

SILVIO POLLI

METEOROLOGIA IPOGEA NELLA GROTTA SPERIMENTALE V. G. 12 DEL CARSO DI TRIESTE

Lavoro eseguito con il contributo del Consiglio Nazionale delle Ricerche

R I A S S U N T O

La grotta V.G. 12 del Carso di Trieste, profonda 226 m e lunga 600 m, è stata adattata, nella sua prima parte, a grotta sperimentale. Nella stazione ipogea sono eseguite ogni due settimane sistematiche misure dei principali elementi meteorici e geofisici. Per l'anno 1966 si presentano i valori mensili medi ed estremi delle temperature dell'aria, della tensione del vapore, dell'umidità relativa e assoluta e delle correnti d'aria entrante e uscente. Per il confronto si danno pure i corrispondenti valori mensili rilevati esternamente, nella vicina stazione meteorologica di Basovizza.

R E S U M É

La Grotte V.G. 12 du Karst de Trieste, profonde 226 m et longue 600 m, a été adaptée, dans sa première partie, à grotte expérimentale. Dans cette station ipogée sont relevées toutes les deux semaines des mesures systématiques des principaux éléments météoriques et géophysiques. Pendant l'année 1966 on a présenté les valeurs mensuels moyens et extrêmes des température de l'air, de la tension du vapeur, de l'umidité relative et absolue et des courantes d'air entrant et sortant. Pour la comparaison on donne aussi les correspondants valeurs mensuels relevés à l'extérieur, dans la voisine station météorologique de Basovizza.

S U M M A R Y

The cave V.G. 12 in the Karst of Trieste, 226 m deep and 600 m long, has been adapted, in its first part, as an experimental station, where principal meteoric and geophisic elements are measured every two weeks. There are exposed the middle and extreme monthly data of the air temperature, vapour pressure, relative and absolute humidity and penetrating and egressing draughts, during the year 1966. There are also presented, for a comparison, the monthly data obtained in surface in the near meteorologic station of Basovizza.

1. PREMESSE

In questi ultimi tempi, necessità di sfruttamento delle cavità sotterranee naturali, sia per fini scientifici che per scopi pratici, richiesero la conoscenza precisa delle loro condizioni ambientali e dei fenomeni che in esse si svolgono. Ciò si può ottenere mediante ricerche sistematiche eseguite sul posto e prolungate negli anni. Ne consegue la necessità di usare alcune grotte esclusivamente

quali stazioni ipogee sperimentali per studi fisici, biologici, meteorologici, climatici e microclimatici.

Sul Carso di Trieste è già in funzione dal 1957 la Grotta sperimentale «Costantino Doria» V.G. 3875. Essa è stata acquistata dalla Commissione Grotte della Società Alpina delle Giulie Sezione di Trieste del C.A.I. al preciso scopo di grotta sperimentale. In essa sono eseguite sistematiche misure geofisiche, meteorologiche e microclimatiche. Attualmente le ricerche si svolgono nei campi della genesi e dell'accrescimento delle concrezioni in funzione dei fattori fisici, chimici e meteorici, sia interni che esterni. I risultati di questi studi sono stati pubblicati nei lavori indicati nella Bibliografia.

La grotta sperimentale «Doria», pur presentando vaste possibilità di studio, raggiunge una quota di —34 m, e ciò limita la possibilità di eseguire ricerche a grandi profondità. Per completare ed estendere le misure iniziate nella «Doria» occorre pertanto poter disporre di una grotta molto profonda. La cavità più adatta si è rivelata la grotta V.G. 12. Essa è stata ceduta in affitto dal Demanio alla Commissione Grotte della Società Alpina delle Giulie per un periodo decennale e rinnovabile.

2. LA GROTTA SPERIMENTALE V.G. 12

La grotta V.G. 12, detta grotta di Padriciano o del M. Spaccato, si trova sull'altipiano carsico, 5 km a oriente di Trieste. Le sue coordinate polari e geografiche hanno i seguenti riferimenti: Tavoletta I.G.M. (1 : 25000), F^o 53A.I.NE; S. Dorligo della Valle, Ediz. 5-1959-62.

