

**Zeitschrift:** Bollettino della Società ticinese di scienze naturali  
**Band:** 54 (1960-1961)

**Artikel:** Le grotte del Ticino. IV  
**Kapitel:** Il microclima  
**Autor:** Cotti, Guido / Ferrini, Dario  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1003522>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 09.11.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## PARTE SECONDA

# IL MICROCLIMA

## INTRODUZIONE

Lo studio del microclima delle grotte riveste a nostro avviso una particolare importanza poichè costituisce il principale collegamento con lo studio biologico delle cavità sotterranee. Nel nostro tentativo di una ricerca che tenesse conto del massimo numero accessibile di aspetti del problema e che li unificasse per quanto possibile, non potevamo quindi mancare di dedicare particolare attenzione a questo campo.

Un quadro soddisfacente del microclima può essere ottenuto soltanto attraverso una nutrita serie di misure condotta con metodo uniforme e secondo criteri precisi. Le esigenze ideali urtano però molto spesso contro difficoltà pratiche notevoli, che obbligano a compromessi, particolarmente per quanto concerne la durata delle osservazioni.

La concentrazione degli studi microclimatici in una o due grotte particolarmente attrezzate e prese come campioni, se da un lato offre evidenti vantaggi, permettendo un più preciso lavoro scientifico, dall'altro presuppone un criterio di scelta del campione che solo può venir ricavato da una soddisfacente conoscenza dei microclimi di tutte o gran parte delle cavità della regione interessata. La grotta-laboratorio ci sembra dunque costituire l'eventuale stadio conclusivo di una ricerca di meteorologia ipogea regionale come la nostra. Non potendo per evidenti ragioni prendere in considerazione tutte le 75 grotte che formano l'oggetto di queste note, e considerato d'altro canto che esse sono naturalmente riunite in piccoli gruppi fortemente omogenei morfologicamente e concentrati in aree assai ristrette, siamo giunti alla conclusione che sarebbe stato sufficiente, per una buona conoscenza del microclima, eseguire misurazioni periodiche in una grotta su 5, mentre nelle altre bastava rilevare dati sporadici di confronto.

Le nostre osservazioni furono dunque condotte in 15 grotte, scelte in modo da soddisfare le seguenti esigenze :

- a) rappresentare per quanto possibile un « tipo »;
- b) rispecchiare la distribuzione generale;

- c) essere confrontabili a gruppi per garantire la possibilità di una certa generalizzazione;
- d) essere facilmente accessibili.

Queste grotte sono :

- 1) le 5 grotte di Cureggia, in rappresentanza delle numerosissime cavità di fessura asciutte nei calcari sottocenerini;
- 2) le 4 grotte di Brè, e principalmente il « Fiadaduu dal laac », cavità tettonica verticale di notevoli dimensioni, in rappresentanza delle numerose cavità simili, ad altezza 700-1000 m nei calcari sottocenerini;
- 3) il « Tesuron » di Carabbia e la « Bögia » di Meride come cavità orizzontali di notevole sviluppo e con bacini interni;
- 4) la grotta del Mago a Rancate per le piccole grotte a bacino interno;
- 5) le grotte «Fornett I » e « Fornett II » a Tremona, per le piccole cavità puteiformi calcaree;
- 6) il « Böcc da la Ratategna » (Tremona) per le piccole grotte carsiche orizzontali.

Mancano come si vede ancora dati per le grotte di altitudine, e per quelle in rocce cristalline possediamo per ora grafici incompleti. Non appare tuttavia sinora una differenza significativa rispetto alle grotte nel calcare.

Le misure principali di temperatura furono eseguite mediante termometri a massima e minima impiantati nei punti più caratteristici della grotta, con le solite precauzioni. Gli strumenti venivano consultati ogni mese ed in tutte le occasioni possibili. Le misure accessorie furono invece effettuate con normali termometri a mercurio, consultati almeno una volta al mese (salvo qualche eccezione). I dati sull'umidità relativa furono rilevati contemporaneamente ai precedenti mediante uno psicrometro a fionda di notevole precisione. La durata minima del ciclo di misure fu di 12 mesi. In alcuni casi i rilevamenti microclimatici furono accompagnati da rilievi biologici, ed al « Fiadaduu dal laac » e al « Böcc da la Ratategna » le misure furono particolarmente minuziose. Si rilevarono naturalmente anche le corrispondenti temperature ed umidità esterne, in luogo opportuno e con le precauzioni d'uso.

Le posizioni esatte ove vennero eseguiti i rilevamenti microclimatici sono indicate sui rilievi interessati con \*.

I risultati di queste ricerche sono riassunti nelle tabelle e nei diagrammi annessi. In questi ultimi sono tracciate delle curve destinate a facilitarne la lettura, mettendo in evidenza l'andamento della variabile.

## Temperature nelle grotte di Cureggia

Dati concernenti la gr. dei Pipistrelli TI 17, la gr. delle Ossa TI 19, la gr. del Ghiaccio TI 18, la gr. del Guano TI 30, la gr. del Belvedere TI 33.  $T_e$  = temperatura esterna,  $T'$ ,  $T''$  temperature interne.

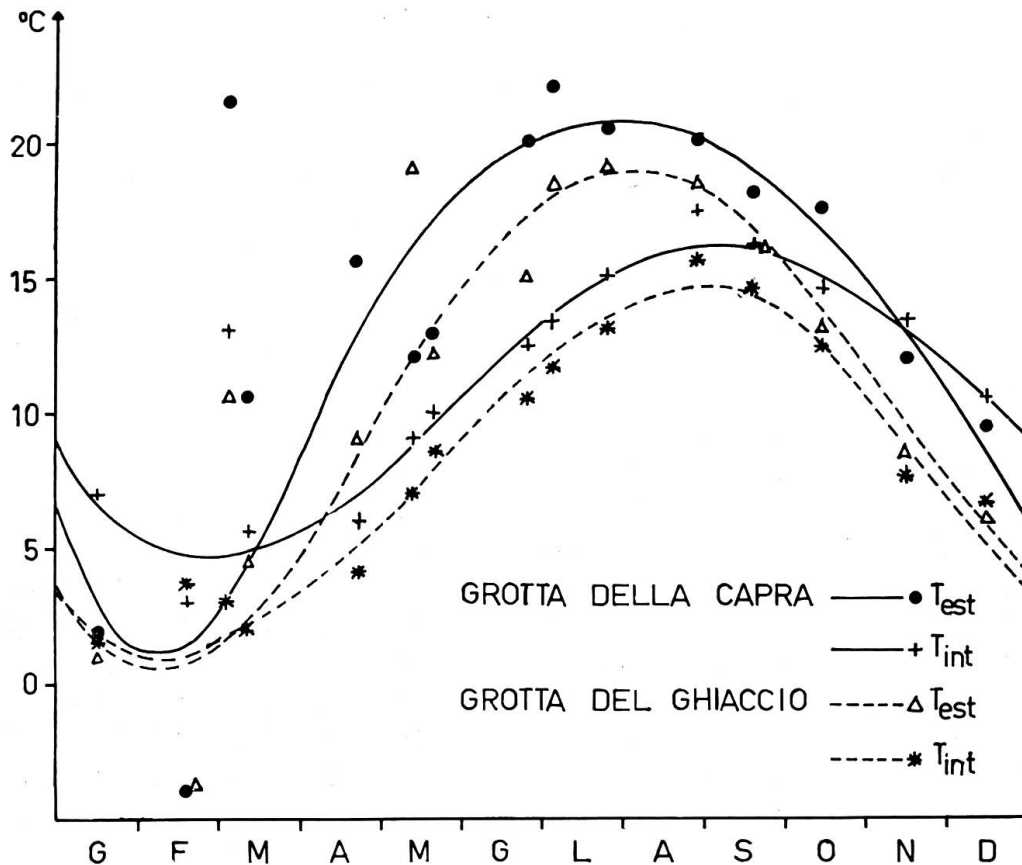
Data	TI 17			TI 19			TI 18		TI 30		TI 33	
	$T_e$	$T'$	$T''$	$T_e$	$T'$	$T''$	$T_e$	$T'$	$T_e$	$T'$	$T_e$	$T'$
18. 1.56	-4,5	8	8	-4	3	1,3	-4	-3,6	-4	5	—	—
3. 3.56	22,5	11	9	21,5	13	—	10,5	3	19	18	—	—
10. 3.56	16	9	8,5	10,5	5,5	—	4,5	2	3,5	6,5	—	—
21. 4.56	16,5	8	8	15,5	6	—	9	4	12	7,5	—	—
12. 5.56	13	11	9	12	9	—	19	7	19	12	—	—
19. 5.56	13,5	11	10	13	10	—	12	8,5	12	10	—	—
2. 6.56	27	—	10,5	—	—	—	—	—	19,5	12	—	—
26. 6.56	21	14,6	11,5	20	12,5	—	15	10,3	19	12	20	10,5
3. 7.56	22,3	16,5	12,5	22	13,3	—	18,5	11,6	20,5	13,5	20,5	12,3
23. 7.56	23	16,7	13,5	20,5	15	—	19	13	22,5	14,7	21	15
29. 8.56	20	18	15,6	20	17,5	—	18,5	15,5	18,3	15,3	17,5	16
19. 9.56	16,5	15	15,2	18	16	—	16	14,5	15,5	14,6	15,5	15,5
13.10.56	17	14,7	14	17,5	14,5	—	13	12,3	15,7	13,5	13	15,5
17.11.56	11	14	13	12	13,3	—	8,3	7,5	9,3	11,5	7,5	14,3
15.12.56	6	12,5	11,6	9,5	10,5	—	6	6,3	6,5	10	5,5	13
16. 1.57	2	10,7	10,5	2	7	—	1	1,5	1	9	1	12
16. 2.57	11,5	8,5	9,5	13	8	—	4,5	7	14	8,5	13,6	10
16. 3.57	18	10	9,6	18,5	9,5	—	11,5	6	15	10	14,5	10,3
20. 4.57	18,5	9	10	20	7,7	—	16,6	6	16	10	15	11
27.10.57							17	12,5	18	16		

Tra il 12.5.56 e il 16.1.57 furono inoltre misurate le temperature minime e massime in TI 30, con i seguenti risultati (la prima temperatura è la minima, la data si riferisce al termine dell'intervallo):

19. 5.56	9-12	2. 6.56	9,3-14	26. 6.56	10,5-14	3. 7.56	11-14
23. 7.56	12,5-17,6	29. 8.56	8,3-18,3	19. 9.56	13,6-16,3	13.10.56	13-15
17.11.56	10-13,7	15.12.56	8,5-11,3	16. 1.57	8-10,5		

### 1. LE GROTTI DI CUREGGIA

La frequenza con cui si incontrano nell'area da noi studiata complessi di fessure di medie dimensioni (10-20 m), talora in relazione tra loro e non raramente di discreto interesse biologico, rende indispensabile un accurato studio sul microclima di questi ambienti. L'elevato numero di cavità concentrate in aree ristrette pone una serie di problemi, in particolare per quanto concerne la eventuale differenziazione dei microclimi sia interni



che esterni, e la possibilità di una generalizzazione dei dati. Sarebbe ovviamente molto utile poter conoscere il microclima di queste cavità senza dover ricorrere a misure sistematiche troppo numerose.

