste)*», Boll. Soc. Adriatica Sc., LXIV, 31-55.
- THOM H. C. S. (1971): «*Some methods of climatological analysis*», W. M. O. - No. 199. TP. 103, TN No. 81, 1-53.

FABIO FORTI

METODOLOGIA PER LO STUDIO DELLA DISSOLUZIONE CON IL SISTEMA DELLA MISURA CON MICROMETRO

RIASSUNTO

Dopo aver svolto alcune considerazioni generali sulla dissoluzione carsica, condizionata dalla «solubilità statica» e dalla «solubilità dinamica», viene affrontato il problema del grado di incarsimento di un complesso roccioso. Per poter misurare l'abbassamento delle superfici carsiche viene proposto l'uso di un apposito micrometro e descritte le modalità del suo funzionamento.

Sono state scelte 9 stazioni sul Carso Triestino in diverse condizioni geolitologiche, esposizione topografica di versante, esposizione climatica e quota. Dopo due anni di misure, vengono indicati i primi risultati ottenuti considerando che il valore medio della dissoluzione può di massima essere valutato in 0,0285 mm/anno.

ZUSAMMENFASSUNG

Zuerst wurden einige Überlegungen allgemeiner Art über die «Statische Lösung» und die «Dynamische Lösung» im Karst angestellt. Dann wurden diese Überlegungen mit dem Problem des Grades der Verkarstung in einem grösserem Gebiet korreliert. Um die exakte Karstabtragung durch die Lösung festzustellen, wurde ein spezieller Mikrometer konstruiert, dessen Wirkungsweise genau beschrieben ist.

Man wählte neun verschiedene Stellen im Triestiner Karst, die unterschiedliche Seehöhe und Hangexposition, sowie geologische und klimatische Verhältnisse besaßen. Nach nunmehr zweijähriger Dauer der Messungen konnte der Mittelwert der Lösung mit 0,0285 mm pro Jahr festgestellt werden.

Der Tabelle am Ende dieser Arbeit kann man die exakten Werte der einzelnen Punkte entnehmen, ebenso die Niederschlagswerte und die Mittelwerte des Karstabtrages.

P R E M E S S A

Nell'ambito dello studio del carsismo delle rocce carbonatiche, uno dei temi più importanti è la quantificazione della dissoluzione. I fenomeni carsici, in particolare quelli epigei, hanno dei tempi evolutivi dipendenti da alcuni fattori che così possono sintetizzarsi: variazioni litologiche e variazioni climatiche. Questi sono gli elementi in discussione per una valutazione quantitativa in tempi assoluti.

Viene così riproposto un metodo di lavoro per misurare la dissoluzione carsica nel tempo, facendo presente che tale sistema era già stato adottato in Inghilterra con una metodologia consimile e ripreso in seguito da studiosi jugoslavi.

La Commissione Grotte «E. Boegan» della Società Alpina delle Giulie, Sezione di Trieste del CAI, ha inteso di riprendere queste ricerche integrandole con altre in corso presso l'Istituto di Geologia e Paleontologia della Università di Trieste (1).

CONSIDERAZIONI GENERALI

E' noto che gli effetti della dissoluzione carsica sostanzialmente si verificano secondo diverse cause e fattori e precisamente:

- 1 - Effetto della «solubilità statica» da cui deriva una «corrosione dorsale» tipica del carsismo di superficie che produce delle «morfologie epigee» ed in particolare le «piccole forme di corrosione», il tutto determinato dal «carsismo diretto» (nel significato dato a questi termini da F. Forti (1972, 1972a, 1973, 1975, 1977, 1977a). Tali effetti in ultima analisi si esplicano in un generale abbassamento differenziato delle superfici carsiche, a seconda della litologia affiorante o «momento carsico», nel significato dato da F. Forti (1977b). Il tutto è determinato dalle acque meteoriche chimicamente aggressive che attaccano le superfici rocciose per dissoluzione progressiva.
- 2 - Effetto della «solubilità dinamica» da cui deriva una «corrosione frontale», tipica del carsismo sotterraneo che produce delle «morfologie ipogee» ed in particolare le cavità, i pozzi, ecc., il tutto determinato sia dal «carsismo diretto» che da quello «indiretto» (nel significato dato a questi termini da F. Forti - 1975, 1977a). Tali effetti si esplicano nella genesi e sviluppo delle cavità da apporti idrici provenienti anche da terreni esterni al bacino carsico (carsismo indiretto).

Attualmente lo studio della modalità della dissoluzione in cavità non è possibile perchè col mutare delle condizioni geografiche, ambientali e climatiche, l'evoluzione delle cavità può essersi arrestata o modificata.

Visti i due casi suddescritti e volendo valutare il «grado di incarsimento» di un complesso roccioso non rimane che affrontare gli effetti del «carsismo diretto» sulle superfici rocciose affioranti, poichè sono solo quelli su cui è possibile osservare in continuo le modificazioni che avvengono per l'azione diretta delle acque meteoriche.

Si è pensato così di misurare «l'abbassamento» delle superfici rocciose utilizzando un «micrometro» della precisione di 1/100 di mm. Sono stati predisposti una serie di punti di misura, ciascuno costituito da tre basi di appoggio ai vertici di un triangolo equilatero di 10 cm di lato. Si tratta di

(1) Ringrazio il prof. Giulio Antonio Venzo, Ordinario e Direttore dell'Istituto di Geologia e Paleontologia dell'Università di Trieste per la lettura critica del manoscritto e per i preziosi consigli.

particolari chiodi di acciaio inossidabile lucidato, due dei quali a testa emisferica ed uno a testa piatta, fissati in roccia mediante fori del \varnothing 9 mm e cementati. Questi «chiodi» funzionano da supporto ad un apposito apparecchio porta micrometro. Basta così appoggiare lo strumento sui chiodi (data la loro forma lo strumento viene a trovarsi sempre nella stessa posizione) ed eseguire la lettura. Questa va ripetuta semestralmente (considerando un ciclo invernale ed uno estivo) e per differenza si registra in centesimi di millimetro, l'abbassamento della superficie in quel punto.

DESCRIZIONE DELLE STAZIONI DI MISURA

Le stazioni per lo studio sulle misure della dissoluzione sono state opportunamente scelte sul Carso Triestino in diverse condizioni geolitologiche, esposizione topografica del versante, esposizione climatica, quota. Esse ovviamente rappresentano delle posizioni «medie» in cui sono state anche considerate le diverse tipologie carsiche dell'affioramento roccioso. Vengono di seguito descritte queste «stazioni di misura» indicando per ciascuna tutte le caratteristiche su indicate.

La «stazione campione» (indicata con la sigla GG) è sistemata sul terreno esterno della Grotta Gigante in prossimità della Stazione Meteorologica, i cui dati, in particolare la piovosità, interessano tutte le misure previste. Il punto è stato stabilito su di un blocco roccioso di affioramento di Classe 4-5 ⁽²⁾. La superficie rocciosa è inclinata di 15° con immersione a SW. La Quota è 275 m s.l.m. Si tratta di un calcare grigio chiaro, molto compatto con scarsi frammenti di Rudiste; la stratificazione è metrica, la frequenza delle fessurazioni è pure metrica. Il complesso roccioso appartiene ai «Calcari di Aurisina» (Cretacico superiore - Turoniano) che costituiscono la parte più carsificabile di tutte le rocce affioranti sul Carso Triestino. Le condizioni topografiche generali dell'area sono da considerarsi pianeggianti, con vegetazione arborea fitta. Condizioni climatiche controllate dalla vicina Stazione Meteorologica.

Due stazioni sono state ubicate sullo stesso affioramento roccioso a pochi metri di distanza tra di loro in un grande «campo solcato» tra la Grotta Gigante e Prosecco, presso il bordo di una vasta dolina. Il primo (indicato con la sigla CS) è stato stabilito su di un bancone calcareo di affioramento di Classe 5 ⁽³⁾. La superficie rocciosa è inclinata di 10° con immersione a SE. Il secondo (indicato con la sigla VA) è stato stabilito sullo stesso bancone, ma sul fondo di una «vaschetta di corrosione» del diametro di 15 cm, con canalicolo d'uscita acqua, quindi in condizioni di perfetta suborizzontalità. La quota per ambedue i punti è 260 m s.l.m. Si tratta di un calcare grigio,

(2) (Calcari molto e in massimo grado carsificabili).

(3) (Calcari in massimo grado carsificabili).

grigio chiaro, molto compatto con resti di Rudiste, la stratificazione è metrica, la frequenza della fessurazione è anche metrica, talora plurimetrica. Il complesso roccioso appartiene ai «Calcari di Aurisina» (Cretatico superiore - Turoniano). Le condizioni topografiche generali dell'area sono da considerarsi pianeggianti con assenza di vegetazione arborea in loco, fitta ai margini del «campo solcato». Condizioni climatiche medie tipiche dell'altopiano carsico.

