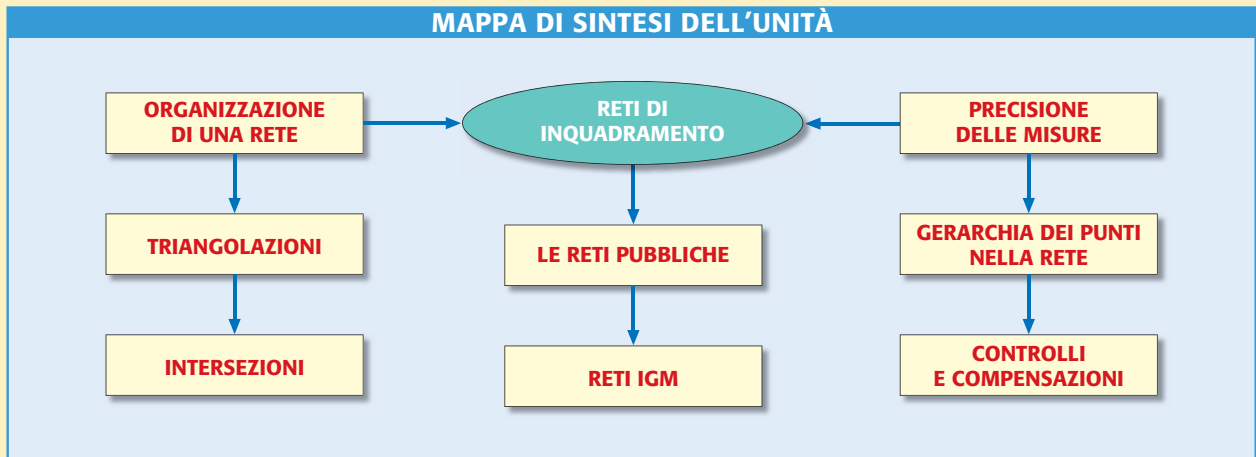


# Riassumendo



**Rilievo topografico:** è l'insieme delle misure eseguite sul terreno e delle procedure attuate a tavolino, occorrenti per realizzare la rappresentazione grafica e numerica di una porzione di territorio.

- Le procedure operative di misura sul terreno vengono chiamate *operazioni di campagna*.
- La redazione dei disegni e lo sviluppo dei calcoli viene chiamata *restituzione del rilievo*.

**Le operazioni di campagna** vengono sviluppate *dal generale al particolare*. Tale principio si concretizza in due fasi distinte delle operazioni, dette di *inquadramento* e di *rilievo dei dettagli* topografici.

- Il lavoro di *inquadramento* consiste nella copertura dell'intera zona di terreno da rilevare, con una serie relativamente limitata di punti, ma opportunamente scelti, dei quali occorrerà determinare con cura le posizioni. Essi, nel loro insieme, costituiscono la rete di base e di appoggio per la successiva definizione dei dettagli del terreno.
- Dai punti di inquadramento si parte poi per rilevare i *particolari topografici* del terreno. Questi sono in numero decisamente superiore a quelli di inquadramento, ma possono essere rilevati con minor precisione. Essi andranno riportati sul disegno per realizzare la rappresentazione grafica del terreno.

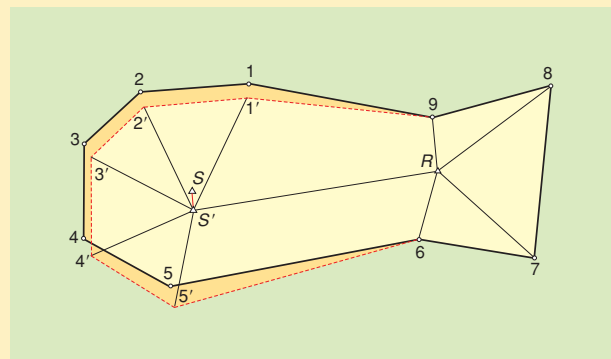
**L'inquadramento del rilievo** può essere realizzato con diversi schemi. In relazione alle modalità con le quali vengono tra loro collegati i punti di inquadramento, si può formulare la seguente classificazione:

- triangolazioni;
- intersezioni;
- poligonazioni;
- GPS.

Questi metodi non sono alternativi, ma al contrario sono complementari. In effetti per il rilievo delle grandi estensioni di territorio possono anche essere utilizzati tutti, sfruttando di ciascuno le relative particolarità.

Per estensioni limitate, invece, si impiega uno solo dei metodi precedenti, scelto in base alle esigenze del rilievo.