La zona di Cureggia si presta perfettamente allo scopo, soprattutto grazie al facile accesso ed alla varietà di ambienti ipogei. Sono state scelte 5 grotte, riunite in una superficie assai ridotta, e di cui 2 comunicanti tra loro.

Dall'esame dei diagrammi si rileva anzitutto la diversità dei microclimi esterni: il terreno accidentato influisce quindi in modo non trascurabile sulla distribuzione delle masse d'aria a diversa temperatura. Si veda a questo proposito il diagramma Gr. delle Ossa - Gr. del Ghiaccio, nel quale le temperature esterne della seconda grotta restano in genere di un paio di gradi inferiori, essendo la cavità situata in fondo ad una conca che raccoglie aria fredda. L'andamento generale è tuttavia sensibilmente lo stesso, con un minimo assai pronunciato in febbraio ed un massimo esteso da giugno a settembre (salvo che per la grotta del Guano, dove si nota un anticipo al periodo maggio-agosto). L'escursione annua è mantenuta entro limiti relativamente ristretti: rare le temperature sotto zero o sopra i 21°C.

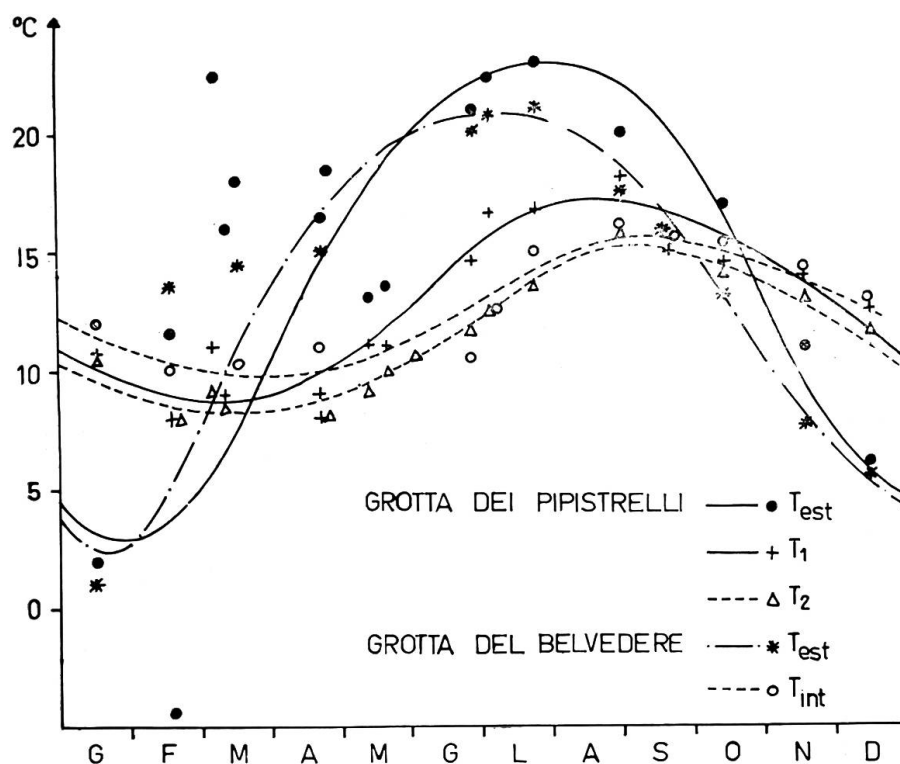
Per quanto concerne il microclima interno, risulta evidente come le pur modeste dimensioni delle cavità ne permettano una netta differen-

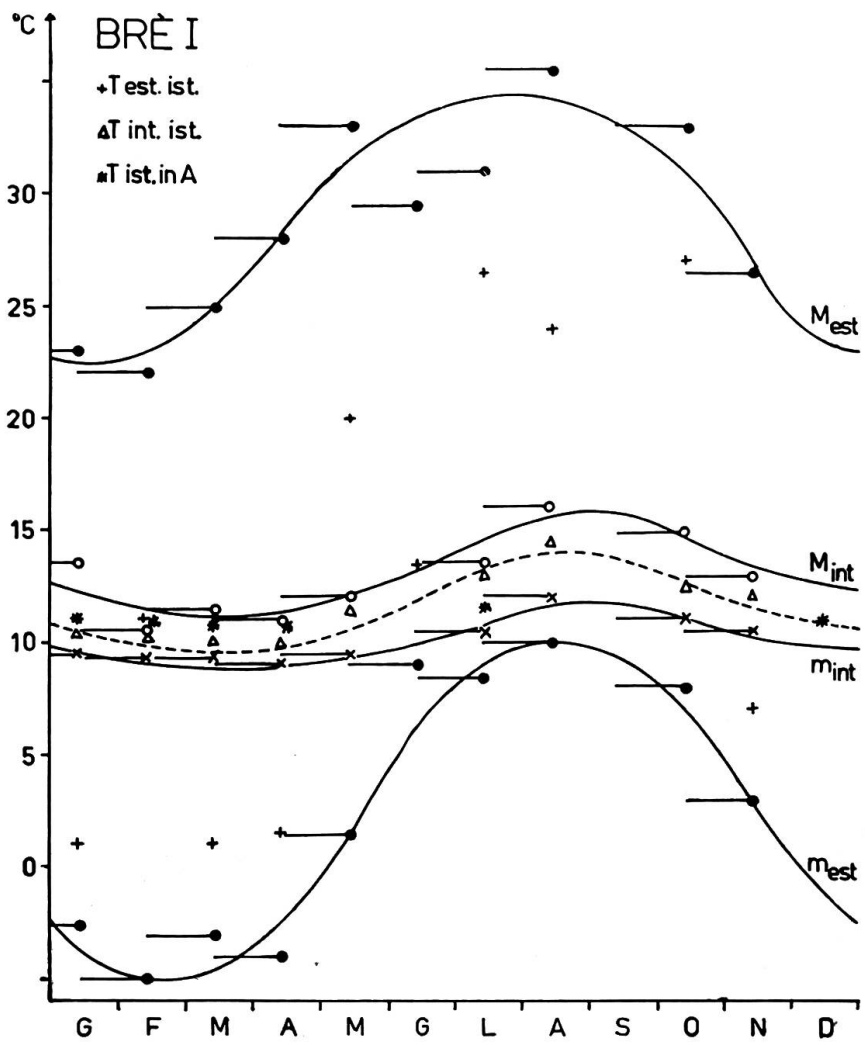
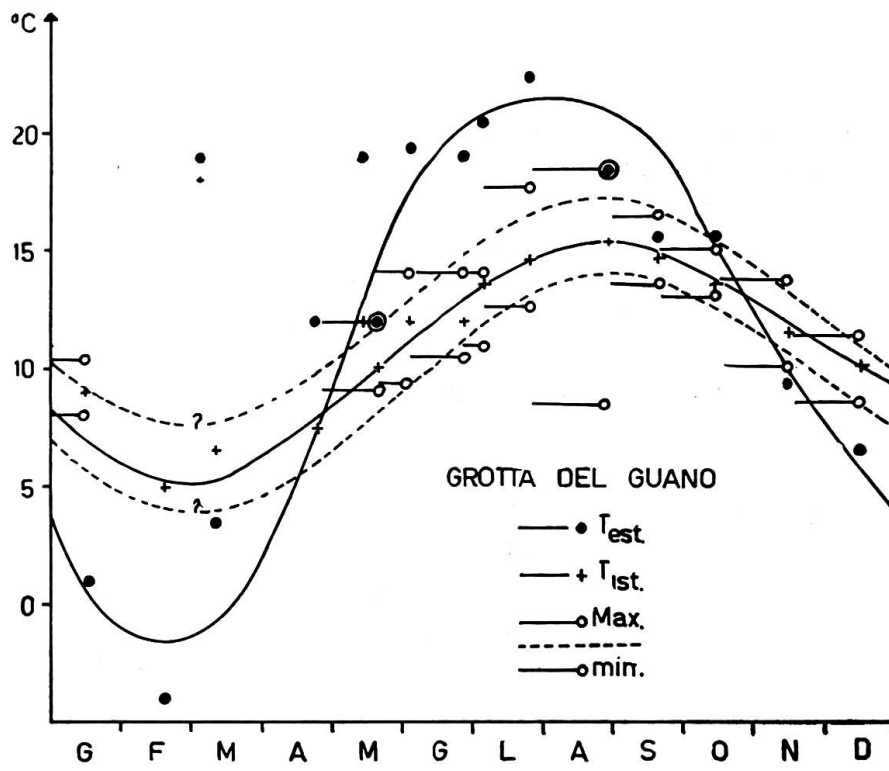
ziazione. L'escursione annua si riduce fortemente, le variazioni si fanno più graduali, minimi e massimi si spostano verso marzo rispettivamente settembre. In particolare, il diagramma relativo alla grotta del Guano mostra come l'escursione mensile sia ridottissima (ca. 4°).

