

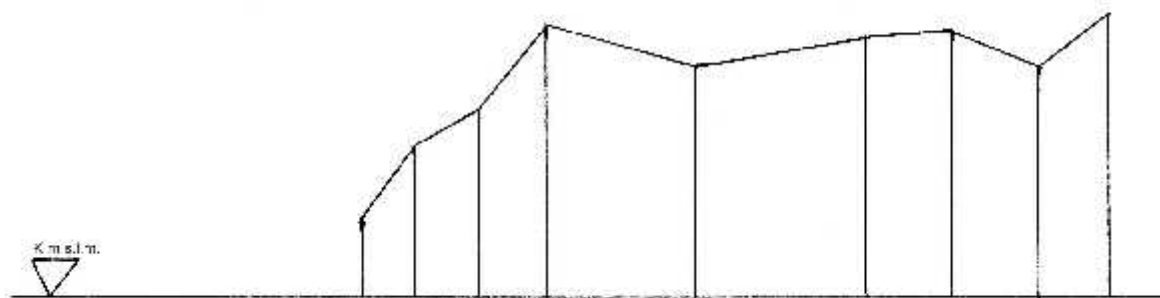
APPUNTI DI TOPOGRAFIA

MODULO 7

RILIEVO COMPLETO DEL TERRENO

Scala ascisse 1:n

Scala ordinate 1:(n/10)



Picchetto numero	(A)	(1)	(2)	(B)	(3)	(C)	(4)	(5)	(D)
Distanze parziali (m)	A1	12	2B	B3	3C	C4	45	5D	
Distanze progressive (m)	0,00	A1	A2	AB	A3	AC	A4	A5	AD
Quote (m)	Q _A	Q ₁	Q ₂	Q _B	Q ₃	Q _C	Q ₄	Q ₅	Q _D

PROF. SPADARO EMANUELE

UNITA' DIDATTICA N°1
RILEVAMENTO ALTIMETRICO

GENERALITA'

Il rilievo altimetrico è quel insieme di operazioni di campagna e di relative operazioni numeriche sviluppate a tavolino atte a definire l'andamento altimetrico dei punti caratteristici del terreno disposti lungo una linea, o distribuiti su una superficie, per darne la rappresentazione grafica in opportuna scala.

Il rilievo altimetrico è sempre associato al rilievo planimetrico dei punti del terreno. Le rappresentazioni grafiche di questi rilievi sono di norma con curve di livello (anche dette isoipse) o con punti quotati

fig.1 a) rappresentazione con curve di livello

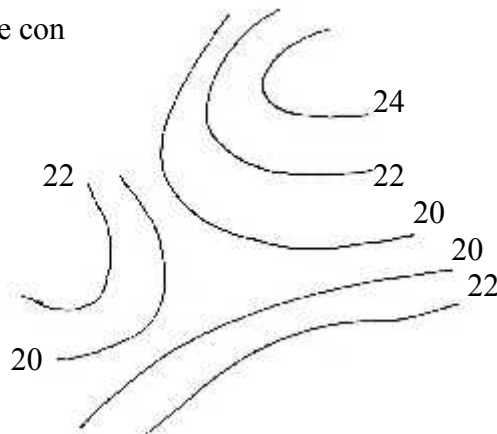
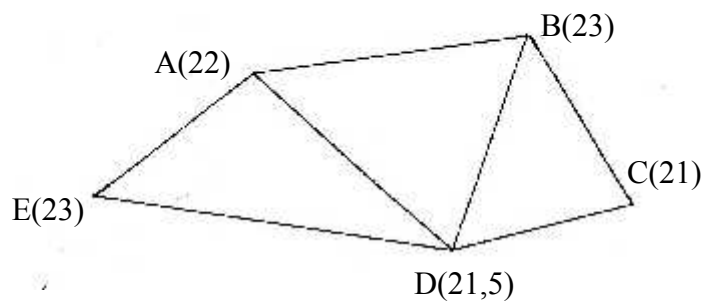


fig.1 b) rappresentazione con piano quotato



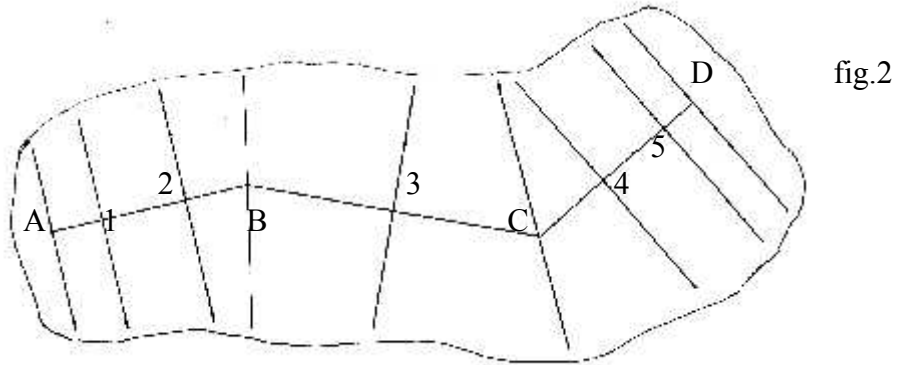
Nel seguito parleremo di:

- **Livellazione su striscia**
- **Rilievo di superficie.**

LIVELLAZIONE SU STRISCIA

Se il terreno da rilevare è lungo e stretto si ricorre al rilievo effettuato per livellazioni su striscia.

Le livellazioni su striscia sono l'insieme delle livellazioni effettuate lungo una poligonale (**livellazione longitudinale**) e delle livellazioni effettuate in direzione perpendicolare ai lati della poligonale prima detta (**sezioni trasversali**).



LIVELLAZIONE LONGITUDINALE

Sul terreno da rilevare si individua una poligonale (di vertici A, B, C,) che interessi tutto il terreno da rilevare, posizionando i vertici in punti in cui vi è una sensibile variazione altimetrica del terreno.

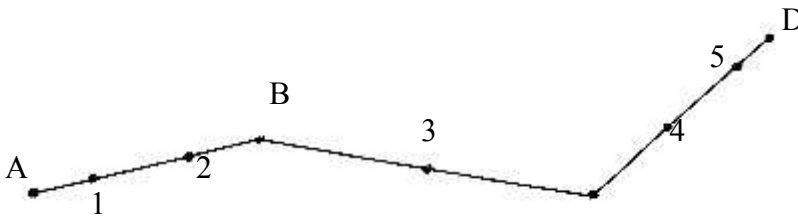


fig.3 vista planimetrica della poligonale

Lungo i lati della poligonale si individuano tutta una serie di punti (1, 2, 3,) in cui vi è variazione altimetrica del terreno.

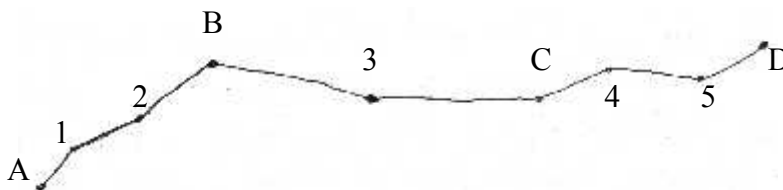


fig.4 vista altimetrica lungo la poligonale

Dopo aver posizionato i vertici della poligonale e i picchetti lungo i suoi lati si procede alla misura:

- dei lati e degli angoli della poligonale come visto, nel modulo 6, per le poligonali topografiche. Quindi per i vertici della poligonale si procede alla determinazione dei

dislivelli utilizzando i metodi visti nel modulo 5 (di norma con livellazioni geometriche dal mezzo) e se è nota la quota di uno dei vertici si determina la quota di tutti gli altri. Altrimenti si assume per un vertice una quota relativa comoda per i calcoli e da lì si calcolano le quote relative di tutti gli altri vertici.

- Della distanza fra vari picchetti posti sui ciascun lato della poligonale (di norma utilizzando il livello posto su un estremo del lato in questione e la stadia posta successivamente su ogni picchetto).
- E del dislivello fra i vari picchetti prima detti (di norma utilizzando il livello posto su un estremo del lato in questione e la stadia posta successivamente su ogni picchetto). E quindi si calcolano le quote assolute o relative di tutti i picchetti.

La livellazione su striscia porta alla realizzazione del **profilo longitudinale** che è la **rappresentazione su un piano verticale dell'andamento altimetrico del terreno lungo la poligonale rilevata considerandola, nella rappresentazione, come "raddrizzata"**.

Profilo longitudinale

Dalle operazioni di campagna e dai successivi calcoli (con riferimento alla fig.3) sono noti i seguenti elementi:

distanze A1, A2, AB, B3, BC, C4, C5, CD

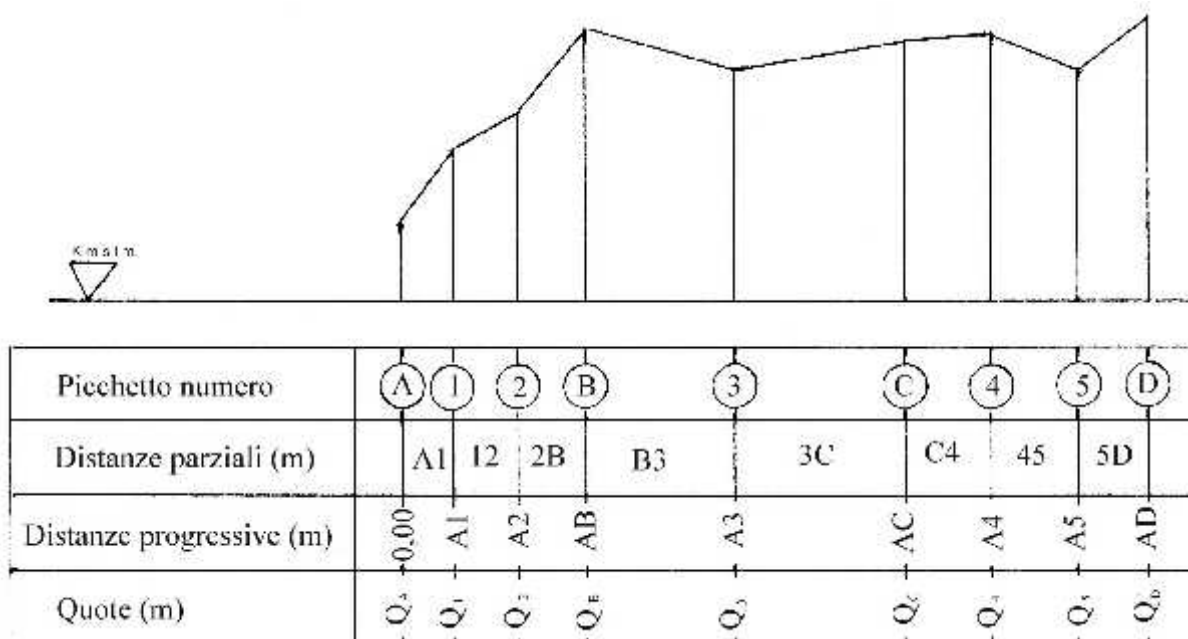
quote $Q_A, Q_1, Q_2, Q_B, Q_3, Q_C, Q_4, Q_5, Q_D$.

Come già detto, le quote sono assolute se si conosce la quota assoluta di almeno un punto altrimenti sono relative.

Tramite gli elementi sopra elencati si costruisce il disegno detto **profilo longitudinale** nella realizzazione del quale, per dare rilevanza altimetrica, utilizziamo due scale una per le ascisse (distanze) e l'altra **dieci volte più grande** per le ordinate (quote).

Scala ascisse 1:n, Scala ordinate 1:(n/10)

fig.5



K è la quota di riferimento assunta in modo da avere il punto più basso del terreno due o tre centimetri più in alto della linea di riferimento sopra la quale verrà effettuato il disegno.

LIVELLAZIONE TRASVERSALI E SEZIONI RELATIVE

Effettuato il profilo longitudinale del terreno lungo i lati della poligonale, si è disegnato l'andamento altimetrico del terreno lungo una linea ma per avere la rappresentazione del terreno lungo la striscia, bisogna effettuare in ognuno dei picchetti della poligonale una **sezione trasversale** (cioè una linea perpendicolare alla poligonale lungo la quale effettuare un ulteriore rilievo altimetrico del terreno).

Anche lungo queste linee verranno posizionati dei picchetti nei punti in cui il terreno presenta variazione altimetrica.

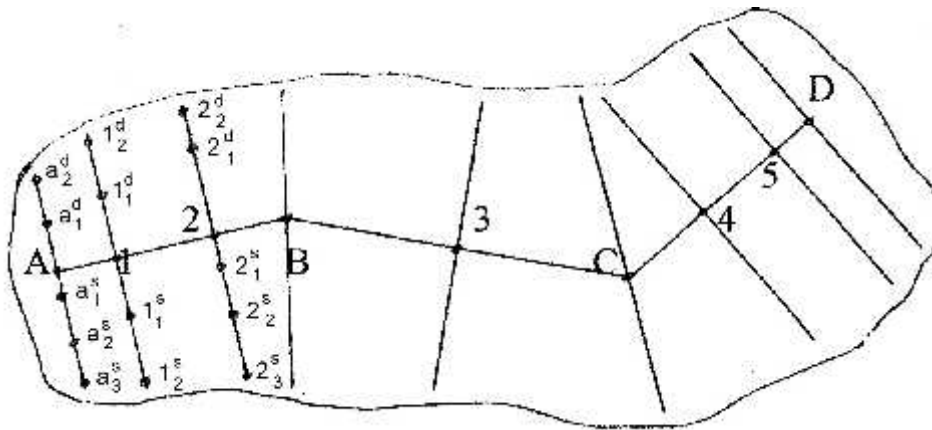


fig.6

Come si vede dalla figura ai picchetti della sezione trasversale viene dato lo stesso nome del picchetto d'asse avente come pedice un numero d'ordine progressivo e come apice la d (che indica a destra del picchetto d'asse guardando la sezione in questione dalla successiva) o la s (che indica a sinistra).

In fase di rilievo bisogna misurare gli elementi per poter determinare le distanze fra il picchetto d'asse (cioè il picchetto della poligonale del profilo longitudinale) della sezione presa in considerazione e gli altri picchetti della sezione stessa, nonché le quote di questi ultimi.