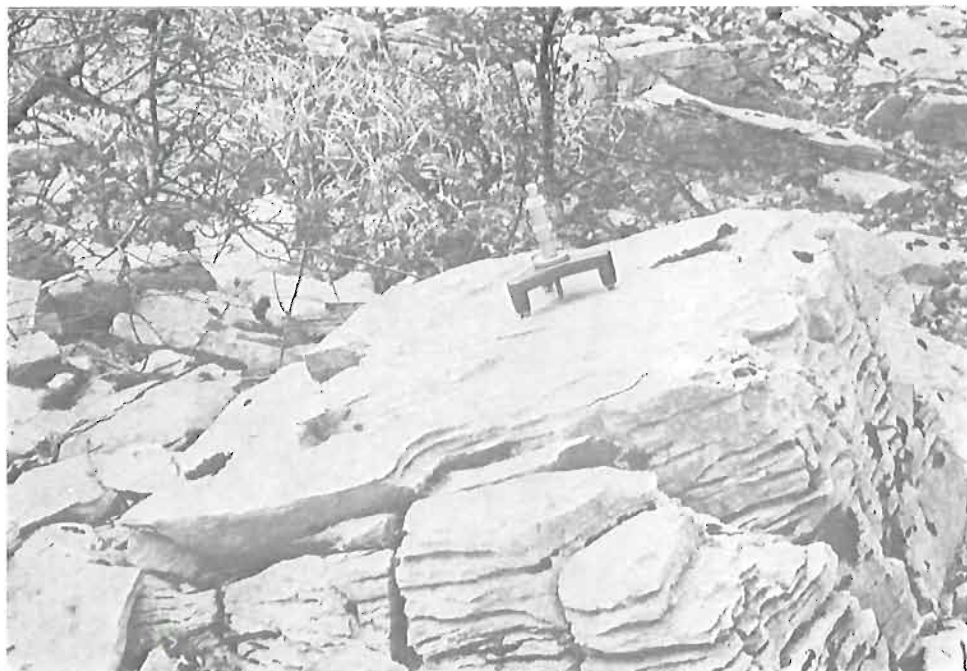


Micrometro in posizione di misura
(STAZ. VA).
Campo solcato nei pressi di Borgo
Grotta Gigante.

Una stazione è stata sistemata sul fianco NE di una grande dolina che si apre nei pressi della stazione ferroviaria di Prosecco. E' posta su di una testata di strato di Classe 4-5 (4), verso il fondo della dolina (indicato con la sigla DO). La superficie rocciosa è inclinata di 17° con immersione a SW, mentre l'inclinazione media del versante della dolina è di 40°. La quota è 223 m s.l.m. Si tratta di un calcare grigio, molto compatto, talora brecciato con resti organici sparsi (Rudiste), la stratificazione è metrica e così pure la frequenza dei sistemi di fessurazioni. Il complesso roccioso appartiene ai «Calcari di Aurisina» (Cretacico superiore - Turoniano). Le condizioni topografiche sono da considerarsi di versante con vegetazione arborea serrata e condizioni climatiche molto riparate dai venti.

(4) (Calcari molto e in massimo grado carsificabili).

Una stazione è stata sistemata su di un particolare affioramento roccioso di «calcarei lagunari» (indicata con la sigla CN), posta tra Borgo Grotta Gigante ed Opicina Campagna. E' posta su di una testata di strato di Classe 2-3 (5). La superficie rocciosa è inclinata di 15° con immersione a WSW. La quota è 295 m s.l.m. Sono dei calcari nerastri e neri, lamellari-lastroidi con frequenza decimetrica dei sistemi di fessurazione. Appartengono ai «Calcarei di Aurisina» (Cretacico superiore - Turoniano), si tratta di una facies di tipo lagunare intercalata tra facies fossilifere a Rudiste. Le condizioni topografiche generali dell'area sono da considerarsi pianeggianti con vegetazione arborea media. Le condizioni climatiche sono tipiche dell'altopiano carsico.



Micrometro in posizione di misura (STAZ. CN).
Calcarei neri di tipo lagunare tra Borgo Grotta Gigante e Opicina.

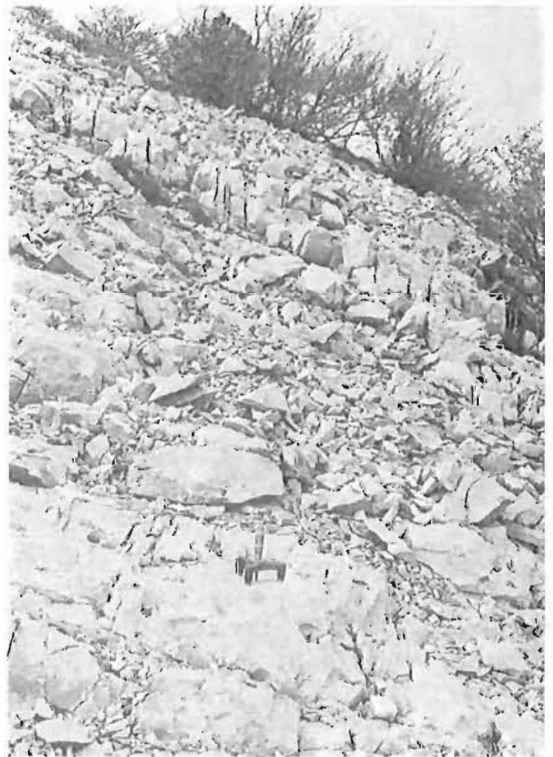
Una stazione è stata sistemata sul versante W di un colle prospiciente la cosiddetta «Val Calda», nei pressi di Rupinpiccolo. E' posta su di un blocco di breccia dolomitica di Classe 0 (indicata con la sigla VC). La superficie rocciosa è inclinata di 26° con immersione a W, mentre l'inclinazione media del versante del colle è di 30°. La quota è 390 m s.l.m. Si tratta di una breccia dolomitica grigio scura, molto compatta; la stratificazione non è precisiabile, comunque di tipo metrico mentre i sistemi di fessurazione sono deci-

(5) (Calcarei poco e mediamente carsificabili).

metrici - metrici. Appartiene al «Complesso Dolomitico» (Cretacico superiore - Cenomaniano). Le condizioni topografiche sono da considerarsi di versante con vegetazione arborea fitta, in condizioni molto riparate dai venti.

Una stazione è stata sistemata presso la cima del Monte Lanaro, sul versante NE. E' posta su di una testata di strato di Classe 3 ⁽⁶⁾ (indicata con la sigla ML). La superficie rocciosa è inclinata di 11° con immersione a NE, mentre l'inclinazione media del versante è di 20°. La quota è 520 m s.l.m. Si tratta di un calcare grigio-scuro, nerastro, compatto a stratificazione centimetrico-decimetrica, con frequenza decisamente decimetrica dei sistemi di fessurazione. Appartiene alla facies dei «Calcarei e scisti ittoliolitici di Comeno» (Cretacico inferiore - Albiano). Le condizioni topografiche sono da considerarsi di versante, con vegetazione arborea rada ed in zona particolarmente battuta dai venti di Bora (ENE).

Una stazione è stata sistemata su una cresta rocciosa, orientata verso ENE, nei pressi della cosiddetta «sella della Bora», nei pressi del «Belvedere» della Val Rosandra. E' posta su un affioramento roccioso addentellato di Classe 2 ⁽⁷⁾ (indicato con la sigla BE). La superficie rocciosa ove è stato stabilito



Micrometro in posizione di misura (STAZ. BE).

Calcarei Terziari nei pressi del Belvedere della Val Rosandra.

(6) (Calcarei mediamente carsificabili).

(7) (Calcarei poco carsificabili).

il punto è orizzontale, mentre l'inclinazione media del versante è di 30°. La quota è 370 m s.l.m. Si tratta di un calcare grigio-chiaro tendente al nocciola, compatto, molto fossilifero ad Alveoline e Nummuliti. La stratificazione non è precisabile mentre i sistemi di fessurazione sono centimetrici-decimetrici. Appartiene ai «Calcari Terziari» del complesso dei «Calcari ad Alveoline e Nummuliti» (Paleocene - Eocene). Le condizioni topografiche sono da considerarsi di versante in terreno spoglio di vegetazione e generalmente fortemente battuto dai venti ed in particolare da quelli di Bora (ENE).

Le misure hanno avuto inizio nella primavera 1979 e protratte semestralmente fino alla primavera 1981. E' chiaro che queste prime 4 misurazioni, messe a confronto con la piovosità del periodo, non possono dare altro che un valore puramente indicativo.

Studi di questo tipo devono essere fatti per periodi di almeno 5 anni, dopo di che si potranno trarre i primi raffronti e le prime considerazioni sia sulla validità del metodo sia sulle ipotesi sulla dissoluzione differenziata per litotipo.

Dalla tabella sottoriportata si può per ora ricavare che nel periodo di 2 anni i valori dell'abbassamento per dissoluzione si sono differenziati. La media del valore della dissoluzione sul Carso Triestino può di massima essere valutata in 0,0285 mm/anno.

