

76

CONTRIBUTI

DELL'OSSERVATORIO ASTRONOMICICO DI MILANO - MERATE

a cura del Direttore

Prof. FRANCESCO ZAGAR

NUOVA SERIE

N. 260

CARLO DE CONCINI - EDOARDO PROVERBIO

★

Studio e determinazione della rifrazione atmosferica
laterale e verticale in Opicina

Estratto dal « Bollettino di Geodesia e Scienze Affini »
Rivista dell' Istituto Geografico Militare
Anno XXV N. 4 - Ottobre - Novembre - Dicembre 1966

CONTRIBUTI
DELL'OSSERVATORIO ASTRONOMICO DI MILANO - MERATE
a cura del Direttore
Prof. FRANCESCO ZAGAR

NUOVA SERIE

N. 260

CARLO DE CONCINI - EDOARDO PROVERBIO

★

Studio e determinazione della rifrazione atmosferica
laterale e verticale in Opicina

Estratto dal « Bollettino di Geodesia e Scienze Affini »
Rivista dell'Istituto Geografico Militare
Anno XXV N. 4 - Ottobre - Novembre - Dicembre 1966

Studio e determinazione della rifrazione atmosferica laterale e verticale in Opicina

C. DE CONCINI - E. PROVERBIO

Istituto di Fisica Terrestre, Geodesia e Geografia Fisica, Padova
Osservatorio Astronomico di Brera, Milano

Riassunto. — Gli autori mettono in evidenza l'importanza che gli errori sistematici dovuti alla rifrazione (laterale e verticale), hanno nelle determinazioni astronomiche e geodetiche, in particolare nelle determinazioni di azimut e nella triangolazione del primo ordine.

Successivamente vengono presentati i risultati delle osservazioni sperimentali della rifrazione laterale e verticale ottenuti in Opicina seguendo il metodo di Kukkamäki, e cioè basando le riduzioni sulla determinazione del gradiente termico verticale della temperatura.

Le misure di temperatura a tre diverse altezze dal suolo (2,5 m; 9,5 m; 17,5 m) sono state effettuate utilizzando come strumento di misura tre termoresistenze accoppiate ad un galvanometro di precisione tarato direttamente in °C e frazioni (Ditta S.I.A.P. di Bologna).

Le misure hanno messo in evidenza l'esistenza di una inversione di temperatura a circa 10 m dal suolo (superficie di separazione tra la zona boscosa sottostante e l'atmosfera superiore).

Le correzioni per la rifrazione laterale e verticale determinate teoricamente risultano corrispondere con buona approssimazione a quelle rilevate dalle osservazioni.

Le residue anomalie mettono in evidenza la necessità di perfezionare il metodo di riduzione.

ÉTUDE ET DÉTERMINATION DE LA RÉFRACTION ATMOSPHÉRIQUE LATÉRAL ET VERTICAL EN OPICINA.

Resumé: Les Auteurs mettent en évidence l'importance des erreurs systématiques dues à la réfraction (latéral et vertical) dans les déterminations astronomiques et géodésiques, en particulier dans les déterminations d'azimuts et dans la triangulation du premier ordre.

Successivement, ils montrent les résultats des observations expérimentaux de la réfraction latéral et vertical obtenus en Opicina avec la méthode de Kukkamäki, c'est à dire en basant les réductions sur la détermination du gradient thermique vertical de la température.

Les mesures de la température ont été effectués à trois différentes hauteur du sol (2,5 m; 9,5 m; 17,5 m) en utilisant comme instrument de mesure trois thermorésistances accouplées à un galvanomètre de précision taré directement en °C et fractions (Maison S. I. A. P. - Bologna).

Les mesuras ont mis en évidence l'existence d'une inversion de température à 10 m du sol (surface de séparation entre la zone boisé au-dessus et l'atmosphère supérieure).

Les corrections pour la réfraction latéral et vertical déterminées théoriquement correspondent, avec une bonne approximation, à celles relevées avec les observations.

Les anomalies résidues mettent en évidence la nécessité de perfectionner la méthode de réduction.

STUDY AND DETERMINATION OF THE LATERAL AND VERTICAL ATMOSPHERIC REFRACTION AT OPICINA.

Summary: The Authors put into evidence the importance that systematic errors due to refraction (lateral and vertical) have in geodetic astronomical determinations, in particular for azimuth determinations and in the first order triangulation.

Successively the results of the experimental observations of lateral and vertical refraction, obtained at Opicina with Kukkamäki's method, that is basing the reductions on the determination of the vertical thermic gradient of temperature, are shown.

The temperature measurements, effectuated at three different altitudes above the ground (2.5 m ; 9.5 m ; 17.5 m) have been carried out by using, as a measurements instrument, three thermo — resistances joined with a precision galvanometer, directly calibrated in centigrades degrees and fractions. (Firm S. I. A. P. — Bologna).

The measurements have shown the existence of a temperature inversion at about 10 m above the ground. (Separation surfaces between the lower woody zone and the upper atmosphere).

The corrections for the lateral and vertical refraction, theoretically determined, correspond with a good approximation with those obtained with the observations.

The residual anomalies points out the need of improving the reduction method.

STUDIUM UND BESTIMMUNG DER SEITLICHEN UND VERTIKALEN ATMOSPHAERISCHEN STRAHLENBRECHUNG IN OPICINA.

Zusammenfassung. — Die Verfasser heben die Bedeutung der systematischen Fehler der seitlichen und vertikalen Strahlenbrechung bei den astronomischen und geodätischen Beobachtungen hervor, besonders für die Azimutbestimmungen und für Triangulationen I. Ordnung.

Darauf werden die durch die Kukkamäkische Methode in Opicina erhaltenen Resultate der Beobachtungen der seitlichen und vertikalen Refraktion vorgelegt, wobei sich die Reduktionen auf die Bestimmung des vertikalen Temperaturgradienten stützen.

Die Temperaturmessungen werden in drei verschiedenen Höhen vom Boden (2,5 m — 9,5 m — 17,5 m) gemessen und zwar durch Benutzung dreier Thermowiderstände als Messgerät, die mit einem Präzisionsgalvanometer (der Firma S.I.A.P. Bologna) die Ablesung bis auf Bruchteile des Grades gestatten.

Die Messungen haben eine Temperaturinversion etwa in 10 m Bodenhöhe (Trennungsfläche zwischen dem unteren Waldgebiet und der darüberliegenden Atmosphäre) hervorgehoben.

Die theoretisch berechneten Korrekationen für die seitliche und vertikale Refraktion stimmen mit guter Annäherung mit den beobachteten Werten überein. Die übrigbleibenden Anomalien heben die Notwendigkeit der Verbesserung der Reduktionsmethode hervor.

ESTUDIO Y DETERMINACION DE LA REFRACCION ATMOSFERICA LATERAL Y VERTICAL EN OPICINA.

Resumen. — Los Autores ponen en evidencia la importancia que los errores sistemáticos debidos a la refracción (lateral y vertical) tienen en las determinaciones astronómicas y geodéticas, particularmente en las determinaciones de acimut y en la triangulación del primer orden.

Sucesivamente vienen presentados los resultados de las observaciones experimentales de la refracción lateral y vertical logrados en Opicina según el método de Kukkamäki o sea fundando las reducciones sobre la determinación del gradiente térmico vertical de la temperatura.

Las medidas de temperatura a tres distintas alturas del suelo (2,5 mt-9,5 mt-17,5mt) han sido efectuadas utilizando como instrumento de medida tres termoresistencias acopladas a un galvanómetro de precisión contrastado directamente en °C y fracciones (Casa S.I.A.P. de Bologna).

Las medidas han puesto en evidencia la existencia de una inversión de temperatura a los 10 mt. del suelo (superficies de separación entre la zona boscosa inferior y la atmósfera superior).

Las correcciones para la refracción lateral y vertical determinadas teóricamente resulta corresponder con buena aproximación a las logradas por las observaciones.

Las anomalías residuales ponen en evidencia la necesidad de perfeccionar el método de reducción.

INTRODUZIONE.

1. — Gli effetti della rifrazione atmosferica nelle misure di angoli e direzioni assumono importanza viepiù rilevante quanto più elevata è la precisione richiesta nelle misure stesse.

Attualmente, nel campo astronomico e geodetico, in seguito al perfezionamento degli strumenti di osservazione e delle tecniche strumentali ed osservative le precisioni richieste in numerose operazioni superano già di una unità decimale quelle accettate qualche decennio addietro.

Ciò ha permesso di mettere in evidenza nelle osservazioni particolari errori sistematici che possono essere attribuiti alla rifrazione. D'altra parte, considerazioni generali e la presenza di anomalie sistematiche in osservazioni di diverso tipo, suggeriscono che il perfezionamento e l'elaborazione di nuove teorie, sulla base di risultanze sperimentali, debbano tener conto che gli effetti rifrazionali assumono aspetti qualitativi e quantitativi diversi a seconda del carattere delle osservazioni. Queste ultime possono interessare :

a) l'astronomia posizionale e geodetica. In ambedue i casi l'osservazione di oggetti di natura terrestre (mire) e celeste è all'origine di complessi effetti rifrazionali che richiedono un diverso trattamento dal punto di vista della teoria e delle determinazioni sperimentali ;

b) le triangolazioni geodetiche, essendo in questo caso la regione interessata ai fenomeni rifrazionali in generale limitata da 1 a qualche centinaio di metri dal suolo ;

c) la livellazione di precisione. La regione interessata risultando qui al contrario compresa tra il suolo e qualche metro.

Ricerche recenti hanno mostrato come il valore dell'indice di rifrazione, soprattutto nelle regioni poste in vicinanza del suolo, subisca notevoli variazioni ed inversioni ed assuma andamenti caratteristici in funzione di diversi parametri, tra i quali i più importanti sono : la configurazione del suolo, lo stato atmosferico e le caratteristiche altimetriche del luogo.

In occasione di una recente determinazione di azimut astronomici reciproci tra i punti trigonometrici del primo ordine in Opicina e Aquileia [1], gli autori hanno condotto una ricerca per la determinazione sperimentale della rifrazione atmosferica laterale e verticale. Ciò, sia per dare ragione di alcune differenze riscontrate sugli azimut osservati in precedenti determinazioni, sia per verificarne l'ordine di grandezza degli effetti rifrazionali che intervengono nelle misure di triangolazione.

Per la verità la zona prescelta per questa ricerca presentava a priori un particolare interesse. Infatti la visuale della direzione principale utilizzata nella misura dell'angolo orizzontale, avente come centro il pilastro costruito in Opicina in occasione della determinazione di azimut astronomico (e precisamente la direzione Opicina-Aquileia), attraversa in senso obliquo gli strati isoterfici paralleli alla

superficie del suolo, la quale degrada velocemente verso il mare. In queste condizioni è ovvio che l'esistenza di un gradiente termico perpendicolare alla superficie del suolo determina una deviazione della direzione della visuale in senso laterale ed orizzontale. Questo fatto è chiaramente visibile dalla fig. 1, che rappresenta la descrizione del fenomeno secondo l'interpretazione di T. I. Kukkumäki, basata sulla ipotesi che faremo in seguito e sull'impiego del gradiente verticale della temperatura [2].

Poichè teoricamente risulta per la deviazione $PP' = \rho$ del raggio rifratto rispetto a quello non rifratto.

$$\rho = \cot \eta \log \frac{n_2}{n_1} ,$$

per valori medi della temperatura e della pressione ($t = 15^\circ C$, $p = 750 \text{ mm}$) e trascurando l'influenza di altri parametri sull'indice di rifrazione [3], si può scrivere

$$\rho = 0''.20 \cot \eta (t_2 - t_1),$$

dove t_1 e t_2 indicano le temperature ai due lati dello strato interessato alla rifrazione [2].

