

# Corso di Rilievo dell'Architettura

Condotta da daniele colistra – a.a.2015-2016

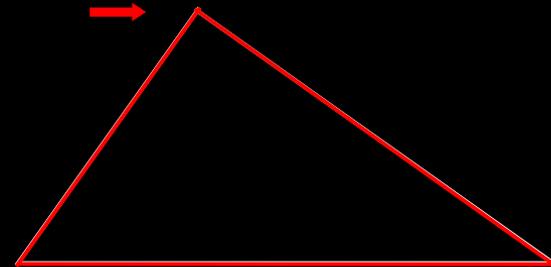
12. Il metodo indiretto: fondamenti teorici (prima parte)

## IL RILEVAMENTO ARCHITETTONICO

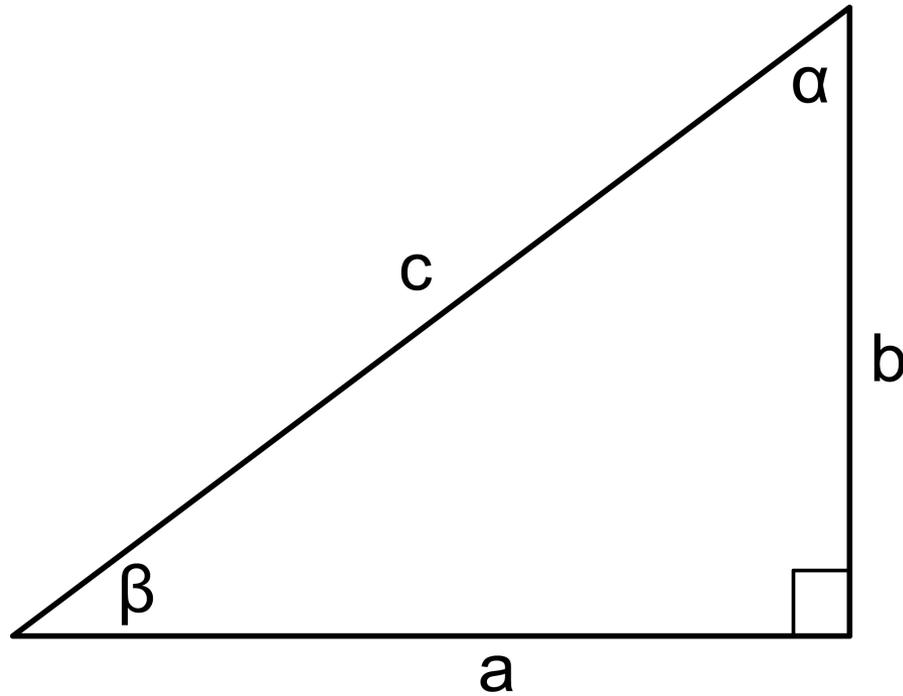
### Il metodo indiretto: fondamenti teorici

Abbiamo definito *strumentale* (o *indiretto*) quel rilievo effettuato con strumenti che, di norma, non vengono posti direttamente sull'oggetto da rilevare. La posizione dei punti e degli oggetti nello spazio, quindi, si determina prevalentemente attraverso dei calcoli matematici. Come il rilievo diretto, anche quello indiretto sfrutta le proprietà dei triangoli per determinare l'esatta posizione spaziale di un punto.

Il triangolo rappresenta una figura indeformabile. Mentre un quadrilatero, considerando i suoi quattro vertici incernierati, può assumere forme diverse pur mantenendo inalterata la lunghezza dei suoi quattro lati, un triangolo incernierato nei suoi vertici assume una e una sola configurazione. Noti i lati di un triangolo, è possibile rappresentare in modo univoco la sua forma.



Ma mentre nel rilievo diretto si determinano solo misure *lineari* (corrispondenti ai *lati* dei triangoli), in quanto gli strumenti di misura utilizzati determinano prevalentemente misure lineari, nel rilievo indiretto si considerano misure *lineari* e *angolari*. E se per il rilievo diretto abbiamo parlato di *trilaterazione*, per il rilievo indiretto parleremo più propriamente di *triangolazione*. La differenza consiste nel fatto che la trilaterazione fa riferimento esclusivamente alla misurazione dei lati dei triangoli, effettuabile con strumenti che misurano le distanze. La triangolazione, invece, impone anche la misurazione degli angoli e l'applicazione di alcune nozioni di trigonometria.