PERIODO	ABBASSAMENTO PER DISSOLUZIONE IN mm									
	Prec. mm	GG	CS	VA	DO	CN	VC	ML	BE	Media
Apr. 1979 - Sett. 1979	813,8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,005
Ott. 1979 - Mar. 1980	668,0	0,03	0,01	0,00	0,04	0,00	0,01	0,01	0,00	0,016
Apr. 1980 - Sett. 1980	599,0	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,04	0,01	0,016
Ott. 1980 - Mar. 1981	571,6	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,01	0,02
T O T A L E	2652,4	0,06	0,04	0,03	0,08	0,07	0,06	0,09	0,03	0,057

BIBLIOGRAFIA

- FORTI F. (1972) - *Proposta di una scala di carsificabilità epigea nelle carbonatiti calcaree del Carso Triestino*. Atti Museo Civ. St. Nat., Trieste, vol. 28, (1), n. 3, 69-96 pp., Trieste.
- FORTI F. (1972a) - *Le «vaschette di corrosione», Rapporti tra geomorfologia carsica e condizioni geolitologiche delle carbonatiti affioranti sul Carso Triestino*. Atti Mem. Comm. Grotte «E. Boegan», vol. 11, (1971), 37-65 pp., Trieste.
- FORTI F. (1973) - *Studio geomorfologico dei «fori di dissoluzione» nelle carbonatiti calcaree del Carso Triestino*. Atti Mem. Comm. Grotte «E. Boegan», vol. 12, (1972), 19-28 pp., Trieste.
- FORTI F. (1975) - *Modelli di dissoluzione carsica*. Mondo Sotterraneo. Numero Unico, (1974-1975), 13-19 pp., Udine.
- FORTI F. (1977) - *Studio geomorfologico delle «scannellature carsiche» (Rillenkarren) sulle rocce carbonatiche calcaree del Carso Triestino*. Mondo Sotterraneo, anno 1, (1), 8-16 pp., Udine.
- FORTI F. (1977a) - *Il concetto del «momento carsico» nello studio del carsismo delle rocce carbonatiche*. Atti Mem. Comm. Grotte «E. Boegan», vol. 16, (1976), 45-51 pp., Trieste.
- FORTI F. (1977b) - *Il carsismo in una proposta di classificazione genetica*. Atti 3° Conv. Speleol. Friuli - Ven. Giulia, Gorizia (4 - 6 nov. 1977), 202-214 pp., Reg. Aut. Fr. - Ven. Giu.
- FORTI F. (—) - *Misure sulla dissoluzione carsica e dell'accrescimento delle stalagmiti (nota preliminare)*. In corso di pubb. 4° Conv. Speleol. Friuli - Ven. Giulia, (1979), Pordenone.
- FORTI F., STEFANINI S. & ULCIGRAI F. (1975) - *Relazioni tra solubilità e carsificabilità nelle rocce carbonatiche del Carso Triestino*. Atti Mem. Comm. Grotte «E. Boegan», vol. 14, (1974), 19-49 pp., Trieste.
- GASPARO F. (1980, 1981) - *Osservazioni meteoriche eseguite nel 1979, 1980*. Boll. Staz. Meteor. Borgo Grotta Gigante. Supp. Atti Mem. Comm. Grotte «E. Boegan», SAG, sez. Trieste CAI.

F. FORTI (*) - S. STEFANINI (*)

**MODALITÀ DI UNA PROVA SPERIMENTALE
ESEGUITA PER LA DEFINIZIONE DEL GRADO DI SOLUBILITÀ
DEI PRINCIPALI LITOTIPI DEL CARSO TRIESTINO
SOTTO L'AZIONE DEGLI AGENTI ESTERNI**

P R E M E S S A

In base agli studi di Carsismo che da oltre 15 anni vengono condotti presso l'Istituto di Geologia e Paleontologia dell'Università degli Studi di Trieste, studi basati sul «metodo integrale» di F. Forti (1973), è stata proposta da F. Forti (1972) una «Scala di carsificabilità epigea nelle carbonatiti del Carso Triestino» (Fig. 1). Tale scala è suddivisa in 5 «classi di Carsismo» e da ragione delle varie morfologie carsiche superficiali in funzione delle caratteristiche litologiche, strutturali e chimiche delle rocce.

La «Scala di carsificabilità» è stata ricavata solo in base ad osservazioni «esterne» delle varie caratteristiche di cui sopra e solo nel 1975 essa è stata confermata da prove sperimentali di laboratorio volte ad accertare il grado di solubilità in acqua piovana di 18 dei litotipi più rappresentativi delle 5 classi di Carsismo, mediante la loro prolungata immersione per un periodo di 72 ore (F. Forti et al., 1975). E' così risultato, in sintesi, una diversa solubilità dei 18 campioni considerati che è tanto più elevata quanto più essi appartengono a classi di carsismo superiori; in altri termini, si è constatato che esiste una relazione di proporzionalità diretta fra grado di solubilità dei principali litotipi carsici e la loro classe di appartenenza nella «Scala di carsificabilità». Ciò dipende da numerosi fattori il principale dei quali è, oltre al contenuto totale in carbonati ed al loro tipo (CaCO_3 , MgCO_3), la diversa percentuale della micrite (più solubile) nei confronti della sparite (meno solubile) nei vari litotipi.

Incoraggiati da questi risultati preliminari, che tuttavia presentavano l'inconveniente di essere dovuti a prove «statiche» di laboratorio (immersione dei campioni in acqua piovana), si è deciso di proseguire su questo tipo di ricerca ed osservare il comportamento dei vari litotipi del Carso Triestino sotto l'effetto *diretto* degli agenti esterni e quindi di riprodurre quanto più

(*) Istituto di Geologia e Paleontologia dell'Università degli Studi di Trieste.

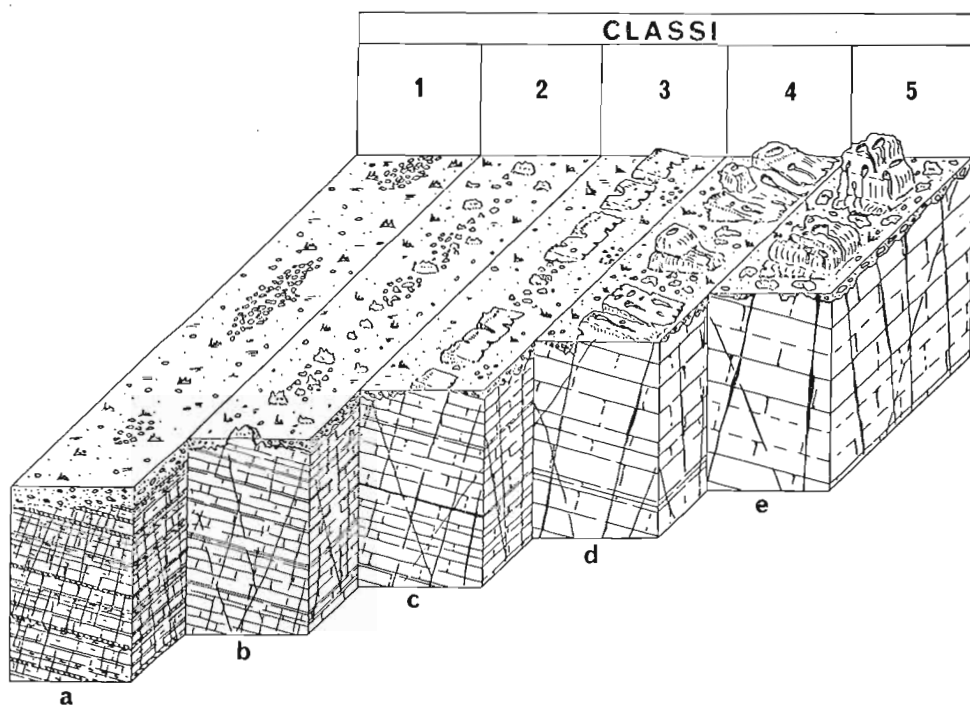


FIG. 1 — Morfologie carsiche ordinate secondo le «classi di Carsismo» (da F. Forti, 1972); 1 - «morfologia a Carso coperto», 2 - «morfologia a denti», 3 - «morfologia a strati», 4 - «morfologia a strati e blocchi», 5 - «morfologia a banchi e blocchi»; a - calcari scarsamente carsificabili, b - calcari poco carsificabili, c - calcari mediamente carsificabili, d - calcari molto carsificabili, e - calcari carsificabili in massimo grado.

fedelmente possibile le condizioni naturali di attacco delle rocce nei confronti della loro solubilità. Non bisogna infatti dimenticare che nella soluzione di litotipi carbonatici gioca un ruolo importante anche l'azione di impatto diretto delle gocce di pioggia, effetto che non poteva essere riprodotto in laboratorio.

Per tali motivi, nel 1980 si è deciso di iniziare la verifica del grado di solubilità dei litotipi più rappresentativi del Carso Triestino nelle condizioni «naturali» (prove dinamiche) mediante l'esposizione diretta di campioni agli agenti esterni.

La ricerca effettuata è parte di una collaborazione per studi nel campo del Carsismo tra l'Istituto di Geologia e Paleontologia dell'Università di Trieste e la Commissione Grotte «E. Boegan» della Società Alpina delle Giulie.