D'altra parte dalla fig. 1, chiamando dt/dz^* il gradiente termico nella direzione normale al piano isotermico si ricava

$$t_2 = t_1 + \frac{dt}{dz^*} PF' ,$$

$$PF' = \Delta s \sin \eta = \Delta s \sin \nu \sin \gamma ,$$

da cui

$$\rho = 0''.20 \cot \eta \frac{dt}{dz^*} \Delta s \sin \nu \sin \gamma .$$

Per la rifrazione laterale δ e normale h si avrà quindi, ritenendo piano il triangolo $PP'P''$,

$$\delta = \rho \cos \beta ,$$

$$h = \rho \sin \beta .$$

Ricavando ora l'angolo β in funzione degli elementi del triangolo sferico AFP e tenendo conto che tra il gradiente termico nella direzione normale al piano isotermico ed il gradiente verticale dt/dz sussiste la relazione

$$\frac{dt}{dz} = \frac{dt}{dz^*} \cos \gamma ,$$

si trova rispettivamente per l'importo della rifrazione laterale e normale, relativo all'elemento Δs nella direzione della visuale,

$$(1) \quad \delta = 0''.20 \frac{dt}{dz} \Delta s \operatorname{tg} \xi ,$$

$$(2) \quad h = 0''.20 \frac{dt}{dz} \Delta s .$$

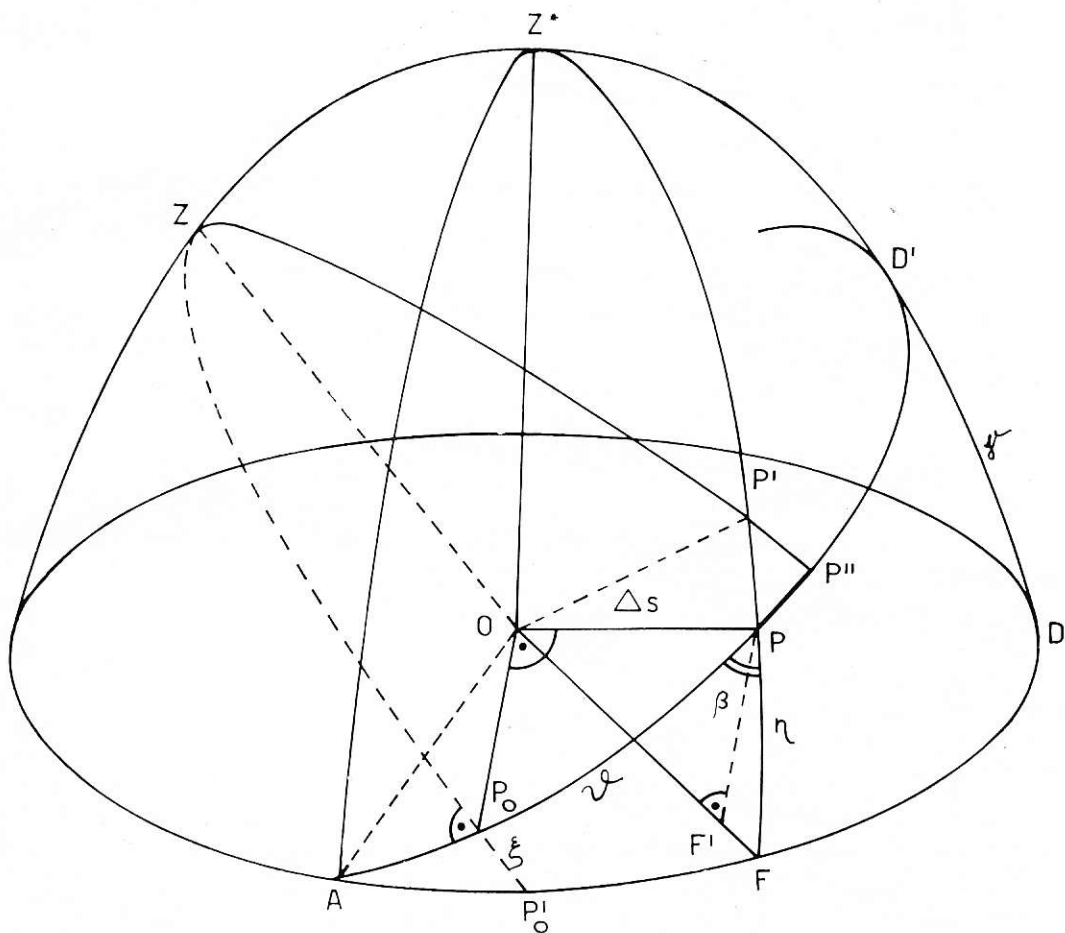


Fig. 1

- Z^* = Normale al piano isoteramico AFD (direzione del gradiente termico).
 Z = Normale all'orizzonte APD' (piano della direzione della visuale).
 OP = Direzione della visuale (linea di collimazione) non rifratta.
 OP' = Direzione della visuale rifratta.
 γ = Angolo di inclinazione del piano isoteramico.

Nel caso delle nostre osservazioni all'elemento Δs è stato assegnato il valore di 100 m.

Naturalmente, se invece di un unico elemento di lunghezza Δs il tratto interessato al fenomeno della rifrazione risulta costituito da più elementi chiamando s_n la distanza del generico elemento δ_n dall'origine e con s la distanza tra quest'ultima e la mira si avrà per la rifrazione totale

$$(1') \quad \delta = (t_2 - t_1) \sum \frac{K_n}{\sigma_n} \operatorname{tg} \zeta_n,$$

$$(2') \quad h = (t_2 - t_1) \sum \frac{K_n}{\sigma_n},$$

avendo posto, nel nostro caso,

$$K_n = 8''.686 \frac{s_n}{s} ,$$

$$\sigma_n = (z_n - c) \log \frac{z_2 - c}{z_1 - c} .$$

Nelle precedenti l'angolo ξ risulta quindi (vedi fig. 1) — confondendo la linea di collimazione con la linea dell'orizzonte — l'inclinazione di quest'ultima rispetto al piano isotermico, cioè la pendenza del terreno nella direzione ortogonale alla linea di collimazione stessa.

CARATTERISTICHE DEL LUOGO.

2. — La scelta del luogo per la determinazione della rifrazione laterale risultò come si è accennato, particolarmente felice. Infatti la linea di collimazione da Opicina ed Aquileia attraversa obliquamente per un certo tratto le basse quote isoterme.

La configurazione verticale del gradiente termico dalla quota base $h_0 = 2,5$ m presenta una inversione dovuta al fatto che sino ad una certa altezza ($9 \div 10$ m) la zona è di natura squisitamente boscosa.

Al di sopra di questa zona la linea di collimazione percorreva un considerevole tratto allontanandosi poi velocemente dal suolo. Nella zona di transizione terra-mare l'altezza della linea di collimazione era tale da poter escludere una sensibile influenza nella rifrazione laterale. Lo stesso può dirsi nel tratto più o meno radente nei pressi di Aquileia a causa del parallelismo ivi esistente tra il piano dell'orizzonte ed i piani isotermici.

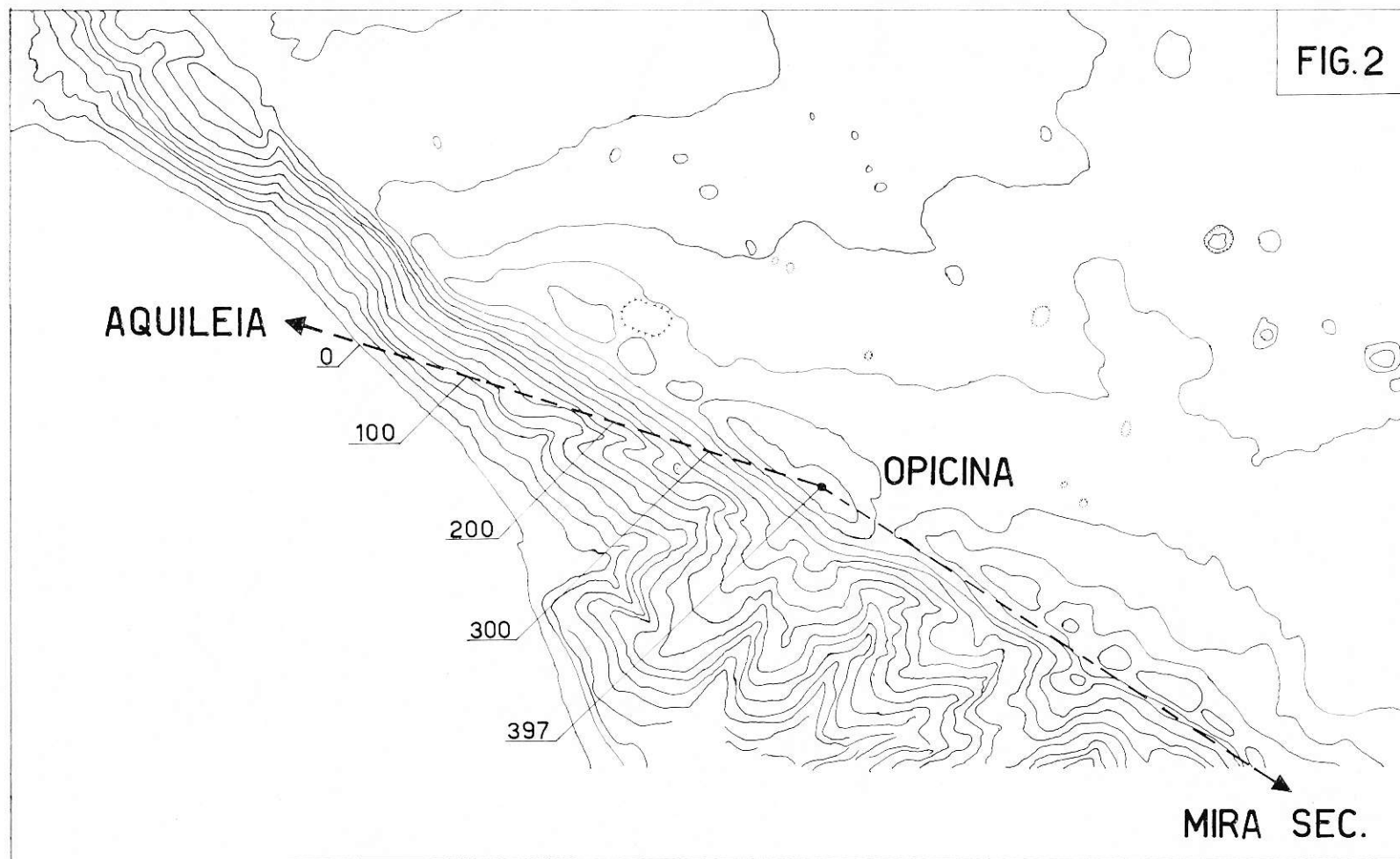
Nella fig. 2 sono date le caratteristiche altimetriche nella direzione Opicina-Aquileia e nella direzione Opicina-mira secondaria. Nella fig. 3 viene invece fornito il profilo della linea di mira rispetto al livello del mare.

