

TACHEOMETRI ED AUTORIDUTTORI MODERNI

Dott. Ing. Antonio Dragonetti

1. — PREMESSA.

Non è esatto considerare la topografia come una semplice applicazione della geometria pratica e professionale, nella quale i principi teorici sono considerati per lo più elementari e fondati su poche ed immutabili nozioni matematiche. Questa concezione statica della topografia, radicata in molte persone non dedite a questa disciplina, è errata al giorno d'oggi. La topografia attuale è tutt'altra cosa. E' una materia viva, in continuo progresso e con fior di basi matematiche.

Anche se si lascia da parte la sua più recente applicazione, la fotogrammetria, e si vuole soltanto parlare degli strumenti topografici ed in particolare dei tacheometri e degli autoriduttori, il progresso è stato notevole. Si può dire che gli attuali strumenti sono dei veri gioielli della meccanica e dell'ottica di precisione, che non hanno nulla da invidiare alle più perfette macchine costruite in qualsiasi campo della tecnica.

E' doveroso ricordare che un notevole impulso al perfezionamento degli strumenti topografici è stato dato nella seconda metà del secolo scorso dal Prof. Ignazio Porro, che cent'anni fa fondò in Milano una « Scuola-Officina per la preparazione professionale di maestranze superqualificate per la progettazione e la fabbricazione di strumenti di alta precisione ». Al Porro, che fu professore di celerimensura nel Politecnico di Milano, si devono sia la costruzione dei cleps e dei tacheometri, sia la divulgazione metodica della misura ottica delle distanze e dell'uso delle coordinate polari in sostituzione di quelle rettangolari. L'opera del Porro fu poi continuata dal Sen. Angelo Salmoiraghi, che dette notevole impulso alla fabbrica di strumenti topografici, che porta il suo nome ed attualmente fa parte del gruppo Iri.

Dal 1890 al 1910 circa c'è stato un periodo di stasi. Ma, dopo il 1908 e successivamente dopo la prima guerra mondiale, i nuovi principi costruttivi ideati dal Dott. Henri Wild presso le case Zeiss, Wild e Kern con l'introduzione del cannocchiale di lunghezza costante, delle livelle a coincidenza e dei microscopi a coincidenza, per dire delle principali innovazioni, hanno dato un vigoroso impulso alla costruzione degli strumenti topografici, che hanno raggiunto i perfezionamenti attuali. Tali perfezionamenti hanno portato una vera rivoluzione sia nel campo delle misure, sia in quello delle applicazioni pratiche.

Le misure sono oggi più facili, più rapide e più precise. Le rettifiche degli strumenti sono ridotte al minimo, perché già garantite dalle fabbriche con collaudi rigorosi. Ora l'utilità della topografia non è soltanto limitata alla costruzione delle carte ed alla esecuzione dei rilievi per tutti gli scopi civili e militari, quali i progetti tecnici, i piani urbanistici, i piani di bonifica in agricoltura, il catasto, l'estimo e la difesa del territorio nazionale. Oggi l'uso degli strumenti topografici si è esteso all'industria per controlli e lavorazioni speciali. Gli studenti poi, che si dedicano allo studio della topografia, imparano ad eseguire misure e calcoli di una certa esattezza, superiore a quella necessaria negli altri campi della tecnica, e si abituanano all'ordine ed alla precisione con grande vantaggio per la loro formazione professionale.

2. — I TACHEOMETRI.

2.1 — *Schema del tacheometro.*

Il tacheometro, cioè il misuratore veloce, è il goniometro di media pre-

cisione più usato e più diffuso nei normali lavori topografici. Esso serve a misurare angoli azimutali, angoli zenitali e indirettamente le distanze mediante stadie verticali ed orizzontali.

Innanzitutto è bene dare un'occhiata ai vantaggi pratici di un goniometro moderno rispetto ad uno vecchio. Mentre in un goniometro vecchio (v. fig. 1) per le misure angolari si devono fare ben dieci operazioni, in uno nuovo (v. fig. 2) se ne fanno soltanto due. Come si vede, il goniometro nuovo è più compatto, più piccolo, pesa di meno, ha un solo microscopio di lettura per entrambi i cerchi, è di uso più facile e più preciso.

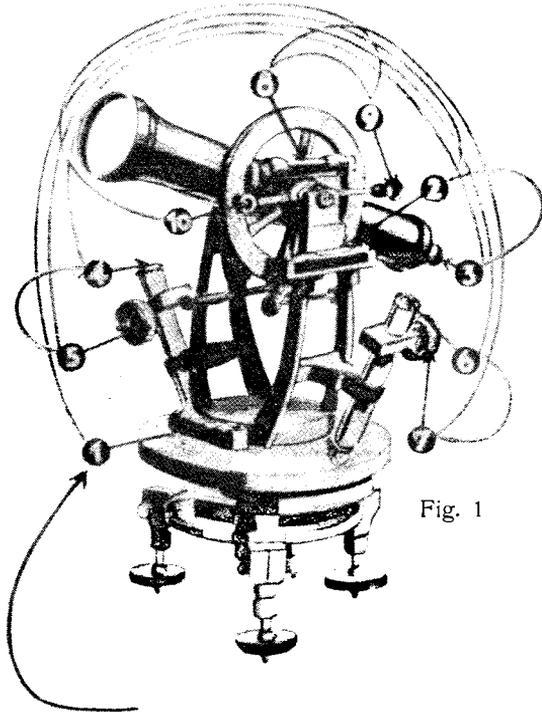


Fig. 1

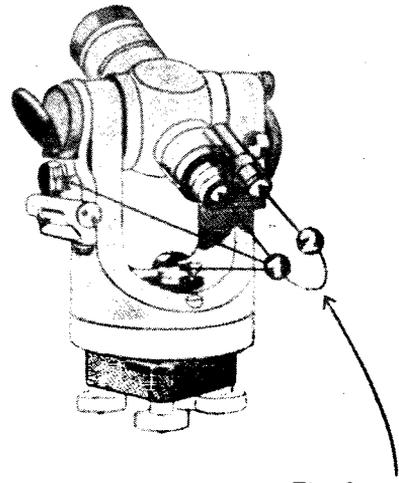


Fig. 2

Le parti principali di un tacheometro moderno, schematizzate nella fig. 3, sono: il basamento con bronzina cilindrica e tre viti calanti, il cerchio orizzontale di vetro ottico, l'alidada con i montanti ed i relativi cuscinetti, il cannocchiale di lunghezza costante praticamente anallattico, il cerchio verticale di vetro ottico, il microscopio di lettura dei cerchi posto di fianco al cannocchiale, la livella sull'alidada, la livella zenitale (di solito a coincidenza) sugli indici del cerchio verticale ed eventualmente la livella sul cannocchiale per l'uso del tacheometro come un livello.

