

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA NAZIONALE
DEI LINCEI

ANNO CCCXXI
1924

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XXXIII.

1° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
PROPRIETÀ DEL DOTT. PIO BEFANI

1924

Geodesia. — *Prima campagna gravimetrica sul Carso.* Nota del Corrispondente E. SOLER (1).

La natura geologica speciale della regione carsica, così ricca di grotte, di cui adesso ben 1500 catalogate e descritte, rendeva interessante un rilievo gravimetrico con stazioni più fitte di quelle che avevano tenute gli operatori austriaci, e rendeva pure utilissima una livellazione astronomica.

Inoltre la possibilità di stazionare in qualche grotta, opportunamente scelta, dava mezzo di abordare in maniera sperimentale qualcuno dei problemi, che ancora si dibattono, sulla riduzione delle osservazioni gravimetriche al geode.

Nella campagna del 1923, della quale diamo delle notizie in questa prima Nota, ci proponemmo dunque di battere alcune stazioni dei dintorni di Trieste, e precisamente Opicina, Trebiciano, Herpelie, Pirano; riservando ad altra campagna battere delle stazioni su alture più discoste da Trieste.

Delle dette stazioni: Opicina e Pirano erano dei punti di primo ordine della triangolazione austriaca, e per Opicina esistono una latitudine ed un azimut astronomico; e nel secondo, come ad Herpelie, erano state fatte dagli operatori austriaci delle determinazioni gravimetriche e si trovò utile ripeterle con strumenti più moderni del primitivo apparato Sternek adoperato dagli austriaci, anche per avere dei dati di comparazione tra le nuove operazioni e le precedenti. La stazione di Trebiciano fu scelta perchè essa presentava la possibilità di stazionare nella grotta omonima.

I punti anzidetti furono rilegati a Padova, dove si stazionò prima e dopo la campagna.

In questa furono nostri cooperatori: per la parte gravimetrica lo ingegnere Enzo De Liguoro, assistente al Gabinetto di Geodesia della Università di Padova, e che con grande diligenza eseguì le operazioni affidategli, superando le non lievi difficoltà dello stazionamento nella grotta di Trebiciano; e per la parte astronomica il capitano di artiglieria Carlo Di Napoli dello Istituto geografico militare, il quale con pari attività eseguì le determinazioni di tempo, e determinò le latitudini astronomiche nelle stazioni di campagna.

Ad essi dobbiamo sentiti ringraziamenti pel buon esito della stessa.

(1) Presentata nella seduta del 13 gennaio 1924.

Porgiamo pure i nostri ringraziamenti al chiar.^{mo} prof. Carnera, direttore dell'Osservatorio di Trieste; al colonnello Italo Gariboldo della Commissione per la delimitazione dei confini colla Jugoslavia ed al cav. E. Boegan, Presidente della Società Alpina delle Giulie, i quali ci furono larghi di consigli e di aiuti durante la preparazione e la esecuzione della campagna.

Ringraziamo anche sinceramente: il gen. Vacchelli, Direttore dello Istituto geografico militare, il quale ci concesse l'opera del Di Napoli; il chiar.^{mo} collega prof. Antoniazzi, Direttore dell'Osservatorio di Padova, che in vario modo mostrò il suo attivo interessamento per la buona riuscita delle operazioni, ed il dott. Martin, Assistente nel detto Osservatorio, che cortesemente curò la determinazione del tempo durante la stazione di ritorno a Padova.

* * *

La campagna durò dal 1° agosto al 5 settembre 1923.

Gli strumenti adoperati per le determinazioni gravimetriche furono: una mensola bipendolare ed un *relais* di recente costruzione del meccanico Mioni dell'Osservatorio di Padova; appartenenti alla Commissione geodetica italiana.

Della costruzione di detta mensola era stata data da noi notizia nella riunione della Commissione geodetica italiana, tenuta a Firenze nel maggio 1918.

Essa è congegnata in modo che due pendoli gravimetrici di egual massa possono essere indifferentemente posti sull'uno o sull'altro piano di oscillazione. I due pendoli si fanno oscillare parallelamente alla parete alla quale è assicurata la mensola: e si ottiene la deviazione dei raggi che dal *relais* arrivano agli specchi dei pendoli, o ne vengono riflessi verso il *relais*, mediante due prismi, dotati di movimento intorno ad un asse orizzontale e ad uno verticale; e ciò permette di lasciare immutata la posizione del *relais* mentre i pendoli si cambiano.

Con tale mensola, che è di piccole dimensioni e quindi facilmente trasportabile, è possibile: 1° di determinare la flessione del rapporto con gli stessi pendoli che servono per avere il valore della gravità relativa; 2° di fare oscillare i due pendoli appesi al supporto o uno immediatamente dopo l'altro, o ambo contemporaneamente.

Possiamo dir subito che la mensola diede nelle varie stazioni ottimi risultati, essendosi mantenuta la costante della riduzione a supporto rigido sempre di 2 o 3 unità di 10^{-7} del sec.

