
ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI

RENDICONTI

SERGIO OLIVERO

Primi dati sulle temperature del sottosuolo nel Traforo del Monte Bianco

*Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche,
Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 32 (1962), n.2, p.
192–203.*

Accademia Nazionale dei Lincei

http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1962_8_32_2_192_0

L'utilizzo e la stampa di questo documento digitale è consentito liberamente per motivi di ricerca e studio. Non è consentito l'utilizzo dello stesso per motivi commerciali. Tutte le copie di questo documento devono riportare questo avvertimento.

*Articolo digitalizzato nel quadro del programma
bdim (Biblioteca Digitale Italiana di Matematica)
SIMAI & UMI*

<http://www.bdim.eu/>

Geologia. — *Primi dati sulle temperature del sottosuolo nel Traforo del Monte Bianco.* Nota di SERGIO OLIVERO, presentata (*) dal Corrisp. F. PENTA.

PREMESSE. — Nell'ambito del Consiglio Nazionale delle Ricerche e sotto gli auspici dell'Accademia dei Lincei, è stato costituito un comitato di studio per la programmazione e la realizzazione di un complesso di indagini scientifiche in occasione del Traforo del Monte Bianco. Fra gli altri studi, ci si propose anche di raccogliere dati sulla temperatura del sottosuolo lungo il tracciato della galleria e tale compito fu assunto, sotto la direzione del prof. Penta, dal Centro di Studi di Geologia Tecnica del CNR, del quale lo scrivente è collaboratore.

Nel giugno 1959, in una Nota presentata a questa Accademia (1), fu brevemente esposto un programma di lavoro e furono esaminati sommariamente i criteri generali che avevano ispirato tale programma, al fine di realizzare la più corretta possibile interpretazione delle misure effettuate e la determinazione della temperatura quanto più prossima possibile a quella realmente esistente nella montagna prima dello scavo.

Per sommi capi, il programma allora stilato prevedeva che fossero eseguite (compatibilmente con le situazioni geologiche ed idrogeologiche e con le esigenze del cantiere) misure della temperatura nella roccia, sia in fori da sonda profondi 20-40 m, sia in fori da mina di profondità assai minore (3-6 m), gli uni e gli altri perforati a partire dalle pareti della galleria, a diverse progressive.

Solo le stazioni di misura con termometri in fori profondi erano previste a carattere « permanente » (2); le stazioni in fori di piccola profondità sarebbero state invece abbandonate mano a mano che le esigenze del cantiere lo avessero richiesto.

Difficoltà, di diverso genere (3), insorte in seguito, hanno consentito di realizzare finora il programma di lavoro prefissato solo limitatamente alla parte riguardante le misure in fori da mina di piccola profondità.

(*) Nella seduta del 9 dicembre 1961.

(1) S. OLIVERO e F. PENTA, *Sulle misure di temperatura nel Traforo del Monte Bianco*, « Rend. Acc. Naz. Linc. » (Cl. Sc. fis., mat. e nat.), ser. VIII, vol. XXVI, fasc. 6 (1959).

(2) Nel senso indicato nella Nota precedentemente citata.

(3) Per le misure in fori profondi, che comportano una spesa rilevante, in un primo tempo sono mancati gli sperati aiuti concreti da parte degli Enti direttamente interessati al Traforo. In un secondo tempo, ottenuti dal C.N.R. i fondi necessari, la fornitura degli strumenti di misura ha subito un imprevedibile, notevole ritardo.

Nel frattempo, una volta sormontata questa difficoltà, col procedere dello scavo, nella roccia si sono incontrate, in rilevante quantità e sotto elevati battenti, acque circolanti per

Nei prossimi giorni, comunque, una stazione di misura in fori profondi sarà messa in funzione in corrispondenza della progressiva m 2630 circa dall'imbocco italiano, ove le condizioni idrogeologiche sembrano meno sfavorevoli.

Ciò premesso, con la presente Nota si comunicano ⁽⁴⁾, con carattere affatto preliminare, i dati delle misure effettuate con termometri collocati in fori da mina di modeste profondità.

All'elaborazione dei numerosi dati geotermici finora raccolti (e qui in gran parte riportati) ed alla interpretazione corretta dei dati stessi, per un loro inserimento nel quadro geologico ed idrogeologico generale del Monet Bianco, si sta tuttora lavorando, in stretto contatto con gli studiosi che seguono altri settori di indagine.

Nella presente Nota, quindi, volutamente non si riporterà alcun tentativo, se non generico, di interpretazione dei dati, rimandando questo compito alla prevista relazione generale, conclusiva di tutto il complesso di studi sviluppati nei vari campi.