Le misure possono essere effettuate in vari modi, molto sovente, se possibile, si utilizza un livello stazionato sul picchetto d'asse e una stadia posizionata successivamente sui vari picchetti della sezione. Effettuando le letture ai tre fili del reticolo dello strumento si hanno gli elementi per calcolare, con sufficiente precisione per i normali scopi della topografia, sia le distanze che le quote cercate.

E cioè (con riferimento alla sezione del picchetto d'asse **A** della fig.):

le distanze $Aa^s_1, Aa^s_2, Aa^d_1, Aa^d_2, Aa^d_3,$

e le quote $Qa^s_1, Qa^s_2, Qa^d_1, Qa^d_2, Qa^d_3.$

Per effettuare il disegno delle sezioni trasversali, ci si pone sulla sezione successiva a quella da disegnare e la si disegna come la si vedrebbe effettuando una sezione verticale del terreno lungo una linea coincidente con essa.

Nelle rappresentazioni delle sezioni trasversali si usa un'unica scala coincidente, di solito, con quella delle ordinate del profilo longitudinale.

Anche in questo caso, come per il profilo longitudinale, si assume una quota **T** di riferimento tale da avere il punto più basso del terreno **due o tre centimetri** più in alto della linea di riferimento sopra la quale verrà effettuato il disegno.

Scala 1:(n/10)

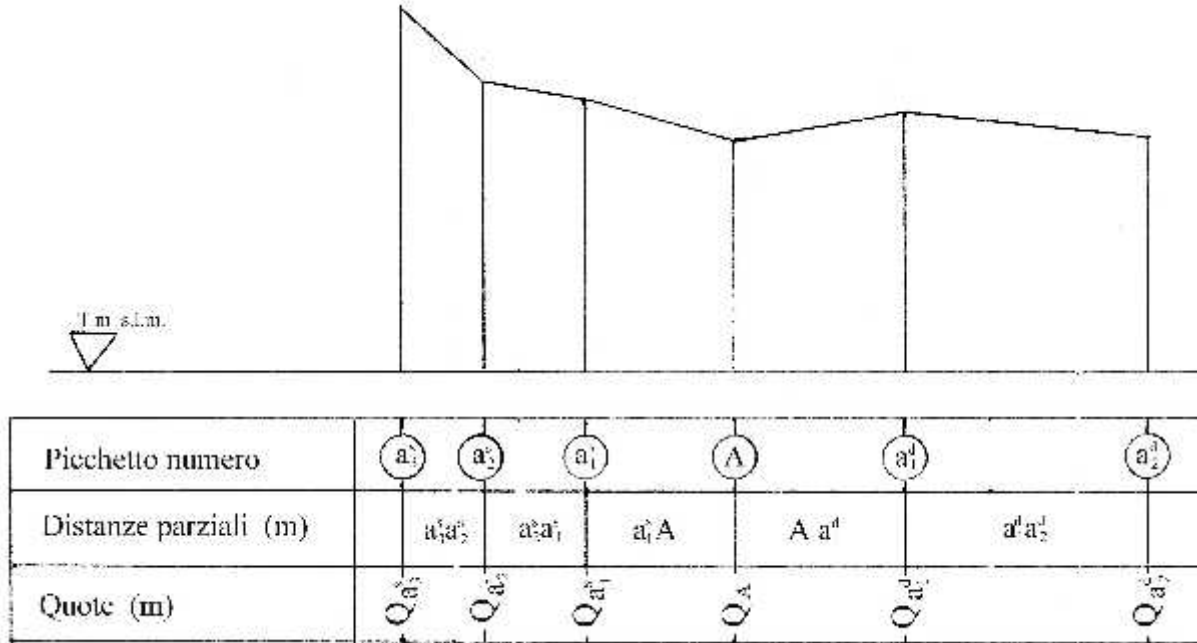


fig.7

L'insieme delle operazioni appena esaminate (profilo longitudinale e sezioni trasversali) costituiscono (come detto) **le livellazioni su striscia**, i risultati di tale rilievo possono essere esaminati semplicemente analizzando separatamente o contemporaneamente i disegni del **profilo longitudinale** e delle **sezioni trasversali**. Oppure si può costruire una carta con **curve di livello** (anche dette isoipse) congiungendo fra loro (dopo accurato sopralluogo sul terreno) i punti che hanno la stessa quota.

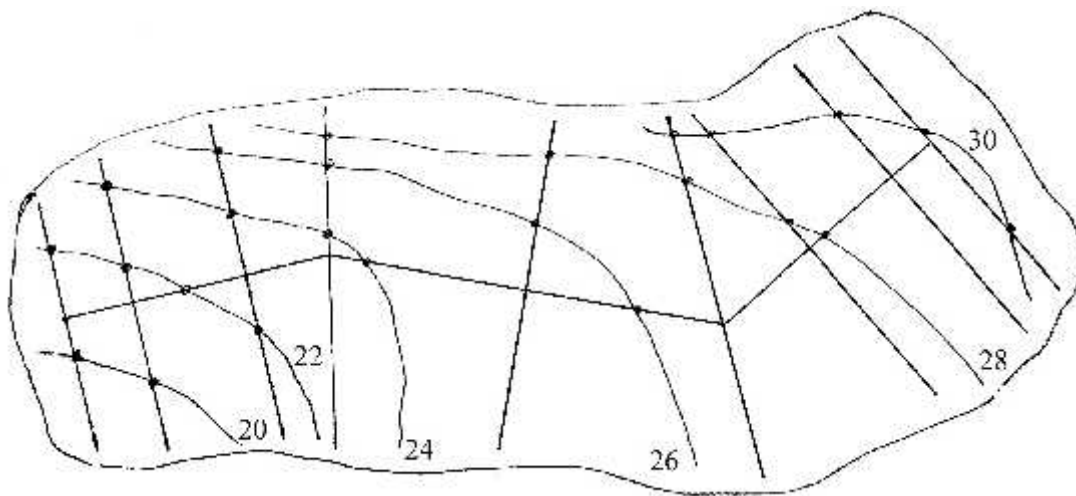


fig.8

LIVELLAZIONI DI SUPERFICIE

Quando nessuna delle direzioni del terreno è prevalente sulle altre (cioè il terreno non è lungo e stretto), al posto della livellazione su striscia si effettua la **livellazione di superficie**. A seconda delle dimensioni del terreno da rilevare si parlerà di:

- livellazione di una zona di grande estensione;
- livellazione di una zona di media estensione;
- livellazione di una zona di piccola estensione.

LIVELLAZIONE DI UNA ZONA DI GRANDE ESTENSIONE

Se il terreno ha la superficie superiore a $80 \div 100$ ha ($1\text{ha} = \text{un ettaro} = 10000\text{m}^2$) per il rilievo si procede nel seguente modo:

si costruisce una triangolazione (in figura 9 la triangolazione composta dai triangoli ABC e BCD) che faccia da ossatura portante per il rilievo, le coordinate dei vertici verranno calcolate con i metodi studiati per le triangolazioni nel modulo 6, mentre le quote con livellazioni trigonometriche (poco precise ma veloci) o con livellazioni geometriche composte (molto più precise ma lente da realizzare).

Ai vertici della triangolazione vengono collegate delle poligonazioni (principali), che hanno lo scopo di infittire con punti di appoggio il terreno da rilevare (in figura 9 le poligonazioni AEFGB, BHLC) e per infittire ulteriormente si realizzano delle poligonali secondarie del tipo la EMNPC. Le coordinate dei vertici delle poligonali verranno calcolate con i metodi studiati per le poligonazioni nel modulo 6, mentre le quote, di norma, con livellazioni geometriche dal mezzo.

Per definire l'andamento altimetrico del terreno lungo i lati delle poligonazioni verranno introdotte delle sezioni trasversali, in numero tale da coprire l'intera estensione del terreno.

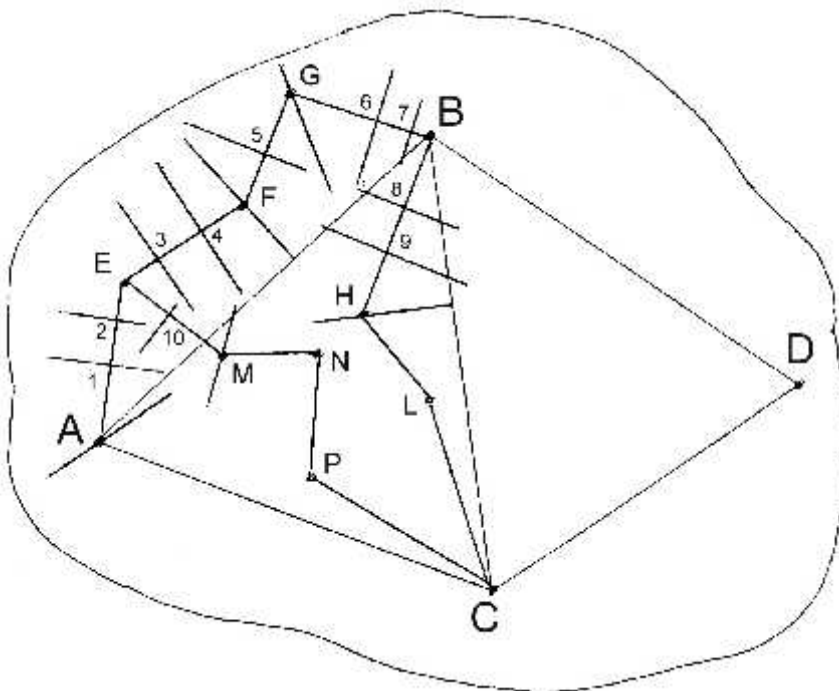


fig.9

In definitiva il rilevamento sopra esposto non è altro che la somma di più rilevamenti su striscia.

Il risultato di questo rilievo, verrà schematizzato con un disegno in cui si evidenzieranno le quote di un numero di punti sufficienti a descrivere l'altimetria del terreno, detto **piano quotato**. Oppure congiungendo con delle linee (o curve) di livello tutti i punti che hanno la stessa quota.

La scelta fra rappresentazione con piano quotato o con curve di livello dipende sia dallo scopo per cui viene fatto il rilievo ma anche e principalmente, dalla conformazione altimetrica del terreno (un terreno pianeggiante si rappresenta di solito con punti quotati, mentre uno accidentato si rappresenta con curve di livello).

LIVELLAZIONE DI UNA ZONA DI MEDIA ESTENSIONE

Se il terreno ha la superficie comprese fra i 20 e gli 80 ettari si dice che esso è di media estensione.

Di norma per il suo rilievo si procede nel seguente modo:

al posto della triangolazione del metodo precedente, si costruisce una poligonale chiusa ABCFEFG, che segue grossomodo il contorno dell'appezzamento da rilevare, e che farà da ossatura portante per il rilievo, le coordinate dei vertici verranno calcolate con i metodi studiati per le poligonazioni nel modulo 6, mentre le quote di norma, con livellazioni geometriche dal mezzo.

Per infittire con punti di appoggio il terreno da rilevare, ai vertici della poligonazione chiusa ABCFEFG prima detta, vengono collegate delle poligonazioni (secondarie del tipo BHLE). Le coordinate dei vertici delle poligonali verranno calcolate con i metodi studiati per le poligonazioni nel modulo 6, mentre le quote, di norma, con livellazioni geometriche dal mezzo.

Per definire l'andamento altimetrico del terreno lungo i lati delle poligonazioni verranno introdotte delle sezioni trasversali, in numero tale da coprire l'intera estensione del terreno.

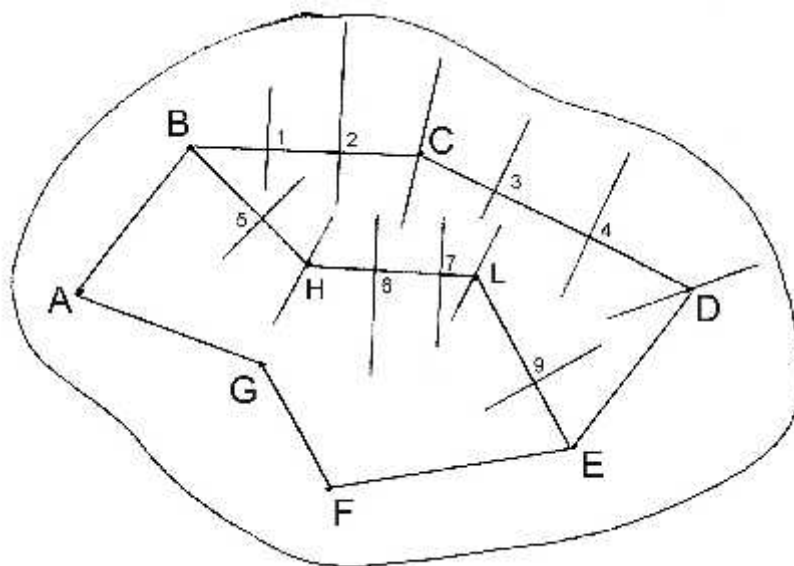


fig.10

In definitiva il rilevamento sopra esposto non è altro che la somma di più rilevamenti su striscia.

Il risultato di questo rilievo, verrà schematizzato con un piano quotato, oppure con un piano a curve di livello.

La scelta fra rappresentazione con piano quotato o con curve di livello dipende sia dallo scopo per cui viene fatto il rilievo ma anche e principalmente, dalla conformazione altimetrica del terreno (un terreno pianeggiante si rappresenta di solito con punti quotati, mentre uno accidentato si rappresenta con curve di livello).

LIVELLAZIONE DI UNA ZONA DI PICCOLA ESTENSIONE

Se il terreno ha la superficie mediamente inferiore ai 20 ettari si dice che esso è di piccola estensione.

Di norma per il suo rilievo si procede con uno dei seguenti modi:

- per livellazione raggiante o radiale;
- per livellazione con rete triangolare;
- per livellazione con rete quadrangolare.