Capella di Padriciano (q. 359), azimut S+22°W, distanza 820 m.

M. Spaccato (q. 405), azimut E+6°S, distanza 760 m.

Latitudine: 48° 38' 57,3" N;

longitudine: 1° 23' 1,8" E.M.M.; 13° 50' 10,2" E. Gr.

La grotta si apre alla quota di 368 m, in terreno pianeggiante, nell'orizzonte geologico del «Calcere superiore a Foraminiferi» o «Calcere a Miliolidi» del «Luteziano inferiore» (Liburnico superiore).

Essa raggiunge, con una successione di gallerie, pozzi e caverne, per uno sviluppo di 600 m, la profondità di 226 m. Il suo volume, non ancora esattamente determinato, dovrebbe essere di poco inferiore ai 100.000 m. cubi.

La cavità è stata chiusa all'ingresso con una robusta inferriata. Una serie di sentierini e scalinate rende facile l'accesso per 40 m, dove la galleria presenta un restringimento con una sezione minima di 2,1 m. quadrati. Questa strozzatura è della massima importanza per lo studio della grotta, in quanto attraverso essa avviene lo scambio d'aria fra l'esterno e l'interno.

Per attrezzare tutta la grotta con stazioni dotate di strumenti è necessario renderla facilmente percorribile, ciò richiede un lavoro che verrà svolto gradualmente negli anni successivi.

Attualmente la cavità è sistemata con apparecchiature e strumenti fino al suddetto restringimento, nel quale, dal 1965 è in funzione la stazione n. 1. Immediatamente dopo l'ingresso è situata la stazione I (ingresso) attiva anche essa dal 1965.

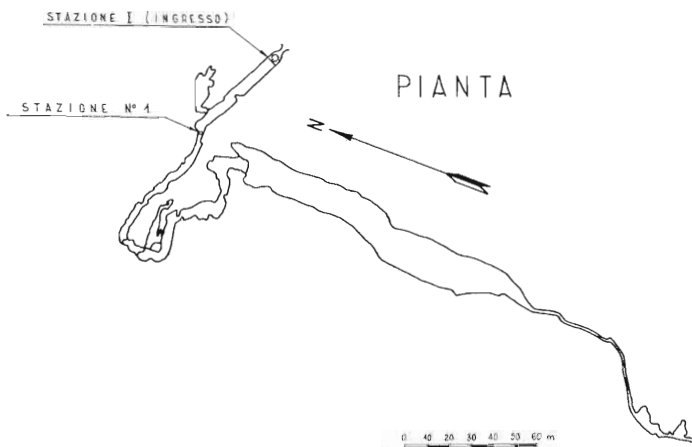
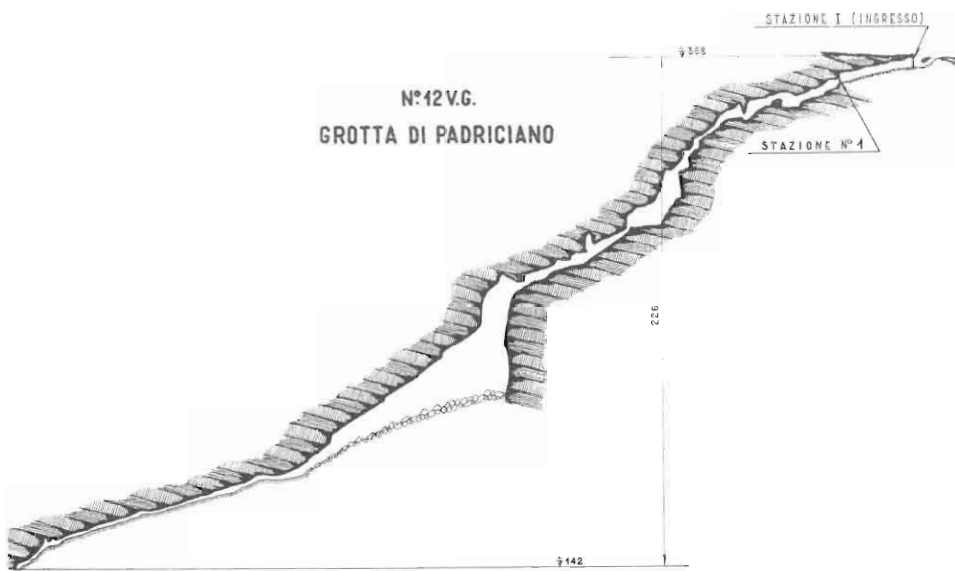