Di particolare interesse è il confronto tra la grotta del Guano e quella del Ghiaccio, che rappresentano la parte superiore e inferiore di un unico sistema di fessure. La seconda grotta ha un microclima costantemente più rigido della prima, in perfetto accordo con la teoria, e in particolare con la distribuzione delle masse d'aria secondo la temperatura e quindi secondo la densità.

Le correnti d'aria sono assai frequenti in queste cavità, ed hanno importanza grande nella determinazione del microclima. In genere, le correnti sono uscenti nei periodi freddi ed entranti nei periodi caldi: fa eccezione soltanto la grotta del Ghiaccio che, a causa della sua posizione e delle sue relazioni con la grotta del Guano, ha funzionamento inverso, come dimostra l'esame di alcune situazioni tipiche come le seguenti (U = corrente d'aria uscente, E = corrente entrante):

Data	$T_e$	TI 17	TI 19	TI 33	TI 30	TI 18
18. 2.56	-4	U	U	—	U	E
3. 3.56	20	E	E	E	E	U
17.11.56	10	U	U	U	U	E
16. 1.57	2	U	U	U	U	E





## 2. LE GROTTI DI BRÈ

Le cavità a diaclasi verticale, spesso di notevole sviluppo, costituiscono uno dei tipi di grotta più frequenti nel Ticino, e particolarmente nel Sottoceneri, dove assumono quasi costantemente direzione N-S. Per lo studio microclimatico di questo tipo di cavità abbiamo scelto il gruppo del M. Brè, che riunisce in una ristretta zona facilmente accessibile 4 cavità morfologicamente identiche e di dimensioni progressivamente crescenti. Esse offrono dunque condizioni ideali per i vari confronti. Inoltre la principale (indicata brevemente con Brè I) è anche faunisticamente abbastanza interessante.

Il microclima esterno della zona è caratterizzato da una escursione sia annua che mensile eccezionalmente vistose: la seconda è in media di 25°, e la prima di quasi 40°. Ne è responsabile la posizione particolarmente esposta; l'insolazione molto elevata provoca delle massime di oltre 30°,

### Temperature nelle grotte di Brè

M, m, I rappresentano le temperature massima, minima e al momento del rilievo. Questo fu eseguito il 15 d'ogni mese per tutto il 1958.

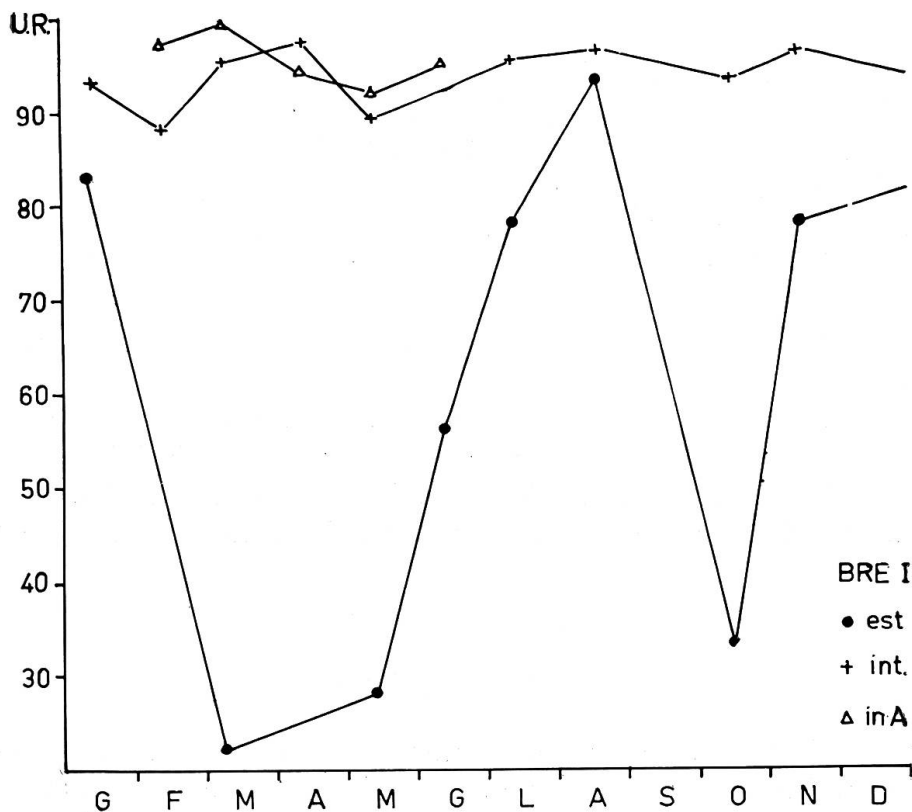
	Esterno			Brè I'			Brè I''			Brè II		Brè III			Brè IV		
	M	m	i	M	m	i	M	m	i	i	M	m	i	M	m	i	
G	23	-2,5	1	13,5	9,5	10,3	13,5	10,5	11	8	11	7	7	9	4,5	5	
F	22	-5	11	10,3	9,3	10,3	11,3	10,5	11	8,5	8	5	8	7	4	7	
M	25	-3	1	11,5	9,3	10	11,6	10,6	10,7	8	12,5	6	6,5	22	5,5	6	
A	28	-4	1,5	11	9	10	11	10,7	11	7	8	5	7,5	8	3,5	6	
M	33	1,5	20	12	9,5	11,5	—	—	—	9	11	6,5	10,5	11,5	5,5	10	
G	29,5	9	13,5	—	—	—	—	—	—	10,5	12	9	11	—	—	—	
L	31	8,5	26,5	13,5	10,5	13	—	—	—	12,5	15	10	15	—	—	—	
A	35,5	10	24	16	12	14,5	—	—	—	15	18,5	13	16	—	—	—	
S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
O	33	8	27	15	11	12,5	—	—	—	12,5	23	11,5	13	—	—	—	
N	26,5	3¾	7	13	10,5	12	—	—	—	9,3	16,5	10	10	—	—	—	

Brè I' e Brè I'' sono le temperature corr. a 20 e 40 m dall'imbocco.

### Umidità relative al Fiadaduu dal laac (Brè I)

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N
Esterno	83	—	22	—	28	56	78	93	—	33	78
a 20 m	93	88	95	97	89	—	95	96	—	93	96
a 40 m	—	97	99	94	92	95	—	93	—	89	95





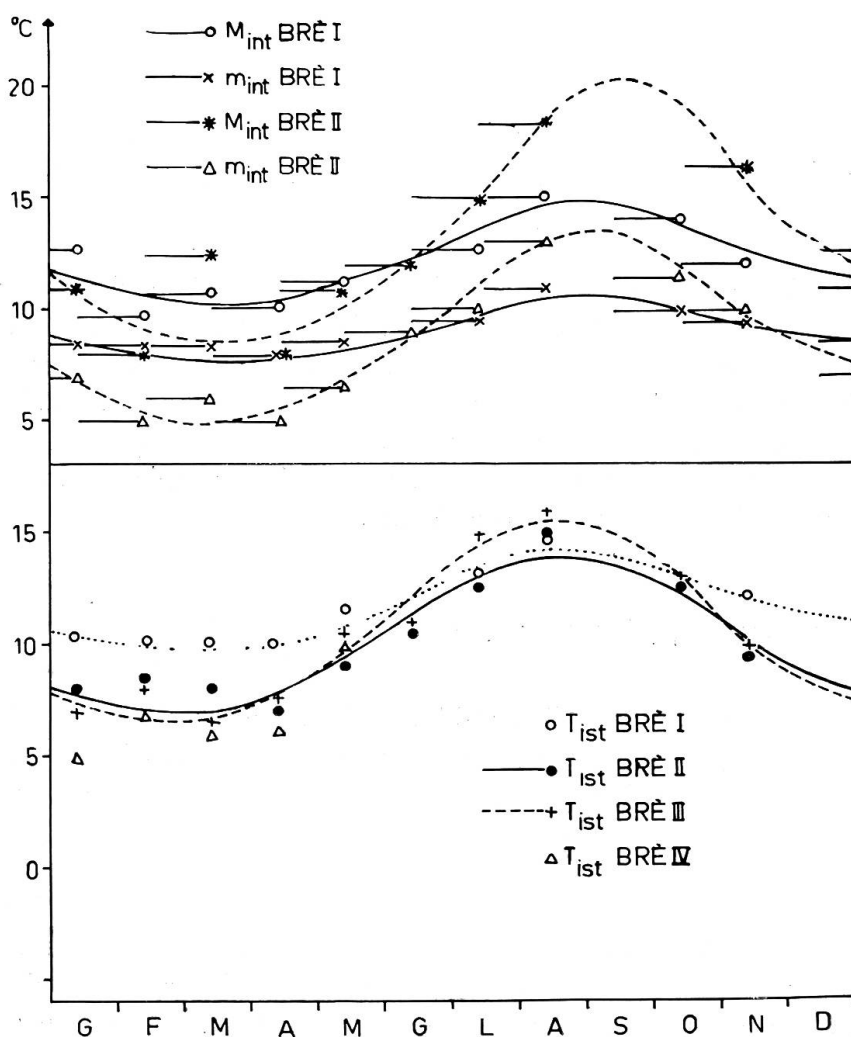
mentre di notte o d'inverno l'intenso irraggiamento conduce ad un forte raffreddamento.