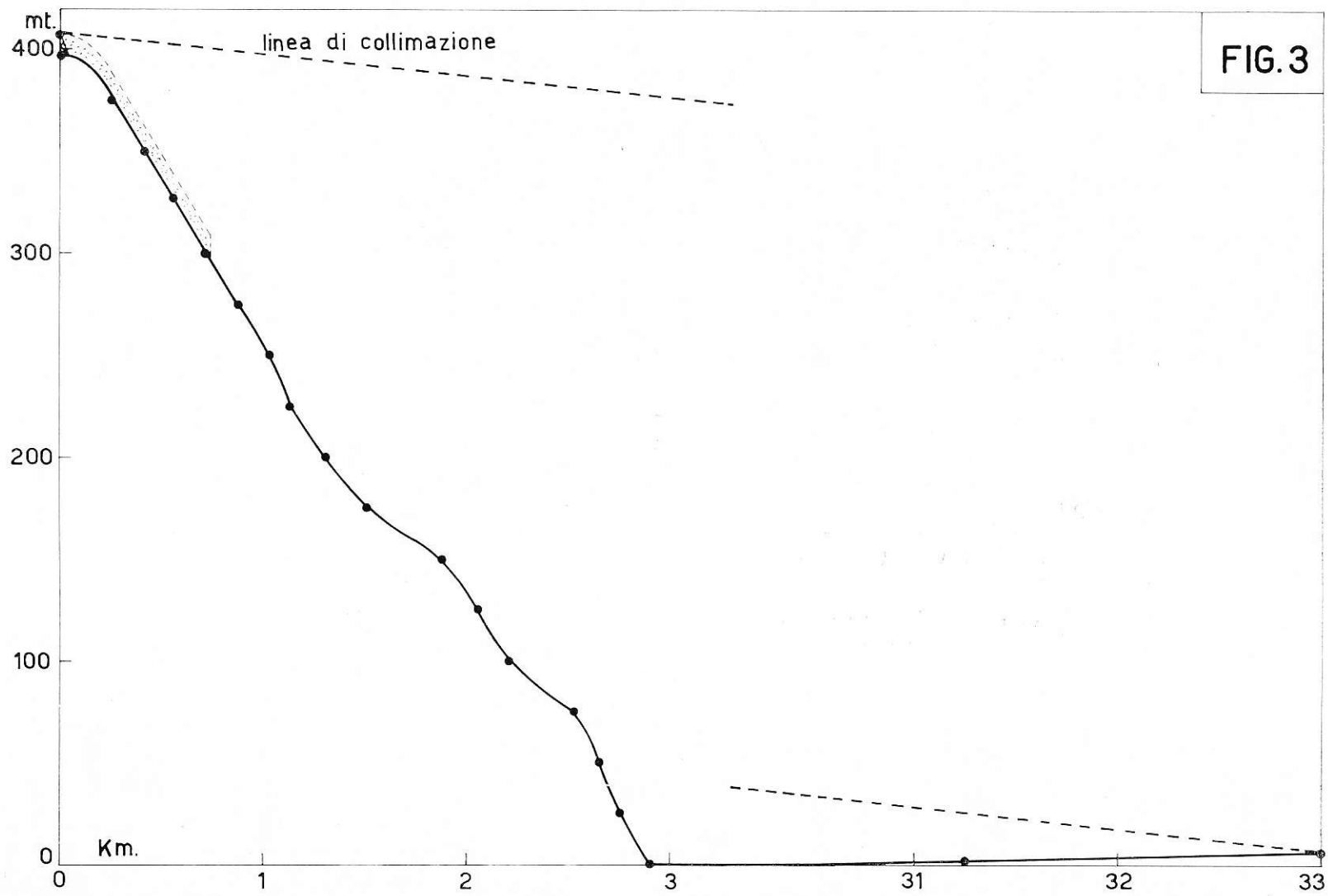
STRUMENTAZIONE.

3. — Lo strumento usato nelle misurazioni fu lo stesso teodolite Wild T4 che servì per la determinazione di azimut. Le collimazioni alla mira principale posta in Aquileia e a quella secondaria, posta sul Monte Belvedere in direzione quasi opposta ad una distanza di 15 km circa dallo strumento, vennero eseguite in entrambe le posizioni coniugate dello strumento. Non si ritenne necessario invece di variare la posizione del cerchio; trattandosi di determinare non il valore assoluto dell'angolo ma le sue variazioni ciò avrebbe potuto introdurre nelle misure errori non dipendenti dalla rifrazione studiata.

La mira secondaria era costituita per le osservazioni notturne da una lampada al neon alimentata da una batteria da 90 V, lo schermo di questa lampada venne

FIG. 2





verniciato con una croce in vernice bianca su fondo nero, il che permetteva di collimarla bene nelle ore diurne; al centro della croce un cerchietto non schermato del diametro di 1 cm ne permetteva la collimazione notturna.

Come mira principale si usò in Aquileia per le osservazioni notturne la mira luminosa I. G. M. posta sullo stesso pilastro impiegato nelle osservazioni di azimut, per le osservazioni diurne un elioscopio I. G. M. che venne piazzato su un treppiede situato all'estremità di una impalcatura sporgente da uno dei finestroni della cella così da permettere di convogliare verso Opicina la luce del sole durante tutta la giornata, salvo un'ora circa al sorgere e al tramontare. L'elioscopio risultò a 9,33 m di distanza dalla mira luminosa per cui è risultato per la riduzione delle osservazioni diurne a quelle notturne una correzione $+ 0''.68$.

Per il rilevamento della temperatura venne usata una strumentazione particolare costituita da 3 termoresistenze (r_0, r_1, r_2) le quali a mezzo di un galvanometro di precisione opportunamente tarato permettevano di leggere la temperatura t_0 della termoresistenza r_0 (a meno di $1/10$ °C) e le differenze $t_1 - t_0, t_2 - t_0$ fra r_1, r_2 rispettivamente e r_0 (a meno di $3 \div 4/100$ °C). L'insieme delle apparecchiature per la determinazione della temperatura è stato realizzato dalla Ditta S.I.A.P. di Bologna. Le tre termoresistenze, opportunamente protette dall'irradiazione solare, vennero poste ad altezze da terra pari a m 2,5 — 9,5 — 17,5, collegandole ad una impalcatura metallica (tubi Innocenti) appositamente costruita accanto al pilastro del teodolite Wild T₄. Quest'ultimo si trova sulla cima del monte in località Poggioreale che domina Opicina, per cui, nel breve raggio che circonda il punto di osservazione si può ritenere $z = z^*$.

Le letture delle temperature vennero eseguite di 5 in 5 minuti nel corso della notte e durante quelle ore diurne nelle quali le variazioni termiche avevano carattere stazionario o un andamento lento e regolare. Nelle ore del sorgere e del tramontare del sole, presentando quelle variazioni irregolarità molto brusche le letture furono effettuate ad intervalli più brevi di 1 e 2 minuti circa, tenendo altresì conto delle eventuali perturbazioni atmosferiche (vento, alternanze di sole ed ombra, ecc.).

Per quanto riguarda la temperatura t_0 data dalla termoresistenza r_0 più vicina al suolo, si notarono oscillazioni specialmente nelle ore mattutine e serali; improvvisi ed imprevedibili scatti di $\pm 0^{\circ},5$ C a distanza di qualche minuto, durante alcuni minuti non erano assolutamente infrequenti. Ciò può naturalmente dipendere dalle caratteristiche particolari del luogo di osservazione. Nel nostro caso la termoresistenza r_0 si trovava nel sottobosco e, soprattutto nelle condizioni termiche transitorie sopradette, l'alternanza di ombra e di insolazione su t_0 provocata dalle piante produceva la dispersione naturale delle temperature osservate. Assai meno notevole risultò invece la dispersione dei valori $t_2 - t_1$ dedotti dalle differenze $t_0 - t_1, t_0 - t_2$ direttamente misurate. Il gradiente termico metrico $(t_2 - t_1)/8$, essendo 8 la distanza in metri fra le termoresistenze r_1 e r_2 , rappresentato nel grafico di fig. 4, mette in chiara evidenza l'andamento molto regolare notturno e le dispersioni diurne soprattutto nelle ore di tenue insolamento.

Queste ultime, come è logico, sono imputabili anche al fatto che nelle osservazioni diurne, più gruppi sono stati ripetuti in giorni successivi; ma queste variazioni non sono altrettanto forti e temebili quanto quelle provocate dalla variazione delle

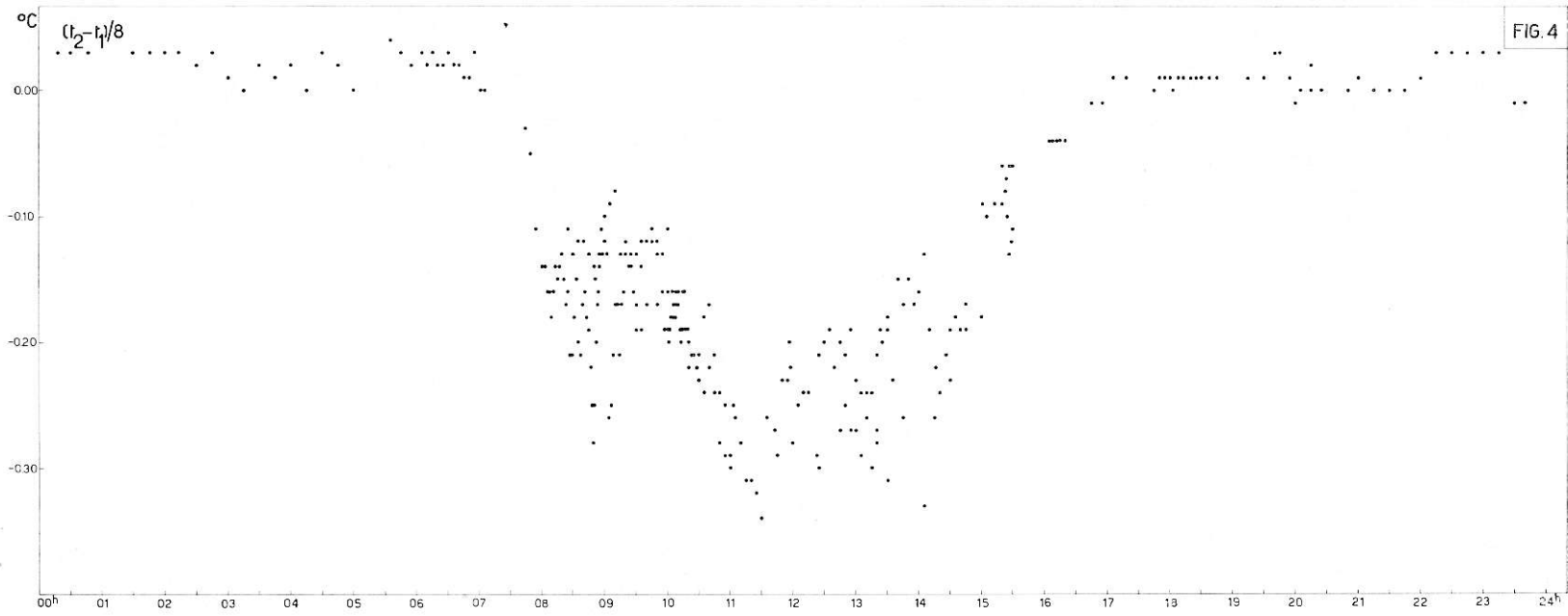
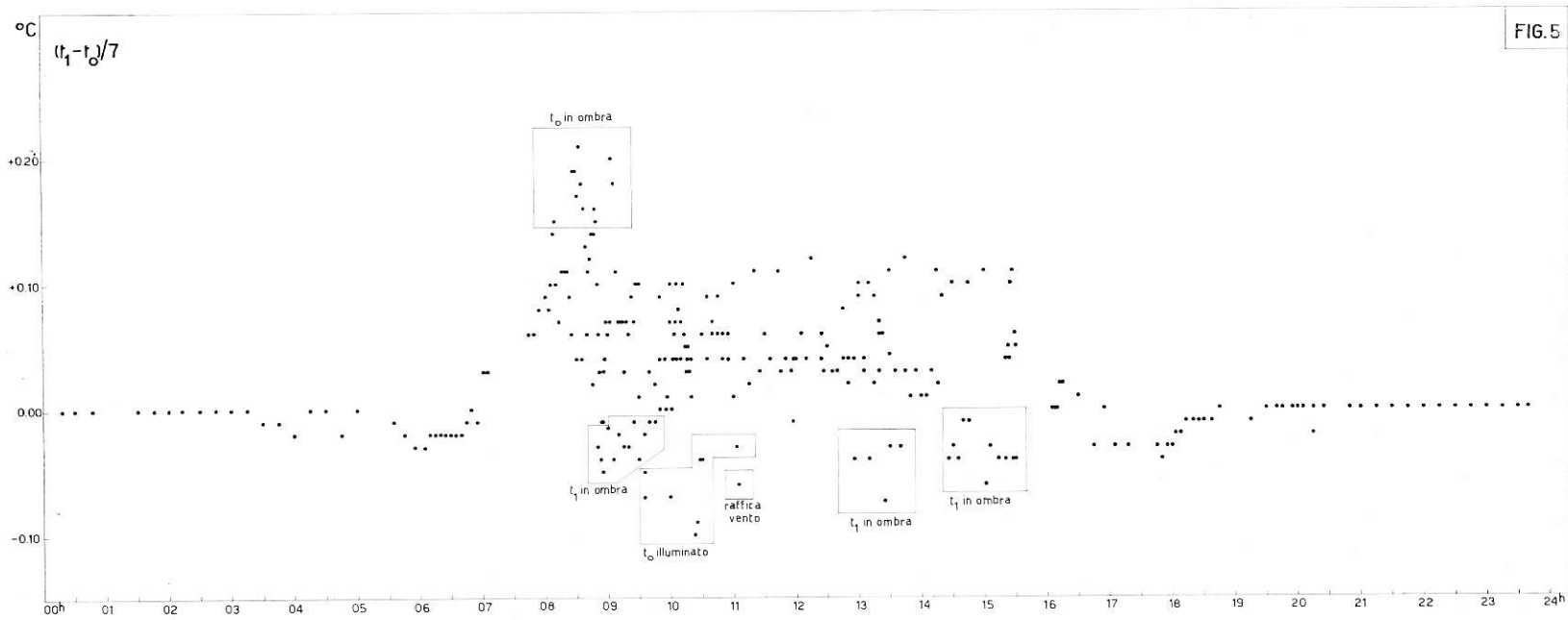


FIG. 4

FIG.5



condizioni meteorologiche, ferma restando l'esistenza di una variazione del gradiente termico in funzione dell'angolo orario del sole.

