

## 2. CALCOLI PRELIMINARI.

Per procedere ai calcoli è necessario, com'è noto, un controllo delle misure di campagna per eliminare eventuali errori grossolani e per circoscrivere le eventuali misure fuori tolleranza che dovranno essere ripetute.

Nei lavori di triangolazione un immediato controllo si ha con la chiusura dei triangoli e con i ritorni laterali. In ogni caso si opera (a meno di semplici riduzioni ai centri trigonometrici per stazioni o mire eccentriche) sugli angoli osservati o sui seni di questi.

Non è così nel caso della trilaterazione. Per controllare se le misure dei lati del quadrilatero o del poligono sono congruenti o meno della tolleranza, è necessario un esame più complesso che, comunque condotto, richiede innanzi tutto la riduzione, in funzione delle quote (nel caso in esame assolutamente incognite), della distanza spaziale misurata in distanza geodetica.

Il calcolo delle quote ha avuto quindi la priorità su tutti i calcoli preliminari che si sono svolti con il seguente schema :

- Determinazione della correzione dei barometri e calcolo delle pressioni corrette.
- Determinazione dei dislivelli (Formola di Laplace) e calcolo delle quote compensate<sup>1</sup>.
- Interpretazione dei tempi misurati per ottenere il tempo mediato.
- Determinazione monografica dell'indice di rifrazione e calcolo del tempo corretto e della distanza telluometrica.
- Riduzione alla geodetica.

Per il calcolo del dislivello sono stati tabulati i termini  $\log A$  e  $\log B$ ; il termine  $\log C$  si è ritenuto costante. È stato trascurato il termine  $\log D$  (funzione dell'altitudine), in quanto nel caso in esame non incide sulla quarta cifra logaritmica.

Sono inoltre stati tabulati i tre termini della riduzione alla geodetica.

## 3. CONTROLLO DELLE MISURE E CALCOLO DELLE COORDINATE.

Ottenute in tal modo le geodetiche si è proceduto allo sviluppo dei calcoli delle coordinate; questi calcoli sono stati condotti con due diversi metodi per le zone Nord e Sud, limitate pressoché dal 26° parallelo.

Nella parte Nord i calcoli sono stati condotti con metodo logaritmico e sviluppati sull'ellissoide, mentre nella zona Sud i calcoli sono stati sviluppati sul piano conforme di Gauss (sistema UTM) operando con macchine calcolatrici.

<sup>1</sup> D. DIGIESI: Misure altimetriche in base alla pressione atmosferica. I.G.M., 1941.

Ciò ha permesso con confronto fra i due metodi, con tutto vantaggio per il secondo che si è dimostrato molto più pratico e più celere. Si ricorda l'opportunità, o meglio la necessità, di disporre di risultati pressoché definitivi con gli operatori ancora in zona, per eventuali rifacimenti ed anche per fornire i dati di partenza per le poligonali.

a) *Zona Nord.* - Il calcolo delle catene della zona Nord si è svolto secondo lo schema (caso dei quadrilateri):

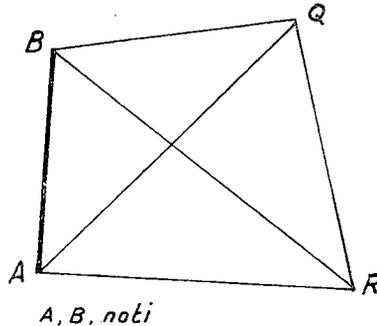


Fig. 1

- Risoluzione dei trilateri (Formule di Briggs).
- Calcolo dell'eccesso sferico e formazione degli angoli ellissoidici.
- Controllo del ritorno angolare (Fig. 1).

$$(\hat{A}BQ = \hat{A}BR + \hat{R}BQ; \hat{B}QR = \hat{B}QA + \hat{A}QR, \text{ ecc.})$$

- Formazione degli azimut.
- Trasporto delle coordinate (Formula di Kruger) con le varie combinazioni.
- Media dei risultati (Coordinate di Q e R).
- Calcolo dell'azimut e distanza fra Q e R (Formule di Gauss).