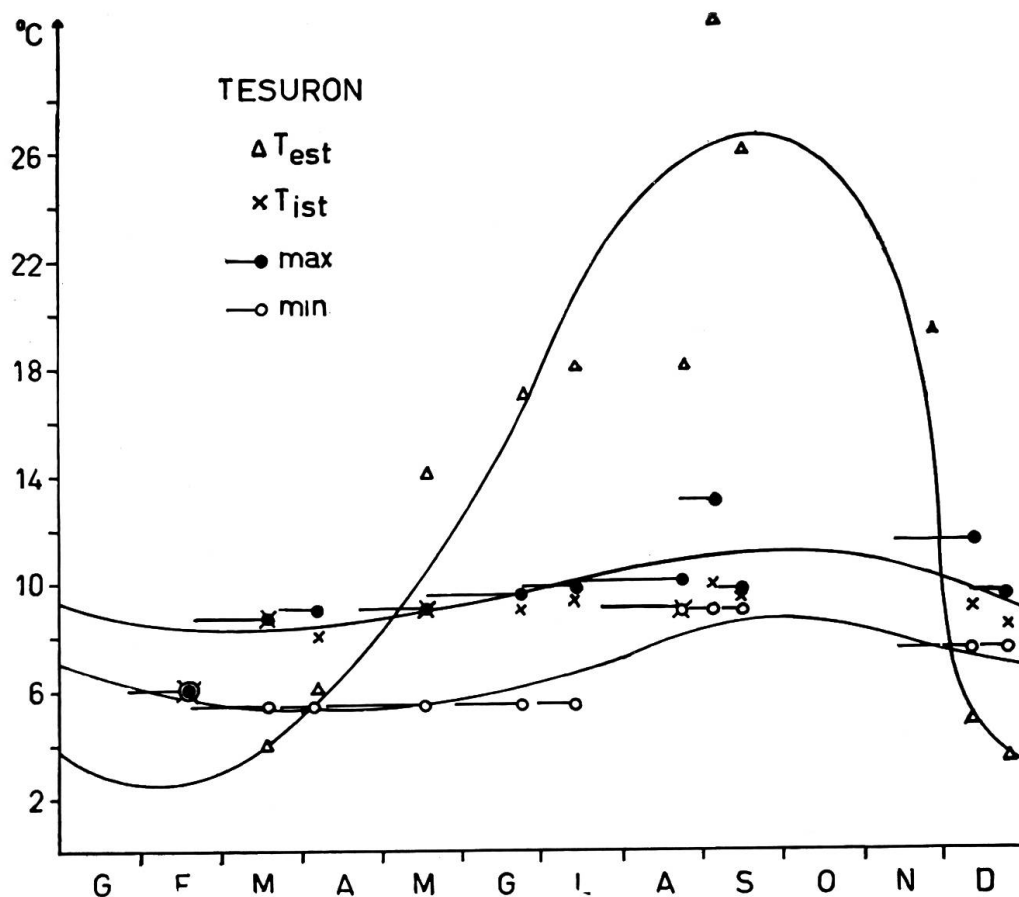
In queste condizioni è tanto più notevole il fatto che a soli 20 m dall'imbocco di Brè I l'escursione annua è già ridotta a soli 7°, e quella mensile a circa 4°. Diviene quindi di particolare interesse un confronto con la Bögia di Meride, dove a 15 m dall'entrata l'escursione annua esterna (ca. 22°) è solo dimezzata. Infatti la temperatura interna diventa praticamente costante in ambedue le grotte a ca. 40-50 m all'interno. Chiameremo ora per brevità F 20 la temperatura del Fiadaduu dal laac (Brè I) a 20 m dall'imbocco, e B 15 quella alla Bögia a 15 m dall'entrata. Notiamo ancora che il diagramma di F 20 si svolge tra i 10 e i 14°, mentre B 15 va da —1 a 10. La cosa è tanto più degna di attenzione in quanto la Bögia è più bassa di Brè I (risp. 750 e 840 m). La media annua delle temperature esterne alla Bögia è 10,5 mentre quella di Brè è 13°: la differenza non è dunque tale da giustificare completamente il fenomeno, tanto più che le temperature interne di equilibrio sono rispettivamente 9 e 11°, quindi ancor meno diverse.

La spiegazione risiede dunque piuttosto nell'andamento delle cavità : la Bögia sale verso l'interno, e quindi riversa all'esterno (e in particolare nel punto considerato, che è uno dei più bassi) aria fredda, mentre Brè I scende verso l'interno e quindi verso il punto considerato sale aria calda.

Ciò è confermato dal fatto che la temperatura interna di equilibrio della Bögia (9°) coincide quasi col massimo di B 15, mentre quella di Brè I (11°) è più vicina al minimo di F 20.

Lo spostamento dei massimi e minimi interni rispetto all'esterno è piccolo (ca. 1 mese) per Brè I, e leggermente maggiore per Brè III. Ciò induce a pensare che su questo ritardo influisca l'ampiezza dell'imbocco, come conferma il diagramma della grotta del Mago, cavità questa che presenta tra l'esterno e la prima sala come pure tra quest'ultima e la sala più interna due strozzature. Quando l'imbocco è angusto, il ciclo stagionale si ripercuote all'interno con maggiore ritardo, almeno in assenza di correnti di convezione. Ora, nel caso di Brè I, queste correnti si stabiliscono con discreta frequenza, assumendo spesso aspetti vistosi: ma il loro effetto è energeticamente smorzato e limitato al tratto più esterno. Sui 20-30 m l'umidità relativa U.R. è infatti sempre assai elevata (sopra il 90%), mentre nella parte profonda scende raramente sotto il 100%.





Ritroviamo qui nel caso dell'UR la stessa situazione discussa per la temperatura. Mentre all'esterno l'UR varia moltissimo, toccando minimi vistosissimi, ed in modo piuttosto irregolare, a distanza relativamente modesta dall'imbocco l'UR è quasi costante e prossima alla saturazione. In queste condizioni le variazioni di temperatura avvengono più lentamente: ha inoltre luogo quasi certamente una stratificazione termica dell'aria, dato che la fessura in questo tratto è altissima.

### 3. IL « TESURON » E LA « BÖGIA »

La grotta del Tesoro di Carabbia offre delle condizioni quasi ideali per controlli microclimatici, dato l'andamento rettilineo ed estremamente regolare del cunicolo di accesso, e la presenza di numerosi piccoli bacini perenni. Non altrettanto favorevole purtroppo l'accesso, piuttosto disagiata.

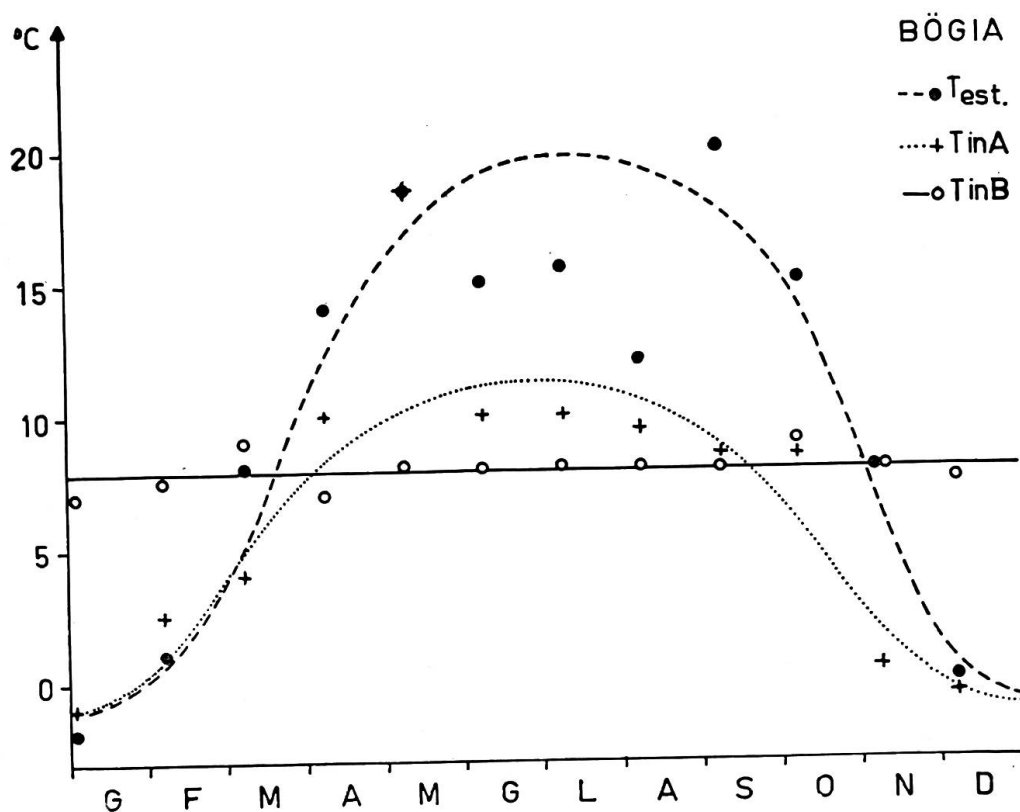
L'escursione esterna è di poco inferiore ai 30°, la grotta essendo situata in una posizione analoga a quella di Brè I, benchè meno esposta. All'interno (55 m dall'imbocco) la temperatura è pressochè costante sui 9°, con un'escursione annua di 6° e una mensile media di 3°. Lo spostamento dei

massimi e minimi è rilevante, specie per i minimi, dato che lo stabilirsi di correnti di convezione incontra notevoli difficoltà. La temperatura dell'acqua è ancora più costante, come di regola, ed esercita certamente una forte azione termostatica nelle parti profonde.

Nel gruppo delle grotte orizzontali con bacini interni figura anche la Bögia di Meride. Tre sono i punti che hanno importanza per il microclima di questa cavità : l'esterno, il termine del primo corridoio (15 m dall'imbocco) coincidente col limite di illuminazione, e il laghetto (50 m dall'entrata). Oltre quest'ultimo, la temperatura rimane stazionaria sui 9°.

Prima di iniziare l'esame dei diagrammi, notiamo che i 3 valori di giugno, luglio e agosto per la temperatura esterna corrispondono ad un periodo particolarmente sfavorevole dal punto di vista meteorologico, con scarsa insolazione e frequenti precipitazioni : i valori sono dunque eccezionalmente bassi. Per questa ragione il diagramma è stato tracciato senza tenerne conto. Rimandando il lettore alla nostra monografia, riprendiamo qui alcune brevi considerazioni.

