

LA CELERIMENSURA

RILEVAMENTO PLANO-ALTIMETRICO DI DETTAGLIO E DI APPOGGIO

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 e per il rilievo altimetrico.

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**, 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 150 m 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 + 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 che conosciamo 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, che vedremo nel seguito, sono:

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

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.

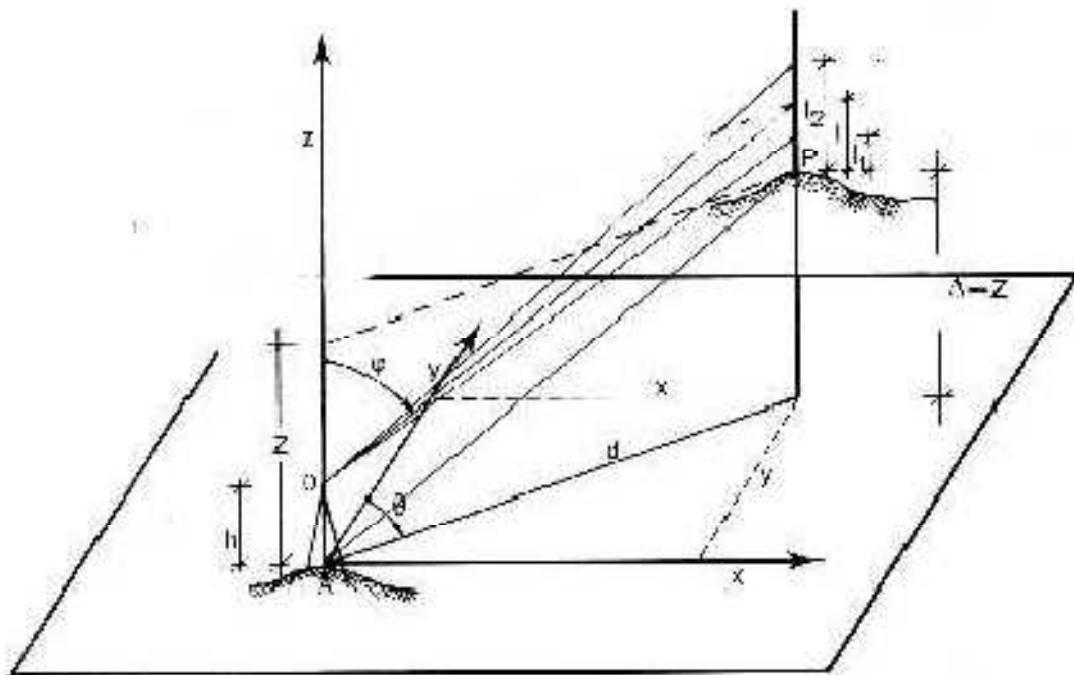


fig.15

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):

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

- 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:

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

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

Coordinate cartesiane spaziali

Con riferimento alla figura 15 le formule sono le seguenti:

- $\mathbf{x}_P = \mathbf{d} \sin\theta$;
- $\mathbf{y}_P = \mathbf{d} \cos\theta$;
- $\mathbf{z}_P = \Delta_{AP} = \mathbf{h} + \mathbf{d} / \mathbf{tg}\varphi - \mathbf{l}$ oppure $\mathbf{z}_P = \Delta_{AP} = \mathbf{h} + \mathbf{d} \mathbf{tg}\alpha - \mathbf{l}$.

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 e le quote degli stessi, con livellazioni trigonometriche o geometriche composte a seconda della precisione che si vuole ottenere.

Si infittisce il terreno di capisaldi inserendo delle poligoni (BEFC, AGE ed FHLD) topografiche o geodetiche (*se si dispone di strumenti elettronici*), e se ne determinano le coordinate dei vertici e le quote.

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 150 m 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.