Il reticolo del cannocchiale è distanziometrico, cioè oltre alla normale croce di fili porta incisi due tratti simmetrici orizzontali e verticali. Per la misura delle distanze con il reticolo si usano stadie verticali.

Per le letture ad entrambi i cerchi si ha un unico microscopio composto particolare, che può essere a stima, a scala, a nonio, con micrometro ottico, a doppi cerchi.

Il tacheometro è munito di declinatore magnetico, utile per la misura degli azimut magnetici e per l'orientamento approssimato di un rilievo.

Il tacheometro è ripetitore, cioè il cerchio orizzontale può fissarsi sia al basamento sia all'alidada, con un opportuno sistema a frizione per poter fare

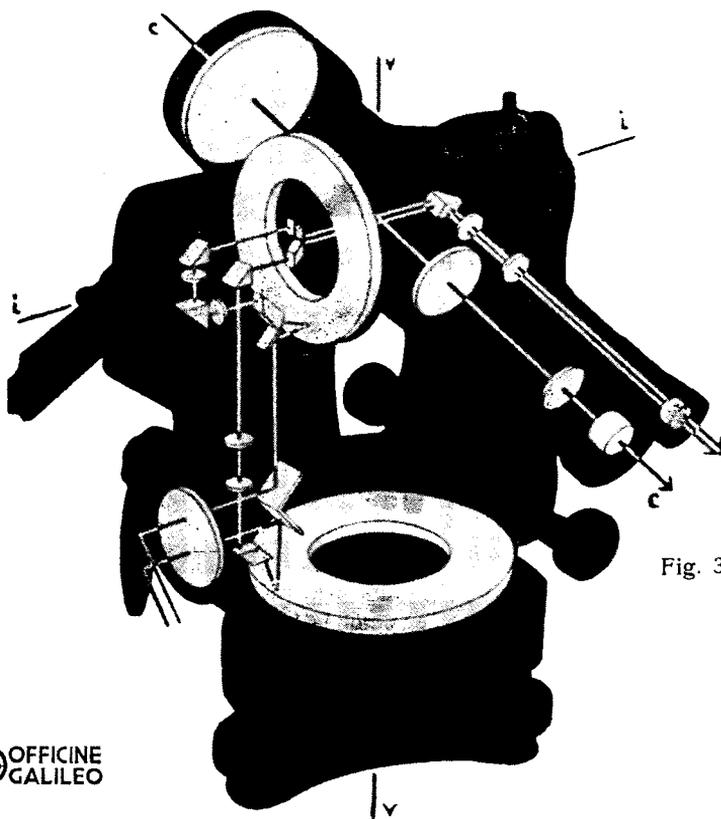


Fig. 3



gli orientamenti del cerchio orizzontale.

Oggi si costruiscono anche strumenti detti teodoliti-tacheometri, che possono essere usati come teodoliti o come tacheometri di precisione. Questi ultimi sono reiteratori, cioè col cerchio orizzontale indipendente: con essi si possono fare lo stesso gli orientamenti, perché la rotazione del cerchio orizzontale può farsi abbastanza finemente con apposita vite a cremagliera.

Per il centramento dello strumento sul punto di stazione si usano, oltre al piombino normale, il piombino ottico, il piombino a bastone ed anche speciali treppiedi centranti.

Per rilievi in miniera si hanno l'illuminazione elettrica e l'oculare spezzato. Per centramenti nadirali e zenitali in lavori speciali si può usare un piombino ottico di precisione.

Per la misura indiretta delle distanze di precisione si adoperano particolari prismi posti davanti all'obbiettivo con stadie orizzontali.

Per le poligonal di precisione si usano tre treppiedi ie tre basamenti uguali, che consentono di evitare gli errori di centramento dello strumento e dei segnali.

2.2 — Condizioni di costruzione e rettifica del tacheometro.

Nel tacheometro si distinguono tre assi fondamentali (v. fig. 3): l'asse primario o di rotazione dell'alidada v-v, l'asse secondario o di rotazione del cannocchiale i-i e l'asse di collimazione c-c (che congiunge il centro del reticolo con il secondo punto nodale della lente obbiettiva).

Per la misura corretta degli angoli azimutali e zenitali occorre che siano soddisfatte le condizioni di costruzione e rettifica.

Per le condizioni di costruzione i tre assi devono incontrarsi nel centro dello strumento, l'asse primario deve essere perpendicolare al piano del cerchio azimutale e passare per il suo centro, l'asse secondario deve essere perpendicolare al piano del cerchio verticale e passare per il suo centro, la graduazione dei cerchi deve essere esatta e le costanti del cannocchiale distanziometrico devono essere esatte. Queste condizioni sono già garantite dalle case costruttrici in relazione alla precisione degli strumenti.

Le condizioni di rettifica, che devono essere verificate ed eventualmente eseguite dall'operatore, sono: l'asse primario deve essere verticale, l'asse secondario orizzontale, l'asse di collimazione perpendicolare all'asse secondario. L'asse primario si rende verticale con la livella sull'alidada nel modo noto ed è bene eseguire una prerettifica centrando la livella sferica.

Le altre due rettifiche non si fanno: quella dell'asse secondario non si può fare in modo assoluto, per ragioni costruttive a causa del veicolo ottico del microscopio di lettura, ed è già garantita dalla fabbrica; quella dell'asse di collimazione, pure garantita dalla fabbrica, è bene non farla per la difficoltà di manovrare le viti del reticolo protette da un coperchietto.

2.3 — Misura degli angoli azimutali.

Nei rilevamenti di dettaglio e nella celerimensura il tacheometro si usa nella sola posizione fondamentale C.S. e, poiché si orienta sempre il cerchio nella direzione origine, la sola lettura al cerchio orizzontale dà l'angolo azimutale dei vari punti di dettaglio.