La particolare posizione della grotta, che si apre in fondo ad una valle, limita superiormente le temperature esterne sui 20°, favorendo invece minime piuttosto pronunciate. E poichè il primo corridoio è discendente, l'aria fredda invernale tende ad accumularsi al termine di questo, in modo che il diagramma a 15 m è sensibilmente più basso del normale. Al laghetto la temperatura è invece sensibilmente costante sugli 8°: da notare che questo punto è di alcuni metri più alto del precedente.



### Temperature nella grotta del Tesoro

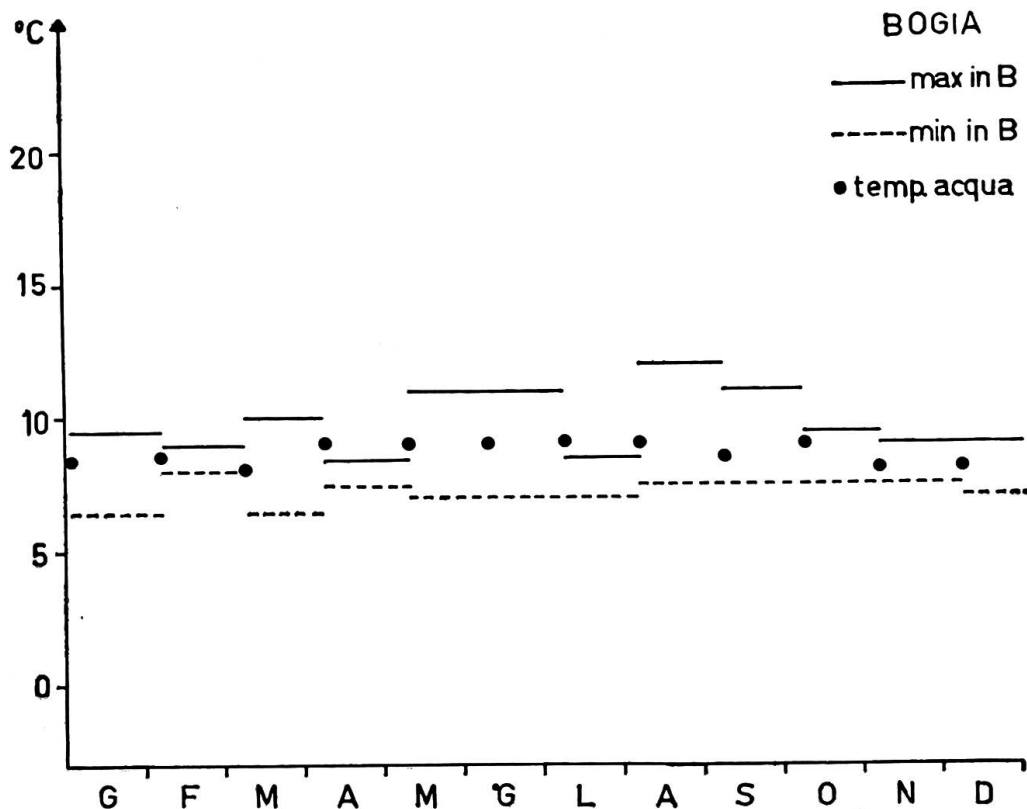
Data	T <sub>est</sub>	T <sub>20</sub>	M	T <sub>55</sub> m	i	T <sub>acqua</sub>
18. 2.56	—	5,5	6	6	6	8
28. 3.56	4	—	8,7	5,5	8,7	—
6. 4.56	6	—	9	5,5	8	—
16. 5.56	14	—	9	5,5	9	—
5. 6.55	17	13	—	—	9,5	9,5
21. 6.56	17	—	9,5	5,5	9	—
11. 7.56	18	—	9,7	5,5	9,3	—
21. 8.56	18	—	10	9	9	—
4. 9.56	31	11,5	13	9	10	9,5
13. 9.56	26	—	9,7	9	9,5	—
8.12.56	19,5	—	10	7,5	9	—
10.12.55	5	6,5	11,5	7,5	9	10,5
22.12.56	3,5	—	9,5	7,6	8,3	—

M, m, i sono le temperature massima, minima e al momento del rilievo, riferite all'intervallo precedente.

### Temperature alla Bögia di Meride

Data	T <sub>est</sub>	T <sub>15</sub>	M	T <sub>50</sub> m	i	T <sub>acqua</sub>
2. 1.54	—2	—1	—	—	7	8,5
7. 2.54	1	2,5	9,5	6,5	7,5	8,5
8. 3.54	8	4	9	8	9	8
8. 4.54	14	10	10	6,5	7	9
9. 5.54	18,5	18,5	8,5	7,5	8	9
8. 6.54	15	10	11	7	8	9
8. 7.54	15,5	10	11	7	8	9
7. 8.54	12	9,5	8,5	7	8	9
8. 9.54	20	8,5	12	7,5	8	8,5
8.10.54	15	8,5	11	7,5	9	9
7.11.54	8	0,5	9,5	7,5	8	8
7.12.54	0	—0,5	9	7,5	7,5	8

Nell'esame del secondo diagramma, relativo alle temperature minime e massime al laghetto e a quella dell'acqua, colpiscono due fatti: la molto maggiore costanza delle minime rispetto alle massime e la quasi perfetta coincidenza della temperatura media dell'aria con quella dell'acqua. Mentre questo secondo fenomeno è banale, dato che l'acqua, per il suo elevato



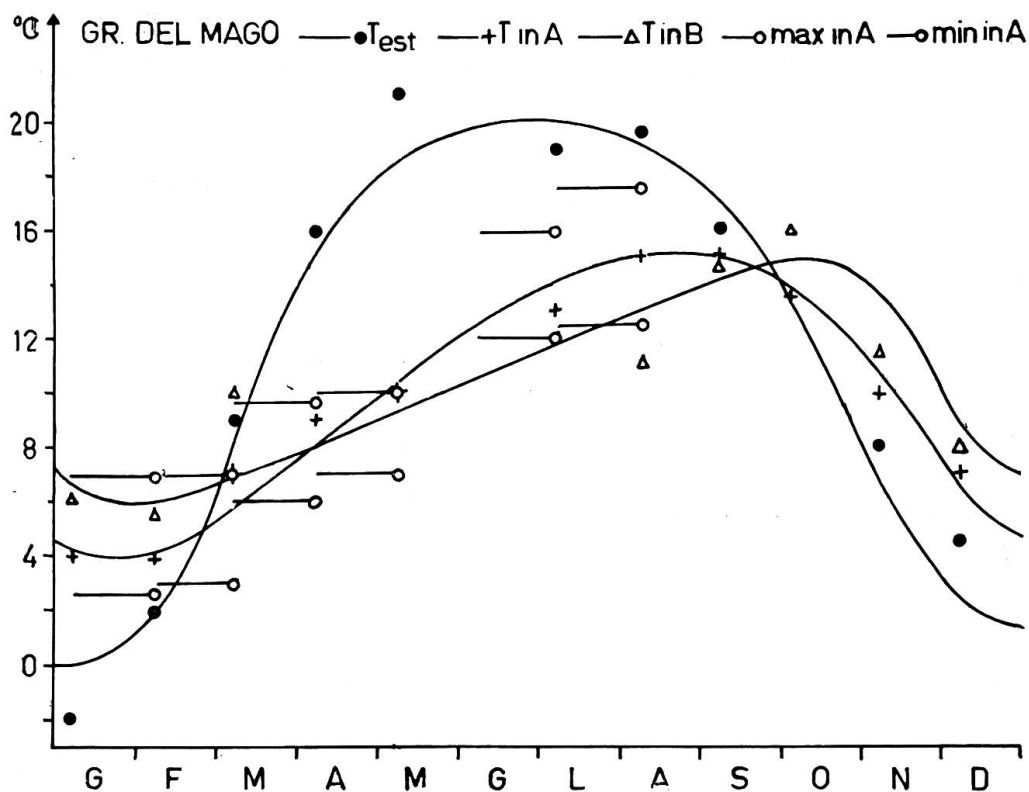
calore specifico, segue solo le variazioni annue, più lente, e non quelle mensili, che anzi contribuisce certamente a smorzare, il primo fatto merita qualche commento.

A nostro avviso, esso è in relazione con la posizione particolare del laghetto, situato su un gradino alla base di un vasto pozzo. Quando le variazioni esterne raffreddano l'aria al laghetto, questa scende verso l'esterno, lasciando il posto ad aria che cala lungo il pozzo provenendo dalle parti profonde (sempre sui 9<sup>0</sup>). Quando invece l'aria si scalda, essa sale verso l'interno, e viene sostituita da aria relativamente fredda per il contatto con l'aria a bassa temperatura stazionante alla fine del primo corridoio.

#### 4. LA GROTTA DEL MAGO A RANCATE

Rinviando per quanto concerne questa grotta al nostro lavoro « Aspetti abiologici della grotta del Mago », riteniamo opportuno richiamare qui qualche brevissima considerazione.

Colpisce nell'esame dei diagrammi un fatto già accennato discutendo i dati delle grotte di Brè : il regolare e progressivo spostamento dei massimi. Mentre infatti il massimo esterno si situa in giugno-luglio, quello nella prima sala è in agosto, e quello nella seconda sala in settembre - ottobre.



Per maggiore chiarezza, il diagramma è stato prolungato oltre dicembre. Il fenomeno è dovuto alla presenza di due strozzamenti che separano i tre ambienti. Pure notevole è la regolarità dello smorzamento delle escursioni.

##### 5. LE GROTTI DI TREMONA (FORNETT I E II)

I « Fornett » di Tremona costituiscono una piccola serie di cavità puteiformi di modesto sviluppo : di due di queste cavità è stato sommariamente studiato il microclima.