SCELTA DEI CAMPIONI

La scelta dei campioni da sottoporre alla prova si è orientata verso una gamma la più ampia possibile, in modo da comprendere «tutti» i litotipi rap-

presentativi del Carso Triestino. I campioni così selezionati sono stati 40 e sono stati prelevati nelle località indicate dalla Fig. 2. Le caratteristiche dei 40 campioni sono riportate nella Tabella 1 di cui viene fatto il seguente breve commento:

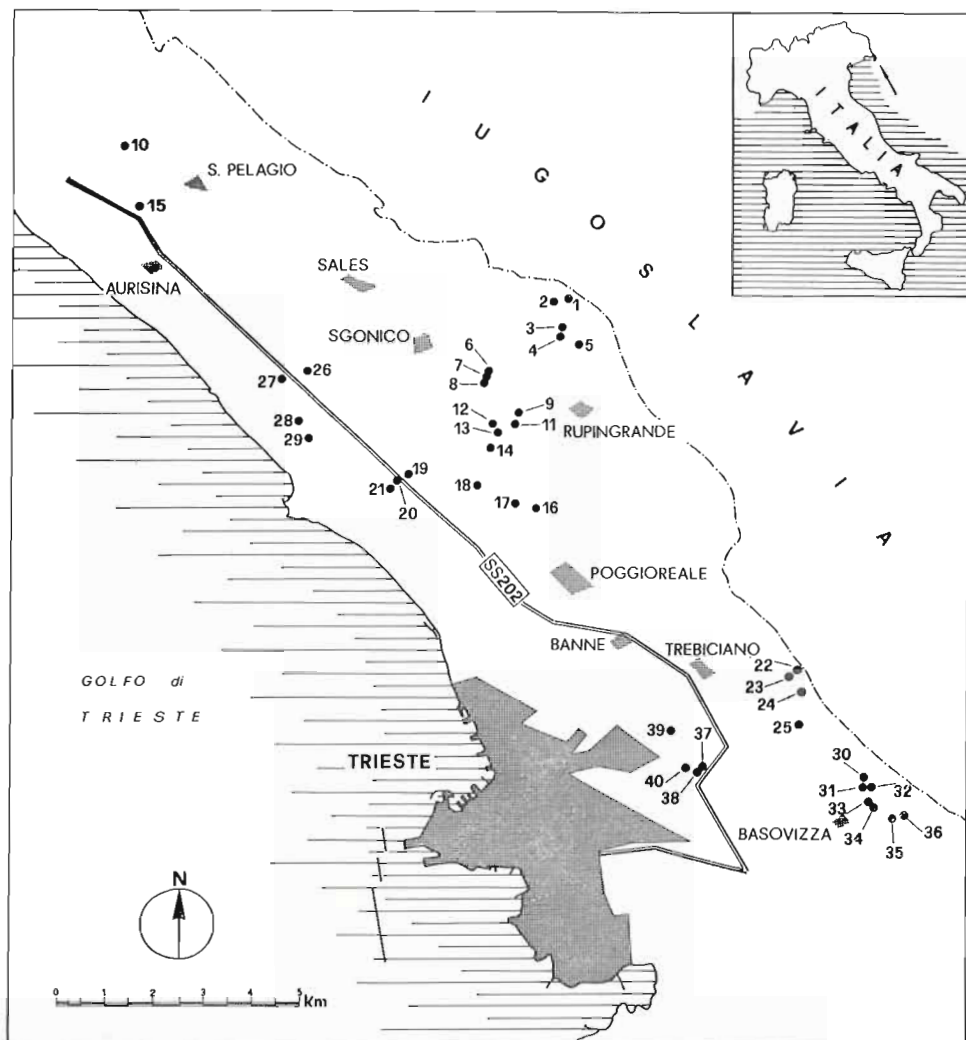


FIG. 2 — Ubicazione e sigla dei campioni prelevati per la prova.

Sigla campione: E' una numerazione progressiva, dal basso in alto, della serie stratigrafica del Carso Triestino.

Litotipo: Breve descrizione macroscopica del complesso roccioso da cui è stato prelevato il campione per la prova.

Unità: Si tratta di «Unità litostratigrafica» non formale secondo le norme dettate dal «Codice italiano di nomenclatura stratigrafica» (A. Azzaroli & M. B. Cita - 1968). Il Carso Triestino è stato rilevato nel corso di questi ultimi 20 anni con un concetto litostratigrafico non formale che ha costituito un valido supporto agli studi ed indagini sul Carsismo. Non sono state istituite ancora delle vere «Formazioni» per cui i nomi delle «Unità» sono ripresi da una serie di pubblicazioni citate in Bibliografia.

Periodo: L'indicazione del periodo geologico è tratto dagli stessi lavori citati per la definizione delle Unità.

Classe di Carsismo: Viene indicato il «grado di carsificabilità» del complesso roccioso circostante la zona di prelievo del campione, secondo le indicazioni riportate da F. Forti (1972) per la stima della «Scala di carsificabilità epigea nelle carbonatiti del Carso Triestino».

TABELLA 1 — Caratteristiche dei campioni

SIGLA CAMP.	LITOTIPO	UNITÀ	PERIODO	CLASSE DI CARSIISMO (F. Forti, 1972)
1	Calcari nerastri compatti, molto fessurati, con venule di calcite spatica passanti a lamellari	«Calcari di Comeno»	Albiano	4
2	Brecce calcaree grigio scure, molto compatte, in grossi banchi	«Calcari di Comeno»	Albiano	4 - 5
3	Brecce calcareo-dolomitiche	«Calcari di Comeno»	Albiano	2 - 3
4	Calcari limonitici giallo-rossastri, compatti. Si tratta di noduli intercalati alla base del «Complesso dolomitico»	«Complesso dolomitico»	Albiano	1
5	Dolomie grigie cristalline molto compatte in alternanza a brecce e calcari limonitici	«Complesso dolomitico»	Albiano	Paracarsismo
6	Dolomie cristalline grigio scure, compatte	Top del «Complesso dolomitico»	Cenomaniano	Paracarsismo
7	Brecciole dolomitiche cristalline, grigie o grigio scure, compatte	Top del «Complesso dolomitico»	Cenomaniano	Paracarsismo

SIGLA CAMP.	LITOTIPO	UNITA	PERIODO	CLASSE DI CARSISMO (F. Forti, 1972)
8	Calcari grigio scuri compatti	«Calcari nerastri e grigi»	Cenomaniano-Turoniano	1 - 2
9	Calcari grigi, poco compatti	«Livello Calcari nerastri-grigi»	Cenomaniano-Turoniano	1 - 2
10	Dolomie fossilifere molto compatte, grigio-chiare	«Livello alternanze calcari-dolomie»	Cenomaniano	Paracarsismo
11	Brecciole fossilifere grigio-chiare	«Calcari di Monrupino»	Turoniano	2 - 3
12	Calcari grigi fossiliferi	«Calcari di Aurisina»	Turoniano	3 - 4
13	Calcari grigi, compatti	«Calcari di Aurisina», facies a Rudiste inf.	Turoniano	5
14	Calcari grigio scuri, compatti, a Miliolidi	«Calcari di Aurisina», facies a Foraminiferi	Turoniano	4
15	Brecce di Slivia, molto compatte, in grossi banchi	«Calcari di Aurisina»	Turoniano	4
16	Calcari grigi, grigio-scuro, lamellari, lastroidi	«Calcari di Aurisina», facies lagunare	Turoniano	2
17	Calcari grigio-chiaro, compatti, potentemente stratificati	«Calcari di Aurisina», facies a Rudiste	Turoniano	5
18	Brecciole fossilifere grigio-chiare, compatte	«Calcari di Aurisina», facies di scogliera	Turoniano	2
19	Calcari grigio chiari, molto fossiliferi, a frammenti di Rudiste	«Calcari di Aurisina», facies a Rudiste	Turoniano	3 - 4
20	Calcari grigio scuro, compatti	«Zona intercalare a Foraminiferi dei Calcari di Aurisina»	Turoniano	4 - 5
21	Calcari sparitici grigio chiari, fossiliferi a Rudiste	«Calcari superiori di Aurisina»	Turoniano-Senoniano	4 - 5
22	Calcari brecciati grigi, compatti, fossiliferi	«Facies di scogliera del M. dei Pini»	Turoniano	4

SIGLA CAMP.	LITOTIPO	UNITA	PERIODO	CLASSE DI CARSISMO (F. Forti, 1972)
23	Brecce grigio-rosa, compatte	«Calcari di Aurisina»	Turoniano	4 - 5 (Paleocarsismo)
24	Calcari grigio-scuri, compatti a Foraminiferi	«Calcari di Aurisina», facies a Foraminiferi	Turoniano	2
25	Calcari grigi, molto compatti, fossiliferi a Rudiste	«Calcari superiori di Aurisina»	Turoniano	5
26	Calcari grigio-scuri, compatti, un po' brecciati	«Calcari di Aurisina», facies a Foraminiferi	Turoniano	4
27	Calcari biancastri, grigio chiari, porcellanacei, molto compatti	«Calcari di Aurisina», facies particolare	Turoniano	3 - 4
28	Calcari con noduli di selce, grigi, molto compatti	«Calcari di Aurisina», facies particolare	Turoniano-Senoniano	5
29	Brecce bianco-rosee, poco compatte	«Calcari di Aurisina»	Senoniano	3 - 4 (Paleocarsismo)
30	Calcari grigiastri, compatti, ricchi di frammenti di Rudiste	Top dei «Calcari superiori di Aurisina»	Senoniano	3 - 4
31	Calcari grigio-chiari, molto compatti, porcellanacei	«Calcari superiori di Aurisina», facies particolare	Senoniano	4 - 5
32	Brecce bianco-rosee, molto compatte	«Calcari di Aurisina»	Senoniano	4 (Paleocarsismo)
33	Calcari neri, compatti	«Piano Liburnico inferiore»	Paleocene	4
34	Calcari grigi, compatti	«Piano Liburnico medio»	Paleocene	4 - 5
35	Calcari grigio-chiari, compatti, fossiliferi a Miliolidi	«Piano Liburnico superiore»	Paleocene	2
36	Calcari grigio compatti, molto fossiliferi ad Alveoline	«Calcari terziari»	Paleocene-Eocene	2 - 3
37	Calcari grigio-chiari, compatti, fossiliferi a piccoli Nummuliti	«Calcari terziari»	Paleocene-Eocene	1 - 2

SIGLA CAMP.	LITOTIPO	UNITA	PERIODO	CLASSE DI CARSISMO (F. Forti, 1972)
38	Calcari grigio-chiari, compatti, fossiliferi a piccole Alveoline	«Calcari terziari»	Paleocene-Eocene	1 - 2
39	Dolomia grigia, poco compatta	«Calcari terziari» facies particolare	Paleocene-Eocene	Paracarsismo
40	Calcari grigi, compatti, fossiliferi ad Alveoline e Nummuliti a desquamazione lamellare	«Calcari terziari»	Eocene inferiore	1 - 2

MODALITÀ DELLA PROVA

La prova in via di esecuzione si basa sul concetto fondamentale di definire il grado di solubilità dei campioni, sagomati in maniera opportuna, mediante la definizione della loro perdita di peso dopo l'esposizione prolungata agli agenti esterni.