Fig. 1. — Sezione verticale e pianta della Grotta N. 12 V.G.

In questa nota si presentano i risultati delle misure eseguite nella grotta durante tutto l'anno 1966.

Ringraziamo il Prof. Giuseppe Nangeroni, del Consiglio Nazionale delle ricerche, e il Dott. Vincenzo Bellarosa, Ispettore Generale e Capo dell'Ispettorato Ripartimentale delle Foreste, per gli aiuti dati alla realizzazione della grotta sperimentale. Con la massima perfezione e con grande passione hanno diretto i lavori, sistemati gli strumenti ed eseguite le misure il geom. Fabio Forti e Tullio Tommasini, che vivamente ringrazio per la collaborazione.

3. LA STAZIONE METEOROLOGICA N. 1

E' situata a 40 m dall'ingresso e alla profondità di 18,6 m in corrispondenza ad un restringimento della galleria. Attraverso la sua sezione avvengono gli scambi di masse d'aria e di energia meccanica e calorifica. Dai caratteri fisici e chimici dell'aria entrante e di quella uscente è possibile determinare il processo termodinamico al quale è sottoposta la grotta.

Per semplificare queste ricerche e per meglio valorizzare le misure da eseguirsi nella strozzatura, questa è stata rettificata secondo un rettangolo con la base di 1,10 m e l'altezza di 1,92 m a cui corrisponde una sezione di 2,112 m quadrati.

In questa apertura rettangolare sono stati collocati, inferiormente e superiormente, e ciò per il caso dell'aria discendente entrante e per quello dell'aria uscente, due serie di strumenti uguali, adatti alla misura delle condizioni fisiche dei due flussi.

La *temperatura dell'aria* è misurata con termometri ad aspirazione del tipo Assmann, tarati tutti con uno stesso termometro campione. I termometri di minima sono ad alcool e quelli di massima a mercurio.