Il rilevamento delle temperature massime e minime al Fornett I è stato sospeso poichè i valori erano molto vicini, mentre i rilevamenti al Fornett II sono incompleti a causa di un incidente che ha reso praticamente inaccessibile la grotta per il periodo corrispondente.

La temperatura esterna presenta un minimo tardivo (marzo), forse accidentale. La temperatura interna segue le variazioni esterne senza ritardo, ma con uno smorzamento che si rivela notevolmente più energico in inverno (ca. 7°) che in estate (2-3°). Nel periodo freddo, la temperatura relativamente elevata del Fornett I si spiega col fatto che il termometro era situato in fondo al pozzetto di entrata, quindi sul percorso dell'aria umida e calda uscente dalle parti profonde. Veramente sorprendente è l'entità dei dislivelli termici che si stabiliscono agli estremi del modestissimo

pozzetto d'imbocco : sui 4 m di sviluppo si hanno differenze di oltre 10° (ad es. il 26.6.55 la temperatura esterna era di 3,5°, quella in fondo al pozzo 14°).

L'UR permane elevatissima (100 %) durante i mesi freddi, in cui hanno luogo vistosi fenomeni di condensazione, e discende progressivamente fino all'autunno. I valori elevati sono dovuti all'afflusso d'aria interna, che raffreddandosi si satura, mentre d'estate il pozzo assorbe aria esterna, relativamente poco umida, che però raffreddandosi si avvicina

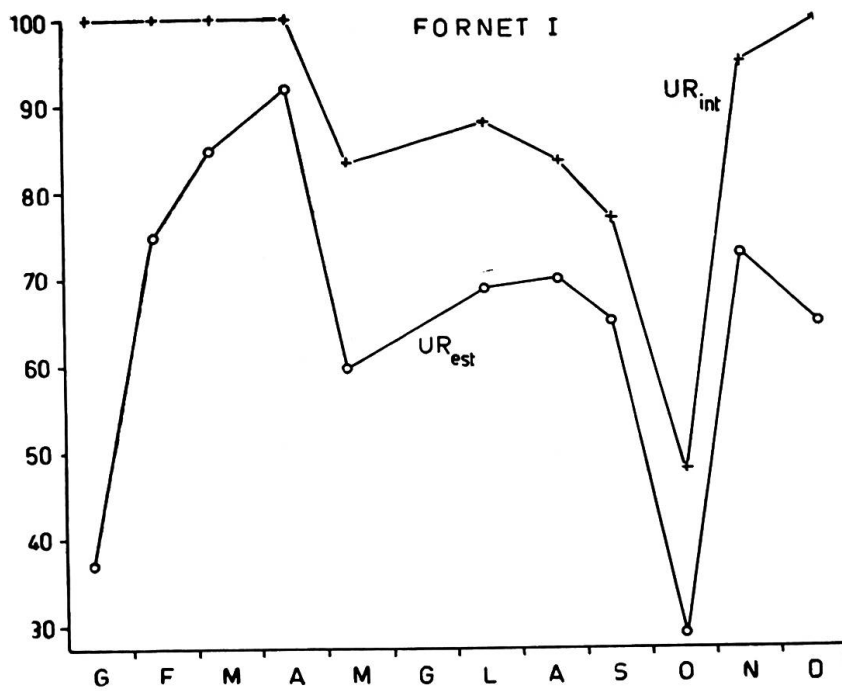
### Temperature alla grotta del Mago

Data	T <sub>est</sub>	T <sub>1a sala</sub>			T <sub>2a sala</sub>	T <sub>acqua</sub>
		M	m	i		
7. 1.54	—2	—	—	4	6	10
7. 2.54	2	7	2,5	4	5,5	11
8. 3.54	9	7	3	7	10	10
8. 4.54	16	9,5	6	9	inacc.	10
8. 5.54	21	10	7	10	inacc.	12
8. 6.54	—	—	—	—	—	—
8. 7.54	19	16	12	13	—	12
10. 8.54	19,5	17,5	12,5	15	11	10,5
8. 9.54	16	—	—	15	15	11
4.10.54	—	—	—	13,5	16	11
8.11.54	8	—	—	10	11,5	10,5
8.12.54	4,5	—	—	7	8	10,5

### Temperature ed umidità ai Fornetti I e II

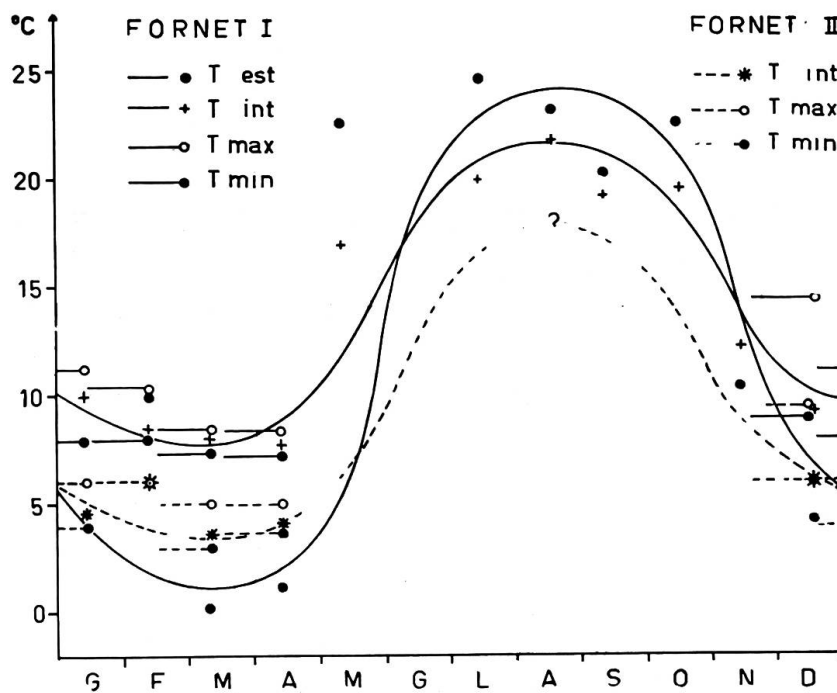
Data	T <sub>est</sub>	UR <sub>est</sub>	Fornett 1				Fornett 2		
			M	m	i	UR	M	m	i
18.12.57	4,2	65	14,5	9	9,3	100	9,5	6	6
12. 1.58	—	37	11,3	8	10	—	6	4	4,5
12. 2.58	10	75	9	8	8,5	100	6	6	6
9. 3.58	0,2	85	8,5	7,5	8	100	5	3	3,3
12. 4.58	1,2	92	8,5	7,3	7,8	100	5	3,8	4
10. 5.58	22,6	60	—	—	17	83	—	—	—
14. 7.58	24,5	69	—	—	20	88			
18. 8.58	23,2	70	—	—	21,8	83			
12. 9.58	20,2	65	—	—	19,2	78			
15.10.58	22,6	29	—	—	19,6	48			
14.11.58	10,4	73	—	—	12,3	95			





alla saturazione (tipico il caso di luglio). Siamo dunque anche qui in presenza di una cavità il cui microclima è prevalentemente determinato dal gioco delle correnti d'aria.

Il Fornett II immagazzina aria fredda invernale, che trattiene durante l'estate grazie all'imbocco angusto.



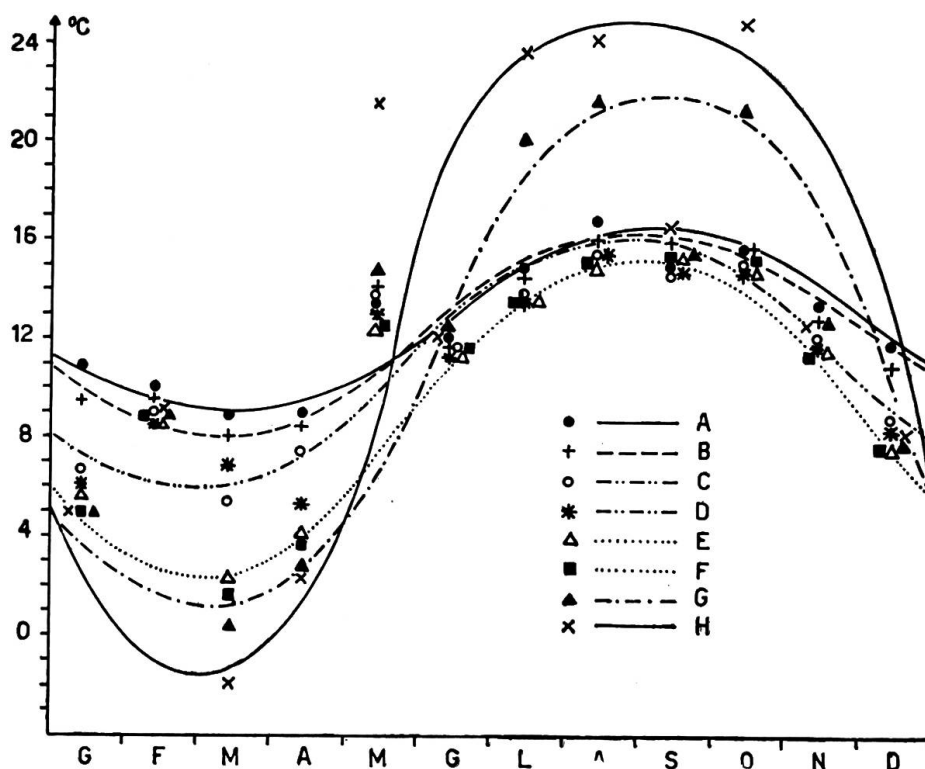
## 6. LA GROTTA DELLA RATATEGNA A TREMONA