La presenza di variazioni accidentali nel gradiente termico metrico $(t_1 - t_0)/7$ risulta ancora più evidente (vedi fig. 5).

Lo strato interessato risulta qui infatti, come si è detto, compreso tra 2,5 m e l'altezza media delle vegetazioni ($9 \div 10$ m). Tra questa zona e la zona superiore si nota inoltre, confrontando la fig. 4 e la fig. 5, un'inversione del gradiente termico che da positivo diventa negativo.

LA RIFRAZIONE LATERALE.

4. — Per il calcolo della rifrazione dalla (1') e dalla (2') è necessario fare alcune ipotesi. In primo luogo sull'andamento della temperatura in funzione dell'altezza z . Fra le diverse formule di interpolazione proposte e discusse (vedi ad esempio i lavori già citati [2] e [3]) abbiamo scelto la formula

$$(3) \quad t = a + b \log (z - c),$$

nella quale a , b e c sono costanti, usata da T. I. Kukkamäki per la determinazione della rifrazione in una stazione con caratteristiche analoghe alla nostra [4]. Derivando la precedente, e tenendo conto che $z = z^*$, si ha

$$\frac{dt}{dz} = 0,4343 \frac{b}{z - c}.$$

Disponendo di tre serie di valori t_0 , t_1 e t_2 alle quote z_0 , z_1 e z_2 che soddisfino la relazione (3) è possibile calcolare col metodo dei minimi quadrati i valori delle costanti b e c più approssimate. Sfortunatamente le nostre serie di valori t_0 , t_1 e t_2 non risultano soddisfare contemporaneamente la relazione (3) a causa dell'inversione della temperatura già messa in evidenza. Per il calcolo della rifrazione non è possibile disporre che della serie t_1 e t_2 interessanti la regione percorsa dalla linea di collimazione. Esplicitando la costante b in funzione di $t_2 - t_1$ si ottiene infatti

$$(4) \quad \frac{dt}{dz} = \frac{0,4343}{z - c} \frac{t_2 - t_1}{\lg \frac{z_2 - c}{z_1 - c}},$$

nella quale la costante c risulta funzione delle caratteristiche del terreno e del tipo di vegetazione.

Per quanto riguarda quest'ultima costante, essa è stata determinata, come subito vedremo, scegliendo quel particolare valore di c per il quale è risultata minima la somma dei quadrati degli scarti tra i valori osservati e quelli calcolati della rifrazione laterale.

Nella tabella I sono dati in funzione del tempo i valori angolari α determinati come differenza delle osservazioni delle due direzioni della mira secondaria e della mira principale (Opicina), corrette ambedue per l'inclinazione strumentale. Nella sesta colonna della tabella sono riportati i valori di $t_2 - t_1$ rilevati allo stesso istante o interpolati con i dati della temperatura corrispondente ad istanti immediatamente precedenti o seguenti l'osservazione.

Con questi dati e con i valori dell'angolo ξ ricavati direttamente dalle carte al 1 : 25 000 della zona, si sono calcolati di due in due ore i valori della rifrazione laterale per valori di c variabili da 1 a 9 (tabella II).

Il calcolo della dispersione degli scarti dei valori osservati dell'angolo α corretti per la rifrazione laterale δ , calcolata rispetto al valore medio di questo angolo, e per differenti valori di c porta alla conclusione che, nel nostro caso, i valori più convenienti di c risultano : $c = 1$ (errore medio $\pm 1''{,}67$) e $c = 2$ (errore medio $\pm 1''{,}70$). La differenza tra i due errori medi risulta trascurabile per cui è indifferente scegliere l'uno o l'altro di questi valori.

Nella fig. 6 sono rappresentati i valori osservati dall'angolo α . La variazione di questi valori in funzione del tempo corrisponde abbastanza ben con l'andamento del gradiente termico dello strato interessato, presentando però uno sfasamento in anticipo di circa un'ora rispetto a quest'ultimo.

Nella fig. 7 è data invece la distribuzione degli scarti tra il valore medio corretto di $\alpha = 167^\circ 40' 51''{,}38$ ed i singoli valori, tratti dalla tabella I. L'entità di questi scarti dimostra la reale esistenza del fenomeno di rifrazione e la discreta approssimazione di tutte le ipotesi su cui è basata la teoria di Kukkamäki. Tuttavia i residui messi in evidenza presentano una certa sistematicità che può essere attribuita :

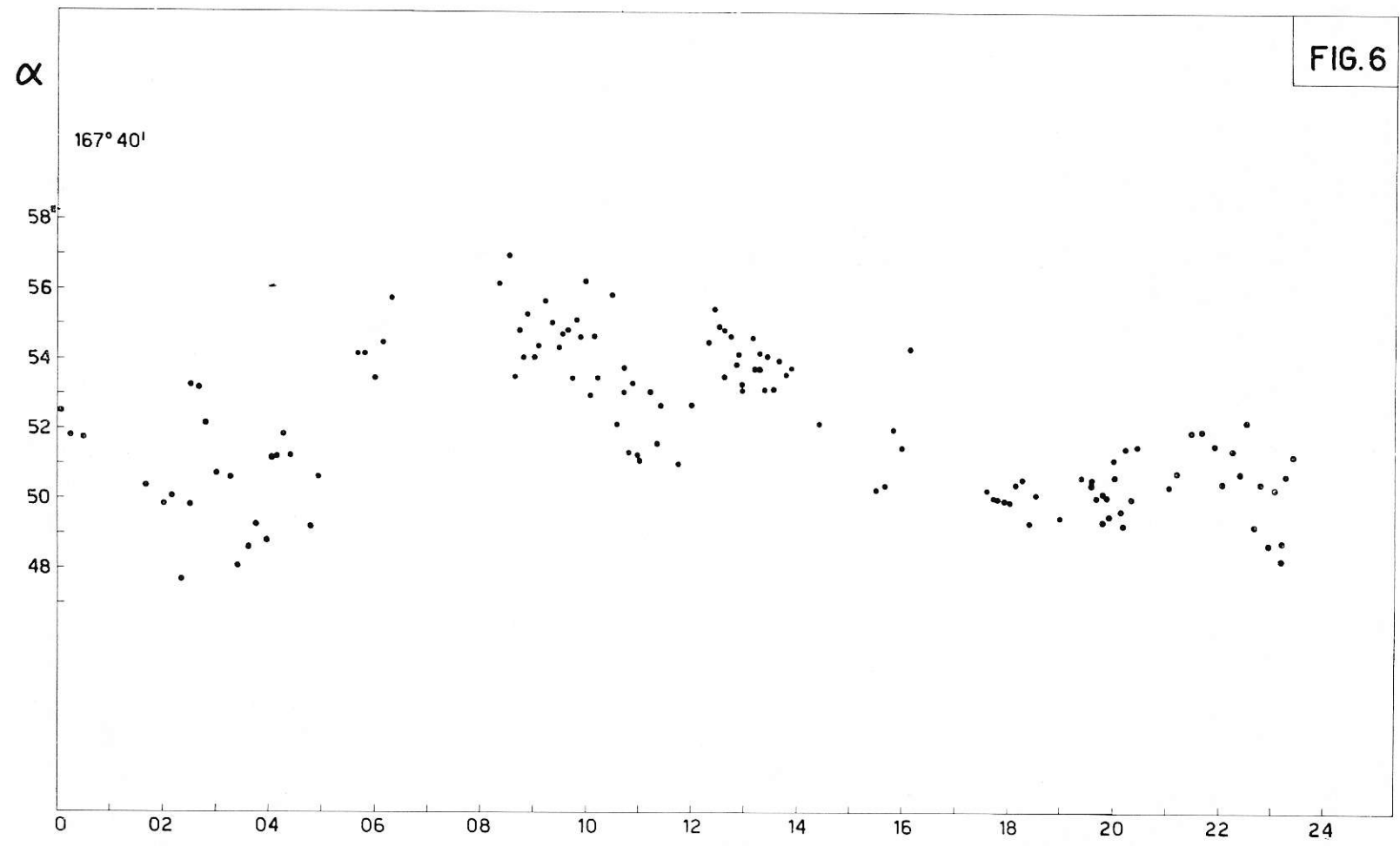
- a) ad errori accidentali e sistematici di osservazioni di natura non rifrattiva ;
- b) ad una eventuale variazione del gradiente termico lungo la linea di collimazione ;
- c) al fatto che il gradiente termico dato dalla (4) non rappresenta rigorosamente le condizioni locali, soprattutto per valori di z sufficientemente grandi ;
- d) al fatto che la linea di mira non è rigorosamente parallela all'orizzonte.

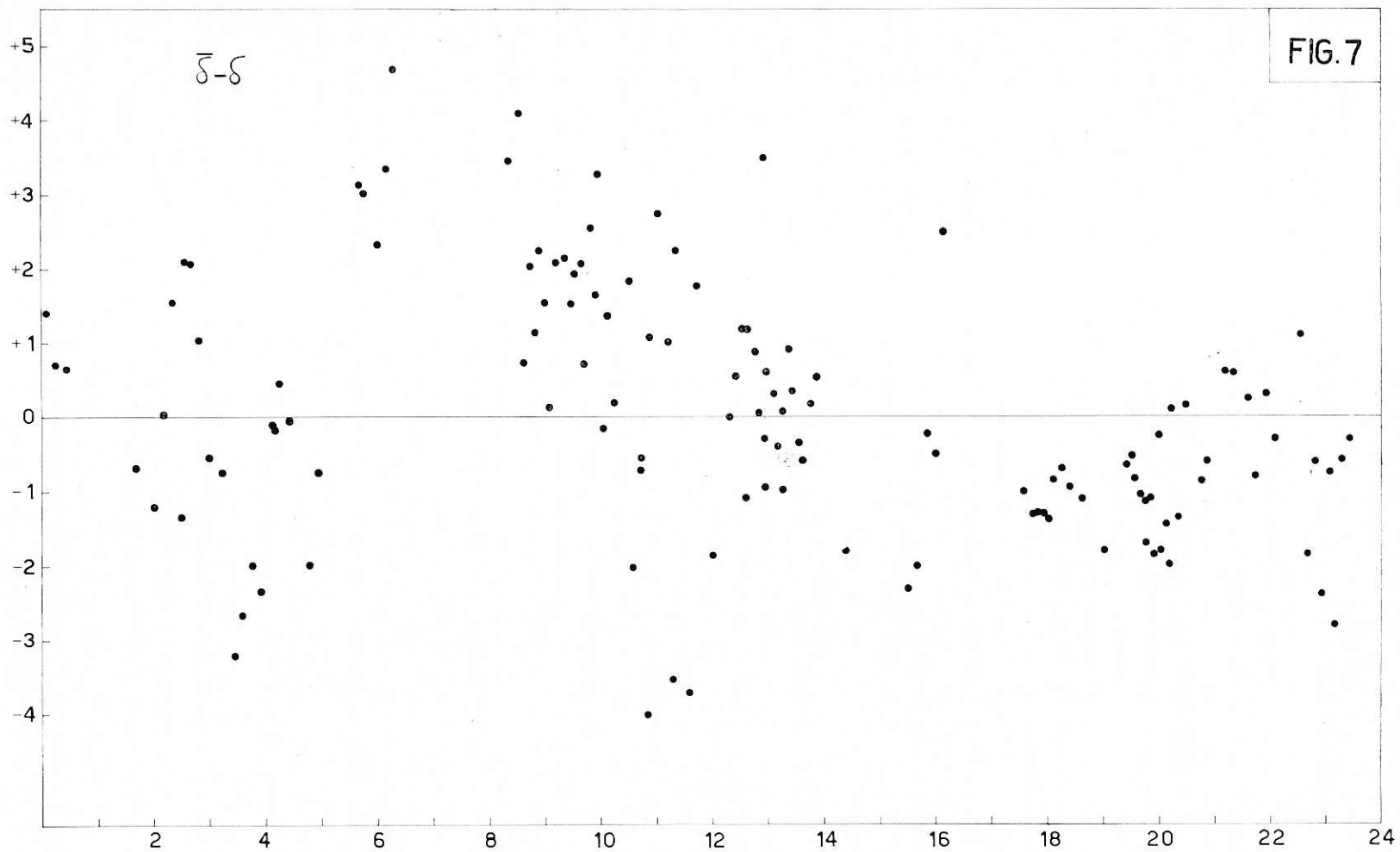
L'effetto della rifrazione laterale corrisponde al fatto che di giorno la linea di collimazione corre più vicina alla superficie della terra poichè, nella regione attraversata, la temperatura aumenta andando dall'alto verso il basso.