Livellazione raggiante o radiale

Si individuano sul terreno tutti i punti in cui vi è sensibile variazione altimetrica del terreno e si picchettano. S staziona con un livello o un tacheometro o un teodolite (elettronico o non), in un punto dominante e posizionata la stadia in corrispondenza dei picchetti prima detti si effettuano le letture necessarie per determinare le loro coordinate polari e le quote. Il disegno viene di norma realizzato trasformando le coordinate polari in cartesiane, ed evidenziando le quote di ciascun punto rilevato racchiudendola tra parentesi tonde vicino al punto stesso (planimetria con punti quotati).

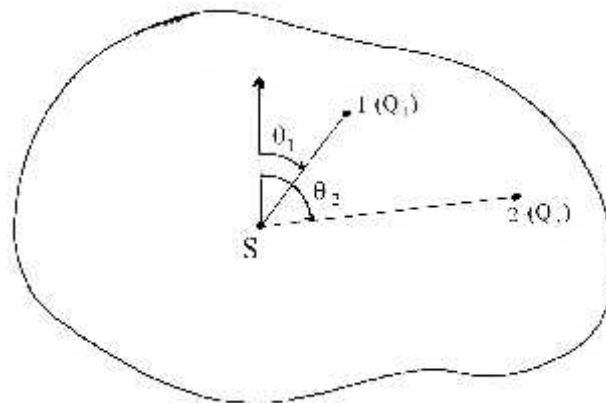


fig.11

Livellazione con rete triangolare

Si adotta quando il terreno è ondulato o accidentato, consiste nel picchettare il terreno in modo da realizzare delle maglie triangolari. All'interno di ciascuno di essi il terreno deve essere pianeggiante (o almeno approssimativamente pianeggiante) e per questo i triangoli sono detti **falde piane triangolari**. Per il rilievo si procede come per il metodo precedente. Anche in questo caso la rappresentazione sarà del tipo con punti quotati.

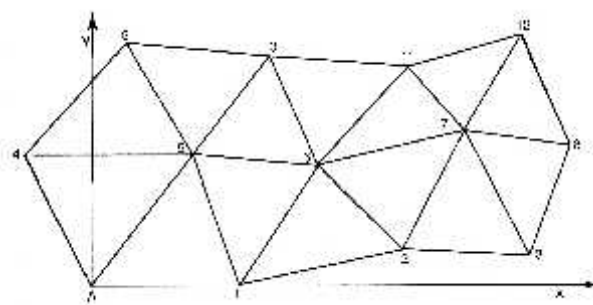


fig.12

Livellazione con rete quadrangolare

Si adotta quando il terreno è all'incirca pianeggiante, consiste nel picchettare il terreno in modo da realizzare delle maglie quadrangolari. All'interno di ciascuno di essi il terreno deve essere pianeggiante (o almeno approssimativamente pianeggiante). Per il rilievo si procede come per i metodi precedenti. Anche in questo caso la rappresentazione sarà del tipo con punti quotati.

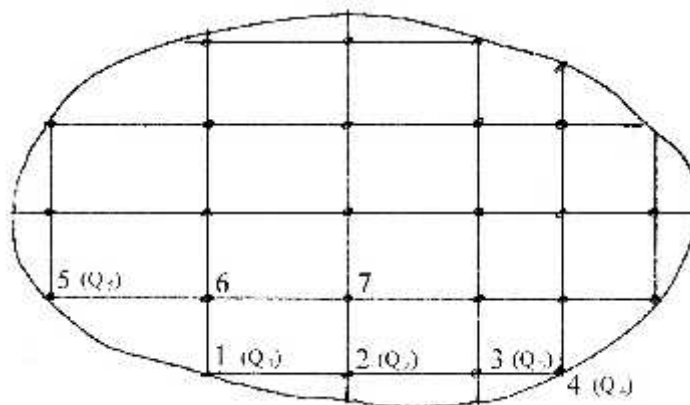


fig.13

NUOVA LIVELLAZIONE FONDAMENTALE DI ALTA PRECISIONE DELL'I.G.M.

Sostituisce la vecchia livellazione di precisione iniziata nel 1876 e completata nel 1900, andata quasi completamente distrutta dagli eventi bellici della seconda guerra mondiale e comunque ormai inadeguata alle attuali esigenze del topografo.

Questa si appoggiava ai mareografi di Genova, Livorno, Civitavecchia, Napoli, Ancona, Porto Orsini e Venezia, con una rete sviluppata per 7200km e comprendente circa 10500 capisaldi, distribuiti preminentemente lungo le vie rotabili ordinarie.

I lavori per la realizzazione di una nuova rete altimetrica di alta precisione, con uno sviluppo complessivo di circa 18000km, furono affidati dalla «Commissione Geodetica Italiana» all'I.G.M., che li iniziò nel 1949 e li terminò nel 1970, seguendo le norme stabilite dall'«Associazione Geodetica Internazionale»

Le quote della nuova rete sono tutte riferite al mareografo di Genova (anno 1942) per la parte continentale e la Sicilia, e a quello di Cagliari (anno 1956) per la Sardegna.

La rete si sviluppa in numerose linee principali, che seguono le grandi linee comunicazione, e in un gran numero di linee secondarie. distribuendo su tutto il territorio nazionale un gran numero di capisaldi orizzontali e verticali (vedi fig.14). I capisaldi orizzontali sono costituiti attualmente da elementi di porcellana a forma di tronco di cono e dell'altezza di 10 e 15,cm, protetti entro chiusini metallici alti 25 cm e forniti di coperchio con serratura, inseriti in opportuni pilastrini di calcestruzzo distribuiti lungo le strade. Essi si dividono inoltre in:

- capisaldi nodali o di prima categoria, nell'incontro di più linee;
- capisaldi fondamentali o di seconda categoria, uno ogni 25km;
- capisaldi principali o di terza categoria, uno ogni 2,5km;
- capisaldi di linea o di quarta categoria, uno ogni km.

I capisaldi verticali sono ora invece costituiti da piastre metalliche portanti una mensolina su cui è fissata una calotta sferica, cementate sulle pareti verticali di edifici.



fig.14a Capisaldi orizzontali dell'I.G.M.

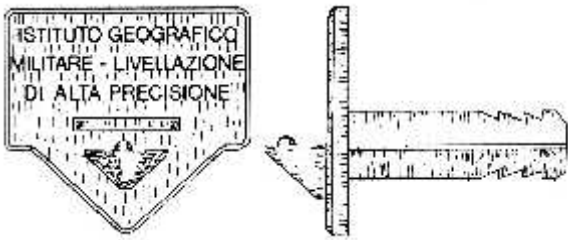


fig.14b Capisaldi verticali dell'I.G.M.

Le livellazioni geometriche fra un caposaldo e l'altro sono state eseguite sempre con livelli di alta precisione, muniti di livella torica a coincidenza d'immagine, di vite di elevazione e di micrometro ottico a lastra pian-parallela (per leggere il millimetro e il decimo di millimetro sulle stadie), le stadie usate sono quelle di invar graduate al mezzo millimetro.

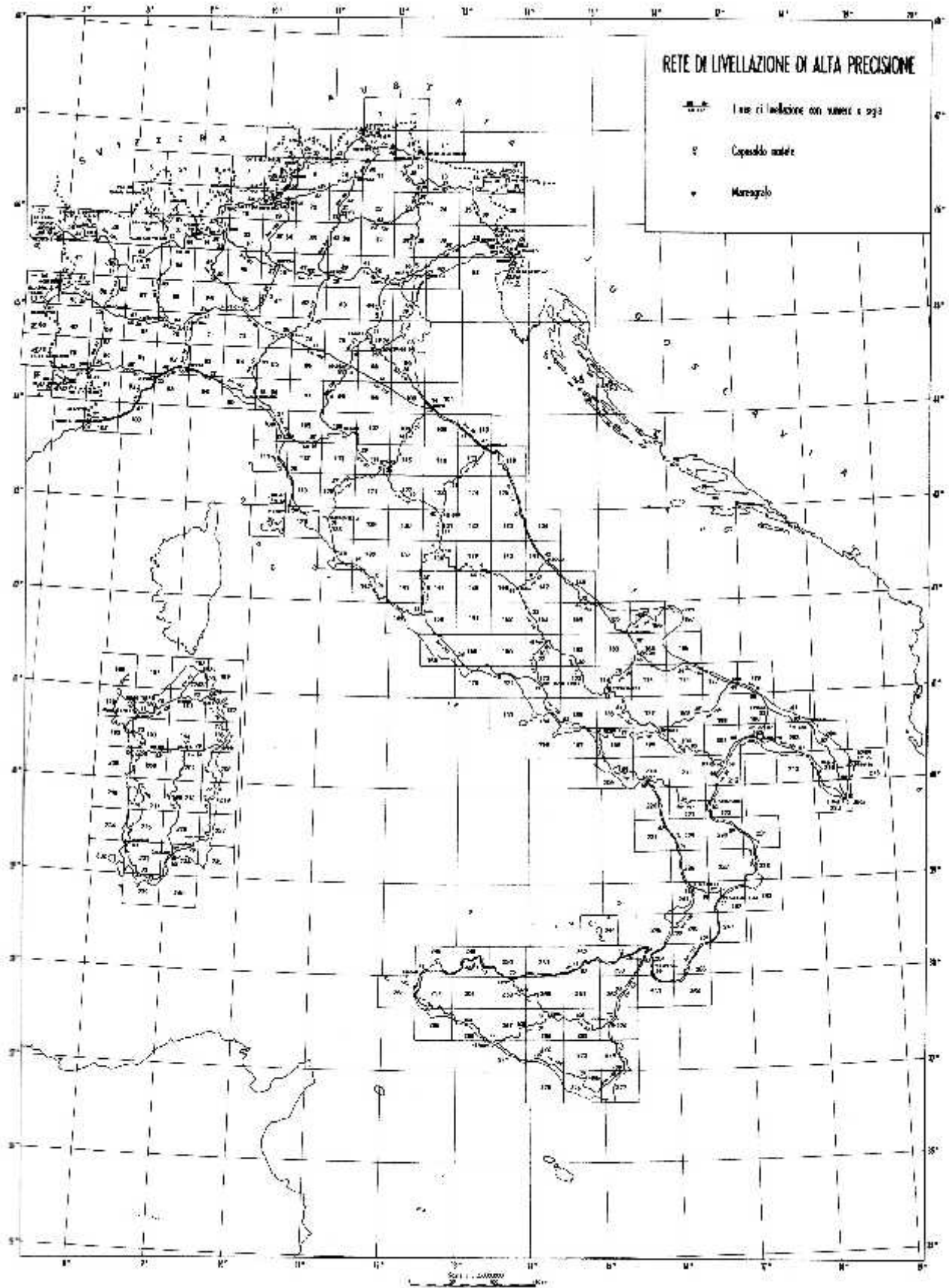
La distanza delle battute è stata contenuta entro i 50m e gli errori relativi a due livellazioni in andata e ritorno sul medesimo tratto entro il limite della seguente tolleranza:

$$t^{mm} = \pm 2\sqrt{L^{km}}$$

dove:

L è la lunghezza della linea livellata

Rete della livellazione di alta precisione dell'I.G.M.



UNITA' DIDATTICA N°2
RILEVAMENTO PLANO-ALTIMETRICO DI DETTAGLIO

GENERALITA'

Nelle operazioni di rilievo **plano-altimetrico**, relative alla determinazione della posizione dei punti di appoggio (reti d'inquadramento) la necessità di raggiungere elevate precisioni impone di operare separatamente per il rilievo planimetrico (utilizzando le metodologie viste nel modulo 6) e per il rilievo altimetrico (utilizzano le livellazioni geometriche composte viste nel modulo 5).

Nei rilievi di dettaglio, essendo richieste precisioni minori, è possibile per entrambi i rilievi (planimetrico e altimetrico) utilizzare gli stessi strumenti e le stesse metodologie operative, in modo da acquisire contemporaneamente i dati per la determinazione della posizione planimetrica e della posizione altimetrica dei punti rilevati.

CELERIMENSURA

Ignazio Porro verso la metà del 1800 introdusse la **celerimensura** (misura veloce) che rappresenta un primo e validissimo metodo di rilievo plano-altimetrico di dettaglio. Il Porro inventò anche lo strumento per l'effettuazione della celerimensura che fu chiamato **cleps** (dal fatto che i goniometri erano nascosti). Il cleps è l'odierno tacheometro.

La celerimensura può essere utilizzata per il rilievo, sia di zone di grande e media estensione che di zone di piccola estensione.

Con tale metodo l'I.G.M. ha realizzato una discreta parte della carta d'Italia in scala 1:25000.

L'avvento della **fotogrammetria aerea** (che verrà trattata nel modulo 12), ha fatto perdere interesse alla celerimensura per i rilievi di grande estensione, ma per rilievi di media e piccola estensione rimane il metodo più usato ed anche il più conveniente dal punto di vista economico.

Nel rilievo celerimetrico si staziona su punti di coordinate note o no e si "batte" la stadia posizionata alternativamente sui picchetti posti intorno al punto di stazione. Di norma da ogni stazione si rileva una zona circolare di raggio mediamente non superiore ai 150m se si opera con strumenti ottico meccanici (tacheometri o teodoliti), o anche fino a qualche chilometro se si opera con teodoliti elettronici.

LA SQUADRA CELERIMETRICA

La celerimensura è caratterizzata dalla velocità di esecuzione del rilievo, e per tale motivo gli operatori che eseguono le operazioni di misura devono essere organizzati e con compiti definiti in modo preciso. Esiste perciò la squadra celerimetrica.

La squadra celerimetrica è composta da **cinque più uno** elementi, e precisamente:

- il **caposquadra** che ha il compito di organizzare il rilievo e ne ha la responsabilità;
- il **tacheometrista** che ha il compito di mettere in stazione lo strumento e di effettuare le letture;
- lo **scrivano** che ha il compito di trascrivere sul registro di campagna gli elementi dettati dal tacheometrista (se si utilizza uno strumento elettronico che registra i dati rilevati lo scrivano non è più necessario);
- i **portastadia** hanno il compito di posizionare la stadia sui punti da rilevare, sono due per velocizzare il rilievo;
- la **guida** di solito è una persona esterna alla squadra di rilievo, viene messa a disposizione da chi ha commissionato il rilievo, è esperta del posto ed è munita di mezzo di locomozione per il trasporto della squadra e degli strumenti topografici.