Nelle poligonali di solito ciascun angolo si misura due volte nelle posizioni coniugate C.S. e C.D. dello strumento, e si fa la media delle due misure in modo da applicare la regola di Bessel: in questo modo si eliminano non solo gli errori strumentali residui di collimazione e inclinazione, ma anche tutti gli errori di eccentricità compreso quello del cerchio (di conseguenza il solo microscopio di lettura si dimostra sufficiente, per il fatto che con la regola di Bessel viene a trovarsi in due posizioni diametralmente opposte). Poiché con la regola di Bessel non si elimina l'errore di verticalità, occorre controllare che la livella sull'alidada sia sempre centrata, specialmente per le visuali prossime ai 45°.

Nelle poligonali di precisione e nelle piccole triangolazioni si possono misurare gli angoli più volte con il metodo della reiterazione, per eliminare non solo gli errori di graduazione del cerchio, ma particolarmente gli errori accidentali.

L'errore medio di un angolo azimutale, misurato col tacheometro, va da 1' oppure 1° a 0,1' oppure 0,1°.

2.4 — Misura degli angoli zenitali.

Nei rilevamenti di dettaglio e nella celerimensura, per ottenere l'angolo zenitale con la sola lettura C.S. sul cerchio verticale, occorre che sia centrata la livella zenitale e corretto lo zenit strumentale, cioè sia zero la lettura relativa all'asse di collimazione verticale.

Nelle poligonali e nelle piccole triangolazioni, volendo eliminare l'errore di verticalità ed ottenere una maggiore precisione, è necessario eseguire sempre le misure coniugate C.S. e C.D., centrando ogni volta la livella zenitale prima di fare le letture: la semidifferenza delle letture coniugate dà l'angolo zenitale. Se è necessario, si potrà eseguire più volte la stessa misura e fare quindi la media per eliminare gli errori accidentali.

In alcuni tacheometri moderni, in sostituzione della livella zenitale, si ha il cosiddetto indice automatico, formato da un dispositivo pendolare, che agisce sull'indice del cerchio verticale ed automaticamente elimina l'errore di verticalità.

L'errore medio nella misura di un angolo zenitale corrisponde praticamente a quello di un angolo azimutale.

2.5 — Misura indiretta delle distanze.

Se si usano la stadia verticale ed il metodo ad angolo parallattico variabile, cioè si fanno sulla stadia al filo medio del reticolo due letture l_2 ed l_1 e sul cerchio verticale si misurano i relativi angoli d'altezza α_2 ed α_1 , oppure gli angoli zenitali Z_2 e Z_1 , si hanno per la distanza D ed il dislivello Δ le formule (v. fig. 4):

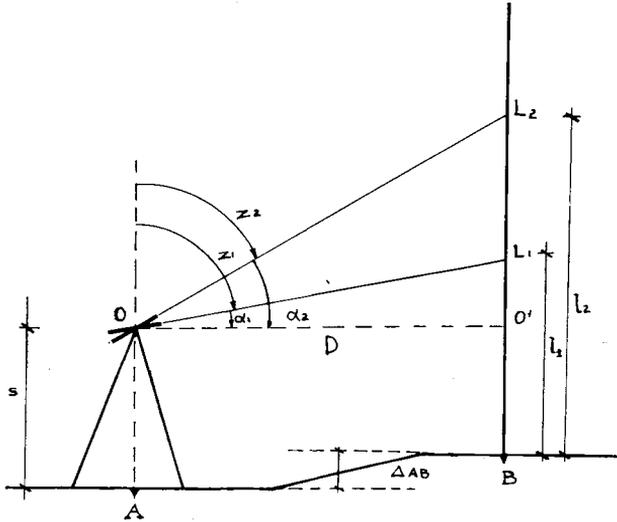


Fig. 4

$$D = \frac{l_2 - l_1}{\operatorname{tg} \alpha_2 - \operatorname{tg} \alpha_1} = \frac{(l_2 - l_1) \cos \alpha_1 \cos \alpha_2}{\operatorname{sen} (\alpha_2 - \alpha_1)}$$

$$D = \frac{l_2 - l_1}{\operatorname{ctg} Z_2 - \operatorname{ctg} Z_1} = \frac{(l_2 - l_1) \operatorname{sen} Z_1 \operatorname{sen} Z_2}{\operatorname{sen} (Z_1 - Z_2)}$$

$$\Delta = s + D \operatorname{tg} \alpha_2 - l_2 = s + D \operatorname{tg} \alpha_1 - l_1$$

$$\Delta = s + D \operatorname{ctg} Z_2 - l_2 = s + D \operatorname{ctg} Z_1 - l_1,$$

essendo s l'altezza dello strumento, $(\alpha_2 - \alpha_1)$ oppure $(Z_1 - Z_2)$ l'angolo parallattico variabile. In questo metodo influiscono gli errori di lettura, di verticalità della stadia e dell'angolo parallattico. L'errore medio va dall'1,5‰ al 2‰ per le distanze e si mantiene sull'ordine del centimetro per i dislivelli.

Se si usano il reticolo distanziometrico con la stadia verticale ed il metodo ad angolo parallattico costante, cioè si fanno sulla stadia le letture ai tre fili del reticolo e sul cerchio verticale si misura l'angolo di altezza α oppure l'angolo zenitale Z relativo al filo medio, si hanno per la distanza D ed il dislivello Δ le formule (v. fig. 5):

$$D = CH \cos^2 \alpha = CH \operatorname{sen}^2 Z \quad \Delta = s + q - l_0$$

$$q = D \operatorname{tg} \alpha = CH \operatorname{sen} \alpha \cos \alpha = D \operatorname{ctg} Z = CH \operatorname{sen} Z \cos Z,$$

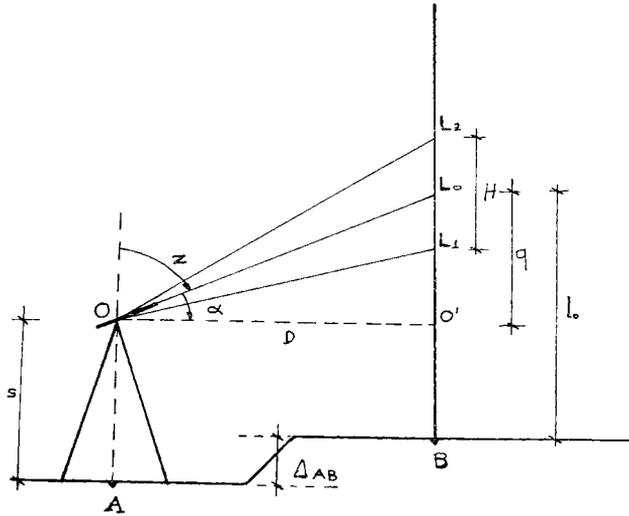


Fig. 5

essendo $C = \frac{f}{h} = \frac{1}{2 \operatorname{tg} \frac{\omega}{2}}$ la costante distanziometrica o diastimometrica (di

solito uguale a 100), $H=l_2-l_1$, l'intervallo di stadia fra i fili estremi del reticolo, s l'altezza dello strumento e q il dislivello fra il punto L_0 , in cui l'asse di collimazione incontra la stadia, ed il centro O dello strumento. In questo metodo influiscono praticamente gli errori di lettura e di verticalità della stadia. L'errore medio si aggira sull'1,5‰ per le distanze e sull'ordine del centimetro per i dislivelli.