L'azimut così ottenuto serviva per la formazione degli azimut del quadrilatero (o poligono) successivo, mentre la distanza veniva confrontata con quella misurata. La differenza permetteva di valutare la precisione conseguita.

Il calcolo dei poligoni è avvenuto con procedimento analogo; il controllo in tal caso avviene, com'è noto, con la somma a  $360^\circ$  degli angoli uscenti dal punto centrale.

Il calcolo delle poligonali è stato condotto col normale metodo di trasporto successivo delle coordinate e la compensazione è avvenuta operando distintamente sugli angoli e sulle coordinate.

b) *Zona Sud.* - Al termine del lavoro nella zona Nord, è stato possibile un riesame dell'organizzazione del futuro lavoro, con particolare riguardo

ai calcoli, in quanto fu ribadita l'assoluta necessità che questi dovevano seguire immediatamente e con lo stesso ritmo il lavoro di campagna.

Stabilito di effettuare i calcoli sul piano UTM, è stata esaminata la possibilità di impiegare il metodo grafico per ottenere le coordinate approssimate dei punti, necessarie per ricavare il valore del modulo di deformazione lineare, col quale trasformare la distanza geodetica in distanza piana (corda) con un'incertezza inferiore all'errore intrinseco delle distanze telluometriche.

Una semplice e rapida analisi ha condotto a stabilire che la conoscenza della coordinata E a meno di 100 metri e la limitazione al 1° termine nella formula del modulo, erano sufficienti per garantire, anche nel caso più sfavorevole, la riduzione con un'incertezza, assolutamente accettabile, di 2 o 3 centimetri.

Furono pertanto approntati dei grafici (su supporti indeformabili di formato 70 × 100 cm) del reticolato UTM alla scala 1 : 200000. Su questi è stato possibile riportare le figure trilaterate con l'approssimazione richiesta del mezzo millimetro. In questa operazione è stato inoltre possibile eliminare assai facilmente le incertezze dei 1500 e dei 150 metri di qualche misura telluometrica.

Tracciati così i lati sul grafico e letti all'ettometro i valori della coordinata E agli estremi (valori espressi in q, essendo  $q = E \cdot 10^{-6}$ ) si è ottenuto il valore del modulo K, con un rapidissimo calcolo meccanico, in funzione dei valori di T e q riportati sui grafici (Fig. 2).

$$K = 0,9996 + (q_1^2 + q_1 q_2 + q_2^2) T_m$$

in cui:  $T = \frac{0,9996 \text{ XVIII}}{3} q = E \cdot 10^{-6}$

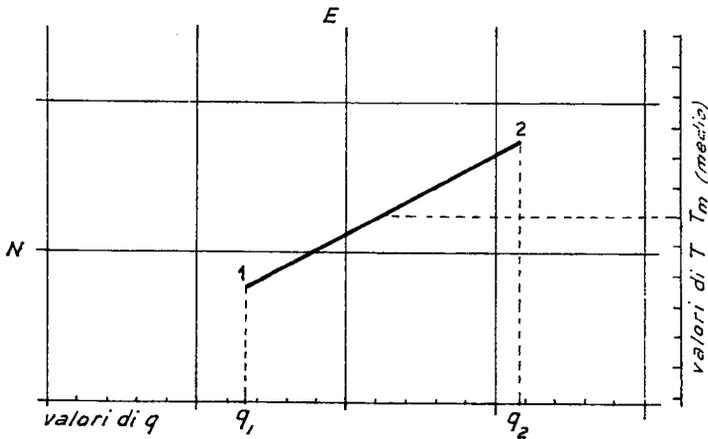


Fig. 2

essendo XVIII il termine tabulato nelle tavole AMS<sup>1</sup>

$$\text{XVIII} = \frac{1 + e' \cos^2 \varphi}{2N^2} \cdot \frac{1}{K_0} \cdot 10^{12}$$

Il lato gaussiano o corda si è ottenuto con il semplice prodotto della distanza geodetica per il modulo, potendo trascurare la differenza fra la lunghezza della corda e la lunghezza della trasformata.