UBICAZIONE E CARATTERISTICHE DELLE STAZIONI DI MISURA REALIZZATE. — Ciascuna stazione di misura, cui si riferiscono i dati forniti più oltre, è costituita di regola da quattro termometri elettrici a resistenza in platino (chiusi in guaine metalliche stagne) collocati al fondo di quattro fori da mina (\emptyset 32 mm) orizzontali, perforati più o meno perpendicolarmente alle pareti della galleria: uno profondo m 3 ed uno profondo m 6 per ciascun lato della galleria stessa.

Ogni termometro, una volta installato, è rimasto nella sua sede per tutto il tempo di funzionamento della stazione; l'orifizio del foro è stato suggellato.

Le misure sono state effettuate, ad intervalli di tempo per lo più compresi fra 1 e 10 giorni, mediante un galvanometro indicatore portatile.

Compatibilmente con le esigenze del cantiere e con le condizioni geologiche ed idrogeologiche locali, le stazioni sono state ubicate, a partire dalla progressiva 980 m, all'incirca ogni 200–250 m. Solo nel tronco oltre la progressiva 3000 m circa, l'intervallo fra le stazioni è stato ridotto per seguire con maggiore approssimazione l'andamento della temperatura che qui si è rivelata decrescente con le progressive dello scavo.

fratture. In tali condizioni vi era il rischio che i fori da sonda profondi, destinati alla installazione delle stazioni « permanenti », incontrassero acque in pressione e risultassero perciò in definitiva inutilizzabili per l'indagine.

D'altro lato, in presenza di acque circolanti nella roccia e verosimilmente non in equilibrio termico con essa (situazione già contemplata in linea generale nella Nota già citata), le misure effettuabili, tenendo conto dello scopo dell'indagine, avrebbero avuto ben scarso interesse. Si è ritenuto pertanto non conveniente affrontare la considerevole spesa che l'installazione delle stazioni « permanenti » avrebbe comportato.

(4) Alcune notizie sono state già anticipate in F. PENTA, *Relazione sull'attività del Centro di Studi di Geologia tecnica del C.N.R., dal 1° novembre 1959 al 31 ottobre 1960*, « La Ric. Sc. », dicembre 1960.

In corrispondenza di ciascuna stazione, le misure non si sono potute iniziare a distanze di tempo uguali dal momento in cui lo scavo aveva raggiunto la corrispondente progressiva; l'intervallo è risultato, però, per lo più compreso tra 8 e 15 giorni.

Situazioni particolari a questo riguardo si sono verificate per alcune stazioni. Nel tronco di galleria in cui ricadono le stazioni alle progressive 980 m e 1200 m, lo scavo della galleria è stato eseguito in due fasi, prima la parte superiore, poi l'inferiore. Le stazioni, messe in atto a scavo ultimato, hanno quindi cominciato a funzionare a pochi giorni dallo scavo della parte inferiore della galleria, ma già dopo trascorso qualche mese dallo scavo della parte superiore. Per tale situazione anormale (e data la presenza di sensibile quantità di acqua scorrente sul fondo della galleria già nella prima fase dello scavo) i risultati delle misure nelle due suddette stazioni (e in minor misura anche i dati della successiva, ubicata a m 1420) non sono quindi direttamente confrontabili con i valori delle altre stazioni.

Le stazioni alle progressive m 3282, m 3296 e m 3303 furono invece eseguite nel cunicolo scavato in calotta in questo tratto della galleria, dove le precarie condizioni di stabilità della roccia non hanno consentito l'avanzamento a piena sezione.

Nell'ubicare le stazioni di misura, si è sempre cercato di scegliere zone nelle quali la roccia fosse relativamente integra e lontana da evidenti vie di circolazione di acque. Nel tronco oltre la progressiva 3000 m circa, però, data la frequenza di fratture con sbocchi d'acqua, tale condizione si è potuta verificare assai di rado.

La misura della temperatura delle acque, che a diverse progressive scaturiscono in galleria, è stata effettuata con normali termometri a mercurio.

ESAME SOMMARIO DEI DATI RILEVATI. - I «nudi» dati di misura della temperatura nei fori da mina sono riportati in funzione del tempo, stazione per stazione, nei grafici delle figure da 3 a 15 in appendice, assieme ai valori della temperatura atmosferica in prossimità della stazione al momento della misura della temperatura nella roccia.

Riguardo a tali grafici occorre avvertire quanto segue. Il grafico della temperatura dell'atmosfera non fornisce una rappresentazione, neppure grossolanamente approssimata, della variazione nel tempo della temperatura ambiente. Le oscillazioni, anche in uno stesso giorno, di questa temperatura sono state di regola molto rilevanti e rapide a causa delle diverse ricorrenti attività del cantiere ⁽⁵⁾.