**Gli errori che si commettono nelle misure** nella fase di *inquadramento* sono assai più temibili di quelli commessi nel rilievo dei *dettagli topografici*. Quindi, mentre si possono tollerare incertezze nella determinazione dei punti di dettaglio, questa incertezza non deve sussistere nella determinazione dei punti di inquadramento. Questo perché nei punti di dettaglio gli effetti degli errori rimangono *localizzati* sul punto stesso, mentre nei punti di inquadramento gli effetti degli errori si propagano a tutti i punti rilevati partendo da quel punto.

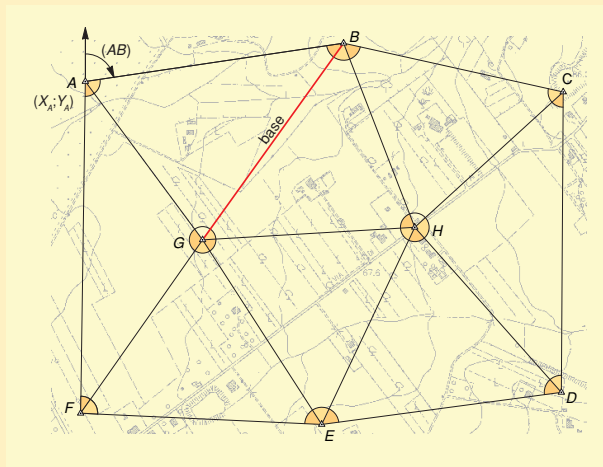


**Ridondanza delle misure:** nelle reti di inquadramento, per migliorare le precisioni nella determinazione dei punti, è necessario eseguire un numero di misure superiori allo stretto necessario. Questo consente il *controllo* del lavoro eseguito e la *compensazione* degli errori.

**La compensazione delle misure** è la tecnica che consente la redistribuzione degli errori, con segno invertito e con appropriate regole, sulle grandezze che li hanno generati.

- Con la compensazione non si ottiene tanto un incremento della precisione delle *singole misure* interessate, quanto un miglioramento *globale* del rilievo.

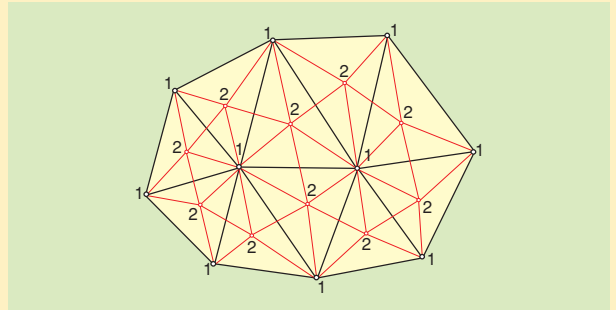
**Le triangolazioni** sono uno schema in cui i punti di inquadramento vengono idealmente collegati a due a due in modo da ottenere una serie di triangoli (vicini a essere equilateri) aventi via via un lato in comune. Viene poi misurato almeno un lato di questi triangoli, detto *base* della triangolazione, e tutti gli *angoli interni* di ciascun triangolo.



- Le triangolazioni vengono utilizzate nei rilievi di medie e grandi estensioni di territorio. Esse non forniscono la densità di punti necessaria, pertanto verranno impiegati altri metodi (intersezioni, poligonali) per integrare e raffittire il numero dei punti di inquadramento.
- Il calcolo di una triangolazione inizia con il calcolo sequenziale dei lati di ciascun triangolo applicando il teorema dei seni, partendo dal triangolo che contiene la base. Successivamente vengono calcolati gli azimut dei lati e infine le coordinate dei vertici.
- Le triangolazioni sono procedure complicate da realizzare, sia per la laboriosità della misura diretta delle *basi*, sia per l'individuazione dei vertici che, richiedendo una grande *visibilità* a  $360^\circ$ , si trovano in genere in scomode posizioni *dominanti*.

**La propagazione degli errori:** in una triangolazione, man mano che si procede con il calcolo lungo il *percorso ideale*, che dalla *base* porta all'ultimo *lato della triangolazione*, passando per tutti i triangoli intermedi, la precisione con la quale si definisce la lunghezza dei lati *diminuisce* progressivamente per l'effetto dell'accumulo degli errori. È evidente che, più numerosi sono i triangoli intermedi, maggiore sarà l'entità del *degrado* della precisione.