Se si usano i prismi, posti davanti all'obbiettivo del cannocchiale, cioè si applica il metodo ad angolo parallattico costante con la stadia orizzontale, si hanno per la distanza D ed il dislivello q le formule (v. fig. 6):

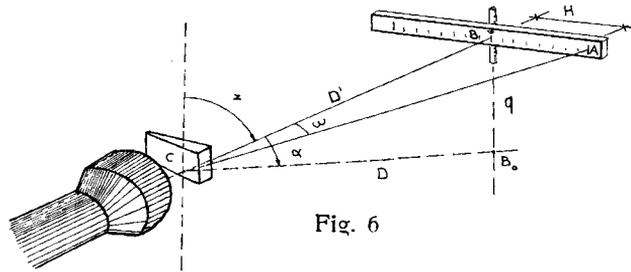


Fig. 6

$$D = C H \cos \alpha = C H \operatorname{sen} z$$

$$q = D \operatorname{tg} \alpha = C H \operatorname{sen} \alpha = D \operatorname{ctg} z = C H \cos z,$$

essendo $C = \operatorname{ctg} \omega$ la costante strumentale, H l'intervallo di stadia relativo allo spostamento dell'indice, α l'angolo d'altezza oppure z l'angolo zenitale. I prismi vengono applicati ai cannocchiali con un contrappeso e coprono metà della lente obbiettiva. Le stadia hanno forma particolare, essendo divise in due parti nel

senso della loro lunghezza: su una è tracciata una graduazione a tratti e sull'altra c'è un indice o meglio un nonio. La distanza è sempre misurata rispetto al centro dello strumento e questo si ottiene con il semplice artificio di spostare l'indice della stadia di poco ed in modo opportuno in corrispondenza allo zero della graduazione. Per aumentare la precisione della misura in alcuni distanzimetri si pone davanti alla parte libera dell'obbiettivo una lastra pianparallela, la quale, girando intorno ad un sse verticale, sposta i raggi parallelamente senza deviarli e consente di ottenere una coincidenza esatta di un tratto del nonio con quello corrispondente della graduazione, e di misurare una frazione residua d'intervallo. In questo metodo l'errore di non perpendicolarità della stadia è trascurabile e la causa principale d'errore è quella di lettura o puntamento. I distanzimetri a prisma vengono usati per rilievi di precisione, perché l'errore medio va dal 0,5‰ al 0,1‰ per le distanze ed è minore per i dislivelli rispetto alla stadia verticale, ma sempre dell'ordine del centimetro.

2.6 — I tacheometri Salmoiraghi.

La Casa Salmoiraghi costruisce attualmente i seguenti tacheometri:

1) 4150 NE con cannocchiale pseudo-analitico di 30 ingrandimenti, microscopio a scala (cerchi centesimali divisi in 400 parti, approssimazione letture 0,2°), piombino ottico, livella zenitale di sensibilità 15", dispositivo ripetitore e costante diastimometrica uguale a 100;

2) 4149 A con cannocchiale pseudo-anallattico di 30 ingrandimenti, microscopio a stima (cerchi centesimali divisi in 40.000 parti, approssimazione letture 0,5°), indice zenitale automatico funzionante in un campo di $\pm 5'$, livella torica sul cannocchiale di sensibilità 15", dispositivo ripetitore e costante diastimometrica uguale a 100;

3) 4138, detto anche tacheometro-livello, con cannocchiale pseudo-analitico di 22 ingrandimenti, microscopio a stima (cerchi centesimali divisi in 4.000 e 8.000 parti, approssimazione letture 1°), livella torica sul cannocchiale di sensibilità 15", cerchio orizzontale orientabile e costante diastimometrica uguale a 100.

2.7 — I tacheometri Galileo.

Della Casa Galileo si hanno i seguenti tacheometri:

1) TG 2b con cannocchiale pseudo-anallattico di 29 ingrandimenti, microscopio con micrometro ottico (cerchi centesimali divisi in 2.000 parti, approssimazione letture 0,2°), piombino ottico, livella zenitale a coincidenza di sensibilità 15", dispositivo reiteratore e costante diastimometrica uguale a 100;

2) TG 3b con cannocchiale pseudo-anallattico di 22 ingrandimenti, microscopio con micrometro ottico (cerchi sessagesimali divisi in 360 parti, approssimazione letture 15"), livella zenitale di sensibilità 25", dispositivo reiteratore e costante diastimometrica uguale a 100;

3) TG 4br, detto anche tacheometro-livello, con cannocchiale pseudo-anallattico di 22 ingrandimenti, microscopio a nonio (cerchi sessagesimali divisi in 1.080 parti, approssimazione letture 2'), livella zenitale di sensibilità 25" e livella sul cannocchiale di sensibilità 15", dispositivo ripetitore e costante diastimometrica uguale a 100.

2.8 — I tacheometri Zeiss-Jena.

La Casa Zeiss-Jena ha i seguenti tacheometri:

1) Théo 020 con cannocchiale pseudo-anallattico di 25 ingrandimenti, microscopio a scala (cerchi centesimali divisi in 400 parti, approssimazione letture 0,2°), indice zenitale automatico, piombino ottico, dispositivo ripetitore e costante diastimometrica uguale a 100;

2) Théo 120 con cannocchiale pseudo-anallattico di 16 ingrandimenti, microscopio a stima (cerchi sessagesimali divisi in 2.160 parti, approssimazione letture 1'), livella sul cannocchiale di sensibilità 30", dispositivo ripetitore e costanti diastimometriche uguali a 50-100.