SISTEMI DI RIFERIMENTO PER LA CELERIMENSURA

In celerimensura dopo aver eseguito il rilievo in campagna, bisogna calcolare le coordinate spaziali dei punti rilevati. Perciò è necessaria l'esistenza di un sistema di riferimento.

- Se il rilievo è di una zona di grande o media estensione i punti di stazione sono punti di appoggio rilevati con i metodi visti nel modulo 6 ed i punti di dettaglio verranno riferiti allo stesso sistema a cui sono riferiti i punti di appoggio;
- se il rilievo è di una zona di piccola estensione distinguiamo i seguenti casi:
 1. se un solo punto di stazione è sufficiente per il rilievo del terreno i punti che da esso si rilevano vengono riferiti ad un sistema cartesiano che ha origine nel punto di stazione, asse y coincidente con lo zero del cerchio orizzontale, asse z coincidente con l'asse principale dello strumento e asse x perpendicolare agli altri due (vedi fig.15).
 2. se un solo punto di stazione non è sufficiente bisogna effettuare più stazioni e quindi più sistemi di riferimento come quello sopra detto, di questi sistemi quello coincidente col primo punto di stazione sarà il principale e tutti gli altri saranno secondari.

Poiché i punti rilevati dalle varie stazioni dovranno comunque essere riferiti al sistema principale, i sistemi secondari dovranno essere collegati al sistema principale e per fare ciò i metodi più utilizzati sono: **il collegamento diretto o a punto indietro, il collegamento Villani e il collegamento Porro** che vedremo nel seguito.

FORMULE CELERIMETRICHE

Se consideriamo la stazione celerimetrica **A** (dove si è posizionato lo strumento) e il punto di dettaglio **P** (dove si è posizionata la stadia), con gli elementi letti allo strumento collimando la stadia possiamo calcolare le coordinate di **P** rispetto al sistema coincidente con la stazione **A** (vedi fig.15). Le coordinate di **P** possono essere:

- polari spaziali;
- cilindriche;
- cartesiane.

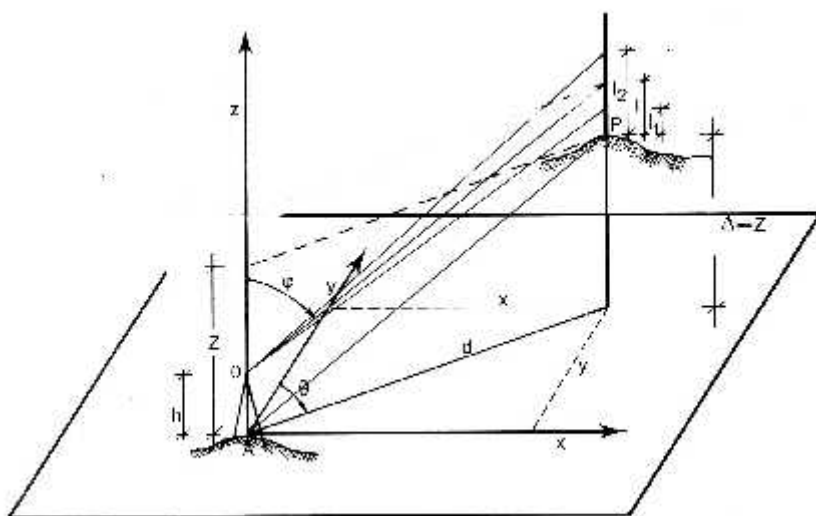


fig.15

Coordinate polari spaziali

Con riferimento alla figura 15 le formule sono le seguenti:

- la congiungente AP detta, come noto, distanza geometrica o distanza inclinata, o distanza effettiva.

Se l'altezza strumentale h e la lettura al filo medio l sono uguali (o quasi uguali):

$$AP = c + k S \sin\varphi \quad \text{oppure} \quad AP = c + k S \cos\alpha;$$

- l'angolo azimutale θ misurato al cerchio orizzontale;
- l'angolo zenitale φ o l'angolo d'inclinazione α misurato al cerchio verticale.

Coordinate cilindriche

Con riferimento alla figura 15 le formule sono le seguenti:

- la distanza topografica d fra A e P:

$$AP = c \sin\varphi + k S \sin^2\varphi \quad \text{oppure} \quad AP = c \cos\alpha + k S \cos^2\alpha;$$

- l'angolo azimutale θ misurato al cerchio orizzontale;
- $z_P = \Delta_{AP} = h + d \cotg\varphi - l$ oppure $z_P = \Delta_{AP} = h + d \tg\alpha - l$.

Coordinate cartesiane spaziali

Con riferimento alla figura 15 le formule sono le seguenti:

- $x_P = d \sin\theta$;
- $y_P = d \cos\theta$;
- $z_P = \Delta_{AP} = h + d \cotg\varphi - l$ oppure $z_P = \Delta_{AP} = h + d \tg\alpha - l$.

In passato nei rilievi con più stazioni collegate fra loro collegate venivano utilizzate le coordinate cartesiane spaziali per la posizione delle stazioni secondarie e le coordinate polari spaziali o le cilindriche per la posizione dei punti di dettaglio.

Oggi con le moderne macchine calcolatrici, che hanno velocizzato e semplificato le operazioni di calcolo, sia per le stazioni secondarie che per i punti di dettaglio si utilizzano le coordinate cartesiane spaziali.

RETE CELERIMETRICA NELLE ZONE DI GRANDE E MEDIA ESTENSIONE

Nelle **zone di grande estensione** si effettua una triangolazione (ABCD), e se ne determinano le coordinate dei vertici (con i metodi visti nel modulo 6) e le quote degli stessi, con livellazioni trigonometriche o geometriche composte (viste nel modulo 5) a seconda della precisione che si vuole ottenere.

Si infittisce il terreno di capisaldi inserendo delle poligonali (BEFC, AGE ed FHLD) topografiche o geodetiche (se si dispone di strumenti elettronici), e se ne determinano le coordinate dei vertici (con i metodi visti nel modulo 6) rispetto al sistema a cui è riferita la triangolazione, e le quote degli stessi con una delle livellazioni viste nel modulo 5 (livellazione eclimetrica o geometrica da un estremo se non è richiesta grande precisione o geometrica dal mezzo se è richiesta grande precisione).

Si staziona su ciascun caposaldo (vedi fig.16) e da essi si rilevano punti di appoggio in una zona circolare (di raggio non superiore ai 150m se si utilizzano strumenti ottico-meccanici, o di fino a qualche chilometro se si utilizzano strumenti elettronici).

Il numero dei capisaldi deve essere tale da coprire tutto il territorio oggetto del rilievo. Qualora rimanessero delle zone scoperte si posiziona in esse degli ulteriori capisaldi utilizzando i metodi dell'intersezione.

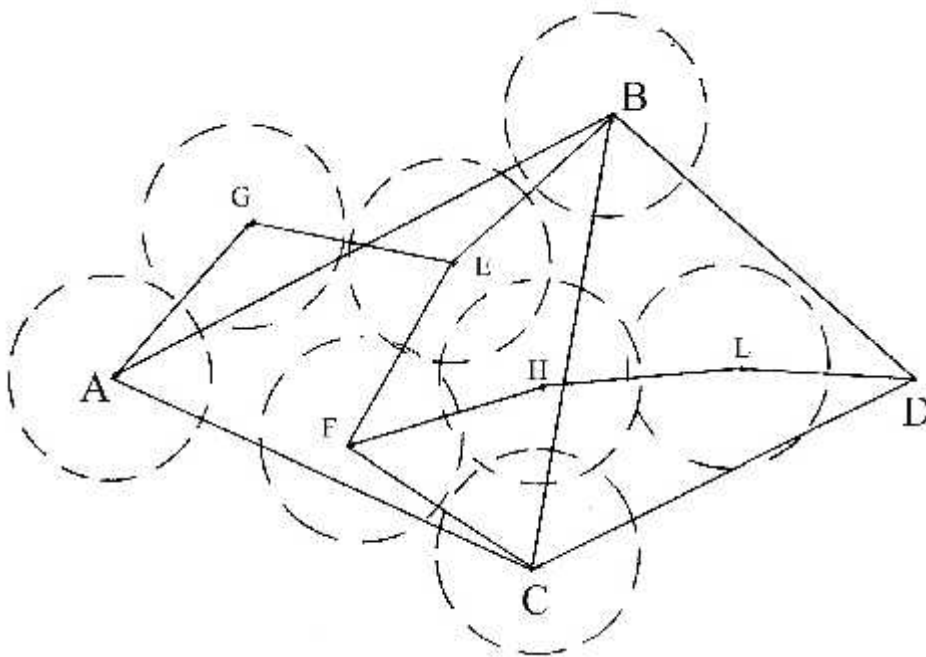


fig.16

Nelle zone di **media estensione** il procedimento è identico a quello sopra esposto, con la differenza che la triangolazione viene sostituita da una poligonale chiusa.

RILEVAMENTO CELERIMETRICO NELLE ZONE DI PICCOLA ESTENSIONE

Nelle **zone di piccola estensione**, non è necessario effettuare poligonazioni per rilevare i punti di appoggio, che in questo caso sono pochi (da uno ad alcune unità) e vengono scelti con i criteri esposti nel modulo 6 (cioè in modo che siano: significativi del terreno da rilevare, dominanti, e **possibilmente** reciprocamente visibili).

Come già detto a pag. 16 nel rilievo di una zona di piccola estensione si distinguono i seguenti casi:

1. se un solo punto di stazione è sufficiente per il rilievo del terreno i punti che da esso si rilevano vengono riferiti ad un sistema cartesiano che ha origine nel punto di stazione, asse **y** coincidente con lo zero del cerchio orizzontale, asse **z** coincidente con l'asse principale dello strumento e asse **x** perpendicolare agli altri due (vedi fig.15).
2. se un solo punto di stazione non è sufficiente bisogna effettuare più stazioni e quindi più sistemi di riferimento come quello sopra detto, di questi sistemi quello coincidente col primo punto di stazione sarà il principale e tutti gli altri saranno secondari.

Poiché i punti rilevati dalle varie stazioni dovranno comunque essere riferiti al sistema principale, i sistemi secondari dovranno essere collegati al sistema principale e per fare ciò i metodi più utilizzati e dei quali tratteremo sono:

- **il collegamento diretto o a punto indietro;**
- **il collegamento Villani;**
- **il collegamento Porro.**

Qualunque sia il collegamento che si decide di fare, collegare due stazioni vuol sempre dire:

- a. calcolare le coordinate spaziali (x , y , z) della stazione secondaria (stazione B della figura 17) rispetto alla principale (stazione A della figura 17);
- b. dare alla stazione secondaria lo stesso orientamento della stazione principale, cioè calcolare l'angolo ϵ (fra l'asse y' della stazione secondaria e l'asse y della stazione principale vedi fig.17). Tale angolo è detto di **disorientamento**.

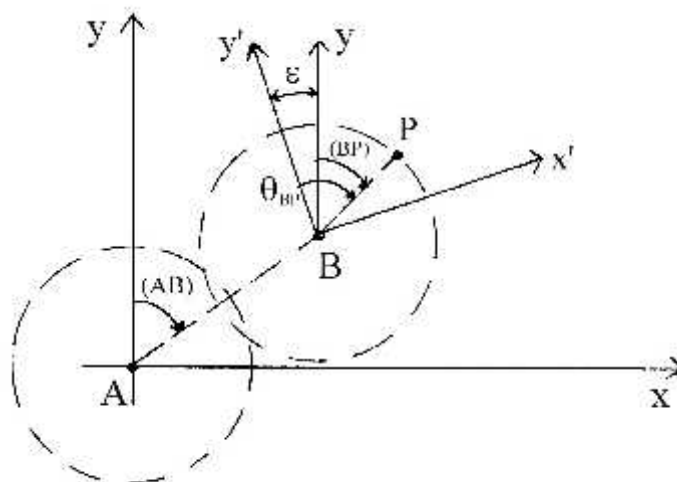
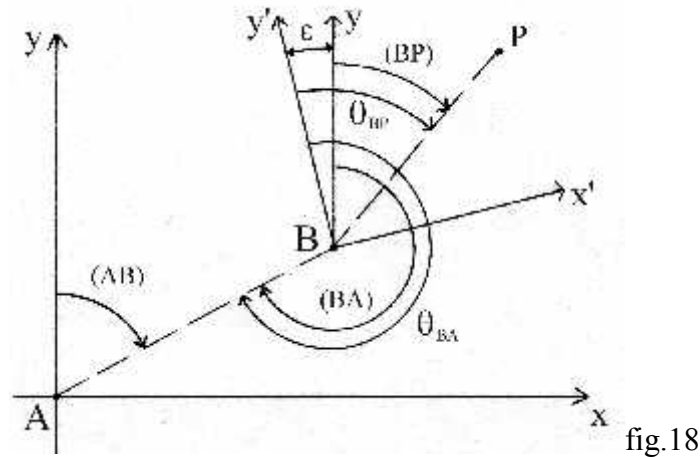


fig.17

COLLEGAMENTO DIRETTO O A PUNTO INDIETRO

Questo collegamento si realizza quando le due stazioni sono reciprocamente visibili e la loro distanza non supera la portata del cannocchiale.



Per quanto riguarda il calcolo delle coordinate della seconda stazione (stazione B) rispetto alla prima (stazione A), con riferimento alla figura 18 le formule da usare sono le seguenti:

$$x_B = AB \sin(AB);$$

$$y_B = AB \cos(AB);$$

$$z_B = \Delta_{AB} = h_A + AB \cotg\varphi - I_B^m \quad \text{oppure} \quad z_B = \Delta_{AB} = h_A + AB \operatorname{tg}\alpha - I_B^m$$

Mentre per ciò che riguarda l'orientamento della seconda stazione rispetto alla prima si può procedere con uno dei seguenti modi:

- se si dispone di uno strumento reiteratore o ripetitore (che ha la possibilità di indirizzare lo zero del cerchio orizzontale in un determinata direzione), l'orientamento può essere fatto direttamente in fase di rilievo, facendo in modo che dalla stazione B collimando la stazione A si legga al cerchio orizzontale l'angolo (BA) che come è noto dal modulo 2 è uguale ad $(AB) \pm 180^\circ$.
- Se non si dispone di uno strumento reiteratore o ripetitore, o non si ha voglia di effettuare l'orientamento in fase di rilievo, si può calcolare l'angolo ε di disorientamento con la seguente formula:

$$\varepsilon = \theta_{BA} - (BA)$$

ricavata ragionando sulla figura 18.