- Per limitare la propagazione degli errori si possono misurare più basi, allo scopo di ridurre i percorsi ideali che si devono compiere da ciascuna di esse.
- Un'altra tecnica per limitare la propagazione degli errori è quella di distribuire i punti su *più livelli* chiamati ordini. Il I ordine riguarda tutta l'area con il minor numero di triangoli possibile; il II ordine e quelli successivi sono rigidamente collegati col I e via via aumentano il numero dei punti di inquadramento fino a raggiungere la densità desiderata.



**La triangolazione italiana dell'IGM:** a partire dalla seconda metà dell'Ottocento l'IGM ha realizzato una rete di inquadramento per l'appoggio al rilievo di dettaglio finalizzato a rappresentare graficamente l'intero territorio nazionale (Carta d'Italia in scala 1:100.000). Questa rete è essenzialmente costituita da una triangolazione a rete strutturata su 3 ordini di punti, raffittiti da un IV ordine realizzato con intersezioni. Particolarmente impegnativa è stata la realizzazione del livello di I ordine, costituito da circa 300 punti distribuiti sull'intero paese, con la misura di 8 basi.

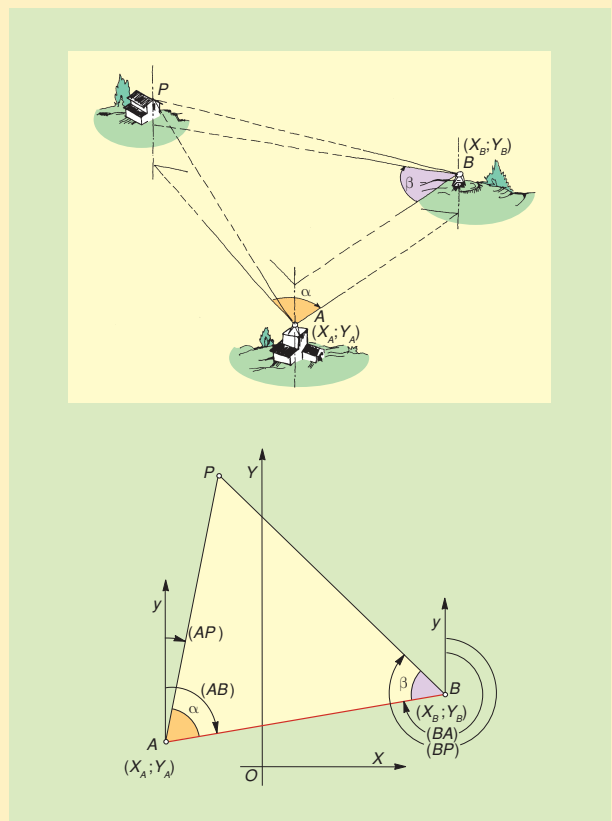
- L'IGM pubblica attualmente numerosi elaborati; tra questi segnaliamo i cataloghi dei punti trigonometrici che, raggruppati per ciascuno dei 284 fogli della Carta d'Italia, riportano la descrizione dei segnali e delle coordinate dei vertici.

Comando Regione Militare Tosco-Emiliana, Firenze									
Staz. C. C. Parma									
Comune Parma	(Prov. Parma)								
Proprietario									
(1958) Campanile della chiesa. Asse geometrico del campanile.									
MIDVOSAFIA									
Coordinate geografiche									
$\varphi$	$\omega$								
44°48'05"954	2°05'05"870								
Coordinate Gauss - Boaga									
N	E								
4 961 918,47	1 608 145,91								
Quota al PP H = 70,85									
PP = Parapetto finestroni.									
<table border="1"> <tr> <td>TRIG. Nome</td> <td>Ord</td> <td>F#</td> <td>N#</td> </tr> <tr> <td>CERTOSA</td> <td>III</td> <td>073</td> <td>044</td> </tr> </table>		TRIG. Nome	Ord	F#	N#	CERTOSA	III	073	044
TRIG. Nome	Ord	F#	N#						
CERTOSA	III	073	044						

**Le intersezioni:** sono procedure operative necessarie per determinare la posizione di punti isolati, dunque non collegati tra loro, eseguendo unicamente *misure angolari*. Il nome deriva dal fatto che graficamente esse permettono di stabilire la posizione incognita dei punti interessati tramite l'intersezione grafica di due o più semirette uscenti da *punti noti*.

- Classicamente le intersezioni vengono utilizzate come metodo di raffittimento finale per rilievi da rappresentare a piccola scala (per esempio 1:25 000 ÷ 1:100 000).
- Talvolta questi metodi vengono utilizzati per determinare la posizione di punti al fine di *orientare* una determinata struttura topografica.