LA RIFRAZIONE VERTICALE.

5. — Per completare questa ricerca sugli effetti rifrattivi e sulla loro determinazione secondo la teoria di T. I. Kukkamäki è stato tentato anche lo studio della rifrazione verticale. Lo studio è stato limitato alla variazione della distanza zenitale di Aquileia rispetto allo zenit di Opicina.

FIG. 6





Nella fig. 8 sono riportati i valori calcolati delle distanze osservate nelle due posizioni dello strumento ridotte per l'inclinazione strumentale. Sfortunatamente, come è stato accennato, le misure non si sono potute effettuare nei periodi attorno al sorgere (circa 2 ore) e tramontare del Sole (circa 1 ora) per mancanza di visibilità dell'elioscopio situato in Opicina.

I dati riportati nella fig. 8 sono stati pure corretti per l'errore dello zero strumentale nella distanza zenitale, la dispersione di suesto errore per i vari gruppi osservati è data nella fig. 9 (nella figura sono riportati anche le dispersioni determinate durante le osservazioni, qui non riportate, della mira secondaria).

Pure non disponendo di dati per i due periodi sopracitati, peraltro di notevole interesse, appare fuori dubbio l'esistenza del fenomeno rifrazionale legato all'angolo orario del Sole, anche se pure l'andamento dell'angolo verticale sembra soggetto a variazioni non facilmente spiegabili con la rifrazione.

Per verificare in quale misura le variazioni osservate fossero attribuibili alla rifrazione verticale, si è fatto ricorso alla relazione (2'), per mezzo della quale, tenendo conto delle differenze $t_2 - t_1$ determinate nel corso delle osservazioni, si sono calcolati i valori h teorici. Naturalmente anche in questo caso si è dovuto determinare a posteriori il valore della costante c che meglio si adatti ai valori h osservati.

Nella tabella II sono dati per vari valori di c i corrispondenti valori di h in funzione del tempo (e della differenza $t_2 - t_1$). È interessante osservare che pure per la rifrazione verticale si trova che il valore $c = 1$ è quello che meglio degli altri sembra soddisfare i risultati sperimentali.

Nelle tabelle IV sono invece dati i valori relativi (a meno di una costante) e mediati per gruppo delle distanze zenitali osservate nelle due posizioni dello strumento ($\bar{h}_D =$ cerchio destra, $\bar{h}_S =$ cerchio sinistra), nonché i corrispondenti valori corretti per la rifrazione teorica h (calcolata per $c = 1$).

Notiamo subito che mentre le medie delle quantità $\bar{h}_D = 27''.25$ e $\bar{h}_S = 32''.71$ assumono valori la cui differenza è pienamente giustificata dalle variazioni rifrazionali e dagli errori di osservazione, le medie delle quantità $\bar{h}_D + h = 21''.47$ e $\bar{h}_S - h = 38''.59$ differiscono di un valore troppo elevato per essere giustificato da errori di osservazione (l'errore medio delle sopracitate quantità risulta $\pm 8''.8$).

L'unica conclusione plausibile è che, pure risultando la rifrazione teorica h qualitativamente corrispondente al fenomeno osservato, non è in grado quantitativamente di adeguarsi alle variazioni dedotte sperimentalmente. In altre parole la relazione (2') non è nel nostro caso capace di spiegare completamente l'andamento della distanza zenitale osservata.

Ciò può essere dovuto a nostro avviso alle seguenti cause :

- a) la rifrazione osservata presenta notevoli anomalie e variazioni accidentali ;
- b) il gradiente termico lungo il tratto che fa capo ad Opicina può differire da quello impiegato nei calcoli di riduzione ;
- c) nella (2') non è possibile tener conto degli effetti della rifrazione verticale che, a differenza di quella laterale, sono senza dubbio presenti all'altra estremità della geodetica (Aquilaia).

FIG. 8

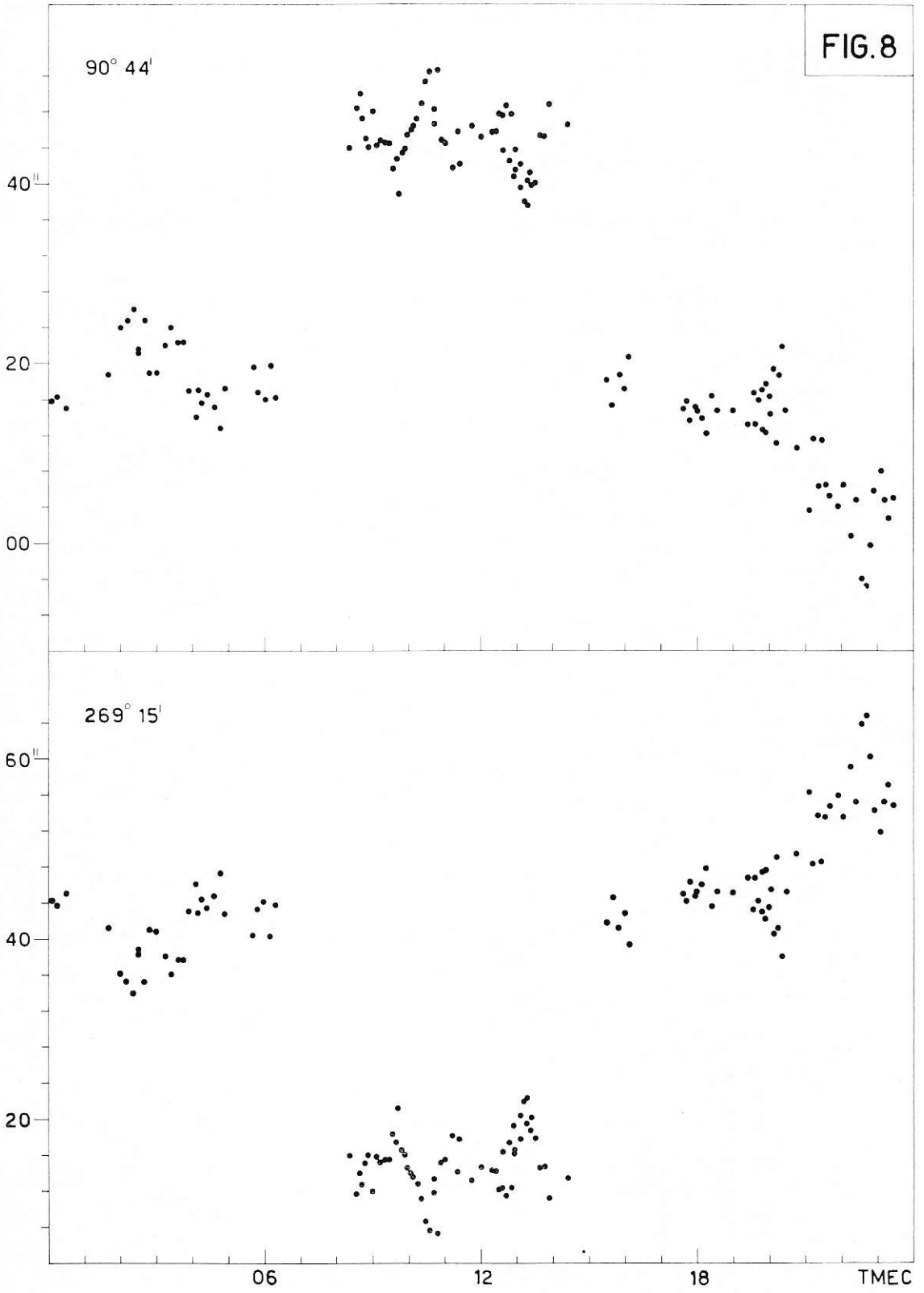
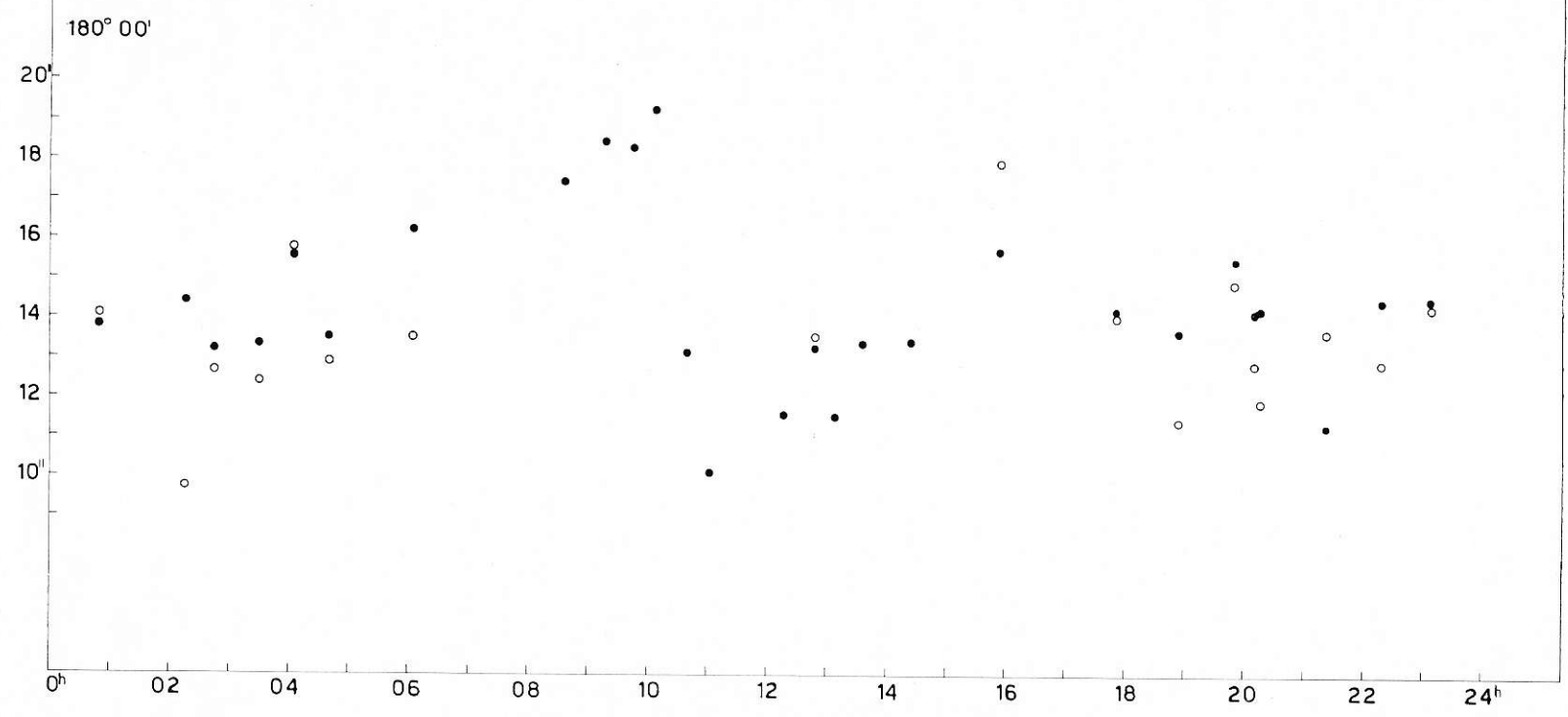


FIG.9

ZENIT STRUMENTALE

- Mira principale
- Mira secondaria



CONCLUSIONI.