Dopo questa operazione a carattere preliminare, i calcoli sono stati condotti come segue, con notevole evidente semplificazione rispetto a quelli eseguiti sull'ellissoide.

- Risoluzione dei trilateri (formula di Carnot, più idonea al calcolo meccanico).
- Controllo del ritorno angolare. (Nella ricerca di eventuali misure errate o male interpretate, si è usato il metodo grafico delle « rette di distanza » assai semplice nelle operazioni sul piano).
- Formazione delle anomalie.
- Trasporto delle coordinate (con le semplici formule della trigonometria piana) secondo diverse combinazioni.
- Media dei risultati.
- Calcolo dell'anomalia e della distanza (formule di trigonometria piana) per l'utilizzazione come nel caso precedente.
- Controllo delle coordinate del grafico ed eventuale rettifica per evitare l'accumulo delle imprecisioni grafiche.

I vantaggi delle operazioni sul piano sono stati ancor più evidenti nel calcolo delle poligonalì.

Gli angoli misurati (media di 8 strati con teodolite Zeiss II) sono stati ridotti al piano mediante rapide determinazioni di « riduzioni alla corda » possibili con l'impiego dei grafici al 200000 già ricordati (Fig. 3).

Riportate su questi le poligonalì e suddivisi in tre parti i lati, si leggono i valori  $q_1$  e  $q_2$ . I valori delle riduzioni alla corda agli estremi 1 e 2 sono:

$$C_{1-2} = 0,8485 \Delta_N (2q_1 + q_2)$$

$$C_{2-1} = 0,8485 \Delta_N (2q_2 + q_1)$$

essendo

$$q_1 = \frac{2E'_1 + E'_2}{3} \cdot 10^{-6} \qquad q_2 = \frac{2E'_2 + E'_1}{3} \cdot 10^{-6}$$

<sup>1</sup> ARMY MAP SERVICE: Universal Transverse Mercator Grid Tables for lat. 0°-80° Technical Manual N. 6.

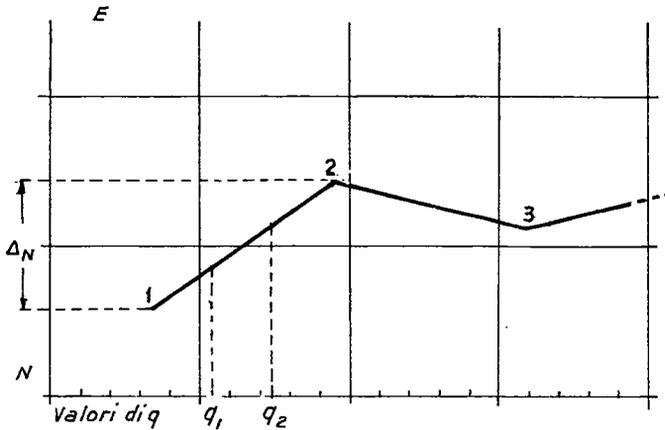


Fig. 2

$$0,8495 = \frac{1}{2\rho N \cdot 0,9996^{\text{arc } 1''}}$$

costante per lavori di  $C$  a  $\pm 0,1$ .

#### 4. COMPENSAZIONE GENERALE.

Le coordinate ottenute sia con un metodo o con l'altro, sono state considerate provvisorie in attesa della chiusura degli anelli e di una compensazione rigorosa prevista col metodo « per variazione di coordinate », possibile solo con l'impiego di macchine calcolatrici elettroniche.

Risultando queste chiusure, come si illustrerà al Convegno, contenute entro limiti compatibili con la tolleranza imposta, la compensazione degli anelli è avvenuta trattando i poligoni « interni » ed « esterni » delle catene come poligonali.

I vantaggi di rapidità e di costo hanno prevalso su quelli di una compensazione rigorosa.