I 40 campioni prescelti sono stati tagliati in forma di lastre parallelepipediche di dimensione $6 \times 3 \times 1$ cm ed i vari lati sono stati misurati con un calibro avente una precisione di 0,1 mm. Tale operazione si è resa necessaria per calcolare nel modo più preciso possibile la superficie totale delle piastrelle per, alla fine, determinarne il grado di solubilità per unità di superficie (cm^2).

Le lastre così ottenute sono state inizialmente ripulite con un panno e poi immerse per 30 secondi in una soluzione di HCl al 10% per togliere la polvere di roccia che eventualmente poteva aver intasato qualche poro superficiale durante il taglio.

Dopo un successivo lavaggio con acqua distillata, le lastre sono state lasciate ad asciugare a temperatura ambiente ed essiccate per 24 ore in forno a temperatura di 110°C . Esse sono state poi pesate con la precisione di $\pm 0,1$ mg previo raffreddamento per 20 minuti in essicatori a drierite. Le lastre così preparate e pesate sono state riposte in un apposito contenitore in legno dolce, a scomparti, foderato in gommapiuma, per evitare che eventuali urti nei trasporti potessero scheggiarle e far variare il loro peso in maniera non discriminabile dalla diminuzione di peso dovuto alla soluzione dopo l'esposizione agli agenti esterni.

Durante tutte le operazioni di cui sopra, e per quelle successive che comportano una certa manipolazione, le lastre non sono mai state toccate con le mani nude ma sempre usando pinze rivestite in plastica morbida o guanti di gomma o di filo.

Fra le varie possibilità che si prospettavano per l'esposizione diretta dei campioni agli agenti atmosferici si è scelta quella che comportava la loro massima mobilità nei loro confronti. Si è deciso così di sospendere le piastrelle ad una corda di nylon in maniera tale che potessero sia oscillare che ruotare liberamente. Per fare ciò, esse sono state legate nel senso della lunghezza con un filo di nylon di 0,25 mm di diametro ed il filo è stato legato ad una girella con moschettone (Foto n. 1) che presenta la caratteristica di possedere l'asse di attacco del filo libero di ruotare in entrambi i sensi.

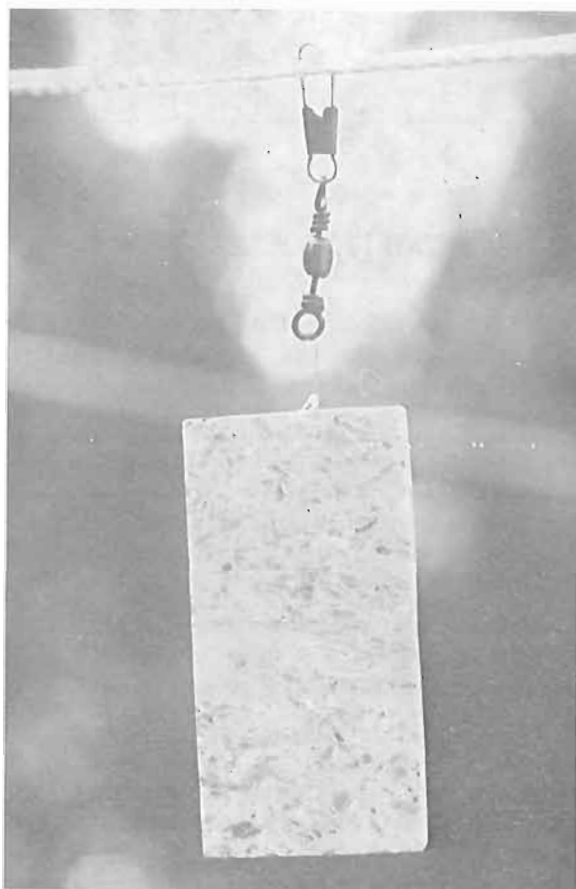


FOTO 1 — Modalità di esposizione dei campioni agli agenti esterni; si noti, in alto, la girella con moschettone alla quale è stata legata, mediante filo di nylon, la lastrina rocciosa con dimensioni di 6 x 3 x 1 cm.

La girella, in ottone, ed il moschettone, in acciaio inossidabile, sono stati scelti oltre che per la loro praticità anche perchè sono esenti da apprezzabili attacchi chimici ad opera delle acque piovane per cui non possono dar luogo a soluzioni che avrebbero potuto inquinare i campioni alterandone il peso.

Le lastrine sono state esposte agli agenti esterni in una piazzuola naturale che è stata appositamente preparata allo scopo tagliando la vegetazione che poteva impedire alle precipitazioni di investire in pieno i campioni. La piazzuola è posta in un bosco naturale nei pressi della Grotta Gigante. I moschettoni sono stati agganciati ad una corda di nylon tesa in forma di triangolo equilatero su tre sostegni metallici verniciati (Foto 2). Per evitare infine cadute accidentali a terra dei campioni (mai verificatesi fino ad oggi) che li avrebbero esclusi dalla prova in maniera irrimediabile in quanto ne avrebbero alterato il peso, sotto tutte le lastrine è stata stesa una rete di protezione di nylon.

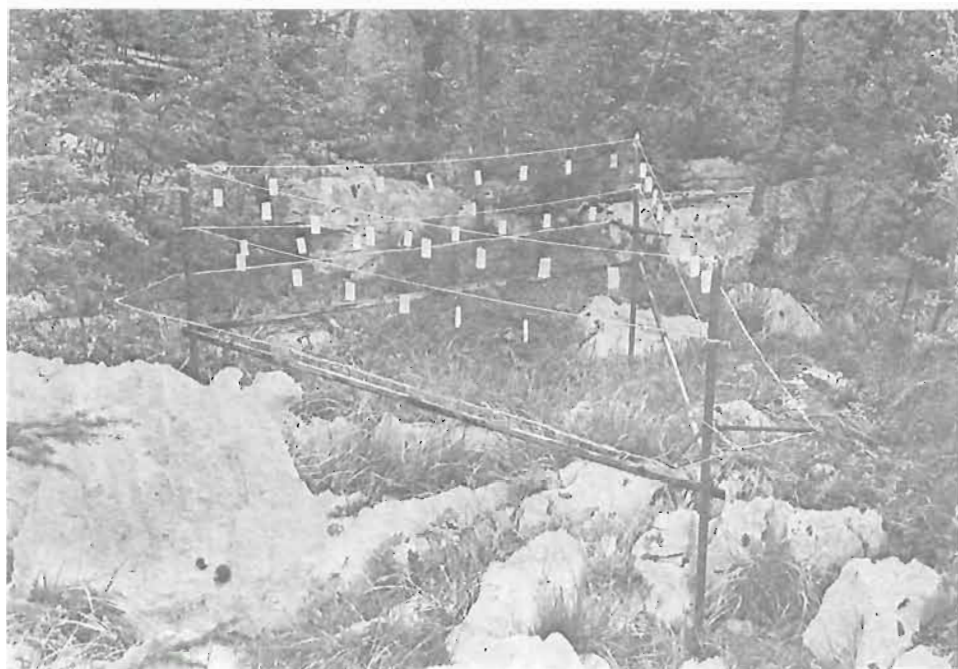


FOTO 2 — Modalità di esposizione dei campioni agli agenti esterni; piazzuola naturale scelta per la prova ed impalcatura di sostegno dei campioni con rete di protezione.

Si è deciso di controllare la perdita di peso dei campioni (dopo loro essiccazione a 110°C per 24 ore), due volte l'anno, al termine del semestre estivo e di quello invernale in modo da verificare anche eventuali variazioni di peso dovute ai cicli stagionali.

I campioni sono stati esposti per la prima volta il 21 marzo 1980 (equinozio di primavera) e ripesati, fino ad oggi, il 23 settembre 1980 (equinozio d'autunno) ed il 21 marzo 1981 e verranno di nuovo controllati ad ogni equinozio di primavera e d'autunno per un tempo sufficientemente lungo da

permettere di misurare perdite di peso che siano significative per gli scopi che ci si propone.

Le operazioni di pesata dei campioni dopo il loro distacco dalla corda di nylon e quelle per la loro successiva esposizione sono durate tre giorni e, fino ad ora, non si sono mai verificate precipitazioni in tali intervalli di tempo. Se ciò dovesse accadere in futuro, i controlli per pesata verranno rinviati fino alla cessazione delle precipitazioni in modo da non sottrarre mai i campioni all'azione solvente delle acque piovane.