Nelle osservazioni furono adoperati 6 pendoli di bronzo, cioè: due appartenenti al Politecnico di Milano come corredo del supporto bipendolare Mioni, costruiti verso il 1910 dello Schneider, portanti i nn. 177, 178 (1);

(1) Detti pendoli ci sono stati gentilmente prestati dal prof. Ferrario del Politecnico, e che ringraziamo sentitamente.

e quattro appartenenti al Gabinetto di Geodesia della Università di Padova, costruiti dal Mioni e portanti i nn. 1, 2, 3, 4.

I pendoli nn. 177, 178 erano stati ripetutamente adoperati dal prof. Silva, sia nelle campagne gravimetriche fatte nel 1913-14 intorno ai Colli Euganei in connessione coi nostri lavori con la bilancia di Eötvös; sia nel rilegamento gravimetrico Padova, Trieste, Pola ⁽¹⁾; ed avevano sempre dato ottimi risultati.

Tali risultati sono stati confermati durante la campagna di cui diamo breve relazione; ed anche buonissimi sono stati quelli avuti dai pendoli del Mioni.

Completava l'armamentario strumentale per la parte gravimetrica un cronometro Nardin, n. 566, a contatti elettrici, ed appartenente al Gabinetto di Geodesia di Padova.

I sei pendoli anzidetti furono accoppiati nel modo seguente: 177-178; 1-2; 3-4, essendosi per questi ultimi accoppiati quelli che furono trovati *sostituibili* dopo opportune serie di coincidenze. Colle tre coppie furono fatte almeno tre serie di osservazioni nelle varie stazioni, facendo oscillare i due pendoli l'uno dopo l'altro. La determinazione della flessione del supporto fu costantemente fatta colla coppia 177-178, ed adoperando il metodo noto del Borrass; cioè, tenendo uno dei pendoli come *motore*, si attendeva che l'altro, originariamente in quiete, si mettesse in moto, ciò che avveniva dopo 50^m circa, e quindi si leggevano le amplitudini di oscillazione di entrambi, e si adoperava per calcolare la costante σ di *riduzione a supporto rigido* la formola cui si riduce quella del Borrass per due pendoli *sostituibili*, cioè:

$$\sigma = - \frac{\alpha'}{\alpha} \cdot \frac{s_{177} \cdot s_{178}}{\pi \cdot t},$$

dove i simboli hanno significazioni note.

Le determinazioni di tempo e di latitudine nelle stazioni di campagna furono eseguite con l'Universale Bamberg, appartenente al Gabinetto di Geodesia di Padova.

Esso era stato già studiato, ed adoperato nelle campagne cennate sopra, dal prof. Silva.

Allo Universale era accoppiato il cronometro Nardin n. 32, appartenente alla Commissione geodetica italiana.

Per le determinazioni di tempo si tenne il metodo dei passaggi di stelle in meridiano, con inversione dello strumento nel mezzo dell'osservazione di ciascuna stella; e per le latitudini il metodo delle misure di distanze zenitali in meridiano.

(1) Vedi G. Silva, *Determinazioni di gravità relativa compiute nel 1919 a Padova-Trieste-Pola* (R. Commissione geod. italiana, 1920).

* * *

Rimandando ad altra più estesa pubblicazione delle notizie dettagliate sull'andamento della campagna, ed i risultati definitivi per le varie stazioni, sia in riguardo ai valori della gravità relativa che per quelli della latitudine astronomica, ci fermeremo per adesso a presentare solo quelli gravimetrici ottenuti per Trebiciano, perchè, come si accennò in principio, la possibilità di stazionare nella grotta ci ha permesso qualche deduzione sperimentale sui metodi ordinariamente adoperati per la riduzione delle osservazioni gravimetriche al geoide.

Come risulta dalla interessante descrizione di E. Boegan « *La grotta di Trebiciano*, Trieste, 1921 », l'ingresso alla stessa è a m. 341 sul livello del mare; e da detto ingresso, mediante uno stretto pozzo, quasi verticale, e profondo m. 273 circa, si arriva alla sommità di una collinetta sotterranea, alta m. 68, e dalla quale si discende verso il Timavo. Detta collinetta è sovrastata da una galleria, la cui volta è a circa m. 26 dalla sommità della collina. Le stazioni gravimetriche furono fatte: la prima all'ingresso alla grotta, e la seconda allo sbocco del pozzo sulla collinetta, cioè a m. 68 sul mare.

Fra le due stazioni intercede quindi un blocco roccioso dello spessore di m. 273 circa.

Circa la configurazione esterna del terreno, è ben noto che le doline carsiche si stendono per largo tratto con altezze variabili da 300 a 400 m.; e le maggiori alture, che non superano del resto i m. 1400, si trovano a più di 15 km. da Trebiciano.