2.9 — *I tacheometri Zeiss-Oberkochen.*

I tacheometri della Casa Zeiss-Oberkochen sono:

1) TH3 con cannocchiale pseudo-anallattico di 25 ingrandimenti, microscopio con micrometro ottico (cerchi centesimali divisi in 4.000 parti, approssimazione letture 0,1^e), indice zenitale automatico (un estremo della livella zenitale fa da indice), dispositivo ripetitore e costante diastimometrica uguale a 100;

2) TH4 con cannocchiale pseudo-anallattico di 25 ingrandimenti, microscopio a scala (cerchi divisi in 360 oppure 400 parti, approssimazione letture 0,1' oppure 0,2^e), indice zenitale automatico, piombino ottico, dispositivo ripetitore e costante diastimometrica uguale a 100.

2.10 — *I tacheometri Wild.*

La Casa Wild produce i seguenti tacheometri:

1) T1-A con cannocchiale pseudo-anallattico di 27 ingrandimenti, microscopio con micrometro ottico (cerchi divisi in 360 oppure 400 parti, approssimazione letture 5" oppure 0,1^e), indice zenitale automatico mediante prisma a liquido, piombino ottico, dispositivo ripetitore e costante diastimometrica uguale a 100;

2) T16 con cannocchiale pseudo-anallattico di 28 ingrandimenti, microscopio a scala (cerchi divisi in 360 oppure 400 parti, approssimazione letture 0,1' oppure 0,2^e), livella zenitale di sensibilità 15", piombino ottico, dispositivo ripetitore e costante diastimometrica uguale a 100.

2.11 — *I tacheometri Kern.*

Della Casa Kern si hanno i seguenti tacheometri:

1) K1-A con cannocchiale pseudo-anallattico di 28 ingrandimenti, microscopio con micrometro ottico (cerchi divisi in 360 oppure 400 parti, approssimazione letture 5" oppure 0,1^e, cerchio orizzontale con due graduazioni normale crescente verso destra e supplementare crescente verso sinistra), indice zenitale automatico, dispositivo reiteratore, costante diastimometrica uguale a 100 e treppiede centrante;

2) DKM1 con cannocchiale pseudo-anallattico di 20 ingrandimenti, microscopio a doppi cerchi e micrometro ottico con lettura media delle parti diametralmente opposte del cerchio (cerchi divisi in 1.080 oppure 2.000 parti, approssimazione 1" oppure 5^{cc}), livella zenitale di sensibilità 15", dispositivo reiteratore, costante diastimometrica uguale a 100 e treppiede centrante;

3) DK1 con cannocchiale pseudo-anallattico di 20 ingrandimenti, microscopio a doppi cerchi con lettura media a stima delle parti diametralmente opposte del cerchio (cerchi divisi in 1.080 oppure 2.000 parti, approssimazione letture 1' oppure 1^e), livella zenitale di sensibilità 15", dispositivo reiteratore, costante diastimometrica uguale a 100 e treppiede centrante;

4) Tacheometro registratore, strumento particolare che consente di registrare su di un film, in codice, le distanze e gli angoli allo scopo di evitare le frequenti cause d'errore relative a tali misure.

2.12 — *I tacheometri Fennel.*

1) FT1A con cannocchiale pseudo-anallattico di 30 ingrandimenti ed a immagine diritta, microscopio a scala (cerchi divisi in 360 parti, approssimazione

letture 0,1'), indice zenitale automatico, piombino ottico, dispositivo ripetitore e costante diastimometrica uguale a 100;

2) FTS con cannocchiale pseudo-anallattico di 19 ingrandimenti, microscopio a scala (cerchi divisi in 360 parti, approssimazione letture cerchio orizzontale 15" e cerchio verticale 30"), livella zenitale di sensibilità 30", dispositivo ripetitore e costante diastimometrica uguale a 100.

3. — GLI AUTORIDUTTORI.

3.1 — Utilità dell'autoriduttore.

L'autoriduttore è un tacheometro speciale, che consente di avere direttamente in campagna la distanza orizzontale D ed il dislivello Δ , senza che sia necessario eseguire alcun calcolo o con i logaritmi o con la macchina calcolatrice o con le tavole tacheometriche. E' noto quale mole di tempo sia necessaria per i calcoli tacheometrici, che costringono un tecnico a rimanere inchiodato in una scrivania per un numero di ore uguale a quello richiesto dal rilievo in campagna. Lo scopo quindi degli autoriduttori è quello di far risparmiare una notevole quantità di tempo, che si traduce poi in un sensibile guadagno. Naturalmente gli autoriduttori sono più complessi e più costosi dei tacheometri normali, essendo il loro prezzo all'incirca il doppio.

3.2 — Autoriduttori con stadia verticale e graduazione tangenziale.

Con questi autoriduttori si applica il principio della misura indiretta della distanza ad angolo parallattico variabile e stadia verticale, la cui formula rigorosa risulta (v. fig. 4):

$$D = \frac{l_2 - l_1}{\operatorname{tg} \alpha_2 - \operatorname{tg} \alpha_1} = \frac{l_2 - l_1}{\operatorname{ctg} z_2 - \operatorname{ctg} z_1} .$$

Si tratta di porre

$$\frac{1}{\operatorname{tg} \alpha_2 - \operatorname{tg} \alpha_1} = \frac{1}{\operatorname{ctg} z_2 - \operatorname{ctg} z_1} = K,$$

in modo da avere:

$$D = K (l_2 - l_1) \quad \text{con } K = 100.$$

Cioè per rendere autoriduttore il cannocchiale distanziometrico, occorre sostituire all'unica coppia fissa di tratti distanziometrici del tacheometro tanti tratti successivi incisi sul cerchio verticale, che appaiono sul reticolo quando s'inclina il cannocchiale. Nella fig. 7 si vede come gl'intervalli della graduazione tangenziale del cerchio, proiettati sulla stadia verticale, stacchino sempre intervalli costanti di stadia. Il dislivello q si ottiene poi con la formula:

$$q = D \operatorname{tg} \alpha = D \operatorname{ctg} z,$$

moltiplicando per la distanza D la tangente dell'angolo d'altezza α o la cotangente dell'angolo zenitale z .

La precisione di questi autoriduttori è un po' superiore a quella dei normali tacheometri con stadia verticale.