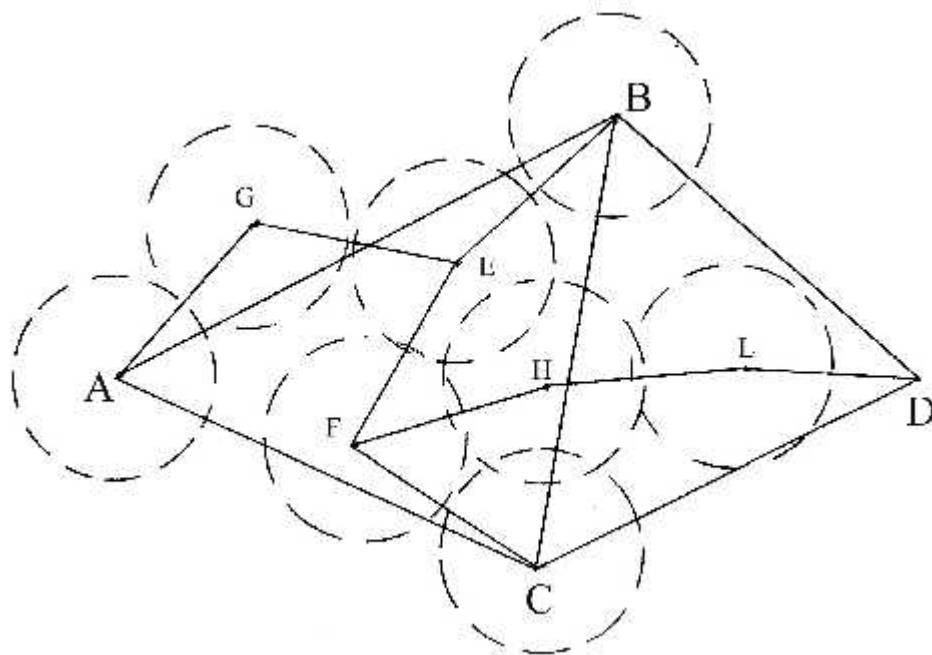


fig.16

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 in modo che siano: significativi del terreno da rilevare, dominanti, e **possibilmente** reciprocamente visibili.

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**.

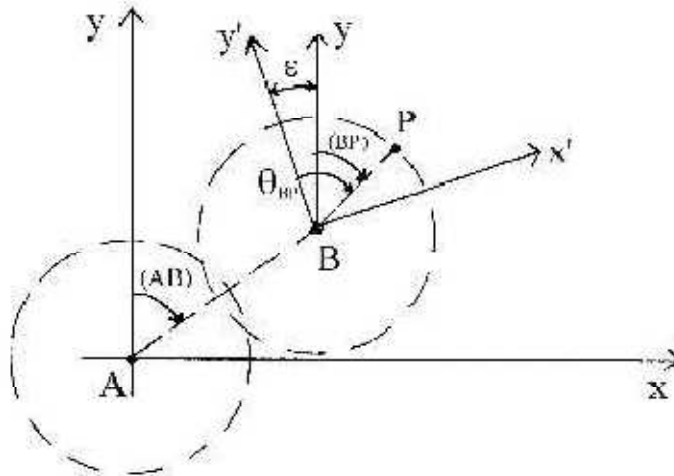


fig.17

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.

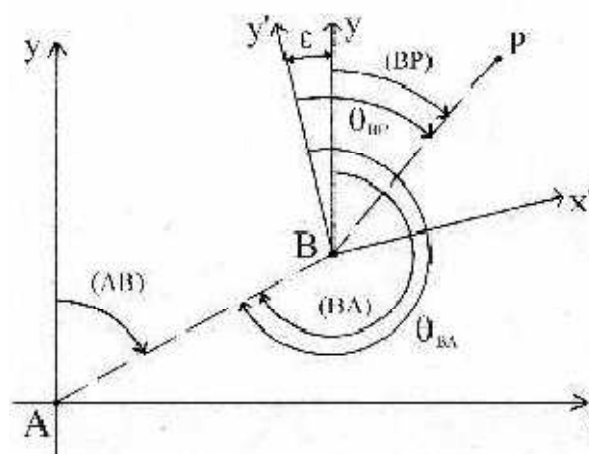


fig.18

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:

- $x_B = AB \sin \theta_{AB};$
- $y_B = AB \cos \theta_{AB};$
- $z_B = \Delta_{AB} = h_A + AB / \text{tg} \varphi - I_m$ oppure $z_B = \Delta_{AB} = h_A + AB \text{tg} \alpha - I_m$

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 θ_{BA} che è uguale ad $\theta_{AB} \pm 180^\circ$.