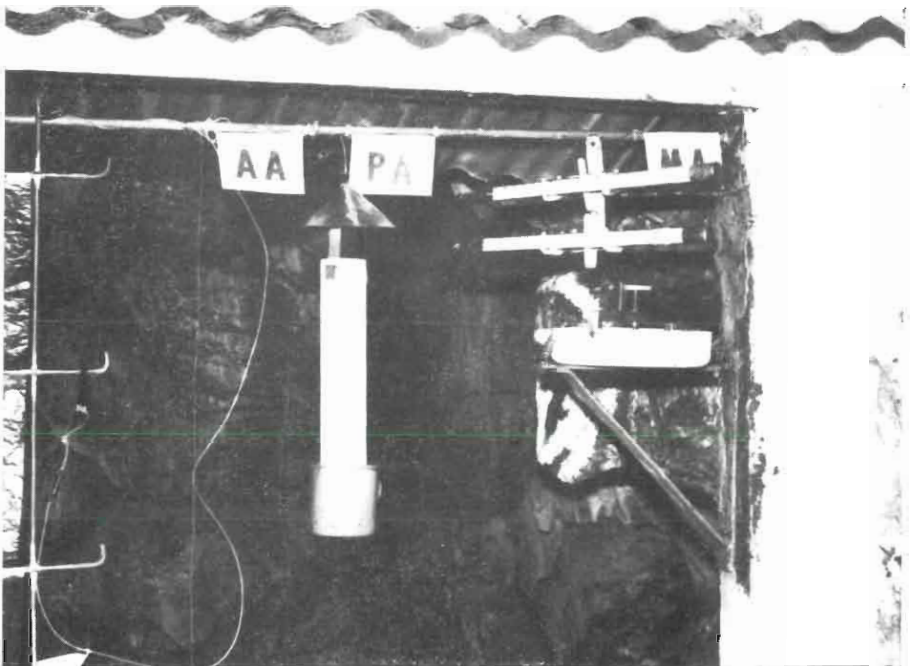


Fig. 2. — Stazione meteorologica N. 1, parte alta destra entrando. AA = anemometro alto, posto di misurazione; PA = psicometro alto, posto di misurazione; al centro il condensimetro alto, a destra i termometri di massima e di minima alti; sotto di essi l'evaporimetro alto; a sinistra una serie verticale di anemoscopi.

L'umidità è determinata esclusivamente mediante psicrometri ad aspirazione Assmann. I termometri, la velocità dell'aspiratore e lo stato della garza del bulbo bagnato sono periodicamente controllati. I valori percentuali dell'umidità relativa e quelli in millimetri di mercurio della tensione del vapore acqueo si determinano mediante le «Aspirations-Psychrometer-Tafeln» del Deutsches Wetterdienst.

L'evaporazione dell'acqua è misurata in centesimi di millimetro di altezza mediante strumenti con vite micrometrica fatti costruire appositamente allo scopo.

Le correnti d'aria sono misurate mediante anemometri totalizzatori sensibili fino alla velocità di 1 cm/secondo.

La condensazione si determina mediante condensimetri fatti costruire esclusivamente per tali determinazioni. Si misura la quantità di acqua condensatasi da una data superficie cilindrica in un determinato tempo.

La temperatura della roccia viene misurata con termometri particolarmente sensibili messi all'estremità di fori orizzontali praticati nella parete della caverna. I termometri sono accuratamente isolati termicamente rispetto alle condizioni esterne alla roccia.

L'accrescimento delle stalattiti e delle stalammite si esegue mediante apposito micrometro verticale. Si misura l'allungamento ogni sei mesi rispetto a tacche di riferimento incise orizzontalmente sulla stessa stalattite o stalammite.

4. ELABORAZIONE DEI DATI

Mediante semplici procedimenti di interpolazione proporzionata è stato possibile ricavare, dalle osservazioni periodiche eseguite nella stazione n. 1 e all'ingresso, i valori mensili medi, estremi e totali dei principali elementi meteorici.

La tab. 1 presenta per ogni mese, nelle due posizioni bassa e alta, la temperatura media del termometro con il bulbo asciutto, quella del termometro col bulbo bagnato, l'umidità relativa media in percento, la tensione media del vapore acqueo in millimetri d'altezza di mercurio e l'umidità assoluta media in grammi per metro cubo d'aria.

La tab. 2 dà, nelle prime tre colonne di ciascuna sistemazione bassa e alta, la temperatura massima avuta nel mese, quella minima e la velocità media in cm/secondo dell'aria entrante (E.) e uscente (U.). Le lettere (n. a.) indicano che la velocità dell'aria non è apprezzabile, più precisamente che la sua velocità è inferiore a 1 cm/secondo. Le colonne quarte danno invece le velocità medie dell'aria entrante e uscente all'ingresso della grotta. Dato che la sezione dello ingresso è molto maggiore di quella della stazione n. 1, le velocità risultano in quella molto minori e spesso non apprezzabili.

La tab. 3 presenta i valori medi e quelli estremi nel complesso della stazione n. 1 e sono stati dedotti quali semplici medie dai valori delle tab. 1 e 2.