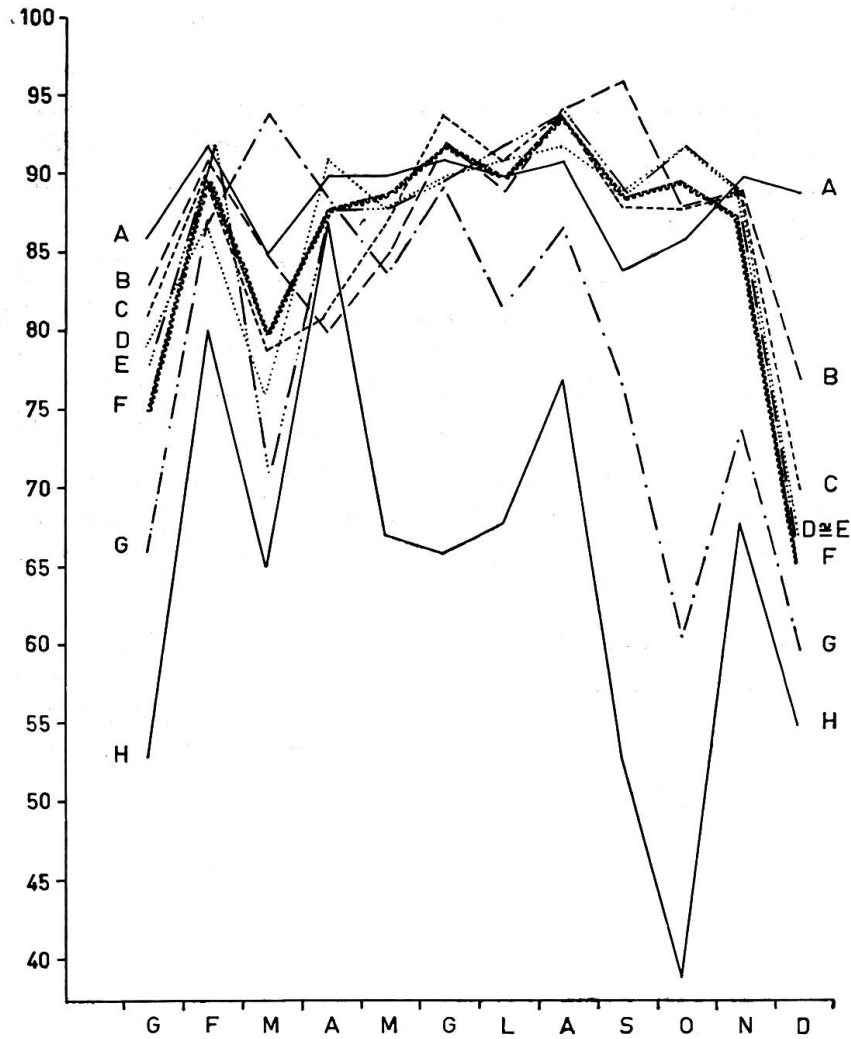
Questa modesta cavità orizzontale ed asciutta fu scelta, per ragioni di accessibilità e morfologia, per uno studio particolarmente dettagliato della distribuzione delle temperature e delle umidità all'interno di una grotta di questo tipo.

Furono stabiliti entro la caverna 7 punti (A, B, C, D, E, F, G) a distanza di 4 m l'uno dall'altro e disposti in modo da coprire tutta la grotta. Il punto G si trova sull'imbocco, mentre H è un punto di confronto fuori della cavità. In ogni punto furono rilevate mensilmente la temperatura e l'UR : inoltre in B si misurarono le temperature massime e minime.

I risultati sono riassunti in 2 gruppi di diagrammi. L'uno dà le variazioni della temperatura e dell'UR durante l'anno in ogni singolo punto, mentre l'altro dà la distribuzione delle stesse variabili lungo la grotta nei diversi mesi.

Il diagramma annuo della temperatura mostra anzitutto la regolare diminuzione dell'escursione annua da H a A. Si rileva che nel periodo maggio-gennaio le temperature sono sensibilmente coincidenti da A a F, cioè per tutta la grotta esclusi i primi 2-3 m. Presso l'imbocco si stabilisce invece un forte gradiente dell'ordine di  $1-2^{\circ}\text{C}/\text{m}$ .



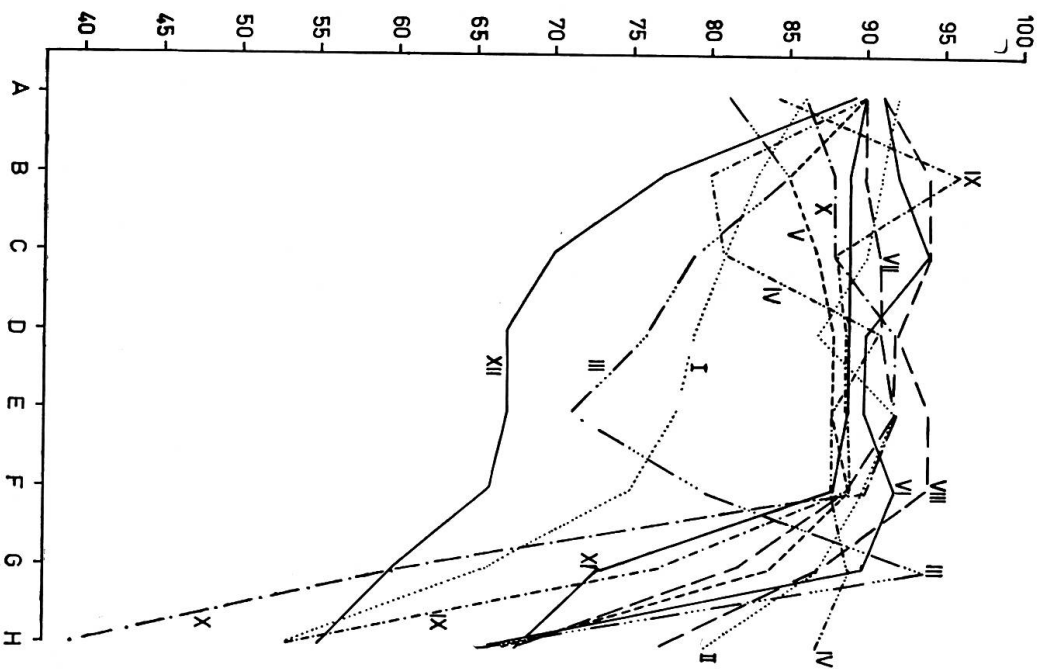
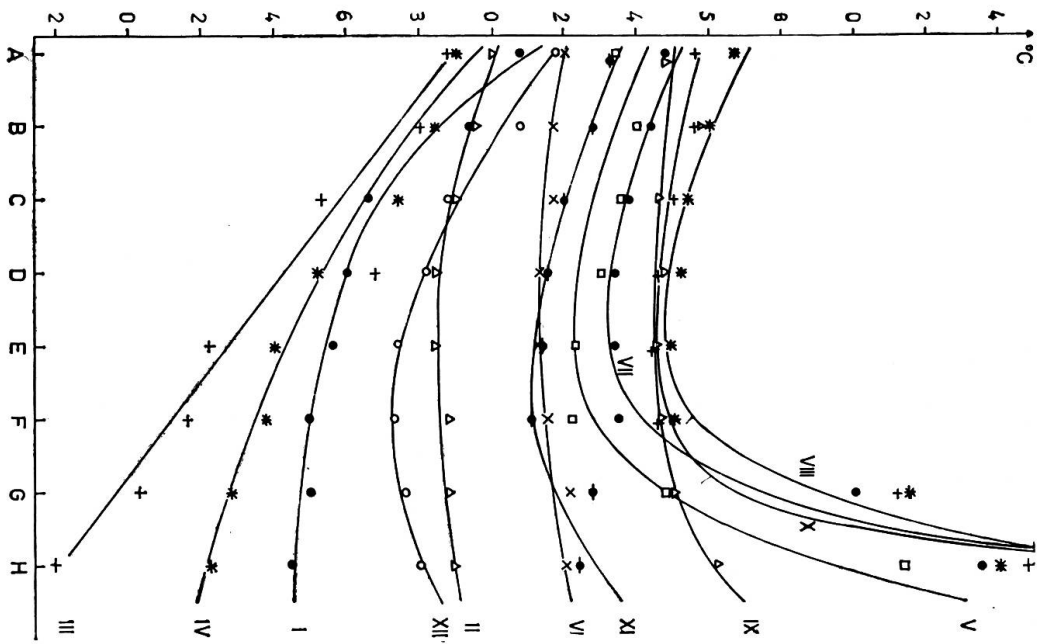


Temperature ed umidità al « Böcc da la Ratategna »

<i>Data</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>H</i>	
12. 1.58	10,8	9,4	6,6	6	5,6	5	5	4,5	t
M 9,5	86	83	81	79	78	75	66	53	UR
m 9	8,4	7,5	6,1	5,8	5,5	5,1	5,5	3,5	UA
	8,2	6,4	3,2	2,4	1,6	0,6	-1,2	-4,6	tr
12. 2.58	10	9,5	9	8,4	8,4	8,8	8,8	8,9	t
M —	92	91	90	87	92	90	87	80	UR
m —	8,7	8,3	7,9	7,4	7,7	7,8	7,6	7	UA
	8,8	8	7,4	6,2	6,8	7	6,6	5,4	tr
9. 3.58	8,8	8	5,3	6,8	2,2	1,6	0,3	-2	t
M 7	85	85	79	76	71	80	94	65	UR
m 7	6,5	7,1	5,5	3,8	4,1	4,4	4,7	2,7	UA
	7,5	5,6	1,3	-3,4	-2,4	-1,6	-0,4	-8	tr