Va infine aggiunto che la scelta dell'ubicazione per la prova in corso è stata fatta coincidere deliberatamente con un'area nei pressi della Grotta Gigante in quanto in tale località esiste una stazione meteorologica installata da molti anni, quale stazione per le ricerche carsiche, che raccoglie tutti gli elementi (entità delle precipitazioni, temperatura, umidità ecc.) che saranno indispensabili per la valutazione dei dati dedotti dalle perdite di peso per soluzione dei campioni al termine della prova.

BIBLIOGRAFIA

- AZZAROLI A. & CITA M.B. (1968) - *Codice italiano di nomenclatura stratigrafica*. Boll. Serv. Geol. Italia, vol. 89, Roma.
- CASTELLARIN A. & ZUCCHI M.L. (1966) - *La successione stratigrafica paleocenica ed eocenica dei dintorni di Opicina*. Studi Trent. Sc. Nat., Sez. A, vol. 43, (2), Trento.
- D'AMBROSI C. (1961) - *Sviluppo e caratteristiche geologiche della serie stratigrafica del Carso Triestino*. Boll. Soc. Adr. Sc., Trieste, vol. 51, (1960), Trieste.
- FORTI F. (1968) - *La geomorfologia nei dintorni di Slivia (Carso Triestino) in rapporto alla litologia ed alla tettonica*. Atti Mem. Comm. Grotte «E. Boegan», vol. 7, (1967), Trieste.
- FORTI F. (1971) - *Segnalazione del ritrovamento della «Breccia bianco-rosea» nella zona tra Sistiana e Duino (Carso Triestino)*. Atti Mem. Comm. Grotte «E. Boegan», vol. 10, (1970), Trieste.
- FORTI F. (1972) - *Proposta di una scala di carsificabilità epigea nelle carbonatiti calcaree del Carso Triestino*. Atti Museo Civ. St. Nat. Trieste, vol. 28, (1), N. 3, Trieste.
- FORTI F. (1973) - *Studio geomorfologico dei «Fori di dissoluzione» nelle carbonatiti calcaree del Carso Triestino*. Atti Mem. Comm. Grotte «E. Boegan», vol. 12, Trieste.
- FORTI F. (1980) - *Proposta di classificazione pratica delle morfologie carsiche epigee*. Atti Mem. Comm. Grotte «E. Boegan», vol. 19, (1979), Trieste.
- FORTI F. - *Misure sulla dissoluzione carsica e dell'accrescimento delle stalagmiti*. (Nota preliminare). In corso di pubbl. 4° Conv. Speleol. Friuli - Venezia Giulia (1979), Pordenone.
- FORTI F. & MASOLI M. (1969) - *Comparazioni cronostratigrafiche delle formazioni carbonatiche del Carso Triestino*. Boll. Bibl. Musei Civ. e Bienn. Arte Ant., Udine.
- FORTI F., STEFANINI S., ULCIGRAI F. (1975) - *Relazioni tra solubilità e carsificabilità nelle rocce carbonatiche del Carso Triestino*. Atti Mem. Comm. Grotte «E. Boegan», vol. 14, (1974), Trieste.
- FORTI F. & TOMMASINI T. (1965) - *Il Carso del «Monte Spaccato». Osservazioni di geomorfologia carsica in rapporto con la litostratigrafia e tettonica*. Atti Mem. Comm. Grotte «E. Boegan», vol. 4, (1964), Trieste.

- FORTI F. & TOMMASINI T. (1967) - *Una sezione geologica del Carso Triestino. Osservazioni di geomorfologia carsica in rapporto con la litostratigrafia e la tettonica eseguite lungo una sezione trasversale all'andamento assiale del Carso Triestino, dal Monte Lanaro alla località Cedas*. Atti Mem. Comm. Grotte «E. Boegan», vol. 6, (1966), Trieste.
- MASOLI M. & ULCIGRAI F. (1969) - *Termini albiani della serie stratigrafica del Carso Triestino*. St. Trent. Sc. Nat., Sez. A, vol. 46, (1), Trento.
- ULCIGRAI F. (1969) - *Prime osservazioni sui termini calcareo-dolomitici cenomaniani del Carso Triestino*. Boll. Bibl. Musei Civ. e Bienn. Arte Ant., Udine.

VOLKER MAHNERT *

HÖHLENPSEUDOSKORPIONE AUS NORDITALIEN UND DER DALMATINISCHEN INSEL KRK

RIASSUNTO

Viene segnalato *Troglochthonius doratodactylus* Helv. di due grotte situate presso Trieste, screditando in tal modo l'attribuzione originale (errata) della specie per la Sardegna. La specie *Chthonius* (E.) *boldorii* Beier è segnalata per l'Isola di Krk (Veglia) e viene discussa la sua posizione. Vengono inoltre considerate altre specie raccolte in grotta.

SUMMARY

Troglochthonius doratodactylus Helv. is recorded from two caves near Trieste discrediting in this way the original (erroneous) record of the species from Sardinia. The species *Chthonius* (E.) *boldorii* Beier is recorded from the island of Krk, its status is discussed. A few other cave-dwelling species are mentioned.

In einer kleinen Ausbeute höhlenbewohnender Pseudoskorpione Italiens, die mir Herr Dr. F. Gasparo, Triest, liebenswürdigerweise zur Bearbeitung übersandte, fanden sich einige interessante Arten. Die wohl interessanteste und überraschendste Entdeckung betrifft *Troglochthonius doratodactylus* Helversen, die von Sardinien beschrieben worden und deren nächstverwandte Art, *T. mirabilis* Beier, in S-Herzegowina verbreitet ist. Diese Funde erlauben nun, die Originalfundangabe zu korrigieren und die richtige Verbreitung dieser Art (und Gattung) zu präzisieren. Weiter können neue Stationen für *Roncus* (P.) *boldorii* Beier und *Roncus* (P.) *paolettii* m. gegeben werden. Herr Dr. E. Christian (Wien) sandte mir freundlicherweise seine Pseudoskorpione, die er während seiner Exkursionen in Höhlen der Insel Krk gesammelt hat: diese Ausbeute erlaubt eine Diskussion der Unterart *Chthonius* (E.) *austriacus boldorii* Beier und erbrachte den ersten genauen Fundort für *Neobisium* (*Blothrus*) *insulare* Beier. Beiden Herren danke ich für die Liebenswürdigkeit, mit Belegexemplare dieser interessanten Arten überlassen zu haben. Herrn Dr. J. Gruber (Wien) danke ich für die Leihgaben der Typen von *Chthonius* (E.) *austriacus* Beier und *Chthonius* (E.) *austriacus boldorii* Beier

Chthonius (E.) **boldorii** Beier

Fundort: Jugoslawien, Insel Krk, Skuljica-Höhle bei Baska, Fallenfänge, 11.6.1977; 3 ♀; 9.8.1978: 2 ♀ 2 Deutonymphen, alle lg. E. Christian.

* Muséum d'histoire naturelle, case postale 284, CH-1211 Genève 6, Schweiz.

Kurze Beschreibung: Carapax mit meist 18 Grossborsten: 4 + je 1 präokulare Mikrochaeta/6/4(-5)/2/2; Tergite I-IV je 4 Borsten; Cheliceren mit 6 Stammborsten und 1-2 Mikrochaeten, Spinnhöcker deutlich, tuberkelartig, beweglicher Finger mit 4 distal grösser werdenden Zähnen, ohne subdistalen, isolierten Zahn; Genitalorgan s. Abb. 3: lateraler Apodemrahmen unvollständig, etwas breiter als hoch, medianes Divertikel basal verrundet; Pedipalpen: Femur 6,6 - 7,3x länger als breit, Beborstung: 4/6/2/4 - 5; Tibia 2,0 - 2,3x, Femur 2,67 - 2,73x länger als Tibia, Hand 2,1 - 2,2x länger als breit und 1,27 - 1,32x länger als Finger; Schere 4,7 - 4,8x, fester Finger mit 15 - 16 getrennten, spitzen Zähnen, die basal etwas kleiner sind; fast an der Klauenbasis ein kleiner Lateralzahn; beweglicher Finger mit 5 - 6 getrennten Zähnen, basal davon mit glatter Basallamelle; Laufbein IV: Femur 2,3 - 2,5x länger als breit, Tibia 4,1 - 5,0x, Basitarsus 3,3 - 3,7x, Telotarsus 11,4 - 12,9x länger als breit und 1,69 - 1,81x länger als Basitarsus; beide Tarsen mit einer Tastborste im basalen Drittel.

Körpermasse in mm: Körperlänge 1,5 - 1,8; Carapax 0,45-0,50/0,45-0,48; Pedipalpen: Femur 0,73 - 0,78/0,10 - 0,11, Tibia 0,28 - 0,29/0,12 - 0,14, Hand 0,44 - 0,47/0,21 - 0,22, Finger-L. 0,58 - 0,59, Scheren-L. 1,00 - 1,04; Laufbein IV: Femur 0,63 - 0,66/0,25 - 0,28, Tibia 0,40 - 0,41/0,08 - 0,10, Basitarsus 0,23/0,06 - 0,07, Telotarsus 0,39 - 0,42/0,03 - 0,04.