Nella tab. 4 sono date le condizioni meteoriche esterne alla grotta, rilevate

TAB. 1 — CONDIZIONI METEORICHE NELLA STAZIONE N. 1

1966	POSIZIONE BASSA					POSIZIONE ALTA				
	T.AS. °C	T.BA. °C	U.RE. %	T.VA. mm.	U.AS. g/mc	T.AS. °C	T.BA. °C	U.RE. %	T.VA. mm.	U.AS. g/mc
I	1.6	0.6	83	4.3	4.5	3.4	2.3	83	4.9	5.1
II	5.8	5.5	96	6.6	6.9	6.0	5.7	96	6.7	6.9
III	5.2	4.0	83	5.5	5.7	5.6	4.8	89	6.0	6.2
IV	6.8	6.5	96	7.1	7.3	7.2	7.0	97	7.4	7.6
V	8.6	8.3	96	8.1	8.3	8.9	8.6	96	8.2	8.4
VI	9.4	9.3	99	8.7	8.9	9.8	9.5	96	8.8	9.0
VII	10.4	10.2	98	9.2	9.4	10.8	10.5	96	9.4	9.6
VIII	11.0	10.8	98	9.6	9.8	11.2	11.0	98	9.7	9.9
IX	11.1	10.9	98	9.7	9.9	11.3	11.1	98	9.8	10.0
X	11.0	10.8	98	9.6	9.8	11.2	11.0	98	9.7	9.9
XI	7.3	6.8	93	7.2	7.4	7.6	7.0	92	7.2	7.4
XII	3.8	3.1	90	5.4	5.6	4.0	3.2	88	5.4	5.6
Anno	7.67	7.23	94	7.6	7.9	8.08	7.64	94	7.8	8.0

TAB. 2 — CONDIZIONI METEORICHE NELLA STAZIONE N. 1

1966	POSIZIONE BASSA				POSIZIONE ALTA			
	T.MA. °C	T.MI. °C	VELOC. cm/sec.	V. INGR. cm/sec.	T.MA. °C	T.MI. °C	VELOC. cm/sec.	V. INGR. cm/sec.
I	4.9	-0.8	45 E.	40 E.	6.5	2.5	20 U.	2 U.
II	6.5	-0.7	16 E.	4 E.	6.7	4.3	3 U.	1 U.
III	6.7	1.8	23 E.	9 E.	6.8	5.0	4 U.	1 U.
IV	7.5	2.0	14 E.	1 E.	8.0	6.4	1 U.	1 U.
V	8.8	7.0	12 E.	2 E.	9.8	7.6	1 U.	n. a.
VI	9.8	8.2	6 E.	n. a.	10.3	8.7	n. a.	n. a.
VII	10.6	9.9	5 E.	n. a.	11.0	10.4	n. a.	n. a.
VIII	11.1	10.1	2 E.	n. a.	11.4	10.2	n. a.	n. a.
IX	11.2	9.9	n. a.	n. a.	11.5	10.0	n. a.	n. a.
X	11.1	8.0	1 E.	2 E.	11.3	8.7	n. a.	n. a.
XI	10.2	4.3	18 E.	28 E.	10.3	5.5	1 U.	1 U.
XII	6.6	1.5	28 E.	32 E.	7.5	2.8	2 U.	4 U.
Anno	11.2	-0.8	14 E.	10 E.	11.5	2.5	3 U.	1 U.

TAB. 3 — VALORI MEDI ED ESTREMI NELLA STAZIONE N.1

1966	TEMPERATURA			UMIDITA'	
	Media °C	Min. °C	Mass. °C	Rel. %	Ass. g/mc.
I	2.3	-0.8	6.5	83	4.8
II	5.9	-0.7	7.6	96	6.9
III	5.4	1.8	6.8	86	6.0
IV	7.0	2.0	8.0	97	7.5
V	8.8	7.0	9.8	96	8.4
VI	9.6	8.2	10.3	98	9.0
VII	10.6	9.9	11.0	97	9.5
VIII	11.1	10.2	11.4	98	9.9
IX	11.2	10.0	11.5	98	10.0
X	11.1	8.0	11.3	98	9.9
XI	7.5	4.3	10.3	93	7.4
XII	3.9	1.5	7.5	89	5.6
Anno	7.9	-0.8	11.5	94	7.9

