

## LIVELLAZIONE TRIGONOMETRICA

**Scopo.** Quotare punti, con la precisione di un decimetro al chilometro. La livellazione trigonometrica si esegue dai due estremi, con tacheometri o teodoliti oppure con stazioni integrali. Viene applicata per trasportare la quota da un punto noto ad altri punti difficilmente accessibili o lontani. In genere la livellazione trigonometrica viene utilizzata in terreni collinari o montani.

**Strumenti.** Gli strumenti dovranno avere le seguenti caratteristiche: ingrandimenti 30×; apertura dell'obiettivo da 40 a 50 mm; precisione angolare per il tacheometro 1 mgon per il teodolite 0,1 mgon; precisione nella misura delle distanze 3 mm + 3 ppm. Quasi tutte le stazioni integrali hanno il registratore dei dati al loro interno con possibilità di scaricare i dati rilevati su un calcolatore portatile.

**Operazioni.** *Scelta degli operatori.* Per eseguire la livellazione trigonometrica occorrono due caposquadra, geometra o operatore topografico senior con esperienza di almeno tre anni presso un topografo esperto. Occorrono anche alcuni aiutanti a seconda delle difficoltà riscontrate nella zona operativa. *Modo operativo.* La migliore soluzione sarebbe di poter rilevare contemporaneamente le misure angolari zenitali e le distanze tra le due stazioni reciproche sui due punti estremi. In mancanza della disponibilità in contemporanea delle due squadre operative, si potranno rilevare i dati con una sola squadra operativa che dovrà stazionare prima su un punto e poi sull'altro ovviamente inviando sull'altro punto un canneggiatore portaprisma per poter eseguire la misura della distanza e il puntamento zenitale esatto. La distanza tra i due punti può variare da 500 a 3000 m. *Calcolo.* Per il calcolo del dislivello tra le due stazioni si possono utilizzare le seguenti formule.

Rilievo reciproco e contemporaneo dalle due stazioni (fig. A):  $\Delta_{AB} = D_c(1 + Q_m/R) \tan(Z_B - Z_A)/2$ ;  $\varepsilon = D_c k/(2R)$ ;  $D_c = RD_o/(R + Q_m)$ ;  $D_o = D \sin Z_A$ ;  $R = a\sqrt{1 - e^2}/[1 - e^2(\sin \varphi)^2]$ .

Rilievo da una stazione (fig. B):  $\Delta_{AB} = D_c(1 + Q_m/R)1/\tan[Z_A - D_c(1 - k)/(2R)] + h - f$ ;

con:  $D$  distanza obliqua misurata;  $Z$  angolo zenitale misurato;  $\varepsilon$  correzione angolare per la rifrazione;  $k$  coefficiente di rifrazione;  $Q_m$  quota media della zona operativa;  $R$  raggio della sfera locale;  $a$  raggio equatoriale;  $e^2 = 0,006722670$ ;  $\varphi$  latitudine media;  $D_o$  distanza orizzontale;  $D_c$  distanza ridotta alla sfera locale, distanza geodetica;  $\Delta_{AB}$  dislivello tra i due punti;  $h$  altezza dello strumento;  $f$  altezza della mira portaprisma. Nel caso del rilievo da una stazione, il dislivello è influenzato dalla imperfetta conoscenza del coefficiente di rifrazione  $k$  che dipende dalle caratteristiche dell'aria (temperatura, pressione ecc.) e varia tra 0,08 e 0,20. La tabella seguente dà qualche valore orientativo dell'errore nel dislivello  $e_\Delta$  al variare della distanza, a causa dell'errore di  $k$  (assunto pari al 2%).

D (km)	1	5	10	20	30
$e_\Delta$ (cm)	0,1	2	8	32	72

**Controlli.** I due punti devono essere ben visibili tra di loro. Gli strumenti devono essere ben tarati. Bisognerà porre molta attenzione alla lettura degli angoli zenitali, meglio ripetere le letture più volte. Bisognerà prevedere di non avere il sole di fronte, in linea con il punto collimato, che offusca e disturba il puntamento.

**Tempi tecnici.** I tempi tecnici operativi dipendono molto dalla difficoltà di accesso e di raggiungimento dei vari punti.

**Costi unitari.** Circa 250–1000 €/stazione, ma dipendono molto dalle difficoltà logistiche.