L'approssimazione effettiva delle misure nei fori da mina, tenuto conto delle caratteristiche dello strumento adoperato e delle spesso difficili condizioni di esecuzione delle misure stesse, in base ai comuni controlli può ritenersi compresa fra 0,2 e 0,5° C.

(5) Questo, tra l'altro, è equipaggiato, per lo sgombero del materiale abbattuto, con mezzi azionati da motori a combustione e richiede pertanto un notevolissimo ricambio d'aria.

Alcuni valori nettamente discosti dall'andamento medio generale, vanno attribuiti, con ogni verosimiglianza, ad inconvenienti incorsi all'atto della misura; inconvenienti per lo più rappresentati da imperfezioni nei contatti tra i cavi facenti capo ai termometri ed i morsetti dell'apparecchio di misura.

Dai grafici può rilevarsi che il tempo necessario perché termometro e ambiente del foro da mina si mettessero « praticamente » in equilibrio termico con la roccia circostante è risultato quasi sempre molto breve; ciò è testimoniato dall'assenza o ristrettezza di anomalie particolari nel primo periodo di funzionamento delle stazioni.

La temperatura in fondo ai fori tende quasi dovunque a diminuire con il tempo; il decremento è stato di regola assai lento: dell'ordine di 1 grado dopo 2-3 mesi, anche là dove la temperatura nella roccia ha raggiunto i valori massimi e più forte era in media lo scarto con la temperatura dell'atmosfera in galleria. Ciò è dovuto in gran parte al valore in media molto modesto di questo scarto a tutte le progressive.

Nella figura 1 è stato riportato, a titolo indicativo, l'andamento delle temperature iniziali misurate nelle varie stazioni, in corrispondenza delle diverse progressive. Vista la forma decisamente pronunciata del diagramma, l'andamento dovrebbe essere assunto come significativo nonostante le inevitabili discrepanze tra le temperature misurate e quelle effettive, originarie della roccia.

Dalla figura può rilevarsi che, procedendo verso l'interno della montagna, la temperatura sale da 16-17°C fino a raggiungere un massimo dell'ordine di 21-22°C tra le progressive 2300 m e 2500 m circa. Essa poi discende gradualmente e raggiunge, alla progressiva 3350 m circa, valori compresi tra 13 e 14°C (6).

Allo stato appare del tutto verosimile che l'abbassamento, nei suoi dettagli certamente imprevisto, sia da collegare con la constatata presenza di acque fredde, probabilmente di origine glaciale (7), e quasi certamente circolanti entro le fratture prevalentemente sub-verticali della roccia. Del resto, nel tronco cui corrisponde il ramo discendente del diagramma, acque fredde affluiscono nello scavo in quantità rilevante (attualmente, nel complesso, dell'ordine di oltre 300 l/sec).

Il grafico della figura 2 fornisce un'illustrazione schematica delle relazioni tra le temperature misurate nella roccia e le temperature (riassunte cronologicamente nella Tabella I allegata) delle diverse scaturigini entro la galleria.

Dalla figura può vedersi che l'andamento medio delle temperature delle acque, in funzione della progressiva, è approssimativamente parallelo all'ana-

(6) Risulterebbe che nel tronco scavato a partire dall'imbocco francese la temperatura è progressivamente salita, verso l'interno della montagna, da 12-13°C a circa 31°C alla progressiva 3500 m circa.

(7) Sarà pertanto molto utile conoscere l'andamento del fondo dei ghiacciai ed in rapporto, s'intende, alle linee di « tettonizzazione » della zona tutta.