TAB. 4 — CONDIZIONI METEORICHE ESTERNE

1966	TEMPERATURA			Umid. Media %	Perci- pit. mm.
	Media °C	Min. °C	Mass. °C		
I	0.6	-8.5	12.5	84	17.0
II	7.6	-2.0	15.5	86	64.2
III	6.4	-3.0	15.2	63	27.4
IV	12.4	-1.0	24.5	69	106.1
V	15.4	4.6	25.5	63	64.3
VI	19.5	7.0	32.2	68	116.1
VII	19.6	10.0	29.0	70	99.5
VIII	19.5	6.0	31.0	72	141.0
IX	17.4	8.0	27.0	71	20.3
X	15.9	2.0	24.2	83	180.3
XI	7.8	-3.0	18.5	78	100.4
XII	5.4	-4.5	14.2	75	48.4
Anno	12.3	-8.5	32.2	73	1055.0

nella vicina stazione meteorologica di Basovizza. Le precipitazioni comprendono pioggia e neve fusa e sono misurate in millimetri di altezza. I dati si riferiscono allo stesso anno delle misure ipogee. Si noti che l'inverno è stato un po' anormale, in quanto febbraio risulta più mite di marzo.

5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le condizioni meteoriche e climatiche nella prima parte della grotta sono caratterizzate da una continua discesa di aria fredda e da una debole uscita di aria leggermente più calda. L'aria entrante fluisce lungo il suolo incanalandosi nelle parti più basse dei pendii. La corrente è massima quando è massimo il raffreddamento esterno. Si ha così un ciclo annuo, con massime velocità in gennaio, ed un ciclo giornaliero con massime velocità nella seconda parte della notte; velocità minime si hanno rispettivamente in settembre e nelle prime ore del pomeriggio. La corrente uscente lambisce la volta della galleria ed è più calda di quella entrante; la sua velocità è generalmente molto debole spesso inapprezzabile o mancante. Il confronto delle velocità medie annue dell'aria entrante e uscente mette in evidenza come la prima sia notevolmente maggiore della seconda. Il fatto è da chiarirsi, dato che finora la grotta non ha rivelato altre comunicazioni con l'esterno o con altre vaste cavità vicine.

La temperatura nel primo tratto di grotta considerata risulta con una media annua di $7,9^{\circ}\text{C}$, è pertanto di $4,4^{\circ}$ inferiore alla media esterna. La temperatura minima si ha in gennaio e quella massima in settembre. Il raffreddamento avviene rapidamente, mentre il riscaldamento interno è molto lento.

L'escursione annua fra i valori medi mensili è stata di $8,9^{\circ}$, esternamente invece risulta di $19,0^{\circ}$. La differenza fra le temperature estreme assolute figura nella grotta con $12,3^{\circ}$, esternamente di $40,7^{\circ}$. Appare evidente il forte smorzamento termico prodotto dai 40 metri di galleria, pur essendo essa molto larga e alta.

Molto interessante risulta il confronto fra i dati delle due posizioni, bassa e alta, della stazione n. 1. Nella prima posizione le temperature medie ed estreme sono sempre inferiori alle corrispondenti temperature della posizione alta. In gennaio, con una temperatura esterna minima di $-8,5^{\circ}$, si ebbe nella sistemazione inferiore un minimo di $-0,8^{\circ}$. Questa bassa temperatura deve essere persistita nella grotta per più giorni: perchè al suolo, prima e dopo la stazione, si formarono stalammitti di ghiaccio alte parecchi centimetri; non si osservarono invece stalattiti, infatti alla volta della galleria mai la temperatura scese sotto ai $2,5^{\circ}$. Nel posto della stazione n. 1 la grotta è alta da due a tre metri.