Per calcolare le coordinate, riferite al sistema principale, dei punti rilevati dalla stazione secondaria B si procede nel seguente modo:

$$(BP) = \theta_{BP} - \varepsilon;$$

$$x_P = x_B + BP \sin(BP);$$

$$y_P = y_B + BP \cos(BP);$$

$$z_P = \Delta_{AP} = z_B + (z_P)_B;$$

dove:

$$(z_P)_B = \Delta_{BP} = h_B + BP \cotg\varphi - I^m_P \quad \text{oppure} \quad (z_P)_B = \Delta_{BP} = h_B + BP \operatorname{tg}\alpha - I^m_P$$

COLLEGAMENTO VILLANI

Il collegamento **Villani** (il nome deriva da colui che lo ha ideato) si realizza quando le due stazioni sono reciprocamente visibili e la loro distanza è compresa tra la portata del cannocchiale ed il doppio della portata del cannocchiale.

Per collegare le due stazioni bisognerà, come detto, calcolare le coordinate della seconda stazione (B) rispetto alla prima (A) ed effettuare l'orientamento della seconda stazione come quello della prima (cioè orientare lo zero del cerchio orizzontale della seconda stazione come quello della prima o calcolare l'angolo di disorientamento ε).

Per ciò che riguarda l'orientamento della seconda stazione rispetto alla prima si può procedere con uno dei modi visti per il collegamento precedente e di seguito riportato:

- se si dispone di uno strumento reiteratore o ripetitore (che ha la possibilità di indirizzare lo zero del cerchio orizzontale in un determinata direzione), l'orientamento può essere fatto direttamente in fase di rilievo, facendo in modo che dalla stazione B collimando la stazione A si legga al cerchio orizzontale l'angolo (BA) che come è noto dal modulo 2 è uguale ad $(AB) \pm 180^\circ$.
- Se non si dispone di uno strumento reiteratore o ripetitore, o non si ha voglia di effettuare l'orientamento in fase di rilievo, si può calcolare l'angolo ε di disorientamento con la seguente formula, ricavata ragionando sulla figura 18:

$$\varepsilon = \theta_{BA} - (BA)$$

Mentre **per quanto riguarda il calcolo delle coordinate** della seconda stazione (stazione B) rispetto alla prima (stazione A) bisogna prima calcolare la distanza fra le due stazioni e a questo proposito si distinguono i due seguenti casi:

- Sull'allineamento AB si dispone, pressappoco a metà, una stadia nel punto **M** che collimata da A permetterà di calcolare la distanza **AM** e il dislivello Δ_{AM} , quindi ruotata su se stessa e collimata da B permetterà di calcolare la distanza **BM** e il dislivello Δ_{BM} . Quindi si calcola:

$$\begin{aligned} \mathbf{AB} &= \mathbf{AM} + \mathbf{BM} \\ \Delta_{AB} &= \Delta_{AM} - \Delta_{BM}. \end{aligned}$$

- Se non è possibile posizionare la stadia sull'allineamento la si posiziona come in figura 19

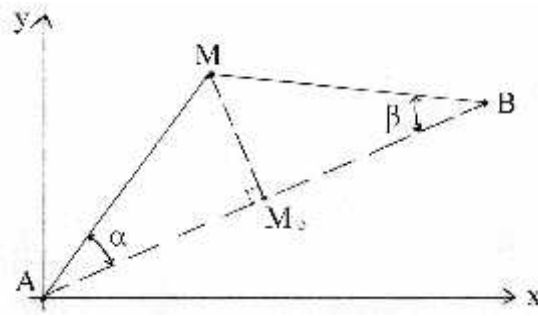


fig.19

e quindi si calcola:

$$AB = AM \cos\alpha + BM \cos\beta$$

Per il dislivello non cambia nulla.

Infine con formule analoghe a quelle del collegamento diretto si calcolano le coordinate della seconda stazione;

$$x_B = AB \sin(AB);$$

$$y_B = AB \cos(AB);$$

$$z_B = \Delta_{AB}.$$

Per calcolare le coordinate, riferite al sistema principale, dei punti rilevati dalla stazione secondaria B si procede come visto per il collegamento diretto.

COLLEGAMENTO PORRO

Quando le stazioni non sono reciprocamente visibili e la loro distanza non supera il doppio della portata del cannocchiale, il collegamento viene fatto utilizzando il metodo del **Porro**.

Per aggirare l'ostacolo che impedisce la visuale fra le stazioni da collegare, vengono posizionati due punti aggiuntivi **M** ed **N** esterni all'ostacolo e visibili dalle stazioni, (vedi figura 20).

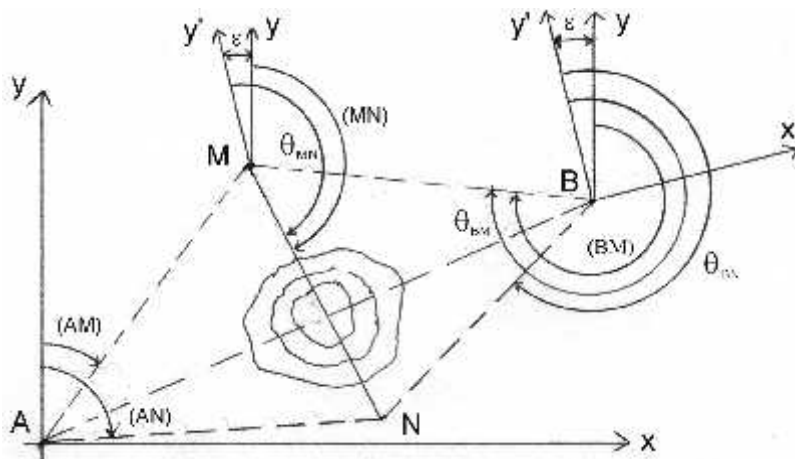


fig.20

Quindi si staziona sulla stazione principale **A**, si collimano le stadie poste in M ed N e si leggono tutti gli elementi necessari (le tre letture alla stadia, il cerchio orizzontale e quello verticale), poi ruotate su se stesse le stadie e stazionando sulla stazione secondaria **B** si leggono tutti gli elementi necessari.

Per collegare le due stazioni si effettuano i seguenti passi:

1. si calcola:

$$x_M = AM \sin(\alpha_M); \quad y_M = AM \cos(\alpha_M); \quad z_M = \Delta_{AM};$$

$$x_N = AN \sin(\alpha_N); \quad y_N = AN \cos(\alpha_N);$$

2. si calcola:

$$x'_M = BM \sin\theta_{BM}; \quad y'_M = BM \cos\theta_{BM};$$

$$x'_N = BN \sin\theta_{BN}; \quad y'_N = BN \cos\theta_{BN};$$

3. si calcola:

$$(MN) = \arctg \frac{x_N - x_M}{y_N - y_M} + k; \quad \text{ed} \quad \vartheta_{MN} = \arctg \frac{x'_N - x'_M}{y'_N - y'_M} + k;$$

e quindi:

$$\varepsilon = \theta_{MN} - (MN);$$

4. si calcolano infine:

$$x_B = x_M - BM \sin(\theta_{BM} - \varepsilon);$$

$$y_B = y_M - BM \cos(\theta_{BM} - \varepsilon);$$

$$z_B = \Delta_{AB} = z_M - h_B - BM \cotg\varphi_{BM} + I^m_M;$$

con l'eventuale sostituzione di $\tg\alpha_{BM}$ a $\cotg\varphi_{BM}$.

Per calcolare le coordinate, riferite al sistema principale, dei punti rilevati dalla stazione secondaria B si procede come visto per il collegamento diretto.

RILEVAMENTO PLANO-ALTIMETRICO CON SISTEMI SATELLITARI

IL SISTEMA G.P.S. (Global Positioning System)

Il sistema che ha trovato applicazione alla topografia e alla cartografia, sin dal momento della sua attivazione che risale ai primi anni '70, è il **G.P.S.** (Global Positioning System = Sistema di posizionamento globale)

Il **sistema G.P.S.** si basa su tre segmenti.

1) Il **segmento spaziale** costituito da 24 satelliti NAVSTAR (Navigation Satellite With Timing and Ranging) disposti su 6 piani orbitali. alla quota di volo di circa 20.000 km in modo da garantire la visibilità di almeno 4 satelliti in qualunque punto del globo terrestre e per tutto l'arco delle 24 ore (vedi fig. 21).

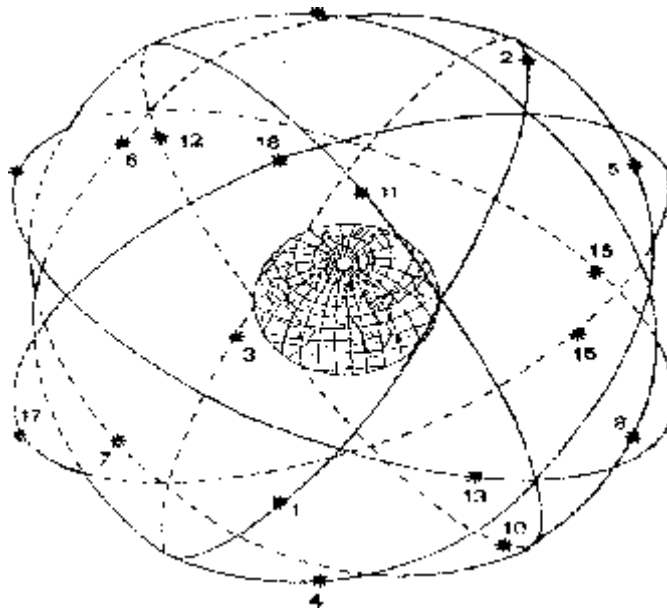


fig.21

Ogni satellite trasmette una varietà di informazioni, tra le quali quella sull'ora precisa rispetto al tempo U.T.C. (Tempo Universale Coordinato) in cui viene emesso il segnale e i parametri che permettono di calcolare la sua posizione, modulate sui 2 onde portanti:

- l'onda L_1 di frequenza 1575,42 MHz ($\lambda = 19,04\text{cm}$);
- l'onda L_2 di frequenza 1227,60 MHz ($\lambda = 24,44\text{cm}$).

I segnali sono generati da precisi oscillatori atomici al cesio o al rubidio e le onde portanti vengono modulate secondo due particolari codici:

- il codice **G/A** (Coarse Acquisition o Clear Access) che appare solo sull'onda portante L_1 , modulata da una frequenza di 1,023 MHz ($\lambda = 293\text{m}$), disponibile anche per usi civili;
- il codice **P** (Precise o Private), che appare sia sulla L_1 che sulla L_2 , con l'onda portante modulata da una frequenza di 10,23 MHz ($\lambda = 29,3\text{m}$), destinato primariamente agli usi militari.

2) Il **segmento utente** costituito dai ricevitori i quali decodificano i segnali satellitari li registrano e, unitamente alle informazioni relative alla propria posizione, li trasmettono al computer per la rielaborazione dei dati ricevuti.

3) Il **segmento di controllo** costituito da una serie di stazioni (Tracking Stations) distribuite sul globo terrestre, le quali registrano continuamente le trasmissioni dei satelliti e le inviano ad una stazione principale "Master Control Station (MCS)" situata in Colorado Spring che provvede ai tracciamenti precisi delle traiettorie dei satelliti e ai calcoli relativi alle correzioni orbitali, alle condizioni dei satelliti ecc. I dati rielaborati e le correzioni di tempo fornite dall'orologio atomico vengono ritrasmessi ai satelliti quando questi transitano sopra alla stazione.

MISURE COL G.P.S.

Le misure che si possono fare con il G.P.S. possono essere:

- di pseudo-distanze (pseudo-range);
- di fase.

Misura di pseudo-distanze

La misura di **pseudo-range** consiste nel determinare la distanza fra il satellite e il ricevitore computando il ritardo di tempo tra il segnale trasmesso (dal satellite) e il segnale ricevuto (dal ricevitore). Si avrà ovviamente:

$$\text{distanza satellite-ricevitore} = \text{ritardo di tempo} \cdot \text{velocità della luce} \quad (D=\Delta t \cdot c)$$

Il concetto di "pseudo-distanza" sta nel fatto che gli orologi atomici dei satelliti e quelli al quarzo dei ricevitori non sono sincronizzati, perciò è indispensabile apportare una correzione per la non perfetta sincronizzazione tra gli orologi. Il punto critico del metodo è la determinazione dell'errore relativo: **un errore di un milionesimo di secondo comporta un errore di circa 300 m nella misura della distanza.**

Misura di fase

La misura di **fase** viene effettuata sul segnale portante; consiste nel confrontare l'onda emessa dal satellite con un'onda di riferimento generata dal ricevitore e nel determinare lo sfasamento tra le due onde.

Siccome la distanza tra satellite e ricevitore può essere considerata composta da un certo numero di lunghezze d'onda intere più una frazione di lunghezza d'onda, la misura dello sfasamento permette di ottenere la frazione di lunghezza d'onda. Dal momento che le lunghezze d'onda della L_1 ed L_2 sono rispettivamente di circa 19 cm e 24 cm, la suddetta frazione è calcolata con elevata precisione, anche dell'ordine del millimetro.

In un primo tempo il numero intero di lunghezze d'onda non è noto e questo numero chiamato ambiguità iniziale (integer phase ambiguity), viene determinato successivamente tramite l'elaborazione dei dati.

DETERMINAZIONE DELLE COORDINATE GEOGRAFICHE

Le operazioni per determinare la latitudine, la longitudine e l'altezza dei punti a terra possono avvenire con:

- **posizionamento assoluto** (point positioning);
- **posizionamento relativo** (relative positioning) detto anche **metodo differenziale**.

Posizionamento assoluto

Il **metodo assoluto** consiste nel determinare contemporaneamente le pseudo-distanze del ricevitore da tre satelliti in modo da poter impostare un sistema di tre equazioni nelle tre coordinate incognite del punto a terra X, Y, Z .