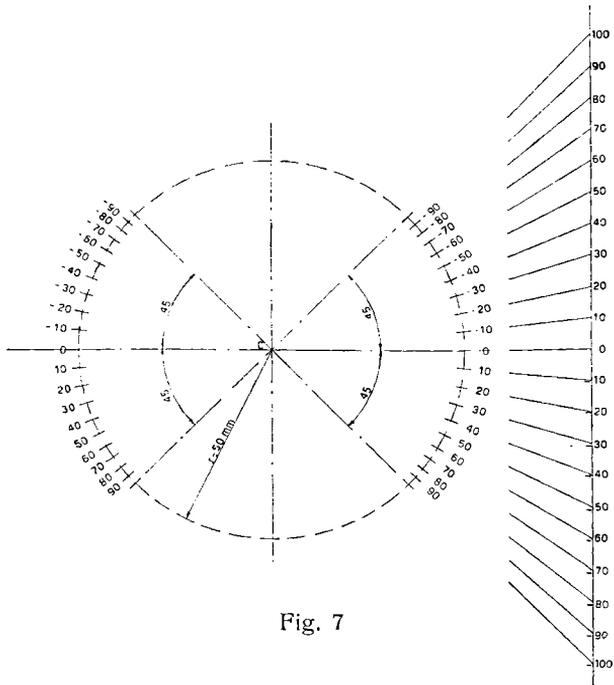


Fig. 7

3.3 — Autoriduttori con stadia verticale e diagrammi.

Sono gli autoriduttori, nei quali si applica il principio della misura indiretta della distanza ad angolo parallattico costante con il reticolo distanziometrico e la stadia verticale (v. fig. 5):

$$D = CH \cos^2 \alpha \quad \text{con } C = \frac{f}{h}$$

Si fa variare l'intervallo h fra i fili estremi del reticolo, al variare dell'angolo d'altezza α dell'asse di collimazione, con la legge (v. fig. 8):

$$h = h_0 \cos^2 \alpha.$$

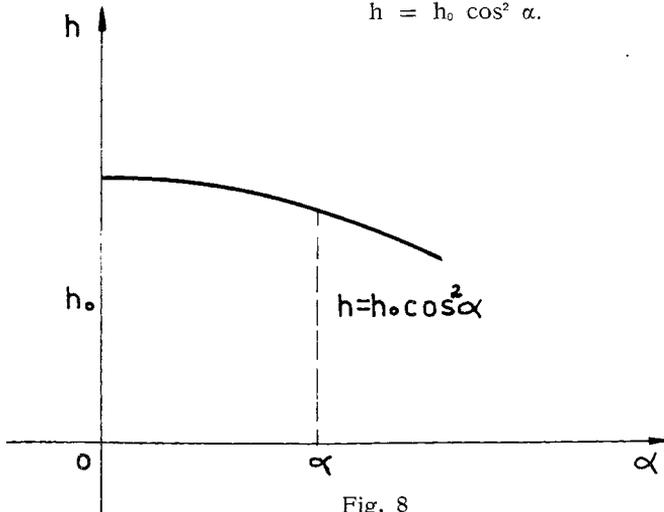


Fig. 8

Sostituendo nella formula precedente, si ha:

$$\text{per } \alpha = 0^\circ \quad D = C_0 H_0 \quad C_0 = \frac{f}{h_0}$$

$$\text{per } \alpha \neq 0^\circ \quad D = CH \cos^2 \alpha = \frac{f}{h} H \cos^2 \alpha = \frac{f}{h_0 \cos^2 \alpha} H \cos^2 \alpha = \frac{f}{h_0} H = C_0 H.$$

Di conseguenza, a parità di distanza D e con qualunque inclinazione del cannocchiale, risulta sempre $H = H_0$.

Per il dislivello q si ha (, fig. 5):

$$q = C'H' \operatorname{sen} \alpha \cos \alpha \quad \text{con } C' = \frac{f}{h'}$$

Si fa variare l'intervallo h' fra i fili estremi del reticolo, al variare dell'angolo d'altezza α dell'asse di collimazione, con la legge (v. fig. 9):

$$h' = h'_0 \operatorname{sen} \alpha \cos \alpha.$$

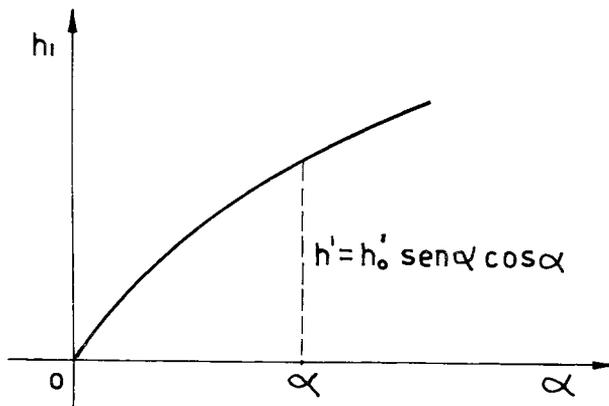


Fig. 9

Sostituendo nella formula precedente si ricava:

$$\begin{aligned} q &= C'H' \operatorname{sen} \alpha \cos \alpha = \frac{f}{h'} H' \operatorname{sen} \alpha \cos \alpha = \\ &= \frac{f}{h'_0 \operatorname{sen} \alpha \cos \alpha} H' \operatorname{sen} \alpha \cos \alpha = \frac{f}{h'_0} H' = C'_0 H'. \end{aligned}$$

L'intervallo H' di stadia per il dislivello q è evidentemente diverso da quello H per la distanza. La costante C'_0 può assumere i valori 10, 20, 50 e 100 secondo l'angolo d'altezza α . La precisione può ritenersi uguale a quella dei normali tacheometri con stadia verticale, ma, poiché i diagrammi sono curvi, può nascere qualche difficoltà per le letture sulla stadia a scapito della precisione stessa.

3.4 — Autoriduttori con stadia orizzontale e prismi.