**Le intersezioni dirette:** il punto incognito viene determinato partendo da *due punti* di coordinate note. Possono essere distinte in *intersezioni in avanti* e *intersezioni laterali o miste*. Entrambe presentano uno schema geometrico costituito da un semplice triangolo in cui un lato presenta gli estremi di coordinate note e due angoli misurati. Si tratta quindi di una soluzione numerica elementare. Tuttavia per entrambi gli angoli misurati (intersezione in avanti), o almeno per uno (intersezione laterale), è necessario eseguire la stazione su punti di coordinate note. Spesso ciò non è possibile, costringendo a eseguire laboriose stazioni fuori centro.



- In definitiva le intersezioni dirette presentano calcoli facili e brevi, ma richiedono impegnative sessioni di misura in campagna.

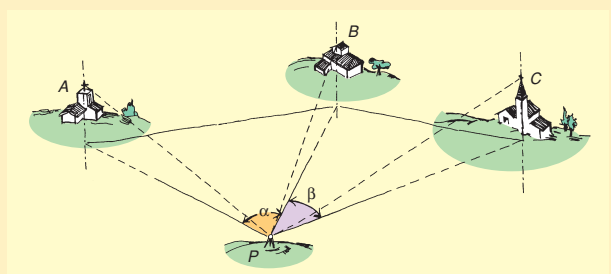
**L'intersezione in avanti** viene usata per determinare le coordinate di un punto *P* isolato ma visibile da due punti *A* e *B* di coordinate note, che a loro volta devono essere visibili reciprocamente. L'intersezione in avanti viene usata in genere quando il punto isolato *P* da determinare è *inaccessibile*. La procedura prevede la misura degli angoli  $\widehat{PAB} = \alpha$  e  $\widehat{PBA} = \beta$ .

Elementi noti	Elementi misurati	Incognite
$A \equiv (X_A; Y_A)$	$\alpha, \beta$	$P \equiv (X_P; Y_P)$
$B \equiv (X_B; Y_B)$		

**Le intersezioni inverse:** il punto incognito viene determinato partendo da *due o da tre punti* di coordinate note. Possono essere classificate in due metodi denominati *problema di Snellius-Pothenot* e *problema di Hansen*. Nel primo problema sono necessari tre punti di coordinate note, nel secondo soltanto due. Entrambe le procedure prevedono la misura di angoli dai punti incogniti, che, dunque, devono essere accessibili. In questo modo la probabilità di dover eseguire delle stazioni fuori centro è ridottissima.

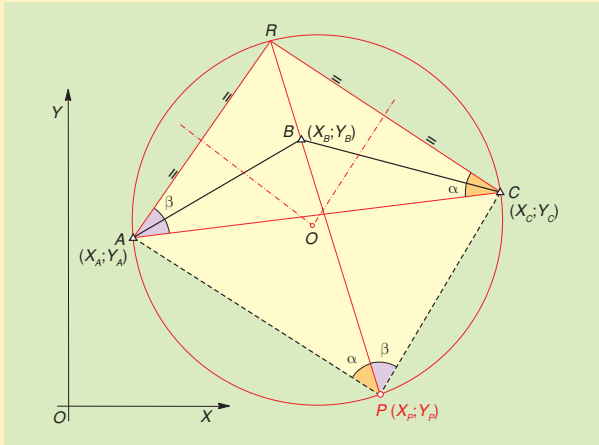
- In definitiva le intersezioni indirette sono relativamente semplici da eseguire in campagna, tuttavia richiedono una procedura numerica più complessa rispetto alle intersezioni dirette.

**Il problema di Snellius-Pothenot** prevede lo stazionamento del goniometro solo sul punto *P* incognito, dal quale, però, devono essere visibili almeno *tre punti* *A*, *B*, *C* di coordinate note, per consentire la misura dei due angoli orizzontali  $\alpha$  e  $\beta$  compresi tra le tre direzioni che escono da *P* e che passano per gli stessi punti noti.