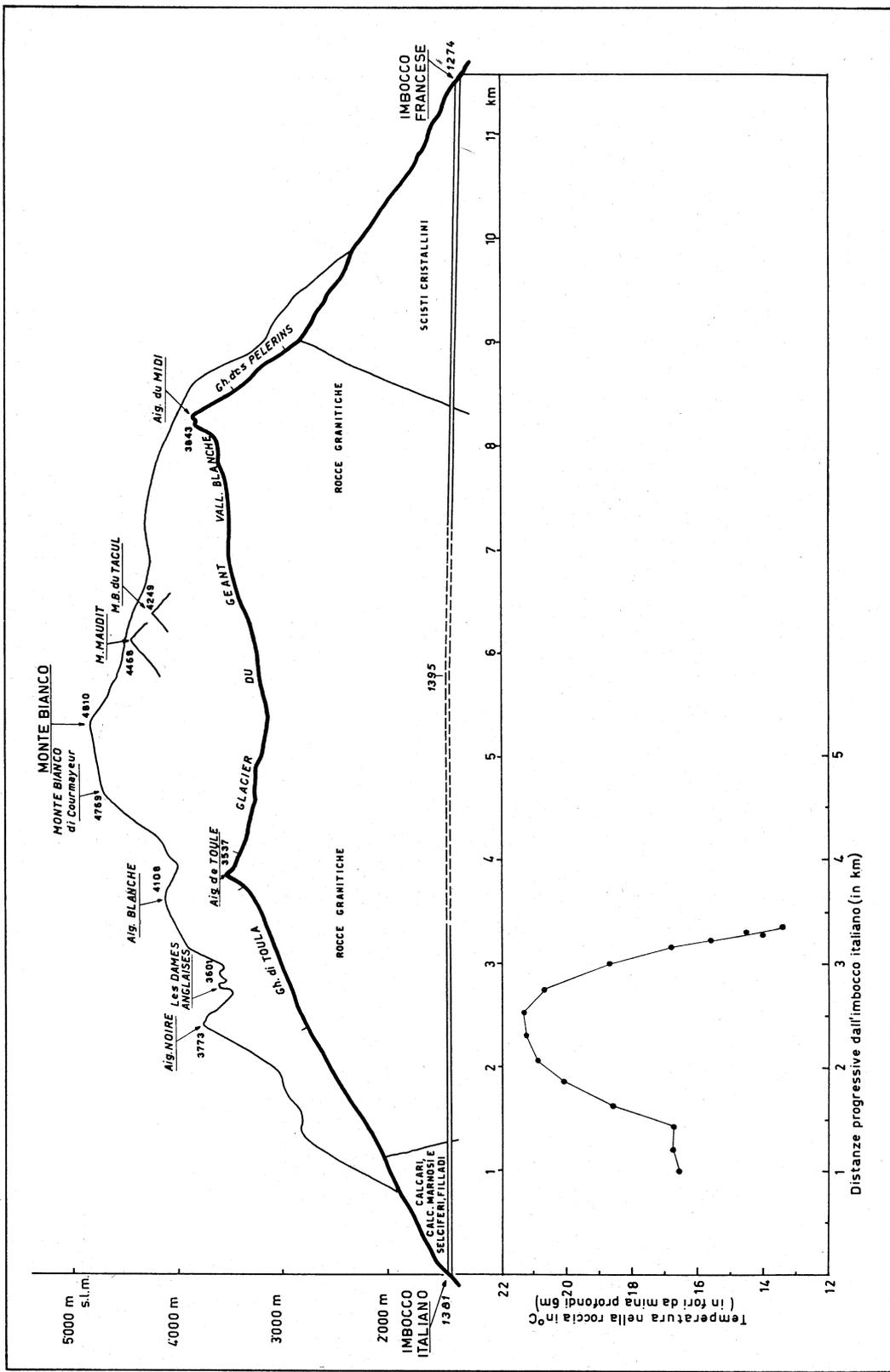


Fig. 1. - Sezione schematica del gruppo del M. Bianco lungo il Traforo in corso di scavo con prospetto delle cime situate ad ovest della sezione (da « *Traforo del Monte Bianco* », 15 settembre 1961) ed andamento delle temperature del sottosuolo misurate in fori da mina perforati dalle pareti della galleria.

logo andamento della temperatura misurata nella roccia; la temperatura delle acque è, però, quasi dovunque, superiore a quella misurata nella roccia ⁽⁸⁾. Di questa constatazione al presente sarebbe prematuro un tentativo di spiegazione univoca e soddisfacente.

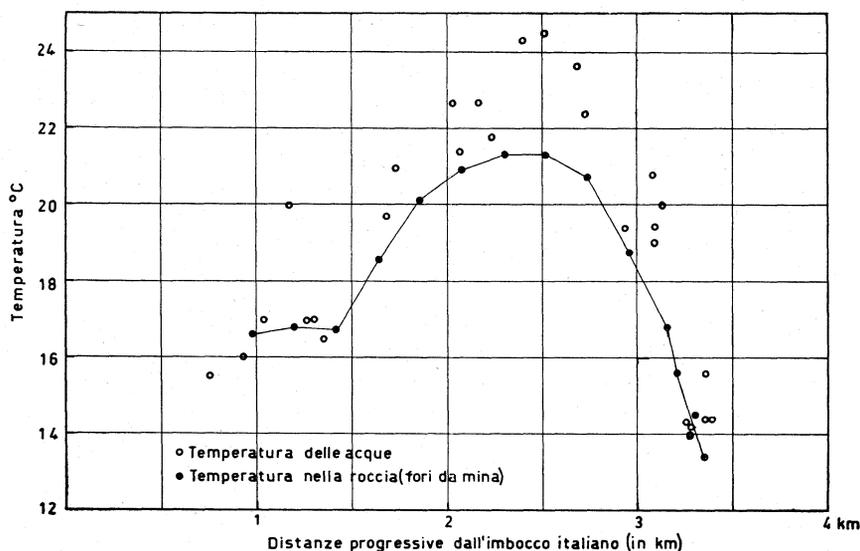


Fig. 2. - Temperature della roccia misurate nei fori da mina e temperature delle acque incontrate alle diverse progressive.