Si tratta degli autoriduttori più precisi. Con essi si applica il principio della

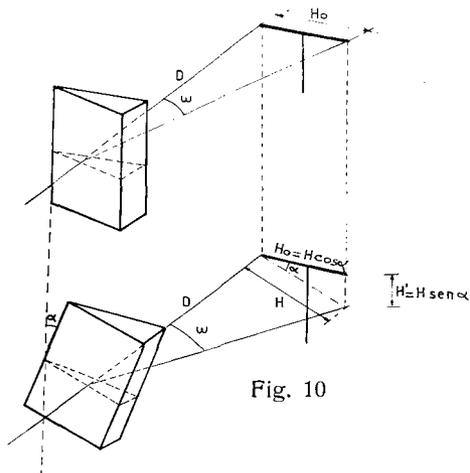
misura indiretta delle distanze ad angolo parallattico costante con la stadia orizzontale ed i prismi o cunei ottici (v. fig. 6):

$$D = CH \cos \alpha \quad \text{con} \quad C = \text{ctg } \omega.$$

Si fa ruotare il prisma dello stesso angolo d'altezza α dell'asse di collimazione (con la visuale orizzontale lo spigolo del prisma è verticale) e si ha (v. fig. 10):

per $\alpha = 0^\circ \quad D = CH_0$

per $\alpha \neq 0^\circ \quad D = CH \cos \alpha = CH_0.$



Per annullare la componente verticale $H' = H \sin \alpha$, davanti all'obbiettivo del cannocchiale si pongono due prismi uguali, i quali, ruotando in senso contrario e dello stesso angolo α , danno due componenti H' uguali e di segno contrario che si annullano.

Per il dislivello si ha:

$$q = D \operatorname{tg} \alpha \quad \text{oppure} \quad q = CH \sin \alpha = CH'.$$

In alcuni autoriduttori si riporta sul cerchio verticale, oltre alla normale graduazione, una seconda graduazione della funzione $\operatorname{tg} \alpha$ oppure $\operatorname{ctg} z$, che consente di ottenere il dislivello q con un semplice prodotto. In altri autoriduttori, con l'artificio di ruotare i prismi di 90° e quindi di scambiare le due componenti di H , si legge direttamente sulla stadia il dislivello $q = CH'$.

La precisione è praticamente la stessa dei distanziometri ad angolo parallattico costante con stadia orizzontale e prismi.

3.5 — Autoriduttore Salmoiraghi Tari 4180.

Si usa la stadia verticale ed i tratti distanziometrici, tracciati sul cerchio verticale con graduazione tangenziale, sono riportati otticamente sul reticolo del cannocchiale; nello stesso campo appare anche la scala millesimale delle pendenze. Le principali caratteristiche tecniche sono: cannocchiale anallattico ad immagine dritta con 28 ingrandimenti, microscopio a scala (cerchio orizzontale centesimale diviso in 400 parti, approssimazione letture $0,1^c$), piombino ottico, dispositivo ripetitore, livella zenitale di sensibilità $15''$ e costante diastimometrica uguale a 100.

3.6 — Autoriduttore Fennel FTRA.

Deriva dal primo autoriduttore con stadia verticale e diagramma, costruito

su scala industriale dalla Casa Fennel e denominato Hammer-Fennel. Le sue caratteristiche principali sono: cannocchiale anallattico ad immagine dritta con 25 ingrandimenti, microscopio a scala (cerchi centesimali divisi in 400 parti, approssimazione letture 0,1°), indice zenitale automatico, piombino ottico, dispositivo ripetitore angolo d'inclinazione del diagramma $\pm 50^{\circ}$ e costanti per le distanze 100, per i dislivelli 10, 20, 50.

3.7 — Gli autoriduttori Zeiss-Jena.

La Casa Zeiss-Jena costruisce i seguenti autoriduttori:

1) Dahlta 020 con stadia verticale e diagramma. Ha le stesse caratteristiche dell'autoriduttore Fennel FTRA, ma senza l'indice zenitale automatico e con la livella zenitale a coincidenza.

2) Redta 002 con i prismi e la stadia orizzontale secondo il sistema Bosshardt. Le sue caratteristiche principali sono: cannocchiale ad immagine dritta con 25 ingrandimenti, microscopio a scala (cerchi divisi in 360 oppure 400 parti, approssimazione letture 6" oppure 0,2°, approssimazione letture sulla scala delle tangenti 0,0001), piombino ottico, sistema ripetitore, livella zenitale a coincidenza di sensibilità 15".

3.8 — Gli autoriduttori Wild.

Della Casa Wild si hanno i seguenti autoriduttori:

1) RDS con stadia verticale e diagramma. Ha le stesse caratteristiche dell'autoriduttore Fennel FTRA, ma senza l'indice zenitale automatico e con la livella zenitale a coincidenza.

2) RDH con i prismi e la stadia orizzontale. Ha le stesse caratteristiche del Redta Zeiss 002, ma con la possibilità di ruotare i due prismi di 90° e di leggere sulla stadia anche il dislivello.

3.9 — Gli autoriduttori Kern.

La Casa Kern produce i seguenti autoriduttori:

1) K1-RA con stadia verticale e reticolo distanziometrico, ma con un nuovo sistema riduttore a spostamento parallelo dei fili orizzontali del reticolo per la distanza ed il dislivello a mezzo di una camma opportunamente sagomata. Indicando con s l'intervallo fra i fili estremi del reticolo, si ha per la distanza (v. fig. 11):

$$S_{\alpha} = \frac{s_0}{2}(1 + \cos 2\alpha) = \frac{s_0}{2}(1 + 2\cos^2\alpha - 1) = s_0 \cos^2\alpha,$$

e per il dislivello:

$$S_{\alpha} = \frac{s_0}{2} \sin 2\alpha = \frac{s_0}{2} 2 \sin\alpha \cos\alpha = s_0 \sin\alpha \cos\alpha.$$

Le altre caratteristiche sono le stesse del tacheometro K1-A.

2) DK-RV, che è solo autoriduttore per le distanze e per il calcolo del dislivello porta sul cerchio verticale anche una graduazione delle tangenti dell'angolo d'altezza α . Si usa la stadia verticale ed il reticolo è formato da due tratti stadimetrici, dei quali uno orizzontale fisso e l'altro obliquo mobile in funzione dell'inclinazione del cannocchiale.

Le altre caratteristiche sono praticamente le stesse del tacheometro DKM1.

3) DK-RT con i prismi e la stadia orizzontale. Funziona praticamente come il Redta Zeiss 002 e per quanto riguarda le letture ai cerchi ha le stesse caratteristiche.