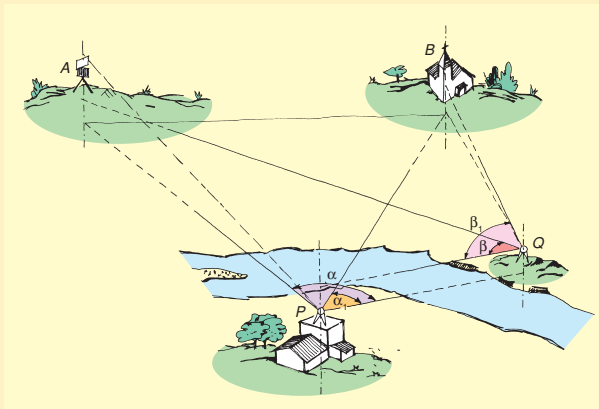


Elementi noti	Elementi misurati	Incognite
$A \equiv (X_A; Y_A)$	$\alpha, \beta$	$P \equiv (X_P; Y_P)$
$B \equiv (X_B; Y_B)$		
$C \equiv (X_C; Y_C)$		

- Il problema prevede numerose soluzioni analitiche e grafiche, tra queste particolarmente snella e rapida è quella proposta da J. Collins, basata sulla individuazione di un punto ausiliario  $R$  e sulla costruzione di un cerchio passante per  $A$ ,  $C$  e  $R$ , su cui si trova anche il punto  $P$  cercato.



**Il problema di Hansen** prevede la conoscenza di *due* punti noti  $A, B$ . È poi necessario lo stazionamento del goniometro sul punto incognito  $P$  e su un punto ausiliario  $Q$  scelto arbitrariamente. Devono essere misurati gli angoli:  $\widehat{APQ} = \alpha$  e  $\widehat{BPQ} = \alpha_1$  da  $P$  e  $\widehat{PQA} = \beta$  e  $\widehat{PQB} = \beta_1$  da  $Q$ .

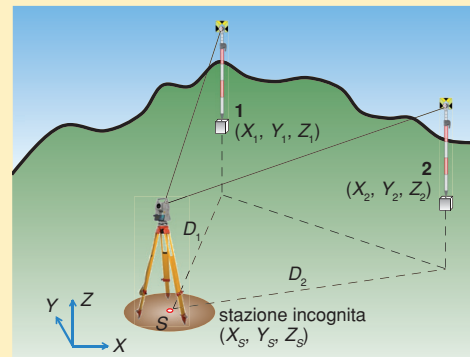


Elementi noti	Elementi misurati	Incognite
$A \equiv (X_A; Y_A)$	$\alpha, \alpha_1, \beta, \beta_1$	$P \equiv (X_P; Y_P)$
$B \equiv (X_B; Y_B)$		

- Questo problema può essere risolto assegnando al segmento  $PQ$ , detto *base*, un valore arbitrario. Utilizzando questo valore fittizio dato a  $PQ$  e gli angoli misurati in  $P$  e in  $Q$ , possiamo costruire il quadrilatero

$A'B'Q'P'$ , simile al quadrilatero reale  $ABQP$  in quanto risulteranno uguali, per costruzione, tutti gli angoli. La risoluzione di questo quadrilatero porta alla soluzione del problema.

**La stazione libera.** Si tratta di una particolare *intersezione inversa*, utilizzata con le stazioni totali, nella quale, oltre alle *misure angolari* (le sole coinvolte nell'intersezione inversa classica), vengono utilizzate anche misure di *distanze*, e che consente di ottenere le *coordinate* del punto su cui si è collocata la stazione totale. La procedura richiede la presenza di *almeno due* punti di coordinate note; con un numero maggiore di punti noti le coordinate incognite possono essere calcolate in diversi modi, consentendo, attraverso l'adozione della loro media, di migliorare l'attendibilità della procedura.



**Una rete di inquadramento altimetrico**, estesa a tutto il territorio nazionale, è stata realizzata a cura dell'IGM dal 1951 al 1970. Per questo lavoro sono state utilizzate livellazioni di alta precisione, eseguite in corrispondenza di numerose *linee di livellazione* classificate in *principali* e *secondarie*, lungo le quali sono state determinate le quote di punti (*capisaldi*) materializzati con *segnali* altimetrici. Essa è essenzialmente costituita da 35 poligoni chiusi, i cui perimetri hanno sviluppi compresi tra 400 e 600 km, che si snodano lungo le grandi vie di comunicazione.

- Le quote dei capisaldi che si trovano nel continente e in Sicilia sono riferite al mareografo di Genova, mentre le quote di quelli della Sardegna sono riferite al mareografo di Cagliari.
- La lunghezza delle battute è stata limitata tra i 40 e i 55 m. L'errore medio probabile commesso è risultato di circa  $\pm 0,70$  mm per km di linea livellata.

**I segnali** utilizzati per materializzare i *capisaldi* di quota possono essere *orizzontali*, in genere costituiti da pozzetti interrati protetti da chiusini apribili in ghisa, o *verticali*, costituiti da piccole mensole metalliche da murare sui paramenti esterni dei fabbricati.