Nel chiudere la presente Nota, rivolgo un vivo ringraziamento al perito minerario Giuseppe Mezzacasa e al geometra Giorgio Gioria, entrambi del CNEN, che hanno curato con scrupolo e dedizione l'esecuzione delle misure in galleria, ai dirigenti della Sezione Geomineraria del CNEN per la cordiale, generosa collaborazione allo svolgimento delle indagini, ai Dirigenti e Tecnici della Società Italiana per il Traforo del Monte Bianco e della Società Italiana per Condotte d'Acqua, che hanno consentito e facilitato la realizzazione delle indagini stesse.

(8) Dalle ultime misure effettuate, di cui in questa Nota non si dà ancora conto, sembra però che, quando la misura della temperatura delle acque è eseguita subito dopo lo scavo alla corrispondente progressiva, tale temperatura è inferiore a quella della roccia.

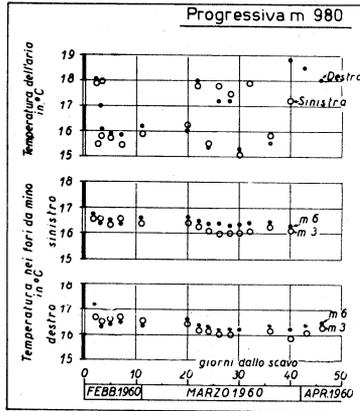


Fig. 3.

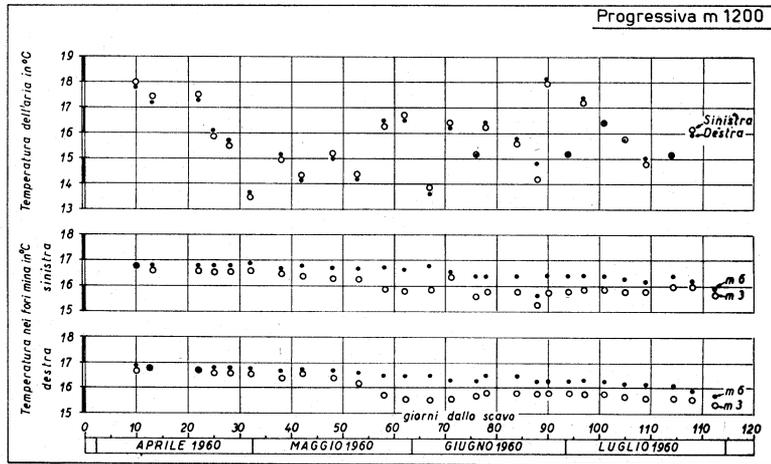


Fig. 4.

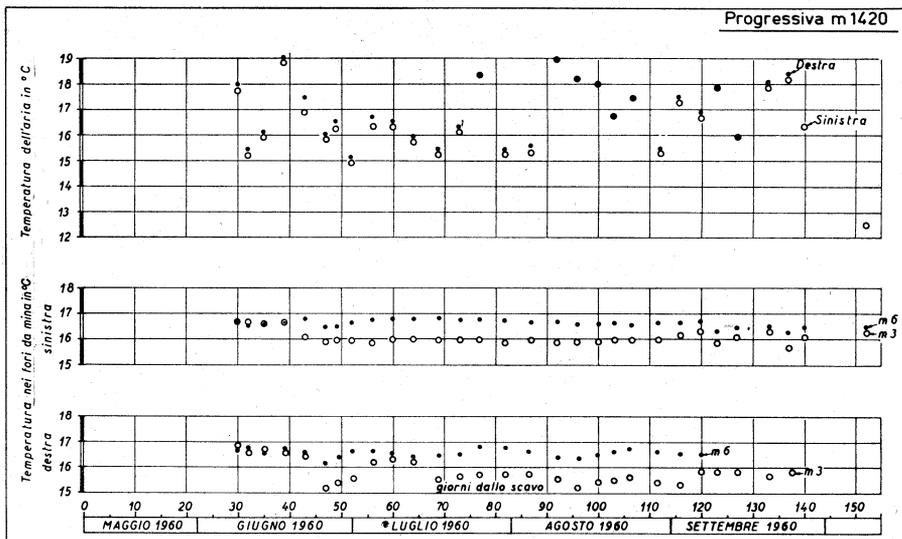


Fig. 5.