- 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:

$$\epsilon = \theta_{BA} - L_{AB}$$

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:

$$\theta_{BP} = L_{BP} + \epsilon;$$

$$x_P = x_B + BP \sin \theta_{BP};$$

$$y_P = y_B + BP \cos \theta_{BP};$$

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

dove:

$$(z_P)_B = \Delta_{BP} = h_B + BP/\text{tg}\varphi - I_m \text{ oppure } (z_P)_B = \Delta_{BP} = h_B + BP \text{tg}\alpha - I_m$$

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 θ_{BA} che come è noto è uguale ad $\theta_{AB} \pm 180^\circ$.

- 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:

$$\epsilon = \theta_{BA} - L_{AB}$$

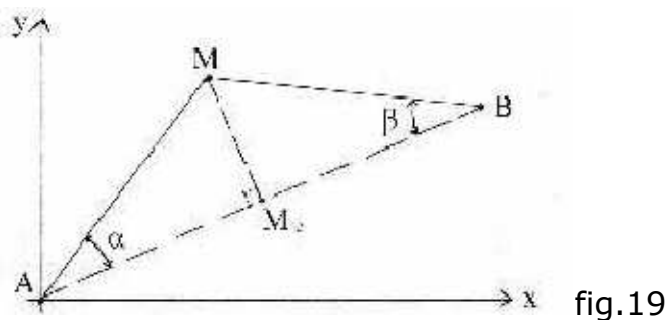
Mentre **per quanto riguarda il calcolo delle coordinate** della seconda stazione (stazione B) rispetto alla prima (stazione A) bisogna prima calcolare la distanza fra le due stazioni e a questo proposito si distinguono i due seguenti casi:

- 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:

$$AB = AM + BM$$

$$\Delta_{AB} = \Delta_{AM} - \Delta_{BM}$$

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

$$x_B = AB \sin \theta_{AB};$$

$$y_B = AB \cos \theta_{AB};$$

$$z_B = \Delta_{AB}$$

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).

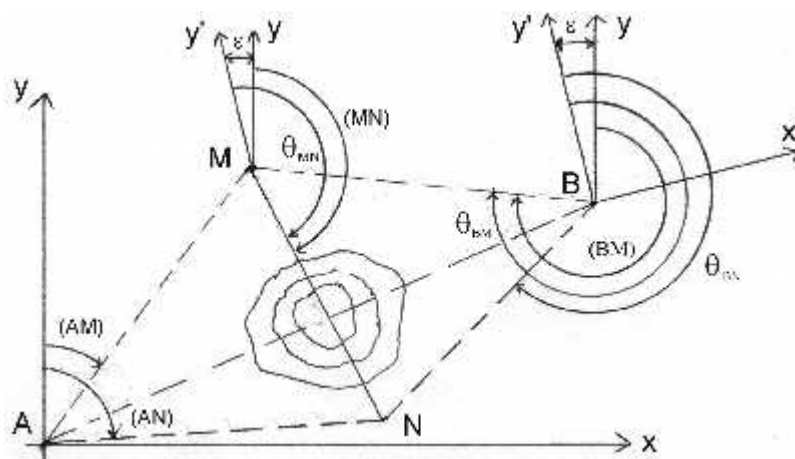


fig.20

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:

$$x_M = AM \sin \theta_{AM}; y_M = AM \cos \theta_{AM}; z_M = \Delta_{AM};$$

$$x_N = AN \sin \theta_{AN}; y_N = AN \cos \theta_{AN};$$

2. si calcola:

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

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

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:

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \theta_{MN} - L_{MN}$$

4. si calcolano infine:

$$x_B = x_M - BM \sin(L_{BM} + \boldsymbol{\varepsilon});$$

$$y_B = y_M - BM \cos(L_{BM} + \boldsymbol{\varepsilon});$$

$$z_B = \Delta_{AB} = z_M - h_B - BM / \text{tg}\varphi_{BM} + l_m$$

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

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