L'umidità relativa nella stazione n. 1 è stata del 94%. Risulta minima in gennaio, per il forte prevalere del flusso entrante, e massima in settembre quando lo scambio d'aria è quasi nullo.

Notevole appare la variazione durante l'anno dell'umidità relativa e specialmente di quella assoluta, questa da un minimo di 4,8 g/m cubo in gennaio aumenta fino a 10 g/m cubo in settembre. I valori bassi delle due umidità sono dovuti alla rapida discesa di aria esterna fredda e secca, in dipendenza a periodi di bora, il noto vento continentale da ENE.

Nell'anno considerato (1966) febbraio è stato più mite di marzo, ciò si è riprodotto anche nella grotta, come risulta evidente dalle tabelle presentate.

Nei mesi invernali le escursioni giornaliere della temperatura e della umidità risultano molto ampie, e ciò perchè l'aria densa scende immediatamente nella grotta. In agosto e settembre, quando lo scambio d'aria quasi si annulla, la grotta assume le caratteristiche condizioni di cavità ipogea, con temperature quasi costanti sui 11,1°, umidità elevata sul 98% e aria quasi calma.

Con i dati presentati si potrebbero fare molte altre considerazioni, preferiamo però continuare le misure per altri anni in modo da poter poi operare con medie più precise e dati estesi a più stazioni e a più elementi geofisici.

Questa nota infatti è da considerarsi un saggio di un'attività incompleta e appena iniziata che negli anni seguenti verrà ampliata e perfezionata sia nella sistemazione di altre stazioni a maggiore profondità (e ciò è proprio lo scopo di questa grotta) sia estendendo il campo delle ricerche. Sono già in funzione vari geotermometri, evaporimetri e condensimetri. Sono state schedate già una ventina di stalattiti sulle quali sono eseguite periodiche misure di accrescimento, che viene determinato in funzione dei principali fattori fisici, chimici e meteorici.

B I B L I O G R A F I A

- FORTI F. - TOMMASINI T., — *Il Carso del Monte Spaccato, Osservazioni di geomorfologia carsica in rapporto con la litostratigrafia e tettonica*. Soc. Alpina delle Giulie, Atti e Memorie della Comm. Grotte, Vol. IV, 1964. Trieste.
- POLLI S. — *Meteorologia ipogea nella Grotta Gigante presso Trieste*. Atti del 1° Congr. Intern. di Speleologia, Parigi 1953, Vol. II Sez. 2. Pure in *Alpi Giulie*, Trieste, Vol. 52 (1953).
- POLLI S. — *La Grotta Gigante del Carso quale cavità barometrica*. Atti del VI Congr. Naz. di Speleologia, Trieste, 30 sett. 2 ott. 1954.
- POLLI S. — *Sulle misure di meteorologia ipogea*. Come sopra.
- POLLI S. — *Cinque anni di meteorologia ipogea nella Grotta Gigante presso Trieste*. Atti dell'VIII Congr. Naz. di Speleologia, Como, 1956, Mem. IV, Tomo II.
- POLLI S. — *Stazione di meteorologia ipogea nella grotta «C. Doria» V.G. 3875*. Come sopra.
- POLLI S. — *Meteorologia ipogea nella grotta sperimentale «C. Doria» del Carso di Trieste*. Atti del II Congr. intern. di Speleologia, Bari 5 - 12 ottobre 1958.
- POLLI S. — *Misure sull'accrescimento delle stalattiti*. Come sopra.
- POLLI S. — *Tre anni di meteorologia ipogea nella grotta sperimentale «C. Doria» del Carso di Trieste*. Soc. Alpina Giulie, Atti e Mem. della Commis. Grotte, Trieste 1961.
- POLLI S. — *Meteorologia ipogea nella grotta «C. Doria» del Carso di Trieste. Triennio 1960-1962*. Soc. Alpina Giulie, Atti e Mem., IV 1964.