Siccome occorre determinare anche la correzione di tempo δt da apportare all'orologio, che costituisce una quarta incognita, è necessaria l'osservazione di un quarto satellite.

Indicando:

- con $(X_1, Y_1, Z_1), (X_2, Y_2, Z_2), (X_3, Y_3, Z_3), (X_4, Y_4, Z_4)$ le coordinate assolute che definiscono le posizioni dei quattro satelliti al momento della rilevazione comunicate dalle stazioni di controllo;
- con $\Delta t_1, \Delta t_2, \Delta t_3, \Delta t_4$ gli intervalli di tempo impiegati dai segnali a raggiungere le antenne a terra;
- con c la velocità di propagazione delle onde,

il problema si riporta alla risoluzione del seguente sistema nelle quattro incognite X, Y, Z e δt , le cui equazioni esprimono, come è noto, la distanza di due punti dello spazio in funzione delle rispettive coordinate:

$$(X - X_1)^2 + (Y - Y_1)^2 + (Z - Z_1)^2 = [(\Delta t_1 - \delta t) \cdot c]^2$$

$$(X - X_2)^2 + (Y - Y_2)^2 + (Z - Z_2)^2 = [(\Delta t_2 - \delta t) \cdot c]^2$$

$$(X - X_3)^2 + (Y - Y_3)^2 + (Z - Z_3)^2 = [(\Delta t_3 - \delta t) \cdot c]^2$$

$$(X - X_4)^2 + (Y - Y_4)^2 + (Z - Z_4)^2 = [(\Delta t_4 - \delta t) \cdot c]^2$$

Le coordinate $X_1, Y_1, Z_1; X_2, Y_2, Z_2; X_3, Y_3, Z_3; X_4, Y_4, Z_4$ dei satelliti sono note.

Questo metodo dà risultati affetti da errori dovuti all'Imprecisione delle orbite, alle perturbazioni della ionosfera e troposfera ecc. per cui la precisione raggiungibile è dell'ordine di qualche decina di metri, più che sufficiente per la navigazione ma insufficiente per scopi topografici. tanto più che il Dipartimento di Difesa degli Stati Uniti "degrada" il segnale per evitare che i ricevitori "nemici" abbiano precisioni troppo elevate.

Posizionamento relativo (o metodo differenziale)

Il **metodo differenziale** consente di ridurre notevolmente gli errori e consiste nell'osservazione simultanea dei satelliti da parte di due ricevitori che, analizzando i segnali ricevuti

dagli stessi satelliti, computano le loro posizioni relative: delle misure di fase eseguite si calcola la differenza.

Si distinguono tre metodi operativi:

- per semplici differenze;
- per doppie differenze;
- per triple differenze.

Per semplici differenze

Il metodo delle **semplici differenze** consiste nell'osservazione di un satellite dalle due stazioni (vedi fig.22), facendo la differenza tra le due fasi misurate vengono eliminati gli errori dell'orologio satellitare.

Per doppie differenze

Il metodo delle **doppie differenze** consiste nell'osservazione di due satelliti da entrambe le stazioni (vedi fig.23), facendo la differenza tra le due differenze semplici delle corrispondenti fasi vengono eliminati gli errori degli orologi sia dei satelliti che dei ricevitori.

fig.22

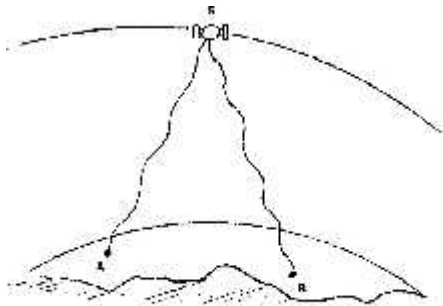
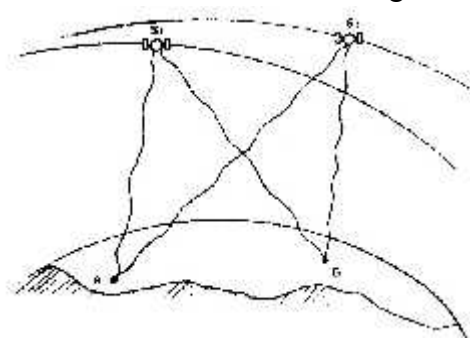


fig.23



Per triple differenze

Il metodo delle **triple differenze** consiste nell'applicare il metodo delle doppie differenze in due epoche diverse, facendo la differenza tra le due doppie differenze si elimina oltre agli errori degli orologi, anche l'ambiguità.

Il **metodo differenziale** consente di ottenere precisioni anche dell'ordine di centimetri o di millimetri, a seconda della distanza tra i ricevitori, per cui è l'unico idoneo per usi topografici e geodetici.

RILIEVO STATICO E CINEMATICO

Le metodologie per la determinazione delle coordinate relative dei punti da rilevare con il metodo differenziale si distinguono principalmente in **rilievo statico** e **rilievo cinematico**.

Rilievo statico

Il **rilievo statico** è il **più preciso** e il più indicato per **lavori topografici di precisione**. Si dispongono due ricevitori in due stazioni fisse, a distanza in genere non superiore ai 20 km delle quali una, **detta di riferimento** viene posizionata su un punto noto, e si procede all'operazione di **inizializzazione** osservando simultaneamente gli stessi satelliti per un periodo variabile fra i **20 minuti ed un ora**.

Lasciando fermi nelle proprie stazioni i due suddetti ricevitori, si procede al rilevamento vero e

proprio portando sui punti da rilevare un ricevitore mobile che può essere meno sofisticato dei fissi e di costo contenuto (vedi fig. 24)

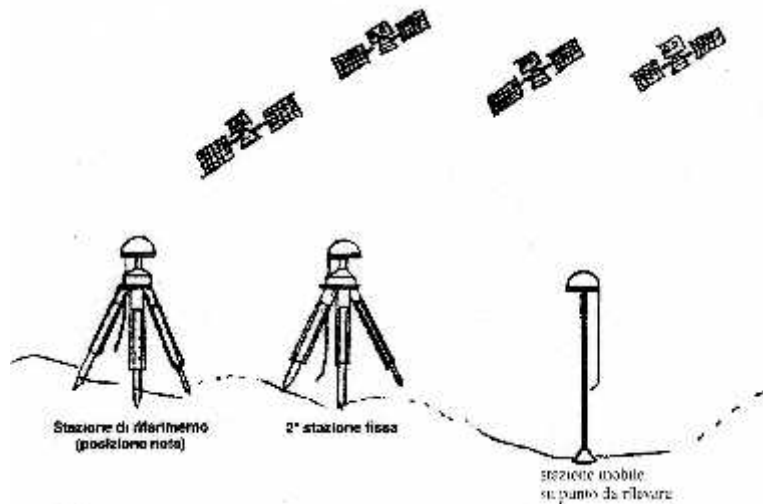


fig.24

Rilievo cinematico

Il **rilievo cinematico** riduce notevolmente i tempi di misura. Dopo aver eseguito un'operazione di **inizializzazione rapida**, posizionando due ricevitori su due punti di coordinate note, a distanza di pochi metri e per una durata di tempo molto limitata (**qualche decina di minuti**), **un ricevitore resta fisso e l'altro si muove** con continuità sugli altri punti da rilevare, purché durante lo spostamento non si perda mai il contatto con i satelliti.

Se si perde il segnale occorre reinizializzare il sistema tornando con il ricevitore mobile sull'ultimo punto rilevato ed eseguendo la nuova taratura.

SISTEMA DI RIFERIMENTO

Il G.P.S. fornisce le coordinate cartesiane tridimensionali rispetto ad un sistema geocentrico a cui sono riferiti i satelliti.

Tale sistema di riferimento è detto **WGS 84**. Esso ha origine nel baricentro della massa terrestre (e per questo è detto geocentrico), asse **Z** coincidente con l'asse polare, asse **X** definito dall'intersezione del piano equatoriale con il piano meridiano di riferimento (Greenwich) e asse **Y** giacente sul piano equatoriale e perpendicolare all'asse **x** (vedi modulo tre).

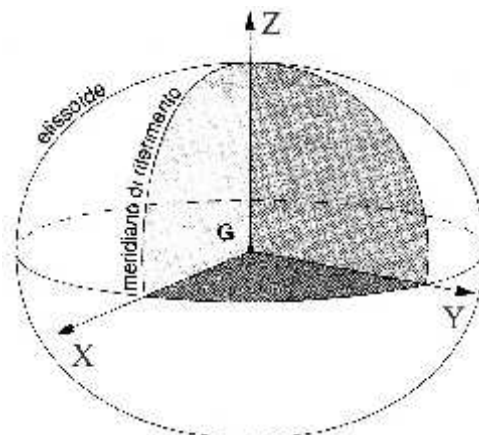


fig. 25

Misurate col G.P.S. le coordinate geocentriche (X, Y e Z) di un determinato punto, per tale punto è possibile calcolare (con delle trasformazioni abbastanza semplici) le coordinate geografiche (φ , λ e Q_{assoluta}), o le coordinate cartografiche (E, N e Z) del sistema Gauss-Boaga (vedi modulo 8) oppure le coordinate (x, y e z) rispetto ad un qualunque sistema di riferimento locale.

Mentre le tre **coordinate geocentriche** ottenute dalle osservazioni satellitari hanno un unico sistema di riferimento (WGS84), in **topografia** e **geodesia** i sistemi di riferimento sono due:

- l'ellissoide (o la sfera locale) per le misure planimetriche;
- il geode per le misure altimetriche (quote).

Con riferimento alla figura 26, il segmento $Z_P = PP_1$ rappresenta la quota ellissoidica del punto P (data dal G.P.S.) mentre $Q_P = PP_0$ misurata lungo la verticale rappresenta la quota assoluta (anche detta ortometrica) del punto P ottenuta con livellazioni topografiche (vedi modulo 5)

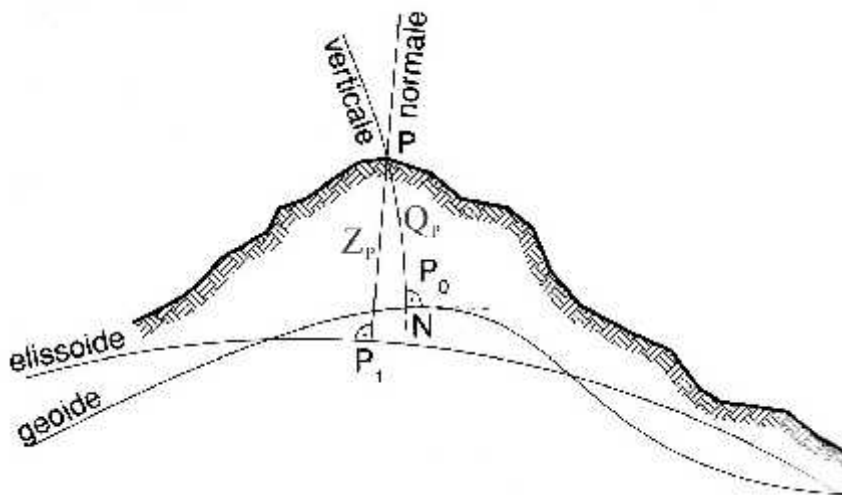


fig. 26

Lo scostamento N tra le due superfici (geode ed ellissoide) prende il nome di **ondulazione del geode** e varia da zona a zona della superficie terrestre.

Per trasformare la quota ellissoidica (Z_P) in quota ortometrica (Q_P), occorrerebbe conoscere gli scostamenti locali N, con la stessa precisione con cui si determinano le quote ellissoidiche.

Purtroppo, però, la conoscenza di N nelle varie zone (che è strettamente legata alla conoscenza locale del geode) è nota con errori che a volte sono anche cospicui. Mediamente in Italia N è compreso fra 30cm e 50cm. Perciò per il calcolo preciso delle quote gli unici metodi utilizzabili sono ancora oggi, la livellazione geometrica dal mezzo e la geometrica composta (vedi modulo 5).

Se, però, si accetta una non elevata precisione e l'estensione del terreno da rilevare non è molto grande, conviene stazionare col ricevitore G.P.S. su alcuni punti adeguatamente distribuiti e di quota ortometrica nota, calcolare per quei punti l'ondulazione del geode (N), come differenza tra Z_P e Q_P (vedi fig. 26) e interpolare poi tali valori per l'intera zona.

CONSIDERAZIONI

I vantaggi del metodo di rilievo satellitare rispetto ai rilievi tradizionali sono notevoli, sia per la possibilità di operare con ogni tempo, di giorno, di notte, senza visibilità tra i punti, sia per le elevate precisioni raggiungibili; anche i costi sono senz'altro in molti casi competitivi.

Se è vero che non necessita la visibilità fra le stazioni, è necessaria la visibilità fra le stazioni e i satelliti e ciò non è sempre verificato, in particolare nei rilevamenti in zone urbane.

La Magnavox (USA) è stata la prima società ad immettere sul mercato uno strumento topografico portatile utilizzante i segnali emessi da satelliti. Nel 1985 questa società, in collaborazione con la Wild ha iniziato la vendita del WM-101 che è costituito da due componenti principali: **l'antenna ed il ricevitore**.

L'antenna, che è sagomata in modo da poter costituire all'occorrenza un buon segnale topografico, riceve i segnali dai satelliti che, filtrati, amplificati e riconvertiti a bassa frequenza, vengono trasmessi mediante un cavo al ricevitore.

Il ricevitore è sistemato in una custodia a forma di borsa sul cui coperchio una targa fornisce le istruzioni per l'uso dello strumento in campagna. Il WM-101 ha un microprocessore ricevitore con quattro canali che gli permette di ricevere contemporaneamente i segnali di quattro satelliti e che sono programmati in modo da poter ricevere, senza perdere alcuna informazione utile, i segnali di ben nove satelliti.

L'uso del WM-101 è molto semplice, inoltre esso è munito di un programma che controlla le varie parti dello strumento per cui qualora sopravvenisse qualche inconveniente, è possibile intervenire in campagna stessa sostituendo i moduli difettosi.