6. — Le osservazioni e le riduzioni dei valori osservati e le evidenti correlazioni ottenute fra il gradiente termico e l'effetto rifrazionale nella misura di angoli orizzontali e verticali, oltre a confermare le ipotesi di T. J. Kukkamäki, costituiscono a nostro avviso, la prova che questi effetti possono e devono essere in parte corretti. Anche tenendo conto che le correlazioni messe in evidenza non sono sufficienti, soprattutto per quanto riguarda la rifrazione verticale, a correggere completamente le variazioni osservate, e la particolare caratteristica delle località prescelte per questa ricerca, tuttavia, siamo del parere che le operazioni di triangolazione e di azimut, troverebbero buon giovamento dalla valutazione anche approssimata della rifrazione laterale e verticale.

Purtroppo ricerche sistematiche in tal senso in Italia sono state sinora scarse se non del tutto trascurate; le ricerche eseguite del resto riguardano quasi esclusivamente la rifrazione atmosferica verticale.

Sarebbe auspicabile quindi che, se non in tutte, perlomeno in parte, le determinazioni di azimut e le triangolazioni di primo ordine fossero accompagnate da misure sistematiche del gradiente verticale della temperatura. La discussione di numeroso materiale potrebbe tra l'altro portare ad un perfezionamento ed adeguamento della stessa teoria.

BIBLIOGRAFIA

- [1] DE CONCINI C., PROVERBIO E., « Boll. Geod. e Sc. Affini », N. 3, 1966.
- [2] KUKKAMÄKI T. J., « Verröff. d. Finn. Geod. Inst. », N. 28, 1939.
- [3] KUKKAMÄKI T. J., « Verröff. d. Finn. Geod. Inst. », N. 25, 1938.

TABELLA I

Data	Gruppo	Osserv.	α 167° 40'	Ora	$t_2 - t_1$ (°C)	δ ($c = 1$)	Angoli corretti di δ	Scarti
20-X	1	E. P.	52'' .51	0 ^h 05	+ 0'' .20	+ 0'' .29	52'' .80	+ 1'' .42
			51 .79	15	+ 0 .20	+ 0 .29	52 .08	+ 0 .70
	2	C. D.	51 .74	30	+ 0 .21	+ 0 .31	52 .05	+ 0 .67
			50 .37	1 ^h 40	+ 0 .20	+ 0 .29	50 .66	- 0 .72
			49 .85	2 ^h 00	+ 0 .20	+ 0 .29	50 .14	- 1 .24
			51 .05	10	+ 0 .20	+ 0 .29	51 .34	- 0 .04
			52 .67	20	+ 0 .18	+ 0 .26	52 .93	+ 1 .55
			49 .82	30	+ 0 .15	+ 0 .22	50 .04	- 1 .34
	3	E. P.	53 .23	35	+ 0 .18	+ 0 .26	53 .49	+ 2 .11
			53 .17	40	+ 0 .20	+ 0 .29	53 .46	+ 2 .08
			52 .12	47	+ 0 .20	+ 0 .29	92 .41	+ 1 .03
			50 .72	3 ^h 00	+ 0 .08	+ 0 .12	50 .84	- 0 .54
	4	C. D.	50 .60	15	+ 0 .02	+ 0 .03	50 .63	- 0 .75
			48 .06	25	+ 0 .06	+ 0 .09	48 .15	- 2 .23
			48 .60	35	+ 0 .12	+ 0 .17	48 .77	- 2 .61
			49 .24	45	+ 0 .10	+ 0 .15	49 .39	- 1 .99
	5	E. P.	48 .80	55	+ 0 .16	+ 0 .23	49 .03	- 2 .35
			51 .16	4 ^h 05	+ 0 .08	+ 0 .12	51 .28	- 0 .10
			51 .15	09	+ 0 .05	+ 0 .07	51 .22	- 0 .16
			51 .83	15	+ 0 .00	+ 0 .00	51 .83	+ 0 .45
6	C. D.	51 .22	25	+ 0 .08	+ 0 .12	51 .34	- 0 .04	
		49 .14	46	+ 0 .16	+ 0 .22	49 .36	- 2 .02	
		50 .60	55	+ 0 .02	+ 0 .03	50 .63	- 0 .75	
		54 .18	5 ^h 40	+ 0 .26	+ 0 .33	54 .51	+ 3 .13	
21-X	19	E. P.	54 .17	49	+ 0 .16	+ 0 .23	54 .40	+ 3 .02
			53 .47	6 ^h 00	+ 0 .16	+ 0 .23	53 .70	+ 2 .32
			54 .46	6 ^h 08	+ 0 .20	+ 0 .29	54 .75	+ 3 .37
			55 .76	18	+ 0 .23	+ 0 .33	56 .09	+ 4 .71
22-X	23	E. P.	56 .16	8 ^h 20	- 0 .90	- 1 .31	54 .85	+ 3 .47
			56 .95	33	- 1 .00	- 1 .45	55 .50	+ 4 .12
			53 .51	38	- 0 .95	- 1 .38	52 .13	+ 0 .75
			54 .83	43	- 0 .98	- 1 .42	53 .41	+ 2 .03
			54 .03	48	- 1 .05	- 1 .52	52 .51	+ 1 .13
			55 .30	52	- 1 .15	- 1 .67	53 .63	+ 2 .25
			54 .07	8 ^h 59	- 0 .80	- 1 .16	52 .91	+ 1 .53
			52 .39	9 ^h 05	- 0 .65	- 0 .94	51 .45	+ 0 .07
	24	C. D.	54 .67	13	- 0 .82	- 1 .19	53 .48	+ 2 .10
			55 .05	21	- 1 .05	- 1 .52	53 .53	+ 2 .15
			54 .35	27	- 1 .00	- 1 .45	92 .90	+ 1 .52
			54 .72	32	- 0 .95	- 1 .38	53 .34	+ 1 .96
			54 .83	38	- 0 .95	- 1 .38	53 .45	+ 2 .07
			53 .45	43	- 0 .95	- 1 .38	52 .07	+ 0 .69
			55 .33	48	- 0 .95	- 1 .38	53 .95	+ 2 .57
			54 .64	52	- 1 .11	- 1 .61	53 .03	+ 1 .65
25	E. P.	56 .23	58	- 1 .09	- 1 .58	54 .65	+ 3 .27	
		52 .96	10 ^h 03	- 1 .20	- 1 .74	51 .22	- 0 .16	
		54 .65	07	- 1 .30	- 1 .89	52 .76	+ 1 .38	
		53 .46	10 ^h 14	- 1 .30	- 1 .89	51 .57	+ 0 .19	
26	C. D.	55 .84	28	- 1 .80	- 2 .61	53 .23	+ 1 .85	
		52 .12	34	- 1 .90	- 2 .76	49 .36	- 2 .02	
		53 .77	42	- 2 .04	- 2 .93	50 .84	- 0 .54	
		50 .32	48	- 2 .06	- 2 .96	47 .36	- 4 .02	
		51 .22	58	- 2 .34	- 3 .39	47 .83	- 3 .55	
		21-X	20	E. P.				

TABELLA I

Data	Gruppo	Osserv.	α 167° 40'	Ora	$t_2 - t_1$ (°C)	δ ($c = 1$)	Angoli corretti di δ	Scarti
20-X	11	E. P.	53'' .05	42	-1'' .65	-2'' .39	50'' .66	-0'' .72
			55 .36	53	-2 .00	-2 .90	52 .46	+1 .08
			57 .49	11 ^h 01	-2 .30	-3 .34	54 .15	+2 .77
			55 .78	12	-2 .33	-3 .38	52 .40	+1 .02
			57 .25	20	-2 .50	-3 .63	53 .62	+2 .24
20-X	12	C. D.	56 .85	24	-2 .55	-3 .70	53 .15	+1 .77
			50 .99	45	-2 .30	-3 .34	47 .65	-3 .73
			52 .72	12 ^h 00	-2 .20	-3 .19	49 .53	-1 .85
			54 .50	18	-2 .15	-3 .12	51 .38	+0 .00
			55 .40	25	-2 .40	-3 .48	51 .92	+0 .54
21-X	21	E. P.	53 .51	37	-2 .22	-3 .22	50 .29	-1 .09
			58 .00	47	-2 .15	-3 .12	54 .88	+3 .50
			54 .94	30	-1 .61	-2 .33	52 .61	+1 .23
			54 .85	36	-1 .55	-2 .25	52 .60	+1 .22
			54 .66	43	-1 .66	-2 .41	52 .25	+0 .87
20-X	13	E. P.	53 .83	50	-1 .65	-2 .39	51 .44	+0 .06
			53 .22	57	-1 .92	-2 .78	50 .44	-0 .94
			54 .61	13 ^h 07	-2 .00	-2 .90	51 .71	+0 .33
			54 .15	12 ^h 53	-2 .10	-3 .05	51 .10	-0 .28
			55 .12	57	-2 .15	-3 .12	52 .00	+0 .62
21-X	22	C. D.	53 .72	13 ^h 11	-1 .90	-2 .76	50 .96	-0 .42
			54 .20	16	-1 .90	-2 .76	51 .44	+0 .06
			53 .13	22	-1 .85	-2 .68	50 .45	+0 .93
			53 .70	17	-2 .28	-3 .31	50 .39	-0 .99
			54 .09	25	-1 .60	-2 .35	51 .74	+0 .36
20-X	22 bis 14	E. P. C. D.	53 .14	31	-1 .47	-2 .13	51 .01	-0 .37
			52 .96	38	-1 .49	-2 .16	50 .80	-0 .58
			53 .56	46	-1 .37	-1 .99	51 .57	+0 .19
			53 .76	53	-1 .83	-1 .83	51 .93	+0 .55
			52 .14	14 ^h 23	-1 .78	-2 .58	49 .56	-1 .82
20-X	15	E. P.	50 .28	15 ^h 30	-0 .85	-1 .23	49 .05	-2 .33
			50 .40	40	-0 .71	-1 .03	49 .37	-2 0.1
			51 .99	50	-0 .57	-0 .83	51 .16	-0 .22
			51 .47	16 ^h 00	-0 .42	-0 .61	50 .86	-0 .52
			54 .30	16 ^h 08	-0 .30	-0 .44	53 .86	+2 .48
20-X	16	C. D.	50 .27	17 ^h 35	+0 .07	+0 .10	50 .37	-1 .01
			50 .05	42	+0 .00	-	50 .05	-1 .33
			50 .00	48	+0 .05	+0 .07	50 .07	-1 .31
			49 .96	56	+0 .05	+0 .07	50 .03	-1 .33
			49 .93	18 ^h 01	+0 .05	+0 .07	50 .00	-1 .38
	17	E. P.	50 .43	06	+0 .07	+0 .10	50 .53	-0 .85
			49 .57	15	+0 .08	+0 .12	50 .69	-0 .69
			49 .31	23	+0 .08	+0 .12	49 .43	-1 .95
			50 .12	37	+0 .11	+0 .16	50 .28	-1 .10
			49 .48	19 ^h 00	+0 .17	+0 .10	49 .58	-1 .80
20-X	17	E. P.	50 .61	25	+0 .08	+0 .12	50 .73	-0 .65
			50 .42	33	+0 .08	+0 .12	52 .54	-0 .84
			50 .04	41	+0 .11	+0 .28	50 .32	-1 .06
			49 .37	47	+0 .20	+0 .29	49 .66	-1 .72
			50 .08	53	+0 .10	+0 .15	50 .23	-1 .15
51 .13	20 ^h 00	+0 .00	+0 .00	51 .13	-0 .25			