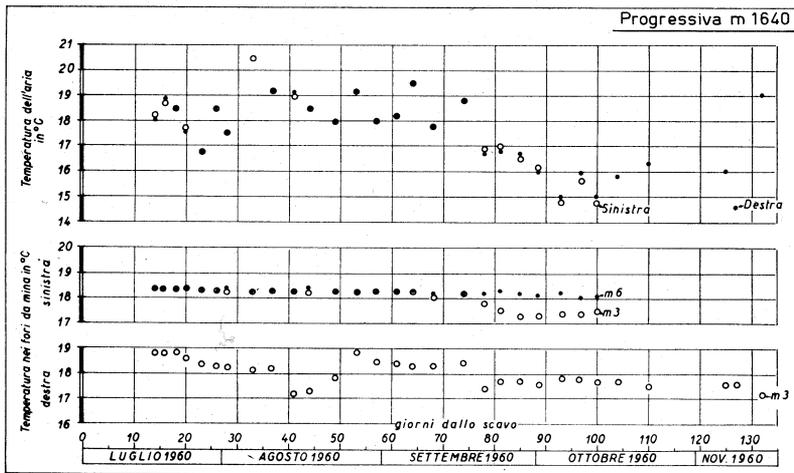


Fig. 6.

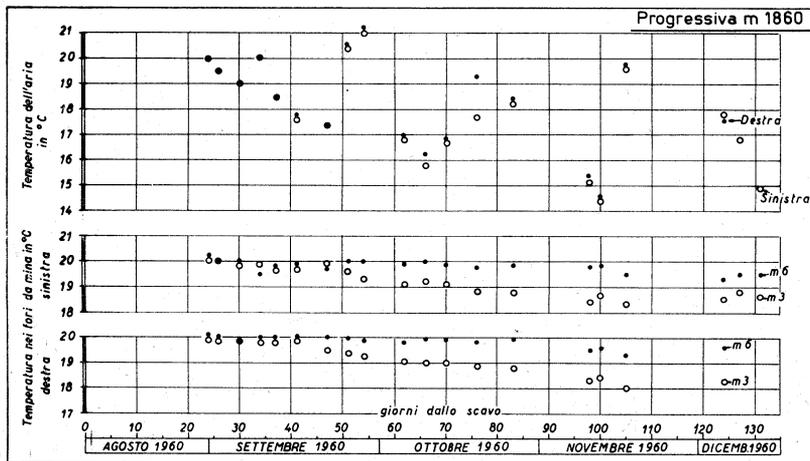


Fig. 7.

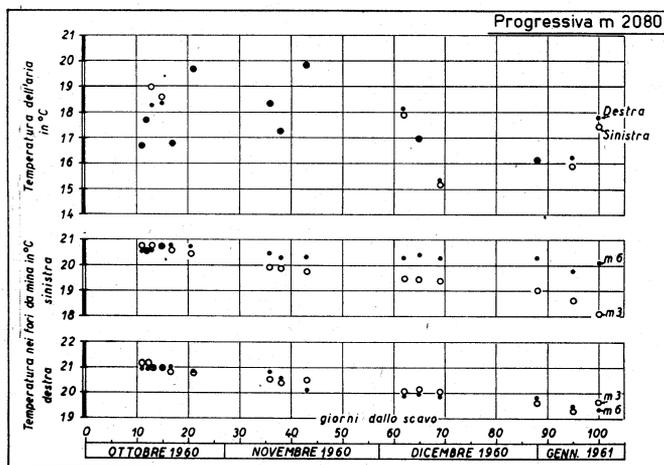


Fig. 8.

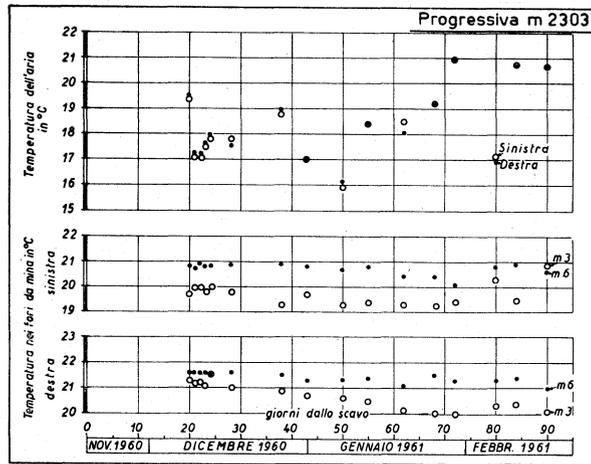


Fig. 9.

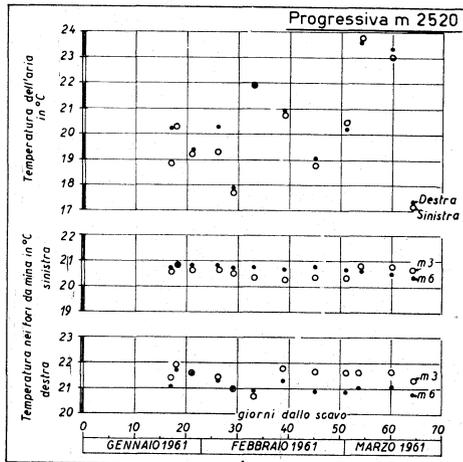


Fig. 10.