ESERCIZI RISOLTI

1) Lungo la spezzata ABC si sono posizionati i picchetti 1 e 2 sul lato AB e 3 sul lato BC. Si sono calcolate le quote e le distanze di seguito riportate:

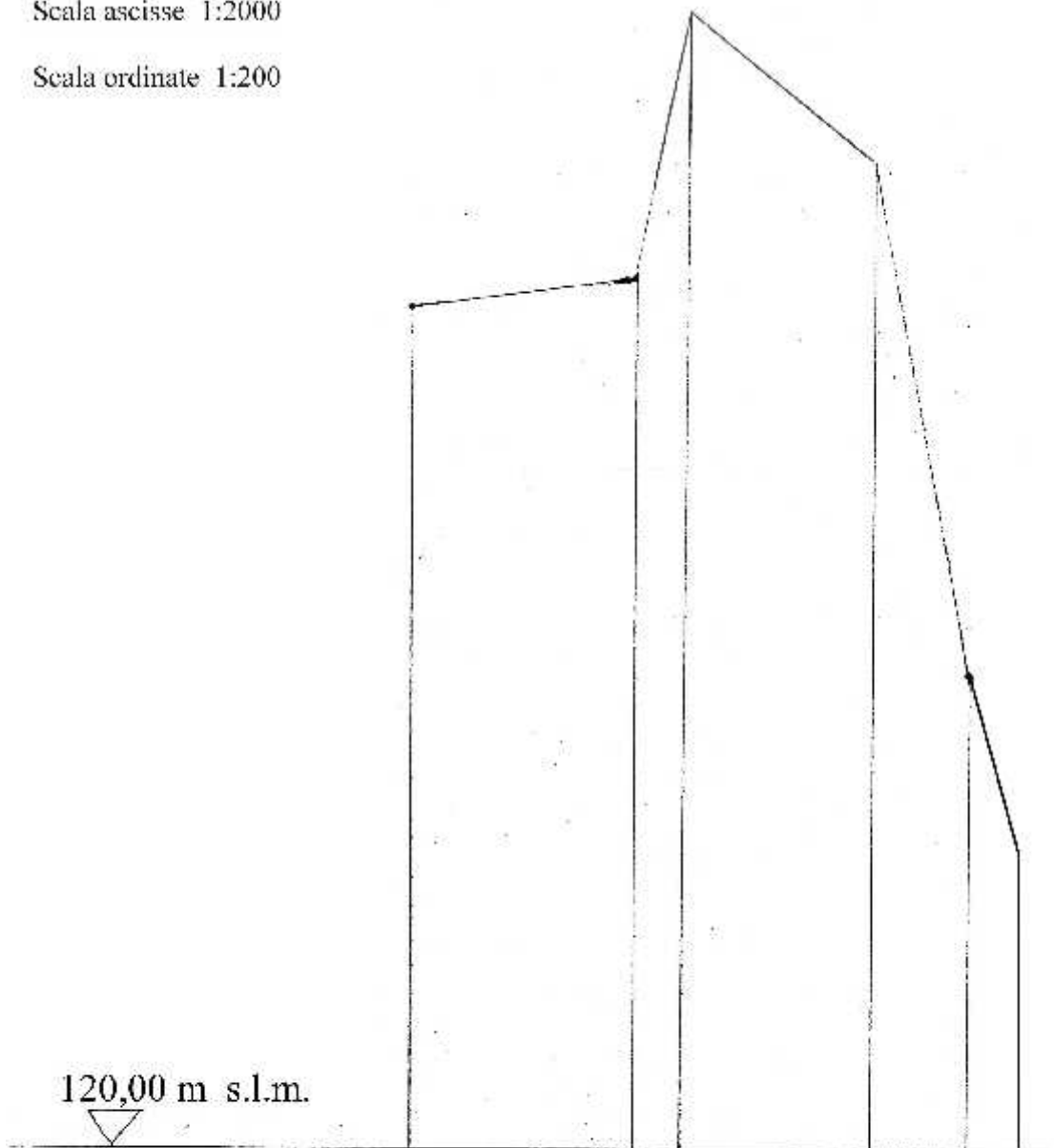
$Q_A = 143,21\text{m}$; $Q_1 = 144,12\text{m}$; $Q_2 = 151,16\text{m}$; $Q_B = 147,23\text{m}$; $Q_3 = 133,15\text{m}$; $Q_C = 126,24\text{m}$;
 $A1 = 61,12\text{m}$; $A2 = 73,09\text{m}$; $AB = 126,15\text{m}$; $B3 = 27,37\text{m}$; $BC = 42,15\text{m}$.

Disegnare il profilo longitudinale utilizzando per le ascisse la scala 1:2000.

Svolgimento:

Scala ascisse 1:2000

Scala ordinate 1:200



Picchetto n°	A	1	2	B	3	C
distanze parziali (m)		61,12	11,97	53,06	27,34	14,81
distanza progr. (m)	0,00	61,12	73,09	126,15	153,49	168,30
Quote (m)	143,21	144,12	151,16	147,23	133,15	126,24

2) Per rilevare la poligonale aperta ABCD si è fatta stazione nei vertici B e C con un tacheometro anallattico co $k=100$ e si sono rilevati i seguenti elementi:

Punti di stazione	Punti collimati	Lecture al C.O.	Lecture al C.V.	Lecture alla stadia (m)		
				superiore	media	inferiore
B $h_B=1,48m$	A	$225^{\circ}48'$	$92^{\circ}25'$	1,432	0,980	0,528
	C	$316^{\circ}14'$	$89^{\circ}15'$	1,972	1,469	1,020
C $H_C=1,52m$	B	$136^{\circ}14'$	--	--	--	--
	D	$381^{\circ}40'$	$88^{\circ}35'$	1,816	1,380	0,944

Essendo $Q_A = 100,00m$, disegnare il profilo longitudinale utilizzando per le ascisse la scala 1:2000.

Svolgimento:

$$BA = k S \sin^2\varphi = 90,24m;$$

$$BC = k S \sin^2\varphi = 95,18m;$$

$$CD = k S \sin^2\varphi = 87,15m;$$

$$\Delta_{BA} = h_B + BA \cotg\varphi - l^m_A = -3,31m;$$

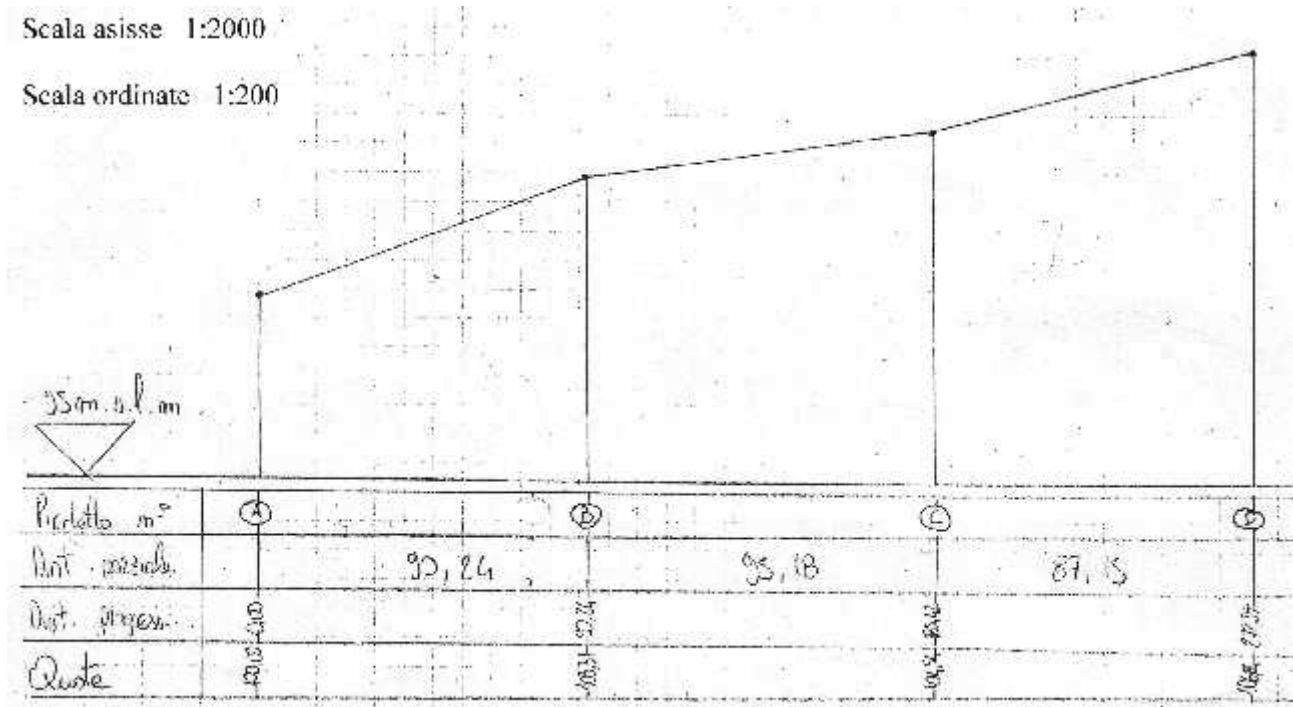
$$\Delta_{BC} = h_B + BC \cotg\varphi - l^m_C = 1,26m;$$

$$\Delta_{CD} = h_C + CD \cotg\varphi - l^m_D = 2,30m$$

$$\Delta_{BA} = Q_A - Q_B \Rightarrow Q_B = Q_A - \Delta_{BA} = 103,31m;$$

$$\Delta_{BC} = Q_C - Q_B \Rightarrow Q_C = Q_B + \Delta_{BC} = 104,57m;$$

$$\Delta_{CD} = Q_D - Q_C \Rightarrow Q_D = Q_C + \Delta_{CD} = 106,87m;$$



3) Stazionando sul picchetto d'asse B con un livello centesimale destrorso ($k = 100$) si è orientato lo zero del goniometro verso il picchetto precedente e si sono collimati i picchetti $b_1^D, b_2^D, b_3^D, b_1^S, b_2^S$. Si sono rilevati gli elementi di seguito riportati:

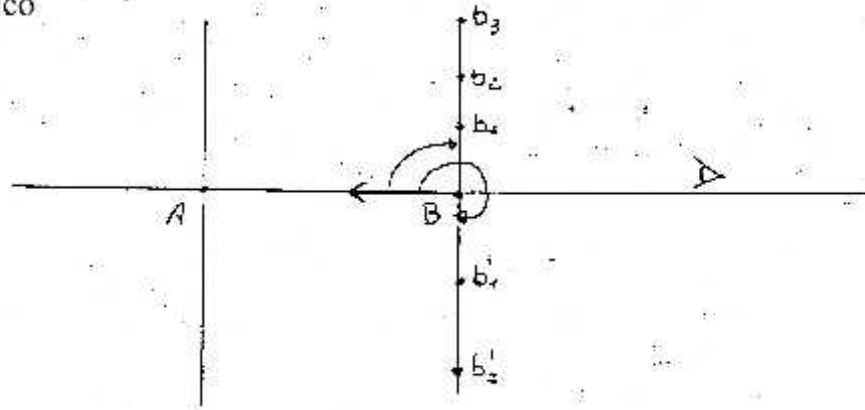
Punto di stazione	Punti collimati	Lecture al C.O.	Lecture alla stadia (m)		
			superiore	media	inferiore
B $H_B=1,64m$ $Q_B=127,45m$	b^{D_1}	100,00gon	1,436	1,532	1,628
	b^{D_2}	100,00gon	2,435	2,750	3,065
	b^{D_3}	100,00gon	2,964	3,433	3,902
	b^{S_2}	300,00gon	1,063	1,404	1,745
	b^{S_1}	300,00gon	0,666	1,255	1,843

Utilizzando una scala opportuna eseguire la sezione trasversale del picchetto d'asse B.

Svolgimento

$Bb^{D_1} = k S = 19,20m;$	$\Delta Bb^{D_1} = h_B - l^m = 0,11m;$	$Qb^{D_1} = Q_B + \Delta B b^{D_1} = 127,56m;$
$Bb^{D_2} = k S = 63,00m;$	$\Delta Bb^{D_2} = h_B - l^m = -1,11m;$	$Qb^{D_2} = Q_B + \Delta B b^{D_2} = 126,34m;$
$Bb^{D_3} = k S = 68,20m;$	$\Delta Bb^{D_3} = h_B - l^m = -1,79m;$	$Qb^{D_3} = Q_B + \Delta B b^{D_3} = 125,66m;$
$Bb^{S_1} = k S = 19,20m;$	$\Delta Bb^{S_1} = h_B - l^m = 0,24m;$	$Qb^{S_1} = Q_B + \Delta B b^{S_1} = 127,69m;$
$Bb^{S_2} = k S = 117,70m;$	$\Delta Bb^{S_2} = h_B - l^m = 0,39m$	$Qb^{S_2} = Q_B + \Delta B b^{S_2} = 127,84m;$

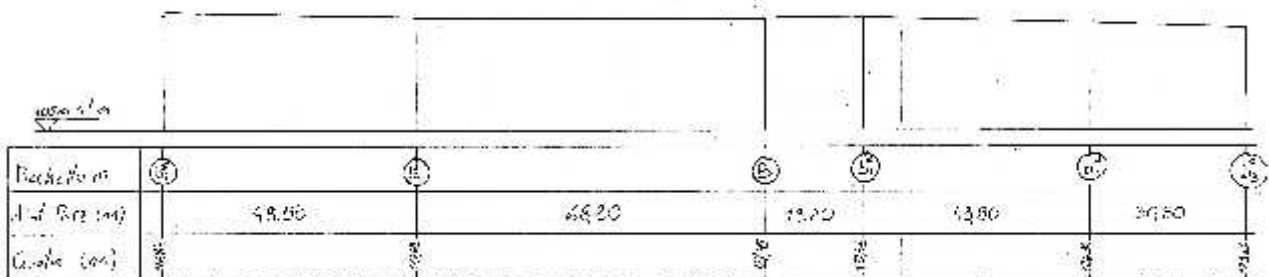
Schema planimetrico



$b^{D_1}b^{D_2} = Bb^{D_2} - Bb^{D_1} = 43,80m;$ $b^{D_2}b^{D_3} = Bb^{D_3} - Bb^{D_2} = 30,80m;$ $b^{S_1}b^{S_2} = Bb^{S_2} - Bb^{S_1} = 49,50m.$

SEZIONE TRASVERSALE

Scala 1:1500



ESERCIZI PROPOSTI

1) Per effettuare un rilievo altimetrico si è realizzata la spezzata ABC e sui lati di essa si sono posizionati i picchetti 1 sul lato AB e 2, 3 sul lato BC.