Ursprünglich aus der Umgebung von Brescia als Unterart von *Chthonius* (*E.*) *austriacus* von Beier (1934) beschrieben, betrachte ich *boldorii* als eigene Art. Die Nachuntersuchung der Typen beider Formen (Mus. Wien) zeigte nämlich, dass *austriacus* auf dem beweglichen Chelicerenfinger einen isolierten, subdistalen Zahn besitzt, der dem Typus von *boldorii* fehlt (Fig. 1,2); das Auftreten bzw. Fehlen eines solchen Zahns wird derzeit als wichtiges Merkmal in der Taxonomie der Gattung *Chthonius* angesehen. *Chthonius* (*E.*) *boldorii* Beier scheint eine grössere Verbreitung zu besitzen als bisher angenommen und keineswegs ein echter Höhlenbewohner zu sein. Die Tiere aus Krk stimmen mit der Beschreibung gut überein, unterscheiden sich jedoch vom Typenexemplar (1 ♂) durch die höhere Zahnzahl auf dem festen Pedipalpenfinger (15 - 16 gegenüber 12), doch liegt dieser Unterschied m. E. nach in der möglichen Variationsbreite und genügt nicht, eventuell ein neues Taxon von dieser (ungenügend) bekannten Art abzutrennen.

Troglochthonius doratodactylus Helversen

Fundorte: Italien, Grotta Gigante, VG 2, q. 275, com. Sgonico (Trieste), lg. F. Gasparo, 1.9.1979: 1 ♂ catturato presso la Colonna Ruggero (q. —80), vagante su colata calcitica, presso il sentiero turistico, in una zona molto umida e debolmente illuminata dalle lampade; Grotta Bač, VG 49, q. 400, com. Trieste, lg. F. Gasparo, 2.-9.9.1979: 3 ♂ 1 ♀: catturati su di una grossa stalagmite, a 100 metri dall'ingresso, in zona umida e completamente oscura.

Kurzbeschreibung: Da die Exemplare gut mit den in der Originalbeschreibung angeführten Merkmalen übereinstimmen, seien nur einige zu ihrer Charakterisierung angegeben. Pedipalpen: Femur 9,7 - 10,1x (♂) (♀: 9,8x) länger als breit, Beborstung: 5/4 - 5/2 - 3/3 - 4; Femur 2,18 - 2,22x (♀ 2,27)x länger als Tibia, diese 3,1 - 3,3x (3,1x) länger als breit, Hand 3,2 - 3,3x (3,2x). Schere 9,9 - 10,4x (9,8x) länger als breit, Finger doppelt so lang wie Hand; Schere mit den drei charakteristischen Stachelborsten an der Innenseite, bei 1 ♂ fehlte links die Stachelborste auf dem beweglichen Finger und an ihrer Stelle fand sich eine normale, nur undeutlich dickere Borste; fester Finger mit 17 - 21 grossen und 12 - 14 kleinen Zähnen, beweglicher Finger mit 15 - 18 grossen und 15 - 16 kleinen Zähnen; Sensillum auf dem beweglichen Finger beim 12. grossen Zahn gelegen. Laufbein I: Basifemur 9,3 - 9,9x (♀ 9,8x) länger als breit und 1,38 - 1,49x länger als Telofemur, dieses 7,0 - 7,4x (7,0x) länger als breit, Tibia 5,3 - 5,8x (5,4x), Tarsus 15,0 - 16,0x (14,9x) länger als breit; Laufbein IV: Femur 4,7-5,9x (4,7x), Tibia 8,7-9,6x (8,5x), Basitarsus 4,5 - 4,9x (4,8x), Telotarsus 18,0 - 18,6x (19,0x) länger als breit und 2,79 - 2,95x länger als Basitarsus; Basitarsus mit einer Tastborste proximal der Mitte (TS = 0,44 - 0,46), Telotarsus mit einer basal gelegenen verlängerten Borste.

Körpermasse in mm der ♂ (in Klammern die des ♀): Körperlänge 1,7-2,3 (2,1); Pedipalpen: Femur 1,20-1,27/0,12-0,13 (1,19/0,12), Tibia 0,55-0,57/0,17-0,18 (0,53/0,17), Hand 0,55-0,58/0,17-0,18 (0,55/0,17), Länge des festen Fingers 1,13-1,19 (1,13), die des beweglichen Fingers 0,97-1,4 (0,97), Scheren-L. 1,65-1,75 (1,69); Laufbein I: Basifemur 0,75-0,77/0,08 (0,74/0,08), Telofemur 0,50-0,56/0,07-0,08 (0,51/0,07), Tibia 0,34-0,36/0,06 (0,33/0,06), Tarsus 0,88-0,90/0,05-0,06 (0,84/0,06); Laufbein IV: Femur 1,02-1,20/0,20-0,22 (1,01/0,22), Tibia 0,76-0,83/0,08-0,09 (0,75/0,9), Basitarsus 0,32-0,35/0,07 (0,33/0,07), Telotarsus 0,95-0,97/0,05 (0,95/0,07).

Die Art wurde anhand eines Exemplares aus der Sammlung Roewer mit fraglichem Fundort aus Sardinien beschrieben, seine nächstverwandte Art ist aus S-Herzegowina bekannt (*T. mirabilis* Beier). Da aus der Sammlung Roewer stammend, wurde die Verbreitung in zoogeographischer Hinsicht mit Vorsicht behandelt (Helversen 1968, Beier 1969), zu Recht, wie die vorliegenden Funde zeigen. Die Art ist demnach in Höhlen der Umgebung von Triest verbreitet, die grosse Übereinstimmung mit dem bisher einzig bekannten ♀ lässt keinen Zweifel zu, dass auch dieses aus diesem Raum stammt.

Neobisium (Blothrux) insulare Beier

Fundort: Jugoslawien, Insel Krk, Höhle von Rudine nördlich Silo, lg. E. Christian, 24.5.1978: 1 ♂.

Mit der Beschreibung gut übereinstimmend; war bisher nur ohne genauen Fundort von dieser Insel gemeldet.

Roncus (Parablothrus) boldorii (Beier)

- 1931 *Neobisium (Blothrus) boldorii* Beier, Eos, Madrid, 7: 12, fig. 4 (nec *Roncus (Parablothrus) boldorii* Beier, Eos, Madrid, 7: 20, fig. 12)
- 1942 *Roncus (Parablothrus) boldorii*, Beier, Boll. Lab. Zool. gen. agr. Portici 32: 134
- 1942 *Roncus (Parablothrus) ghidinii* Beier, Boll. Lab. Zool. gen. agr. Portici 32: 134, fig. 3; *nov. syn.*
- 1957 *Roncus (Parablothrus) boldorii*, Beier, Boll. Mus. Civ. Venezia 10: 163
- 1963 *Roncus (Parablothrus) b. boldorii*, Beier, Bestimmungsbüch. Bodenfauna Europas 1: 201, fig. 212
- 1963 *Roncus (Parablothrus) boldorii ghidinii*, Beier, Bestimmungsbüch. Bodenfauna Europas: 1: 201
- 1971 *Roncus (Parablothrus) ghidinii*, Beier, Natura Bresciana, Annuario Mus. civ. Stor. nat. Brescia 7 (8): 3, fig. 1

Fundort: Italien, Pozzo del Dosso dei Cavalli, Veneto, q. 1285, com. S. Zeno di Montagna (Verona), lg. F. Gasparo, 14.8.1979: 2 ♂ 2 ♀ catturati sotto sassi superficiali, sporchi di argilla, alla base del pozzo da m 20 (quota —23), in zona umida ed oscura.

Kurzbeschreibung: Carapax mit 4-5 Hinterrandborsten; Tergitbeborstung: 4-5/6/6-7/6-7/6-7, die weiteren mit meist 7-8 Borsten; Cheliceren: 5-6 Stammborsten, beweglicher Finger mit vergrößertem Mittelzahn, fester Finger dicht gleichmässig gezähnt; Serrula externa ca. 30-31 Lamellen, S. interna ca. 25; Flagellum mit 8 gezähnten Borsten, die 3 distalen relativ lang gefiedert; Spinnhöcker zahnförmig, beim ♂ kleiner als beim ♀. Pedipalpen: Femur 7,1-7,4x (♀: 6,7-6,9x) länger als breit, Tibia 5,5-5,7x (♀: 5,4-5,5x), Keule 3,8-4,1x (3,8x), Hand mit Stiel 2,5-2,6x (2,3-2,5x), Schere mit Stiel 6,6-6,8x (6,1-6,3x) länger als breit, Finger 1,6-1,7x länger als Hand mit Stiel und deutlich länger als das Femur; fester Finger mit ca. 140 kleinen, spitzen Zähnen, beweglicher mit ca. 130 Zähnen: distal auf dem beweglichen Finger finden sich zwei grubenförmige Sensillen (?). Laufbein IV: Femur 6,3x (♀: 7,0x) länger als breit, Tibia 9,4x (9,9x), mit einer verlängerten Borste distal der Mitte, Basitarsus 4,3x (4,1x), mit basaler Tastborste, Telotarsus 7,9x (8,0x) länger als breit und 1,72-1,77x länger als Basitarsus, mit Tastborste in Gliedmitte (TS = 0,54-0,58), Klauen mit winzigem Aussenzähnenchen, Subterminalborste gegabelt und fein gezähnt.