TABELLA I

Data	Gruppo	Osserv.	δ 167° 40'	Ora	$t_2 - t_1$ (°C)	δ ($\epsilon = 1$)	Angoli corretti di δ	Scarti
19-X	7	C. D.	50'' .56	19 ^h 35	+ 0'' .20	+ 0'' .29	50'' .85	- 0'' .53
			50 .15	47	+ 0 .07	+ 0 .10	50 .25	- 1 .13
			49 .51	55	+ 0 .00	+ 0 .00	49 .51	- 1 .87
			50 .64	20 ^h 02	- 0 .05	- 0 .07	50 .57	- 0 .81
			49 .26	12	+ 0 .10	+ 0 .14	49 .40	- 1 .98
20-X	18	C. D.	49 .68	07	+ 0 .00	+ 0 .00	49 .68	- 1 .70
			51 .48	14	+ 0 .00	+ 0 .00	51 .48	+ 0 .10
			50 .01	21	+ 0 .00	+ 0 .00	50 .01	- 1 .37
			51 .52	28	+ 0 .00	+ 0 .00	51 .52	+ 0 .14
19-X	8	E. P.	50 .37	21 ^h 05	+ 0 .11	+ 0 .16	50 .53	- 0 .85
			50 .75	12	+ 0 .03	+ 0 .04	50 .79	- 0 .59
			51 .95	33	+ 0 .01	+ 0 .01	51 .96	+ 0 .58
19-X	9	C. D.	51 .97	40	+ 0 .00	+ 0 .00	51 .97	+ 0 .59
			51 .57	55	+ 0 .05	+ 0 .07	51 .64	+ 0 .26
			50 .46	22 ^h 03	+ 0 .07	+ 0 .10	50 .56	- 0 .82
			51 .40	15	+ 0 .22	+ 0 .32	51 .72	+ 0 .34
			50 .75	24	+ 0 .20	+ 0 .29	51 .04	- 0 .34
	52 .23	33	+ 0 .20	+ 0 .29	52 .52	+ 1 .14		
	49 .24	41	+ 0 .20	+ 0 .29	49 .53	- 1 .85		
	50 .48	47	+ 0 .20	+ 0 .29	50 .77	- 0 .61		
	48 .70	55	+ 0 .20	+ 0 .29	48 .99	- 2 .39		
	50 .31	23 ^h 05	+ 0 .21	+ 0 .30	50 .61	- 0 .77		
	48 .26	11	+ 0 .22	+ 0 .32	48 .58	- 2 .80		
50 .68	18	+ 0 .10	+ 0 .15	50 .83	- 0 .55			
51 .27	26	- 0 .10	- 0 .15	51 .12	- 0 .26			

TABELLA II

Ore	$c = 1$	$c = 2$	$c = 3$	$c = 4$	$c = 5$	$c = 6$	$c = 7$	$c = 8$	$c = 9$
0-2	+ 0.32	+ 0.29	+ 0.28	+ 0.26	+ 0.23	+ 0.21	+ 0.18	+ 0.15	+ 0.11
2-4	+ 0.19	+ 0.17	+ 0.17	+ 0.15	+ 0.14	+ 0.12	+ 0.11	+ 0.09	+ 0.06
4-5	+ 0.13	+ 0.12	+ 0.11	+ 0.10	+ 0.09	+ 0.09	+ 0.07	+ 0.06	+ 0.04
5-6	+ 0.28	+ 0.24	+ 0.24	+ 0.22	+ 0.20	+ 0.18	+ 0.16	+ 0.13	+ 0.09
6-7	+ 0.28	+ 0.24	+ 0.24	+ 0.22	+ 0.20	+ 0.18	+ 0.16	+ 0.13	+ 0.09
7-8	- 0.44	- 0.40	- 0.38	- 0.35	- 0.32	- .028	- 0.25	- 0.20	- 0.14
8-9	- 1.90	- 1.76	- 1.65	- 1.53	- 1.38	- 1.23	- 1.09	- 0.89	- 0.63
9-10	- 1.90	- 1.76	- 1.65	- 1.53	- 1.38	- 1.23	- 1.09	- 0.89	- 0.63
10-11	- 2.58	- 2.39	- 2.24	- 2.08	- 1.87	- 1.67	- 1.48	- 1.21	- 0.85
11-12	- 3.16	- 2.92	- 2.75	- 2.55	- 2.29	- 2.05	- 1.81	- 1.48	- 1.05
12-13	- 3.07	- 2.84	- 2.67	- 2.48	- 2.23	- 1.99	- 1.76	- 1.44	- 1.02
13-14	- 2.30	- 2.22	- 2.09	- 1.94	- 1.74	- 1.56	- 1.38	- 1.13	- 0.80
14-15	- 2.18	- 2.01	- 1.89	- 1.75	- 1.58	- 1.41	- 1.25	- 1.02	- 0.72
15-16	- 1.03	- 0.95	- 0.89	- 0.83	- 0.75	- 0.67	- 0.59	- 0.48	- 0.34
16-17	- 0.38	- 0.25	- 0.33	- .030	- 0.27	- 0.24	- 0.22	- 0.18	- 0.12
17-18	+ 0.09	+ 0.08	+ 0.08	+ 0.07	+ 0.06	+ 0.06	+ 0.05	+ 0.04	+ 0.03
18-19	+ 0.10	+ 0.09	+ 0.09	+ 0.08	+ 0.07	+ 0.07	+ 0.06	+ 0.05	+ 0.03
19-20	+ 0.17	+ 0.16	+ 0.15	+ 0.14	+ 0.13	+ 0.11	+ 0.10	+ 0.08	+ 0.06
20-21	+ 0.01	+ 0.01	+ 0.01	+ 0.01	+ 0.01	+ 0.01	+ 0.01	+ 0.01	+ 0.01
21-22	+ 0.03	+ 0.03	+ 0.03	+ 0.02	+ 0.02	+ 0.02	+ 0.02	+ 0.01	+ 0.01
22-23	+ 0.29	+ 0.28	+ 0.25	+ 0.23	+ 0.21	+ 0.19	+ 0.17	+ 0.14	+ 0.10
23-24	+ 0.12	+ 0.11	+ 0.10	+ 0.09	+ 0.08	+ 0.08	+ 0.07	+ 0.05	+ 0.04

TABELLA III

Ore	$t_2 - t_1$	$c = 1$	$c = 2$	$c = 3$	$c = 4$	$c = 5$	$c = 6$	$c = 7$	$c = 8$	$c = 9$
0-2	+ 0.22	+ 2'' .05	+ 1'' .88	+ 1'' .87	+ 1'' .83	+ 1'' .78	+ 1'' .76	+ 1'' .78	+ 1'' .82	+ 2'' .00
2-4	+ 0.13	+ 1 .21	+ 1 .11	+ 1 .10	+ 1 .08	+ 1 .05	+ 1 .04	+ 1 .05	+ 1 .08	+ 1 .18
4-5	+ 0.09	+ 0 .84	+ 0 .77	+ 0 .76	+ 0 .75	+ 0 .73	+ 0 .72	+ 0 .73	+ 0 .74	+ 0 .82
5-6	+ 0.19	+ 1 .77	+ 1 .62	+ 1 .61	+ 1 .58	+ 1 .54	+ 1 .52	+ 1 .53	+ 1 .57	+ 1 .73
6-7	+ 0.19	+ 1 .77	+ 1 .62	+ 1 .61	+ 1 .58	+ 1 .54	+ 1 .52	+ 1 .53	+ 1 .57	+ 1 .73
7-8	- 0.30	- 1 .79	- 2 .56	- 2 .55	- 2 .50	- 2 .43	- 2 .40	- 2 .42	- 2 .48	- 2 .73
8-9	- 1.31	- 12 .18	- 11 .17	- 11 .12	- 10 .90	- 10 .60	- 10 .49	- 10 .57	- 10 .83	- 11 .93
9-10	- 1.31	- 12 .18	- 11 .17	- 11 .12	- 10 .90	- 10 .60	- 10 .49	- 10 .57	- 10 .83	- 11 .93
10-11	- 1.78	- 16 .55	- 15 .18	- 15 .11	- 14 .81	- 14 .40	- 14 .26	- 14 .36	- 14 .72	- 16 .22
11-12	- 2.18	- 20 .27	- 18 .60	- 18 .51	- 18 .14	- 17 .64	- 17 .46	- 17 .59	- 18 .03	- 19 .86
12-13	- 2.12	- 19 .72	- 18 .08	- 18 .00	- 17 .64	- 17 .15	- 16 .98	- 17 .11	- 17 .53	- 19 .31
13-14	- 1.66	- 15 .44	- 14 .16	- 14 .09	- 13 .81	- 14 .43	- 13 .30	- 13 .40	- 13 .73	- 15 .12
14-15	- 1.50	- 13 .95	- 12 .80	- 12 .74	- 12 .48	- 12 .14	- 12 .02	- 12 .11	- 12 .41	- 13 .67
15-16	- 0.71	- 6 .60	- 6 .06	- 6 .03	- 5 .91	- 5 .74	- 5 .69	- 5 .73	- 5 .87	- 6 .47
16-17	- 0.26	- 2 .42	- 2 .22	- 2 .21	- 2 .16	- 1 .10	- 2 .08	- 2 .10	- 2 .15	- 2 .37
17-18	+ 0.06	+ 0 .56	+ 0 .51	+ 0 .51	+ 0 .50	+ 0 .49	+ 0 .48	+ 0 .48	+ 0 .50	+ 0 .55
18-19	+ 0.07	+ 0 .65	+ 0 .60	+ 0 .59	+ 0 .58	+ 0 .57	+ 0 .56	+ 0 .56	+ 0 .58	+ 0 .64
19-20	+ 0.12	+ 1 .12	+ 1 .02	+ 1 .02	+ 1 .00	+ 0 .97	+ 0 .96	+ 0 .97	+ 0 .99	+ 1 .09
20-21	+ 0.01	+ 0 .09	+ 0 .09	+ 0 .08	+ 0 .08	+ 0 .08	+ 0 .08	+ 0 .08	+ 0 .08	+ 0 .09
21-22	+ 0.02	+ 0 .19	+ 0 .17	+ 0 .17	+ 0 .17	+ 0 .16	+ 0 .16	+ 0 .16	+ 0 .17	+ 0 .18
22-23	+ 0.12	+ 1 .86	+ 1 .71	+ 1 .70	+ 1 .66	+ 1 .62	+ 1 .60	+ 1 .61	+ 1 .65	+ 1 .82
23-24	+ 0.08	+ 0 .74	+ 0 .68	+ 0 .68	+ 0 .67	+ 0 .65	+ 0 .64	+ 0 .65	+ 0 .66	+ 0 .73