Sono noti:

$$A1 = 33,21\text{m}; \quad AB = 53,12\text{m}; \quad B2 = 25,16\text{m}; \quad B3 = 50,18\text{m}; \quad BC = 61,38\text{m};$$

$$Q_A = 115,63\text{m}; \quad \Delta_{A1} = 3,12\text{m}; \quad \Delta_{AB} = 2,33\text{m}; \quad \Delta_{B2} = -5,66\text{m}; \quad \Delta_{B3} = 2,67\text{m}; \quad \Delta_{BC} = -4,12\text{m}.$$

Effettuare il profilo longitudinale utilizzando per le ascisse la scala 1:1000.

2) Per determinare il profilo del terreno lungo una linea ABCD si è eseguite delle livellazioni geometriche dal mezzo. I risultati delle misure sono i seguenti:

Punto di stazione	Punti collimati	Lecture alla stadia (m)		
		superiore	media	inferiore
1 su AB	A	0,635	1,127	1,619
	B	0,932	1,415	1,898
2 su BC	B	1,005	1,475	1,945
	C	1,621	2,096	2,571
3 su CD	C	0,632	0,964	1,296
	D	1,254	1,588	1'922

Sapendo che la costante distanziometrica del livello è $k = 100$ disegnare il profilo longitudinale lungo la linea rilevata. Usare per le ascisse la scala 1:4000.

Suggerimento: assumere come quota relativa $Q_A = 100,00\text{m}$.

3) Con un tacheometro centralmente anallattico ($K = 100$; $c = 0$) si è eseguita una livellazione lungo la linea ABCD facendo stazione su tre punti posti tra A, B, C, D. I risultati delle misure sono i seguenti:

Stazione	Punto battuto	Angolo zenitale	Lecture alla stadia (m)		
			l_i	l_m	l_s
1 $h_1=1,55\text{ m}$	A	103,44gon	1,621	1,932	2,243
	B	97,22gon	1,000	1,402	1,804
2 $h_2=1,60\text{ m}$	B	105,20gon	1,000	1,417	1,834
	C	100,00gon	0,980	1,400	1,820
3 $h_3=1,49\text{ m}$	C	96,84gon	0,900	1,345	1,790
	D	103,20gon	0,950	1,502	2,054

Sapendo che la quota del punto A è $Q_A = 86,88\text{ m s.l.m.}$ determinare le quote dei punti B, C, D e disegnare il profilo nelle scale opportune.

$$R. [Q_B = 94,27\text{m s.l.m.}; \quad Q_C = 101,07\text{m s.l.m.}; \quad Q_D = 90,96\text{m s.l.m.}]$$

4) Stazionando sul punto A si è collimata una stadia posta sul punto P e si sono letti i seguenti elementi:

$$\theta_{AP} = 23^\circ 12'; \quad \varphi_{AP} = 89^\circ 43'; \quad l_i = 2,568\text{m}; \quad l_m = 1,783\text{m}; \quad l_s = 0,998\text{m}; \quad h_A = 1,63\text{m}.$$

Calcolare per il punto P le coordinate cartesiane spaziali, polari spaziali e cilindriche rispetto al sistema celerimetrico coincidente con la stazione A ($k = 100$).

$$R. [x_P = 61,85\text{m}; \quad y_P = 144,30\text{m}; \quad z_P = 0,62\text{m}; \quad AP_g = 157,00\text{m}; \quad \theta_{AP} = 23^\circ 12'; \quad \varphi_{AP} = 89^\circ 43'; \quad AP = 157,00\text{m}; \quad \vartheta_{AP} = 23^\circ 12'; \quad z_P = 0,62\text{m}]$$

5) Stazionando sul punto A si sono collimate due stadie poste sui punti di dettaglio 1 e 2 e si sono rilevati gli elementi raccolti nel seguente specchietto:

punto di stazione	Punti collimati	Lecture al C. O.	Lecture al C. V.	Lecture alla stadia (m)			Note
				l_i	l_m	l_s	
A $h_A = 1,583 \text{ m}$	1	32°53'	3°45'	1,432	1,432	2,149	K = 200 c = 27cm
	2	126°11'	-2°58'	2,005	2,005	2,475	

Calcolare le coordinate spaziali dei punti di dettaglio, la loro distanza e il loro dislivello.

(R.: $x_1 = 38,91\text{m}$; $y_1 = \dots\dots\dots\text{m}$; $z_1 = \dots\dots\dots\text{m}$; $x_2 = \dots\dots\dots\text{m}$;
 $y_2 = \dots\dots\dots\text{m}$; $z_2 = \dots\dots\dots\text{m}$; $l_2 = \dots\dots\dots\text{m}$; $\Delta_{12} = \dots\dots\dots\text{m}$)

6) Per rilevare il muro di recinzione di una proprietà, individuato dagli spigoli numerati da 1 a 6, si sono effettuate due stazioni celerimetriche A e B, direttamente collegate tra loro, con un teodolite sessagesimale a graduazione destrorsa, dotato di distanziometro elettronico. Gli elementi rilevati sono i seguenti:

Punto di stazione	Punti collimati	Cerchio orizzontale	Distanza orizzontale
A	1	13°44'24"	149,153m
	2	29°07'26"	77,024m
	3	43°59'18"	92,565m
	4	57°28'17"	77,879m
	B	85°47'44"	372,037m
B	A	265°47'44"	372,032m
	5	280°33'27"	42,209m
	6	341°35'17"	136,382m

Assumendo un sistema di assi avente origine nel punto A ed asse y orientato secondo lo zero del cerchio orizzontale, si determinino le coordinate degli spigoli della recinzione; si determini inoltre l'area ed il perimetro della superficie racchiusa dalla recinzione, rappresentandola graficamente in scala opportuna.

(R.: 1(35,426m; 144,885m); 2(37,488m; 67,286m); 3(64,287m; 66,599m);
 4(65,662m; 41,877m); 5(329,540m; 35,010m); 6(327,958m; 156,677m);
 $S = 32028,180\text{m}^2$; $2p = 807,615\text{m}$)

7) Per rilevare un appezzamento di terreno è stato necessario effettuare due stazioni celerimetriche nei punti A e B, (essendo A la prima stazione). Da esse, fra gli altri, si sono rilevati i seguenti elementi:

punto di stazione	Punti collimati	Lecture al C. O.	Lecture al C. V.	Lecture alla stadia			Note
				l_s	l_m	l_i	
A	1	33°21'	87°46'	1,437m	1,851m	2,265m	c=0,00m
$h_A=1,583\text{m}$	B	67°43'	84°15'	2,001m	2,783m	3,564m	
B	A	261°24'	----	----	----	----	k = 100
$h_B=1,632\text{m}$	2	95°47'	93°18'	1,945m	2,478m	3,012m	

Calcolare gli elementi per collegare le due stazioni, le coordinate dei punti 1 e 2, la loro distanza e il loro dislivello.

(R.: $x_B = 143,17\text{m}$; $y_B = 58,67\text{m}$; $z_B = 14,38\text{m}$; $\varepsilon = 13^\circ41'$; $x_1 = 45,45\text{m}$; $y_1 = 69,06\text{m}$;
 $z_1 = 2,96\text{m}$; $x_2 = 248,51\text{m}$; $y_2 = 73,29\text{m}$; $z_2 = 7,40\text{m}$; $l_2 = 203,10\text{m}$; $\Delta_{12} = 4,44\text{m}$)

8) Per rilevare l'appezzamento di terreno di forma quadrilatera ABCD è stato necessario effettuare due stazioni celerimetriche nei punti P e Q, (essendo P la prima stazione). Da esse si sono rilevati i seguenti elementi:

punto di stazione	Punti collimati	Letture al C. O.	Letture al C. V.	Letture alla stadia			Note
				l_s	l_m	l_i	
P $h_P=1,583m$	A	45,25gon	2,47gon	1,437m	1,751m	2,065m	c=33cm
	Q	67,53gon	0,98gon	1,997m	2,742m	3,487m	
	D	126,38gon	-3,69gon	2,437m	2,718m	2,998m	
Q $h_Q=1,632m$	C	110,33gon	3,11gon	0,996m	1,330m	1,664m	k = 100
	P	247,97gon	----	----	----	----	
	B	322,35gon	-2,94gon	1,013m	1,268m	1,522m	

Calcolare gli elementi per collegare le due stazioni, le coordinate dei vertici dell'appezzamento, la sua superficie e la pendenza dei lati.

(R.: $x_Q = 130,29m$; $y_Q = 72,88m$; $z_Q = 1,14m$; $\varepsilon = 19,56gon$; $x_A = 41,12m$; $y_A = 47,77m$;
 $z_A = m$; $x_B = 89,85m$; $y_B = 104,15m$; $z_B = -0,86m$; $x_C = \dots\dots\dots m$; $y_C = \dots\dots\dots m$;
 $z_C = \dots\dots\dots m$; $x_D = 51,48m$; $y_D = -22,64m$; $z_D = -4,40m$; $S = \dots\dots\dots m^2$;
 $p_{AB} = \dots\dots\dots$; $p_{BC} = \dots\dots\dots$; $p_{CD} = \dots\dots\dots$; $p_{DA} = \dots\dots\dots$)

9) Per rilevare un appezzamento di terreno è stato necessario effettuare due stazioni celerimetriche nei punti A e B, (essendo A la prima stazione). Da esse, fra gli altri, si sono rilevati i seguenti elementi:

punto di stazione	Punti collimati	Letture al C. O.	Letture al C. V.	Letture alla stadia			Note
				l_s	l_m	l_i	
A $h_A=1,55m$	M	35,62gon	63,82gon	1,845m	1,851m	2,265m	c = 33cm
	B	84,36gon	----	----	----	----	
	1	132,76gon	104,67gon	2,011m	2,783m	3,564m	
B $h_B=1,61m$	2	40,73gon	95,11gon	1,669m	2,009m	2,348m	k = 100
	A	273,39gon	----	----	----	----	
	M	315,31gon	112,17gon	2,001m	2,822m	3,643m	

Calcolare gli elementi per collegare le due stazioni, le coordinate dei punti 1 e 2, la loro distanza e il loro dislivello.

(R.: $x_B = 216,80m$; $y_B = 54,36m$; $z_B = 44,17m$; $\varepsilon = -10,97gon$; $x_1 = 51,54m$; $y_1 = -29,14m$;
 $z_1 = -5,11m$; $x_2 = 266,03m$; $y_2 = 101,03m$; $z_2 = 48,99m$; $l_2 = 250,90m$; $\Delta_{12} = 54,10m$)

10) Determinare le coordinate del punto P, rilevato dalla stazione B con un tacheometro centesimale destrorso, nel sistema di riferimento celerimetrico avente origine nella stazione A, collegata alla precedente con un collegamento indiretto (collegamento Porro), mediante i punti M ed N.

Punto di stazione	Punti collimati	Letture al C.O.	Distanza topografica
A	M	87 ^g ,935	268,415m
	N	108 ^g ,449	274,395m
B	M	324 ^g ,737	238,239m
	N	301 ^g ,343	239,425m
	P	66 ^g ,119	119,698m

(R.: P(580,506m; 122,529m))

11) Si devono rilevare due punti A e B, che rappresentano gli estremi di una galleria che deve essere progettata. Poiché non si è riusciti ad individuare un punto dal quale siano visibili contemporaneamente i due punti, sono state effettuate due stazioni celerimetriche che, a causa della fitta vegetazione, sono state collegate tra loro in modo indiretto (metodo Porro).

Con una stazione totale sessagesimale destrorsa, si sono misurati i seguenti elementi:

Punto di stazione	Punti collimati	Lecture al C.O.	Lecture al C.V.	Distanza topografica
O $h_O=1,703m$	A	305°28,5'	103°46,5'	85,306m
	M	39°45,8'	98°36,8'	125,433m
	N	98°58,3'	99°45,9'	186,315m
P $h_P=1,684m$	M	289°13,8'	101°33,5'	149,781m
	N	211°25,5'	112°59,6'	102,958m
	B	142°24,3'	97°44,5'	50,576m

Assumendo come riferimento per le coordinate il sistema celerimetrico avente origine nel punto O, si determinino: gli elementi per collegare le due stazioni, le coordinate dei due punti A e B, la loro distanza e la pendenza del segmento che li unisce, assumendo un'altezza del prisma pari costantemente a 1,850m in tutte le misure effettuate.

(R.: P(.....m;m); $\epsilon = \dots\dots\dots$; A(-69,471m; 49,507m);
B(262,119m; 28,673m); AB = 332,243m; $p = 7,73\%$)

12) Da due stazioni P e Q, non reciprocamente visibili, ma collegate tra loro indirettamente (col metodo del Porro) per mezzo di due punti ausiliari M ed N, sono stati collimati due punti A e B con un teodolite centesimale destrorso e distanziometro elettronico. Dopo aver determinato gli elementi per collegare le due stazioni, le coordinate e le quote dei due punti A e B nel sistema di riferimento celerimetrico avente origine in P, si determini la distanza del punto P dall'allineamento AB.

Punto di stazione	Punti collimati	Lecture al C.O.	Lecture al C.V.	Distanza topografica
P $h_P=1,65m$	M	225,651gon	98,635gon	645,35m
	N	180,485gon	----	681,44m
	B	150,304gon	10,000gon	450,39m
Q $h_Q=1,60m$	M	0,000gon	101,315gon	406,33m
	N	71,483gon	----	457,76m
	A	109,335gon	102,055gon	476,70m

Si assuma: $k =$ indice di rifrazione atmosferica = 0,14, $R = 6377km$, altezza del prisma = $h_p = 1,85 m$, quota del punto P: $Q_p = 150,50m$.

(R.: A(351,89m; -881,77m; 157,17m); B(316,95m; -319,99m; 150,31m); $d = 296,48m$)