Teoremi sui triangoli rettangoli.

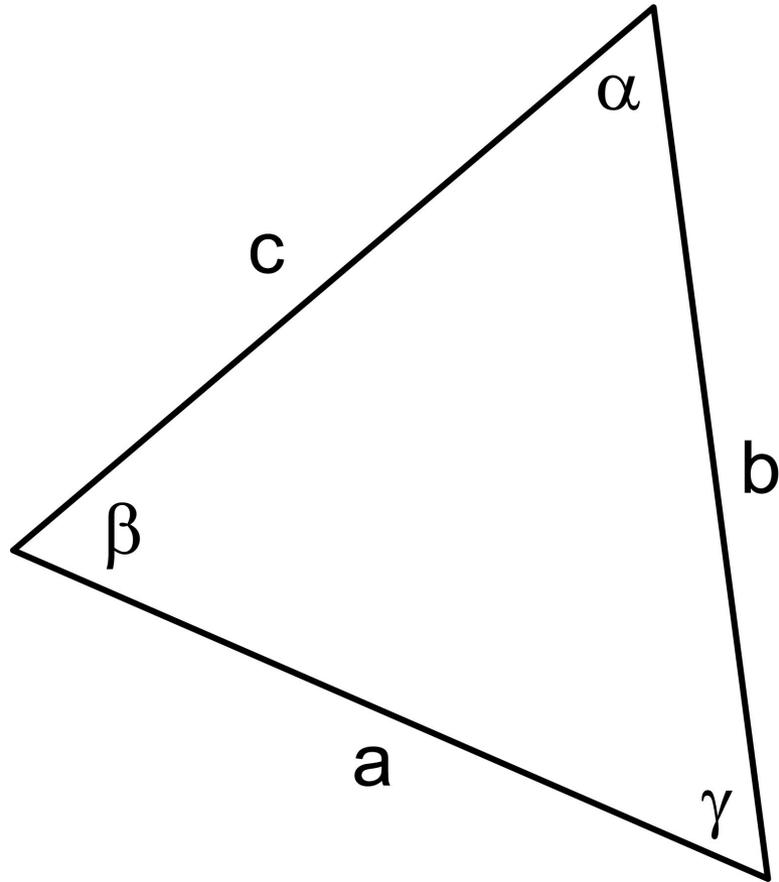
In un triangolo rettangolo un cateto è uguale all'ipotenusa per il seno dell'angolo opposto;  
 in un triangolo rettangolo un cateto è uguale all'ipotenusa per il coseno dell'angolo  
 adiacente

In un triangolo rettangolo un cateto è uguale all'altro cateto per la tangente dell'angolo  
 opposto; in un triangolo rettangolo un cateto è uguale all'altro cateto per la cotangente  
 dell'angolo adiacente.

Ossia

$$a = c \cdot \sin\alpha = c \cdot \cos\beta = b \cdot \tan\alpha = b \cdot \cotg\beta$$

$$b = c \cdot \sin\beta = c \cdot \cos\alpha = a \cdot \tan\beta = a \cdot \cotg\alpha$$



Teoremi sui triangoli qualunque.

Teorema dei seni:  $a : \text{sen}\alpha = b : \text{sen}\beta = c : \text{sen}\gamma$

Teorema del coseno:  $c^2 = a^2 + b^2 - 2ab\cos\gamma$

Il rilevamento indiretto consente di risolvere con facilità alcuni problemi che si verificano nel rilevamento diretto. Infatti il prelevamento delle misure lineari pone notevoli problemi nel caso in cui l'oggetto da misurare sia esteso o inaccessibile. Le misure angolari, invece, in genere risultano più semplici da determinare. Negli ultimi decenni, poi, la continua evoluzione degli strumenti utilizzati per il rilevamento indiretto (perfezionamento delle lenti, migliore graduazione dei goniometri, uso del nonio e del microscopio per la lettura degli angoli, diffusione di strumenti funzionanti tramite onde elettromagnetiche e laser) ha permesso la diffusione di apparecchi sempre più sofisticati e precisi.