TABELLA IV

Data	Ora	\bar{h}_D	\bar{h}_S	$t_2 - t_1$ ($^{\circ}C$)	h $c = 1$	$\bar{h}_D + h$	$\bar{h}_S - h$
19-X	0 ^h 50	16'' .56	43'' .62	+ 0.20	+ 1'' .86	18'' .42	41'' .76
	2 ^h 15	22 .83	34 .68	+ 0.20	+ 1 .86	24 .69	32 .82
	45	20 .69	39 .24	+ 0.20	+ 1 .86	22 .82	37 .38
	3 ^h 30	22 .64	37 .36	+ 0.08	+ 0 .74	23 .38	36 .62
	4 ^h 05	15 .96	44 .01	+ 0.09	+ 0 .84	16 .80	43 .17
	4 ^h 40	15 .46	44 .52	+ 0.15	+ 1 .40	16 .86	43 .12
21-X	6 ^h 05	17 .66	42 .41	+ 0.20	+ 1 .86	19 .52	40 .55
22-X	8 ^h 38	45 .75	14 .26	- 1.00	- 9 .30	36 .45	23 .56
	9 ^h 16	44 .94	15 .72	- 1.00	- 9 .30	35 .64	25 .02
	45	42 .21	17 .79	- 1.00	- 9 .30	32 .91	27 .09
	10 ^h 06	46 .25	13 .76	- 1.35	- 12 .56	33 .69	26 .32
21-X	39	50 .44	9 .00	- 1.93	- 17 .95	32 .49	26 .95
20-X	11 ^h 03	45 .13	16 .32	- 2.25	- 20 .87	24 .26	37 .19
	12 ^h 06	44 .10	15 .82	- 2.05	- 10 .07	25 .03	34 .89
21-X	48	46 .27	13 .71	- 1.75	- 16 .28	29 .99	29 .99
20-X	13 ^h 08	41 .10	19 .40	- 2.30	- 29 .39	19 .71	40 .79
21-X	35	43 .21	16 .79	- 1.80	- 17 .64	25 .57	34 .43
	14 ^h 23	46 .57	13 .42	- 1.80	- 17 .64	28 .93	31 .06
20-X	15 ^h 54	18 .03	41 .49	- 0.35	- 3 .56	14 .47	45 .05
	17 ^h 50	14 .72	45 .28	+ 0.05	+ 0 .47	15 .19	44 .81
	18 ^h 54	14 .76	45 .24	+ 0.07	+ 0 .65	15 .41	44 .59
	19 ^h 30	16 .70	43 .20	+ 0.08	+ 0 .83	17 .53	42 .37
	20 ^h 17	18 .69	41 .31	+ 0.00	+ 0 .00	18 .69	41 .31
19-X	10	12 .40	47 .61	+ 0.13	+ 1 .21	13 .61	46 .40
	21 ^h 22	7 .82	52 .85	+ 0.20	+ 0 .47	8 .29	52 .38
	22 ^h 18	1 .21	58 .79	+ 0.20	+ 1 .86	3 .07	56 .93
	23 ^h 07	4 .32	55 .62	+ 0.21	+ 1 .95	6 .27	53 .67

IL "BOLLETTINO DI GEODESIA E SCIENZE AFFINI",
riceve in scambio o in omaggio le seguenti riviste o pubblicazioni

ITALIA

- Annali Idrologici del Servizio Idrografico - Parma.
- Annali Idrologici del Servizio Idrografico - Pescara.
- Annali Idrologici del Servizio Idrografico - Roma.
- Annali Idrologici del Servizio Idrografico - Torino.
- Annali Idrologici del Servizio Idrografico. - Venezia.
- American Consulate - Firenze.
- Associazione Ottica Italiana - Firenze.
- Astronautica - Roma.
- Atti della Fondazione Giorgio Ronchi - Firenze.
- Atti dell' Istituto Matematico dell' Università di Modena.
- Atti e Rendiconti dell'Accademia Nazionale dei Lincei - Roma.
- Bollettino degli Ingegneri - Firenze.
- Bollettino della Società Italiana di Fotogrammetria e Topografia - Firenze
- Bollettino della Società Italiana di Geofisica e Meteorologia - Genova.
- Bollettino dell' Unione Matematica Italiana - Bologna.
- Bollettino del Servizio Geologico d' Italia - Roma.
- Bollettino di Geofisica teorica e applicata - Trieste.
- Cultura e Scuola - Roma.
- Eco della Stampa - Milano.
- Giornale del Genio Civile - Roma.
- Il Geometra in Italia e nel mondo - Firenze.
- Il Geometra libero professionista - Roma.
- Il Geometra - Torino.
- Luci e Immagini. - Pubblicazioni A.O.I. - Firenze.
- Notiziario della «Ricerca Scientifica». - Consiglio Nazionale delle Ricerche - Roma.
- Notiziario Tecnico Zeiss - Milano.
- Pegaso - Firenze.
- Pubblicazioni della Facoltà Scienze e Ingegneria Università - Trieste.
- Pubblicazioni dell' Istituto di Geodesia, Topografia e Fotogrammetria del Politecnico - Milano.
- Pubblicazioni dell' Istituto di Geologia Applicata e di Arte Mineraria - Napoli.
- Pubblicazioni dell' Istituto di Matematica Università di Bari.
- Pubblicazioni dell' Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti - Venezia.
- Pubblicazioni dell' Osservatorio Astrofisico di Arcetri - Firenze.

CONTRIBUTI DELL'OSSERVATORIO ASTRONOMIC DI MILANO-MERATE

NUOVA SERIE

- » 200 - G. DE MOTTONI, *Nuovi specchi telescopici metallici.*
- » 201 - F. ZAGAR, *L'Osservatorio di Milano nella storia.*
- » 202 - M. HACK, *Absolute Magnitude of O-type stars.*
- » 203 - G. DE MOTTONI, *Il nuovo riflettore di 1,37 m dell'Osservatorio di Merate.*
- » 204 - M. FRACASSINI, *The solution of the van de Hulst's integral equations for computing electron density of the solar corona.*
- » 205 - M. HACK, *The shell spectrum of W Serpentis.*
- » 206 - A. GOKGOZ, M. HACK, I. KENDIR, *Study of the spectrum of γ Tauri in 1960.*
- » 207 - J. O. FLECKENSTEIN, *Boscovich als Mitbegründer der sharischen Trigonometrie.*
- » 208 - A. MASANI, *The propagation of shock waves in the inside of Stars II.*
- » 209 - F. ZAGAR, *Galileo astronomo.*
- » 210 - E. PROVERBIO, *Condizioni per la determinazione della costante micrometrica per mezzo di coppie stellari fondamentali.*
- » 211 - A. MASOTTI, *Sopra alcuni cimeli bibliografici della Specola braidense.*
- » 212 - M. FRACASSINI, *The solution of the van de Hulst's integral equations, for computing electron density of the solar corona: general solutions, applications, and fortran programming for the IBM 1620 computer.*
- » 213 - E. PROVERBIO, *Determinazione fotografica di precisi istanti dei contatti durante l'eclisse totale di sole del 15 febbraio 1961.*
- » 214 - G. DE MOTTONI, *Considerazioni sulla Collaborazione internazionale nello studio fotografico del Pianeta Marte.*
- » 215 - M. HACK e L. PASINETTI, *Quantitative analysis of the Hydrogen - poor star ν Saggiarii.*
- » 216 - A. MASANI, *Sui recenti sviluppi della teoria delle stelle variabili.*
- » 217 - M. FRACASSINI e M. HACK, *Intensities polarization and electron density of the solar corona during the solar eclipse of 1961, february 15: ((final results) paper II.*
- » 218 - R. FARAGGIANA e M. HACK, *The magnetic star γ Equulei.*
- » 219 - E. PROVERBIO, *La variazione della latitudine di Milano (Brera) nel periodo 1960.I-1961.3.*
- » 220 - E. PROVERBIO, *Sul problema della determinazione dell'azimut strumentale meridiano.*
- » 221 - R. FARAGGIANA e M. HACK, *Results obtained from the 1961-622 eclipse of 31 Cygni.*
- » 222 - P. BROGLIA, *The ultrashort period variable SZ Lyncis.*
- » 223 - A. PASINETTI e L. E. PASINETTI, *The problem of ionising radiations in space flight.*
- » 224 - E. PROVERBIO, *Possibilità della misura di distanze nel campo topografico con metodi ottici.*
- » 225 - T. TAMBURINI, *Studio spettrofotogrammetrico di 56 Arientis.*
- » 226 - P. BROGLIA, *Light curve variations and elements of CW Cassiopeiae.*
- » 227 - A. MASANI, G. SILVESTRO, *Energy Spectrum of Neutrinos Produced in e^+ , e^- Pair annihilation.*
- » 228 - M. FRACASSINI, L. E. PASINETTI, *Study of ϵ Del; Reduction and Elaboration of the observations by the electronic computer IBM 1620.*
- » 229 - E. PROVERBIO, *Riduzione degli errori sistematici nelle osservazioni meridiane di tempo e di longitudine.*
- » 230 - E. PROVERBIO, *Sulla determinazione di differenze di longitudine per scopi geodetici.*
- » 231 - E. PROVERBIO, *Osservazioni sulla propagazione di segnali orari su 2.500 e 5.000 Mc/s durante l'eclisse totale di sole del 15 febbraio 1961.*

- » 232 - R. FARAGGIANA, *Quantitative analysis of Capricorni.*
- » 233 - A. MASANI, *La produzione di neutrini nei plasmi ad altissima temperatura.*
- » 234 - E. PROVERBIO, *Ricerche sulla marcia e sulla deriva di campioni di frequenza a quarzo.*
- » 235 - E. PROVERBIO, *Sur la détermination du facteur de qualité du Système Balancier - Spiral d'un oscillateur mécanique.*
- » 236 - M. FRACASSINI, L. PASINETTI, *Teorie e problemi attuali sulle variazioni della brillantezza della luce zodiacale (L. Z.) e anti solare (A. S.) e delle emissioni del cielo notturno (airglow) in relazione al ciclo solare e lunare.*
- » 237 - A. MASANI, R. GALLINE, T. SILVESTRO, *Neutrino Emission of Massive Star Evolutions, in the Late Stages.*
- » 238 - R. FARAGGIANA, A. GOKGOZ, M. HACK, I. KENDIR, *Spectrographic Observations of the 1962 Eclipse of 32 Cygni.*
- » 239 - C. DE CONCINI, E. PROVERBIO, *Determinazione unilaterale della differenza di longitudine tra Milano (Brera) e Solvino e valutazione critica dei metodi di riduzione.*
- » 240 - E. PROVERBIO, *Sulla determinazione delle variazioni della curvatura media di una livella e delle irregolarità di curvatura.*
- » 241 - E. PROVERBIO, *Determinazione degli errori progressivi e del passo della vite micrometrica di un micrometro di latitudine con stelle a bassa declinazione.*
- » 242 - E. PROVERBIO, *Sulla determinazione dell'equazione personale mediante osservazione di passaggi di meridiano.*
- » 243 - E. PROVERBIO, *Sulla determinazione astronomica del tempo e sull'impiego del metodo di Dollen in meridiano in determinazione di elevata precisione.*
- » 244 - E. PROVERBIO, F. CHILISTOVSKY, *Sulle variazioni a corto periodo della velocità di rotazione della terra.*
- » 245 - A. MASANI, R. GALLINO, DF. SILVESTRO, *L'astronomia del neutrino.*
- » 246 - E. PROVERBIO, L. MARTINENGI, *Programmi di riduzione su calcolatore elettronico delle osservazioni Astronomiche di Tempo e di Azimut.*
- » 247 - E. PROVERBIO, *Amplificateur de temps et dispositifs de comparaison des pendules astronomiques de précision très élevée.*
- » 248 - F. ZAGAR, *Astronomia classica e Meccanica celeste.*
- » 249 - E. PROVERBIO, *Sulla riduzione delle osservazioni fotografiche di eclissi solari in vista di applicazioni astrometriche e geodetiche di elevata precisione.*
- » 250 - A. MANARA, *La strumentazione dell'Osservatorio di Brera in Milano per l'inseguimento ottico dei satelliti artificiali.*
- » 251 - L. SANTOMAURO, *L'applicazione dell'Astrodinamica allo studio dell'alta atmosfera.*
- » 252 - G. DE FAZIO, F. JOB, E. PROVERBIO, *Programmazione delle osservazioni di stelle in meridiano col metodo di Dollen mediante calcolatore IBM 1620.*
- » 253 - M. FRACASSINI, L. E. PASINETTI, *Il contributo cometario alla luce zodiacale e all'airglow.*
- » 254 - E. PROVERBIO, F. CHILISTOVSKI, *Determinazione astronomica degli errori personali assoluti nelle osservazioni di tempo e ricerche sugli errori di catalogo.*
- » 255 - J. O. FLECKENSTEIN-GALLO, *Risultati definitivi delle osservazioni di latitudine all'Osservatorio di Brera durante l'anno geofisico 1957-1958.*
- » 256 - A. MANARA, *Sulla determinazione del sorgere e della velocità angolare dei satelliti artificiali per l'orizzonte di Milano.*
- » 257 - C. DE CONCINI, E. PROVERBIO, *Determinazione astronomica degli Azimut reciproci e dei residui di Laplace lungo la geodetica Aquileia - Opicina.*
- » 258 - E. PROVERBIO, *Preliminary declination corrections of the Milan Latitude Zenith program.*
- » 259 - E. PROVERBIO, *L'utilisation des pendules astronomiques dans la détermination des marées terrestres.*