Körpermasse in mm der ♂ (in Klammern die der ♀): Carapax 1,08-1,20/0,83-0,88 (1,11-1,19/0,85-0,92); Pedipalpen: Femur 1,75-1,90/0,25-0,26 (1,80-1,88/0,26-0,31), Tibia 1,54-1,70/0,28-0,30 (1,60-1,67/0,29-0,31), Hand mit Stiel 1,24-1,28/0,47-0,50 (1,20-1,35/0,52-0,53), Finger-L. 2,12 - 2,20 (2,08 - 2,15), Scheren - L. 3,19 - 3,31 (3,18 - 3,32); Laufbein IV (je 1 ♂ 1 ♀): Femur 1,40/0,22 (1,55/0,22), Tibia 1,26/0,13 (1,42/0,14), Basitarsus 0,46/0,11 (0,51/0,13), Telotarsus 0,79/0,10 (0,90/0,11).

Roncus (P.) boldorii wurde von Beier 1931 vom Bus Coalghès bei Gavardo, Brescia, beschrieben; 1942 beschrieb er aus dem Bus Suradur, Valle di Lumezzone (Prov. Brescia) *Roncus (P.) ghidinii*, die er 1963 als Unterart

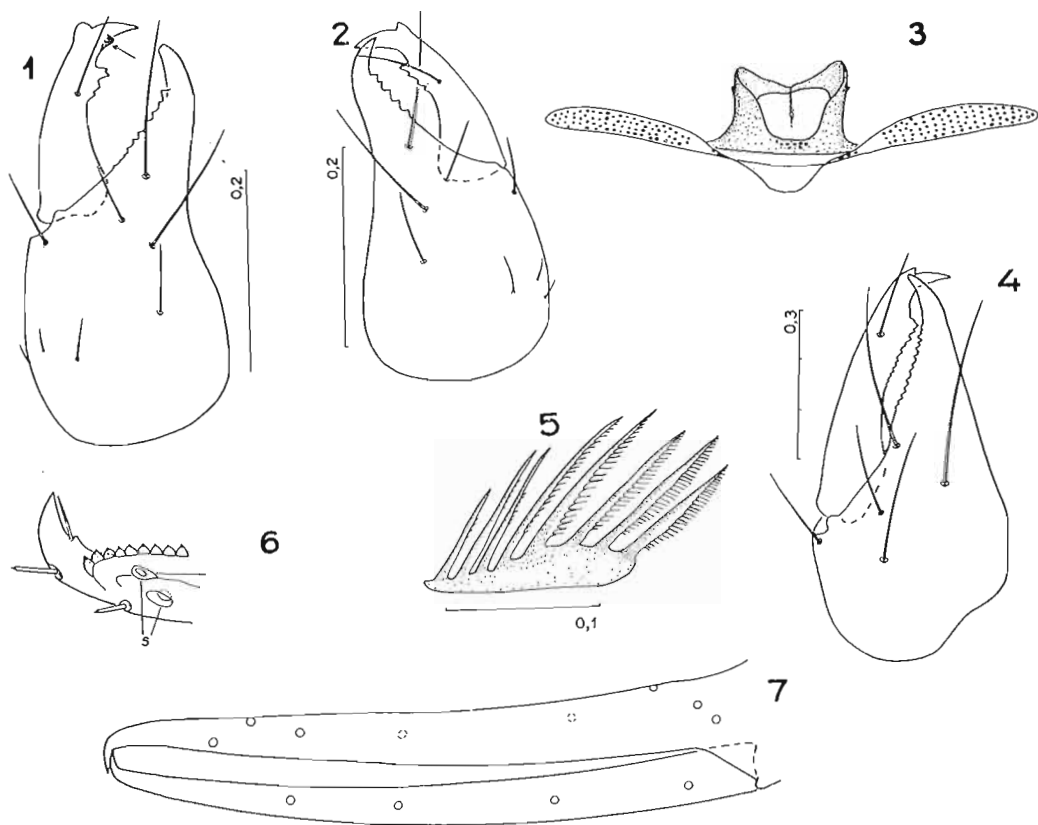


FIG. 1-7 — 1: *Chthonius (E.) austriacus* ♂, Typus, Chelicere; 2: *Chthonius (E.) boldorii* ♂, Typus, Chelicere; 3: *Chthonius (E.) boldorii*, Insel Krk, Genitalorgan des ♀ ; 4: *Roncus (P.) boldorii*, Chelicere; 5: Flagellum; 6: Distalende des beweglichen Pedipalpenfinger, s... Sensillum (?); 7: Trichobothrienverteilung auf den Pedipalpenfingern.

von *R. boldorii* ansieht. 1971 erwähnt er *ghidinii* wieder als eigenständige Art und ergänzt die Beschreibung. Die Unterschiede zwischen beiden Arten sind gering, sind im vorliegenden Material z. T. geschlechtsbedingt und fallen m. E. in die (bei Höhlenformen relativ grosse) Variationsbreite; die geographische Verbreitung beider Arten überdeckt sich darüberhinaus vollkommen, sodass ich *ghidinii* als jüngeres Synonym von *boldorii* betrachte. Beier selbst unterschied beide Arten z. T. nicht; so meldete er *ghidinii* vom locus typicus der Art *boldorii* (Bus Coalghès, 116 Lo) (Beier 1971) und der Covolo del Tesoro (Lumignano) (*ghidinii*) bzw. der Höhle dei Custozza (*boldorii*), zwei sehr nahe gelegenden Grotten südlich von Vicenza.

Die Art ist demnach von der Umgebung von Brescia bis in die Region von Vicenza verbreitet.

Roncus (Parablothrus) paolettii Mahnert

Fundort: Italien, Friuli, Inghiottoio di Juris, Fr 623, q. 540, com. Vito d'Asio (Pordenone), lg. F. Gasparo, 22.7.1979: 1 ex. (Geschlecht nicht einwandfrei bestimmbar): catturato nella parte più interna della grotta, a quota —100, su argilla ricca di materiale organico.

Die Art wurde erst kürzlich (Mahnert 1980) aus Höhlen der Umgebung von Revine und dem Val Cellina beschrieben, der vorliegende Fund weitet die bekannte Verbreitung der Art nach dem Osten aus; das Exemplar (eventuell 1 ♂ ?) stimmt in der Palpenform und -proportionen mit den Typen überein, ist allerdings etwas kleiner: Palpenfemur 5,3x länger als breit (1,34 mm / 0,25 mm), Tibia 3,3x (1,10/0,33), Keule 2,0x länger als breit und 1,59 länger als Stiel, Hand mit Stiel 1,9x (1,06/0,55), Schere mit Stiel 4,3x länger als breit, Finger 1,33x länger als Hand mit Stiel und länger als das Femur, Finger - L. 1,41 mm, Scheren - L. mit Stiel 2,38 mm, ohne Stiel 2,21 mm.

Roncus (Parablothrus) stussineri Beier

Fundort: Italien, Grotticella presso il Ponte Giavate, Friuli Fr 736, q. 315, com. Nimis (Udine), lg. F. Gasparo, 27.11.1979: 1 ♂ 2 ♀ 1 Deutonymphe: catturati sotto pietre superficiali, in zona umida e quasi completamente oscura.

L I T E R A T U R

- BEIER M. 1931 - *Zur Kenntnis der troglobionten Neobisien (Pseudoscorp.)*. Eos, Madrid, 7: 9-23.
- BEIER M. 1934 - *Neue cavernicole und subterrane Pseudoscorpione*. Mitt. Höhlen- u. Karstforsch. 1934: 53-59.
- BEIER M. 1942 - *Pseudoscorpione aus italienischen Höhlen*. Boll. Lab. Zool. gen. agr. Portici 32: 130-136.
- BEIER M. 1963 - *Ordnung Pseudoscorpionidea (Afterskorpione)*. Bestimmungsbuch. Bodenfauuna Europas 1: 313 pp.
- BEIER M. 1969 - *Reliktformen in der Pseudoscorpioniden - Fauna Europas*. Memorie Soc. ent. Ital. 48: 317-323.
- BEIER M. 1971 - *Neue Funde von Roncus (Parablothrus) ghidinii Beier 1942*. Natura Bresciana, Annuario Mus. civ. Stor. nat. Brescia 7 (n. 8): 3-5.
- HELVENSEN O. von, 1968 - *Troglochthonius doratodactylus n. sp., ein troglobionter Chthoniide (Arachnida: Pseudoscorpiones: Chthoniidae)*. Senckenberg. biol. 49: 59-65.
- MAHNERT V. 1980 - *Pseudoscorpiones (Arachnida) aus Höhlen Italiens, mit Bemerkungen zur Gattung Pseudoblothrus*. Le Grotte d'Italia 8: 21-38.

I N D I C E

A T T I

- FINOCCHIARO C.: Relazione dell'attività della Commissione Grotte «E. Boegan» nell'anno 1980 Pag. 7

M E M O R I E

- CHOPPY J.: Interprétation des mesures climatiques dans la Grotte Costantino Doria (N. 3875 V.G.) publiées par S. Polli » 21
- FORTI F., GASPARO F.: Rapporti fra precipitazioni meteoriche e stillicidio nella Grotta Gigante sul Carso Triestino (anno 1980) » 55
- STRAVISI F.: Distribuzione statistica delle precipitazioni giornaliere a Peschiera del Timavo, Malchina, Opicina, Domio e San Bartolomeo (provincia di Trieste) » 63
- FORTI F.: Metodologia per lo studio della dissoluzione con il sistema della misura con micrometro » 75
- FORTI F., STEFANINI S.: Modalità di una prova sperimentale eseguita per la definizione del grado di solubilità dei principali litotipi del Carso Triestino sotto l'azione degli agenti esterni » 83
- MAHNERT V.: Höhlenpseudoskorpione aus norditalien und der Dalmatinischen Insel Krk » 95