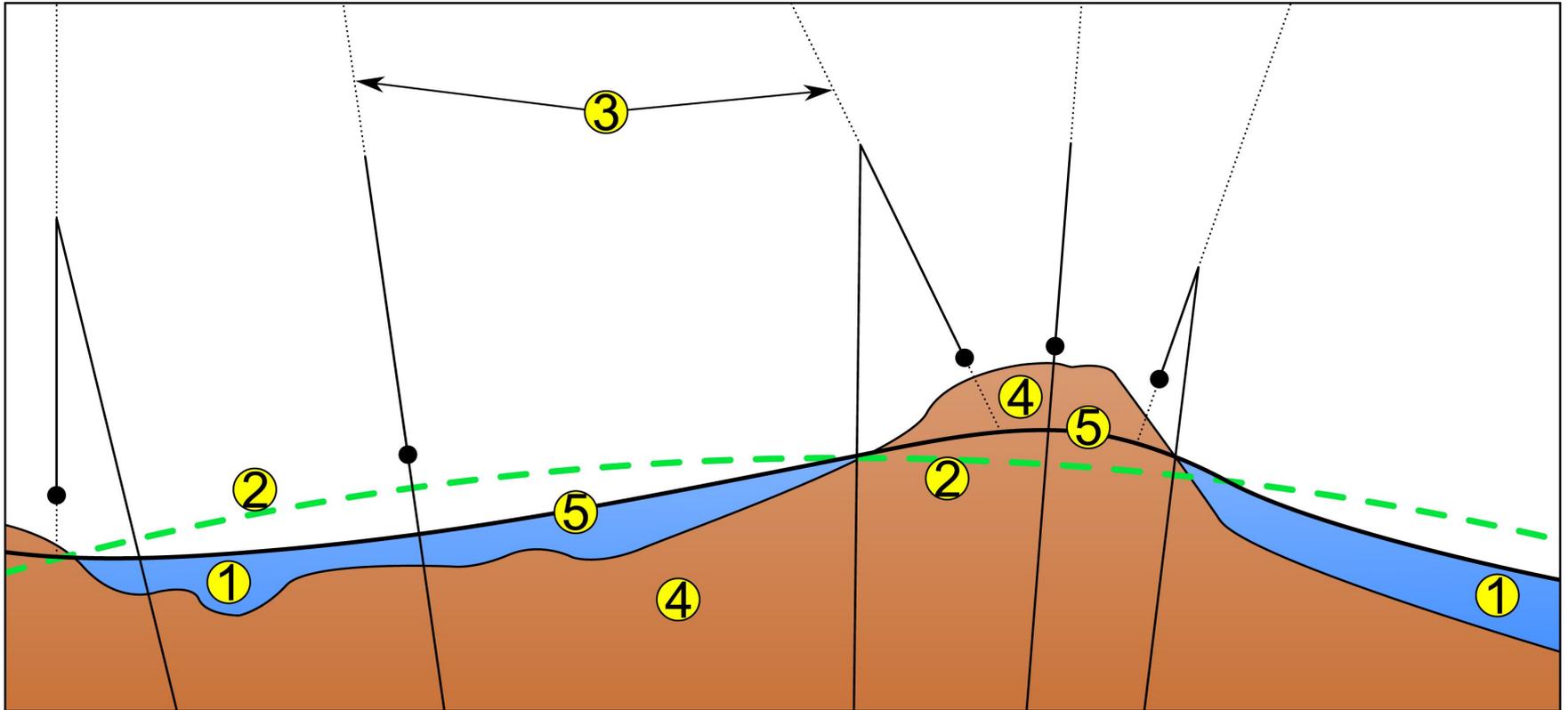
Ciononostante, quasi tutti i principi della moderna topografia rimangono immutati da secoli; alcuni di questi sono stati illustrati nelle lezioni dedicate alla storia del rilevamento.

La topografia (dal greco *tòpos* + *grafia* = disegno del terreno) ha per oggetto lo studio dei metodi teorici e pratici adatti a rilevare una porzione della superficie terrestre non superiore ai 15 km. Entro questi limiti, infatti, è possibile trascurare la sfericità del globo terrestre.