Quindi per la *stazione esterna* è quasi nulla la riduzione topografica, ed al valore della gravità osservata g si sono applicate: 1°) la *correzione in aria libera*, colla nota formula:

$$g_0 - g = 10^{-7} \cdot 3086 \cdot H$$

dove H è l'altezza della stazione; 2°) la *correzione detta di Bouguer* con l'altra nota formula:

$$g_0'' - g_0 = 10^{-7} \cdot 412 \cdot \delta \cdot H,$$

dove si è preso $\delta = 2.5$.

Per la *stazione in grotta*, oltre le due precedenti, si è applicata la correzione topografica. Data la configurazione esterna del terreno, che si stende per circa 5 km. con altezze quasi uniformi da tutte le parti, la stazione si è potuta considerare come alla base di un cilindro, dell'altezza di 300 m. sulla stazione stessa e del raggio esterno di km. 5.

Nel caso in esame delle due parti in cui praticamente suole scomporsi la correzione topografica (1), quella non trascurabile è data, per $\delta = 1$, dalla

(1) Vedi *Die Schwerebestimmung an den Erdoberfläche*, von J. B. Messerschmitt, Braunschweig, 1908.

formula :

$$(a) \quad A_R = 8 \times 0,005154 [(r_1 - r) + \sqrt{r^2 + h^2} - \sqrt{r_1^2 + h^2}]$$

dove si è posto per r (raggio interno del cilindro), il valore 1; $r_1 = 5000$ m., ed $h = 300$; e si è moltiplicato il valore ottenuto per $\delta = 2,5$.

Si è verificato che oltre i 5 km. i prismi di altezza media di m. 350 o di m. 400 sulla stazione, danno incrementi trascurabili.

Si riassumono qui i valori delle correzioni ottenuti per le due stazioni, indicate con T_1 e T_2 ; ed avendo poi indicato con A_A e A_B le correzioni in aria libera e quella di Bouguer :

	T_1	T_2
	<i>cm</i>	<i>cm</i>
A_A	+ 0,105	+ 0,021
A_B	- 0,034	- 0,007
A_r	—	+ 0,030

Con detti valori si sono corretti i valori della gravità, determinati per le due stazioni con la formula ordinariamente adoperata :

$$g' - g = -2g \frac{S' - S}{S},$$

dove S' ed S sono le medie delle durate di oscillazione in ciascuna delle stazioni ed a Padova.

Per valore di gravità g nella stazione di riferimento, Padova, si è preso quello risultante da diverse serie di osservazioni fatte in epoche differenti, cioè $g = 980,658$. Si è ottenuto quindi come valore di gravità osservata nelle due stazioni:

$$g_{T_1} = 980,591 \quad g_{T_2} = 980,624.$$

Accenneremo, che ricavato l'errore della media dalle durate di oscillazione per le due serie di osservazioni di Padova (andata e ritorno) e per quelle delle due stazioni di Trebiciano, adoperando la formula :

$$m = \pm \sqrt{\frac{[v^2]}{n(n-1)}},$$

si è avuto poi come errore medio delle differenze $S' - S$:

$T_1 - \text{Padova (I, II)}$	$T_2 - \text{Padova (I, II)}$
$\pm 6,2 \times 10^{-7}$	$\pm 5,7 \times 10^{-7}$

Quindi dalla formula:

$$M_{g-g'} = \frac{2g}{S} M_{s'-s}$$

segue che i precedenti valori g_{T_1} e g_{T_2} possono ritenersi affetti dallo error medio

$$\pm 0,002, 3. \text{ cm}$$

Tutti i risultati sono riassunti nella seguente tabella, dove con γ è indicato il valore teorico della gravità dedotto dalla formola di Helmert del 1909; e con g'' per la stazione di Trebiciano *grotta* s'intende il valore osservato dopo corretto per la formola di Bouguer e per quella topografica.

STAZIONE	φ	H	g	g_0	g''_0	γ	$g_0 - \gamma$	$g''_0 - \gamma$
Trebiciano. (esterna)	45° 41' 5"	341 m	980.591 ^{cm}	980.696 ^{cm}	980.662 ^{cm}	980.678 ^{cm}	+ 0.018 ^{cm}	- 0.016 ^{cm}
Trebiciano. (grotta)	"	68	980.624	980.645	980.668	"	- 0.033	- 0.010

La considerazione dei due valori così prossimi ottenuti per g''_0 per le due stazioni, che si trovano sulla stessa verticale, ma separate come si disse prima, da un blocco roccioso, porterebbe alla deduzione, che, ove la configurazione del terreno si presta ad una valutazione geometrica attendibile delle masse vicine, le formule ordinarie rispondono, a meno di quelle incertezze inevitabili per la natura del problema.

Ci proponiamo nella ventura campagna di stabilire delle stazioni all'incirca sulla stessa verticale, ma con maggiore dislivello, ed in terreno più vario, per vedere se si torna alla stessa coincidenza per i valori di g ridotti al geode.

Nelle considerazioni precedenti, che si riferiscono alle ordinarie formule di riduzione, non entrano quelle sulla opportunità o meno, che si tenga anche conto della *riduzione isostatica* per riportare la gravità osservata al geode, e ciò sarebbe oggetto di più lunga discussione.