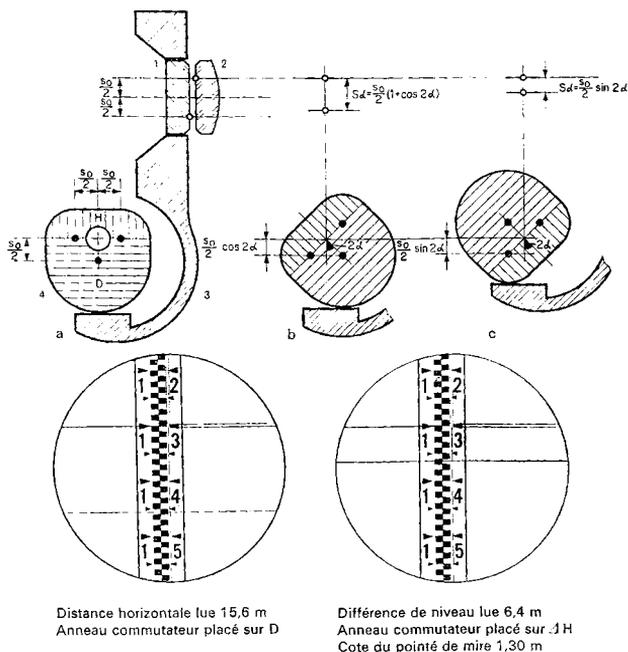


Fig. 11

stiche del tacheometro DKM1. Differisce però dagli altri autoriduttori per la stadia, il cui indice è formato da quattro piccoli tratti con intervallo di un centimetro e da altri due tratti di controllo.

3.10 — Proposta di tacheometro riduttore con stadia verticale.

Tale proposta, da me presentata come comunicazione al X Convegno Nazionale della Sifet di Varese nell'aprile del 1965 e pubblicata nel Bollettino n. 2 dell'agosto 1965, si riferisce ad un mio brevetto che, mi auguro, possa essere presto realizzato. Si tratta di costruire un nuovo tacheometro, che, senza complicate modifiche e con la sola aggiunta di particolari graduazioni sul cerchio verticale, possa risolvere il problema della celerimensura con formule rigorose e con calcoli ridotti al minimo. Tale tacheometro semplice e preciso, di tipo riduttore, sta tra i tacheometri normali e gli autoriduttori. In sostanza, mentre negli autoriduttori descritti, con stadia verticale e diagramma, la costante C_0 per la distanza è sempre 100 e varia l'intervallo h fra i fili estremi del reticolo al variare dell'angolo d'altezza α , nel tacheometro proposto, al variare di α , si mantiene costante l'intervallo h fra i fili estremi del reticolo e si fa variare la costante C_α con la formula rigorosa (v. fig. 12):

$$\operatorname{tg} \alpha = \pm 20 \sqrt{\frac{100 - C_\alpha}{1 + 400 C_\alpha}}$$

Sul cerchio verticale, oltre agli angoli α , si segnano da una parte i valori di C_α ricavati dalla formula precedente e dall'altra quelli di $\operatorname{tg} \alpha$. Per la distanza ed il dislivello si hanno le formule:

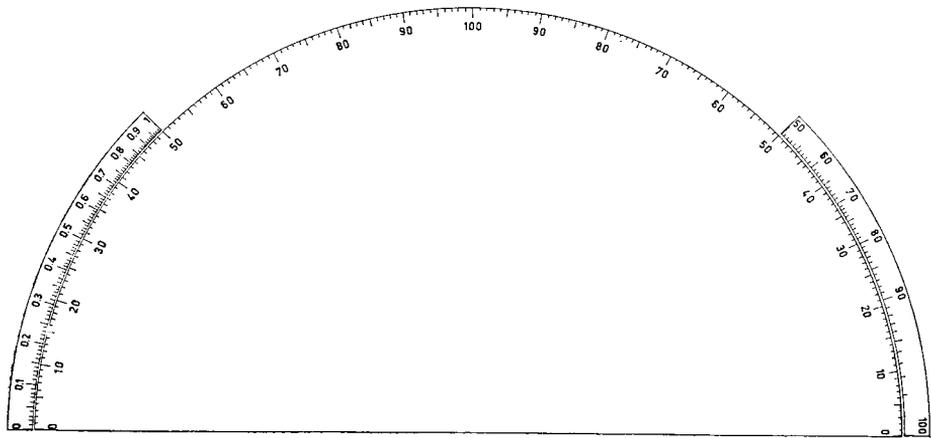
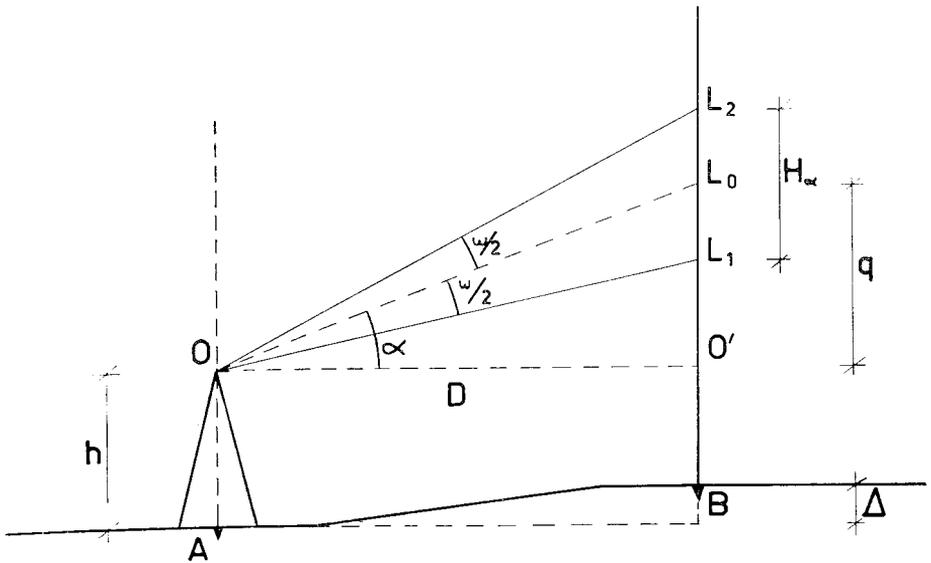


Fig. 12

$$D = C\alpha \cdot H\alpha \quad q = D \operatorname{tg} \alpha \quad \Delta = h + q - l_0,$$

le quali richiedono soltanto due moltiplicazioni.