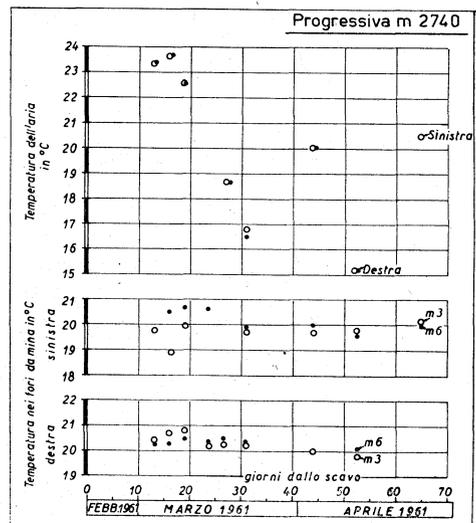


Fig. 11.

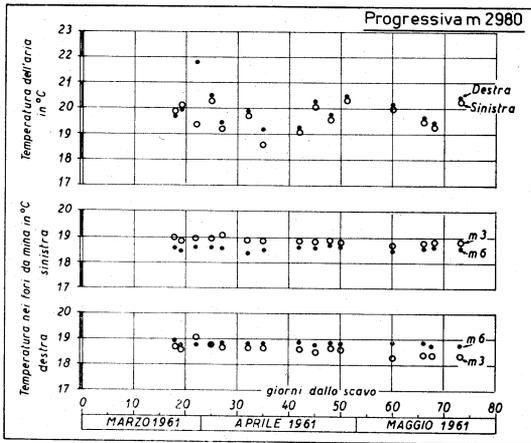


Fig. 12.

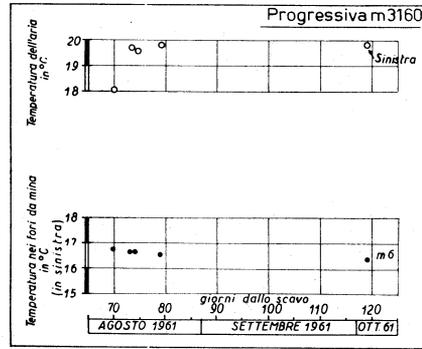


Fig. 13.

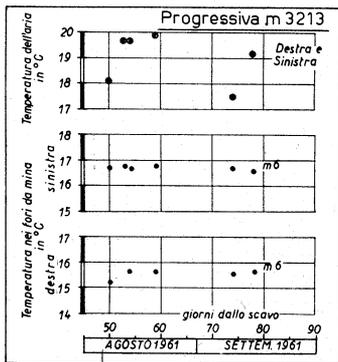


Fig. 14.

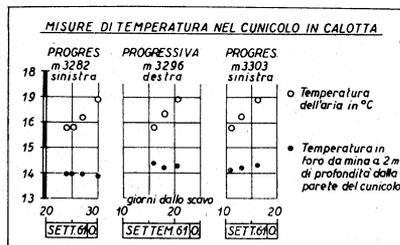


Fig. 15.

TABELLA I. - *Temperatura delle*

Data della misura Progressiva	16.12.59	28.12.59	3.1.60	13.1.60	31.1.60	15.5.60	25.5.60	5.6.60	30.6.60
375 d (*)	—	—	—	—	—	—	11,9	11,9	11,8
389 s	—	—	—	—	—	—	—	—	—
390 d	12,5	12,5	12,0	12,5	12,0	—	—	—	—
392 s	—	—	—	—	—	—	—	—	—
405 s	—	—	—	—	—	—	—	—	—
405 d	—	—	—	—	—	—	—	—	—
435 d	—	—	—	—	—	—	—	—	—
438 .	—	—	—	—	—	—	—	—	—
440 s	—	—	—	—	—	—	—	—	—
444 d	—	—	—	—	—	13,6	13,5	13,5	13,4
445 s	—	—	—	—	—	14,3	14,2	14,4	14,5
508 s	—	—	—	—	—	—	—	—	—
569 .	—	—	—	—	—	14,1	14,1	14,1	14,1
755 s	—	—	—	—	—	—	15,3	15,3	15,4
756 .	15,5	15,5	15,0	16,0	16,0	—	—	—	—
930 .	16,0	16,0	16,0	16,5	16,5	—	—	—	—
1040 s	—	—	—	—	—	17,0	17,0	17,0	17,0
1042 .	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	—	—	—	—
1112 s	—	—	—	—	—	—	17,5	18,0	18,3
1169 s	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	19,4	19,3	—	19,8
1276 .	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	—	—	—	—
1304 .	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	—	—	—	—
1305 s	—	—	—	—	—	16,8	16,6	16,7	16,7
1347 s	—	—	—	—	—	16,5	16,4	16,4	16,4
1678 s	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1733 s	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1734 s	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1742 s	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1770 c	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2030 s	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2071 .	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2169 d	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2229 d	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2236 d	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2402 d	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2510 s	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2684 d	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2786 s	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2943 c	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3063 d	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3084 d	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3086 s	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3094 d	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3095 s	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3127 d	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3180 c	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3131 .	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3135 .	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3225 .	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3264 d	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3273 s	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3362 s	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3365 d	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3382 s	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(*) Le lettere d, s, o c, dopo il numero corrispondente alla progressiva in m dall'imbocco italiano, indicano che la scaturigine cui