<i>Data</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>H</i>	
12. 4.58	9	8,4	7,4	5,2	4	3,8	2,8	2,2	t
M 8,3	90	80	81	91	88	88	89	87	UR
m 6,6	7,9	6,7	6	4,7	5,6	5,5	5,3	5	UA
	<b>7,4</b>	4,6	3	-0,6	1,8	1,6	1,2	0,3	tr
10. 5.58	13,4	14	13,6	13	12,3	12,2	14,8	21,4	t
M 11	90	85	87	88	88	89	84	67	UR
m 8	10,3	10,2	10,2	10	9,5	9,5	10,6	12,4	UA
	<b>11,6</b>	<b>11,3</b>	<b>11,3</b>	<b>11</b>	<b>10,2</b>	<b>10,2</b>	<b>12</b>	<b>14,6</b>	tr
11. 6.58	12	11,7	11,7	11,3	11,3	11,5	12,1	12	t
M 11,5	91	92	94	90	90	92	90	66	UR
m 10	9,6	9,6	9,8	9,2	9,2	9,5	9,6	7,5	UA
	<b>10,4</b>	<b>10,4</b>	<b>10,8</b>	9,8	9,8	10,2	10,4	6,4	tr
14. 7.58	14,8	14,4	13,8	13,4	13,4	13,5	20	23,5	t
M 15	90	90	91	91	92	89	82	68	UR
m 13	11,4	11,2	10,7	10,4	10,6	10,3	14,1	14,2	UA
	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>14,4</b>	<b>13,6</b>	<b>13,8</b>	<b>14</b>	<b>19,2</b>	<b>19,4</b>	tr
18. 8.58	16,7	16	15,4	15,2	14,9	15	21,5	24	t
M 15	91	94	94	92	94	94	87	77	UR
m 13	12,8	12,7	12,2	11,7	11,8	12	16,2	16,5	UA
	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>14,4</b>	<b>13,6</b>	<b>13,8</b>	<b>14</b>	<b>19,2</b>	<b>19,4</b>	tr
12. 9.58	14,8	15,9	14,6	14,7	14,5	14,6	15	16,2	t
M 13,3	84	96	88	89	89	89	77	53	UR
m 13	10,6	12,8	10,9	11,1	11	11,1	9,8	7,3	UA
	12	<b>15,2</b>	12,4	12,8	12,6	12,8	10,8	6	tr
15.10.58	15,6	15,6	15	14,6	14,4	14,6	21,2	24,8	t
M 15	86	88	88	92	92	90	61	39	UR
m 13	11,3	11,6	11,4	11,4	11,1	11,2	11,2	8,8	UA
	13	13,4	13,2	13,2	12,8	12,8	12,8	9	tr
14.11.58	13,3	12,8	12	11,6	11,4	11,2	12,8	12,4	t
M 13,5	90	89	89	89	89	88	74	68	UR
m 12	10,4	10	9,4	9,3	9,1	9	8,3	7,4	UA
	11,8	11	10	10	9,8	9,4	8	6,2	tr
12.12.58	11,8	10,8	8,8	8,2	7,4	7,3	7,6	8	t
M 11,5	89	77	70	67	67	66	60	55	UR
m 9	9,3	7,5	6,1	5,6	5,3	5,3	5,9	4,6	UA
	<b>10</b>	6,4	3,2	2	1,2	1,2	0	-1	tr

M, m sono le massime e minime in B. Le temperature sottolineate sono quelle superiori alla minima del periodo immediatamente precedente, e danno indicazioni sul fenomeno di condensazione.



Analoga, ma meno perspicua, la situazione per quanto concerne la UR. Le forti e irregolari variazioni esterne si ripercuotono assai smorzate all'imbocco, mentre all'interno l'UR permane elevata, sia pure oscillando entro limiti abbastanza larghi ed in modo complesso. Da questo diagramma come dal corrispondente che reca l'andamento dell'UR lungo la grotta si può concludere che alla Ratategna l'UR è fortemente influenzata da fattori estremamente localizzati, in particolar modo da stillicidi. Il contrasto tra l'andamento assolutamente regolare delle temperature e quello complesso dell'UR ci ha indotto ad annettere alle tabelle dei dati i corrispondenti valori della umidità assoluta (in grammi d'acqua per m<sup>3</sup> d'aria) e i relativi valori del punto di rugiada. Si nota allora che nei mesi estivi le minime cadono sotto questi punti di rugiada per i punti A-E, ed eccezionalmente anche per gli altri.

L'ultimo diagramma dà la distribuzione delle temperature lungo la grotta nei singoli mesi. Le curve sono molto regolari, e nettamente divise in due gruppi separati dalla linea corrispondente ai 10°. Sotto stanno le curve relative al periodo dicembre-aprile, al disopra le altre. Il fascio di curve tende a riunirsi verso l'interno in corrispondenza ad una temperatura piuttosto elevata : ciò è dovuto all'andamento ascendente della porzione terminale della grotta.

## 7. CONSIDERAZIONI GENERALI

Da quanto precede è possibile trarre alcune considerazioni di carattere generale. Notiamo anzitutto la coincidenza dei singoli diagrammi termici. Il grafico-tipo della temperatura appare di tipo sinusoidale, con punti di flesso intorno a giugno e novembre. La forma è la stessa sia per l'esterno che per l'interno, ma tende ovviamente ad appiattirsi man mano che ci si inoltra verso l'interno : questo appiattimento procede molto regolarmente verso un limite costituito dal diagramma della temperatura costante delle parti sufficientemente profonde (ca. 40-50 m dall'imbocco). Nelle grotte di dimensioni piccole e medie (meno di 100 m) tale limite coincide con la media generale esterna, mentre in quelle di dimensioni rilevanti (oltre 100 m) se ne discosta, rimanendo di qualche grado inferiore.

Gli elementi morfologici che influenzano in maniera facilmente rilevabile l'andamento termico sono come prevedibile le caratteristiche dell'imbocco e le possibilità di circolazione dell'aria, mentre invece la lunghezza ha influenza molto minore e soprattutto molto regolare. Gli imbocchi delle grotte studiate, generalmente piccoli e quasi sempre situati sopra il livello medio della cavità, hanno una notevole azione stabilizzatrice sul microclima, come appare chiaro dall'esame di molti dei grafici. In genere, pochi metri di cavità bastano per ridurre l'escursione annua a metà di quella esterna ed anche meno. Il fatto, di notevolissima importanza biologica, si accorda con le osservazioni sulla popolazione animale e vege-

tale delle nostre grotte, e giustifica lo studio di cavità di dimensioni spesso assai ridotte. L'andamento ascendente o discendente, determinato dalla situazione relativa dell'imbocco, può condurre a stratificazioni termiche dell'aria, ma solo nel caso non molto frequente in cui le correnti d'aria siano praticamente nulle, così da ridurre al minimo gli scambi termici per convezione con l'esterno. L'influenza notevole che questi scambi possono esercitare sulle immediate vicinanze dell'imbocco è particolarmente evidente durante l'inverno, quando la neve fonde all'intorno (talora per molti metri di raggio) e la vegetazione modifica il proprio ciclo vegetativo (fioriture precoci, riduzione o scomparsa della quiescenza invernale). Se il sistema presenta più imbocchi, si stabiliscono correnti spesso violente, ed il microclima delle diverse parti si differenzia allora in base alla loro posizione rispetto alle principali direttrici di queste. Nei casi più semplici, le parti inferiori sono le più fredde.

Maggiori difficoltà presenta una illustrazione complessiva dello stato igrometrico. Il valore dell'UR è infatti fortemente e rapidamente influenzato da due fattori (variazioni di temperatura e disponibilità di acqua) il secondo dei quali è difficilmente valutabile con precisione. Nella parte interna della maggior parte delle grotte considerate, la disponibilità d'acqua è tuttavia sufficiente a mantenere durante tutto l'anno una UR intorno all'85-90 %. In alcuni casi la presenza di bacini, unita alla temperatura costante ed alla piccola cubatura d'aria permette il raggiungimento e la conservazione della saturazione. L'azione regolatrice dei cambiamenti di stato può essere molto localizzata, e condurre ad irregolarità nell'andamento dell'UR lungo la cavità, in relazione con infiltrazioni d'acqua o con correnti d'aria. Un abbassamento dell'UR si rileva quando la scarsità di precipitazioni e più ancora una grande rapidità di smaltimento delle stesse attraverso una intensa fratturazione profonda coincidono con l'elevazione di temperatura : è questo segnatamente il caso delle piccole cavità tettoniche delle dolomie.

Le caratteristiche fondamentali delle correnti d'aria, alla cui influenza già abbiamo accennato, e che rivestono spesso notevole importanza biologica, sono facilmente deducibili dai dati termici e morfologici. Tali deduzioni concordano, secondo la nostra esperienza, in modo perfettamente soddisfacente con i fatti osservati.

Si conclude dunque, per quanto concerne il microclima nel suo insieme, che, entro i limiti geografici del nostro lavoro, esso è prevedibile entro limiti molto stretti in base al clima esterno ed alle caratteristiche morfologiche della grotta e delle immediate vicinanze. In particolare, entrano in considerazione per tali previsioni :

- a) numero, dimensioni e posizione degli imbocchi;
- b) andamento e dimensioni della cavità;
- c) distribuzione spaziale e cronologica dell'acqua.

Altitudine, esposizione e natura della roccia non sembrano invece avere valore decisivo se non attraverso le loro relazioni con la media esterna.

Ci sembra infine opportuno aggiungere qualche considerazione intorno ad un importante problema che verrà poi ripreso nel capitolo dedicato al carsismo, e più precisamente alle sorgenti carsiche. E' tuttora oggetto di discussione se la condensazione del vapor acqueo all'interno dei sistemi di fessure porti un contributo decisivo all'alimentazione di dette sorgenti e dei sistemi idrografici ipogei. Ci sembra che i dati esposti nelle pagine che precedono possano portare qualche contributo alla soluzione del problema. E' indubbio che certe grotte (e con esse anche le minori cavità che presentino analoghe caratteristiche) funzionano come trappole per l'acqua. Esse assorbono infatti nel periodo estivo aria che, pur avendo una UR relativamente bassa, ha però un'umidità assoluta UA piuttosto alta, cui corrisponde un punto di rugiada normalmente superiore alla temperatura interna della grotta. Inoltre, quest'aria viene restituita durante il periodo invernale, generalmente come aria satura o soprassatura (con ulteriore condensazione presso l'imbocco).