acque che scaturiscono nel Traforo.

26.9.60	13.10.60	16.11.60	31.12.60	22.2.61	3.4.61	11.8.61	21.9.61	11.10.61	3.11.61	13.11.61	20.11.61
11,8	11,5	11,3	11,2	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	14,9	15,0	14,5	14,4	—	—
—	—	—	—	12,6	12,4	12,1	12,0	12,0	11,8	—	—
—	—	—	—	—	—	15,0	15,2	15,1	14,9	—	—
—	—	—	—	—	—	12,8	12,8	12,6	12,3	—	—
—	—	—	—	—	—	10,5	10,4	10,4	10,1	—	—
—	—	—	—	—	—	12,2	11,9	11,7	11,4	—	—
—	—	—	—	12,7	12,6	14,3	14,2	13,5	12,9	—	—
13,2	13,1	13,2	13,1	—	—	12,2	12,1	11,9	11,7	—	—
14,1	14,6	14,6	14,5	14,4	14,2	14,4	14,4	14,4	14,2	—	—
14,1	13,7	—	—	—	—	13,3	13,1	12,8	12,5	—	—
15,2	15,3	15,2	15,2	15,0	14,8	15,0	15,0	14,9	14,8	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16,9	17,0	17,0	17,0	16,9	16,7	16,7	16,8	16,7	16,6	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17,7	17,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20,6	20,7	19,6	19,4	19,7	—	19,8	19,6	18,9	18,5	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16,1	15,9	16,7	16,8	16,7	16,4	16,4	16,5	16,4	16,3	—	—
19,7	—	19,8	—	20,1	19,9	20,0	20,0	20,0	19,7	—	—
21,0	21,2	21,4	21,4	21,4	21,8	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	22,2	22,3	22,1	22,1	—	—
—	—	—	—	—	—	22,5	22,5	22,4	22,6	—	—
—	—	—	—	—	—	19,4	19,5	19,1	19,2	—	—
—	22,7	23,2	23,1	22,9	22,6	23,7	23,8	23,7	23,5	—	—
—	21,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	22,7	22,8	—	—	24,0	24,1	23,9	23,9	—	—
—	—	21,8	22,1	—	—	23,0	22,9	23,0	23,0	—	—
—	—	—	—	—	—	20,6	—	—	—	—	—
—	—	—	—	24,3	24,1	24,1	24,1	24,0	23,9	—	—
—	—	—	—	24,5	24,4	24,8	24,4	25,0	24,9	—	—
—	—	—	—	23,8	23,8	23,9	24,0	23,9	24,0	—	—
—	—	—	—	23,7	22,4	21,7	22,0	21,9	21,6	—	—
—	—	—	—	—	19,4	19,5	19,2	—	19,9	—	—
—	—	—	—	—	—	20,0	20,2	20,2	20,2	—	20,2
—	—	—	—	—	—	20,8	20,8	21,2	21,2	21,1	21,2
—	—	—	—	—	—	—	—	19,2	18,8	18,7	18,8
—	—	—	—	—	—	19,4	19,6	19,5	19,5	19,3	19,5
—	—	—	—	—	—	19,0	19,2	19,1	18,9	18,9	18,9
—	—	—	—	—	—	—	—	—	16,3	—	15,7
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16,1
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16,0
—	—	—	—	—	—	20,0	20,4	20,0	19,9	19,7	19,9
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	14,3	15,2	15,0	15,1
—	—	—	—	—	—	—	—	14,2	14,4	14,0	14,3
—	—	—	—	—	—	—	—	—	15,0	15,0	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	15,6	15,6	15,4
—	—	—	—	—	—	—	—	—	14,4	14,4	14,6
—	—	—	—	—	—	—	—	—	14,4	14,6	14,9

si riferiscono le misure è situata in destra, in sinistra o in calotta della galleria.