Per rilievi di maggiore estensione (oltre i 15 km) è necessario tenere conto anche della curvatura terrestre e della natura del terreno. È importante, quindi, fare sempre riferimento ad una superficie di riferimento omogenea, in funzione del tipo di rilevamento che si sta eseguendo.

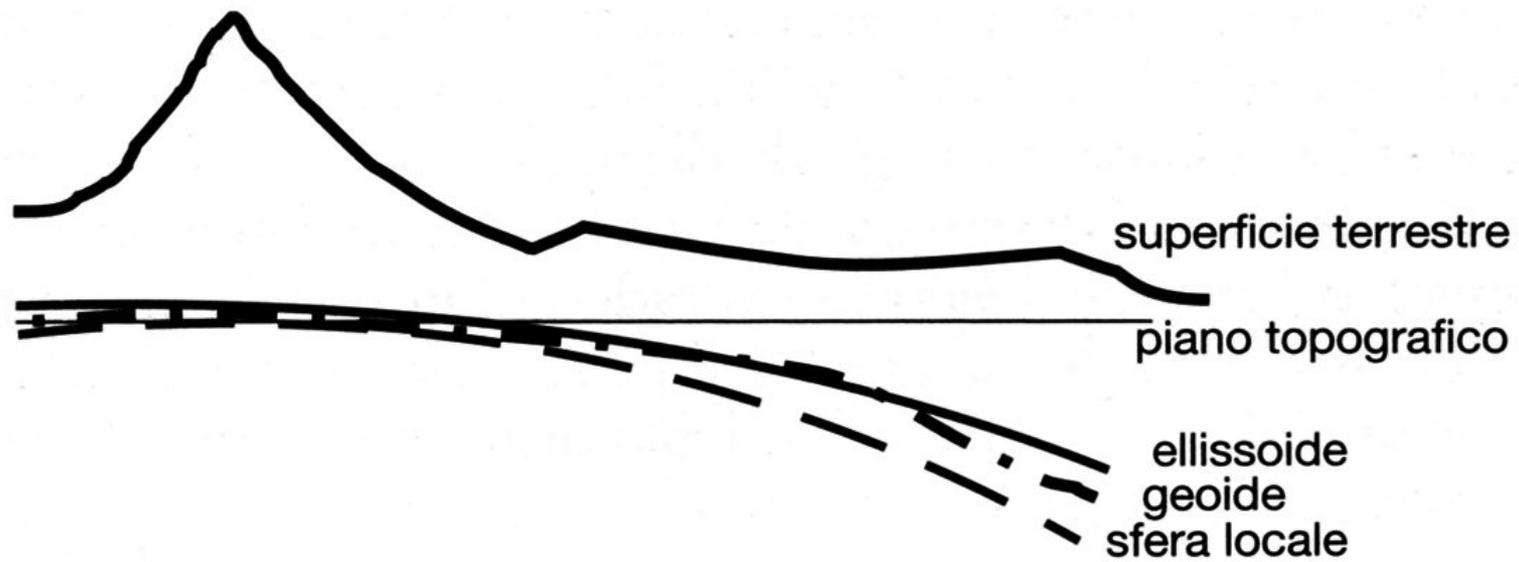
I principali riferimenti sono:

- il *geoide*, che è una superficie equipotenziale (cioè perpendicolare in ogni punto alla direzione della forza di gravità). Dal punto di vista cartografico, il geoide non può essere utilizzato per la realizzazione di una planimetria, perché non è possibile mettere in corrispondenza i punti appartenenti ad esso con un sistema cartesiano piano. Il geoide, quindi, viene utilizzato solo in riferimento alle quote;
- l'*ellissoide*, superficie geometrica astratta che approssima la forma irregolare del geoide e che a scale molto piccole viene utilizzato per le misure planimetriche (rilevamenti entro 110 km di raggio);
- la *sfera locale*, riferimento utilizzato per rilevamenti fra 15 e 110 km di raggio, determinato assimilando la superficie dell'ellissoide a quella di una sfera;
- il *campo topografico*, per rilievi di estensione inferiore ai 15 km, in cui la superficie di riferimento è assimilabile ad un piano (piano topografico).



- 1 - OCEANO
- 2 - ELLISSOIDE
- 3 - PIOMBO LOCALE
- 4 - CONTINENTE
- 5 - GEOIDE

Geoide ed ellissoide.



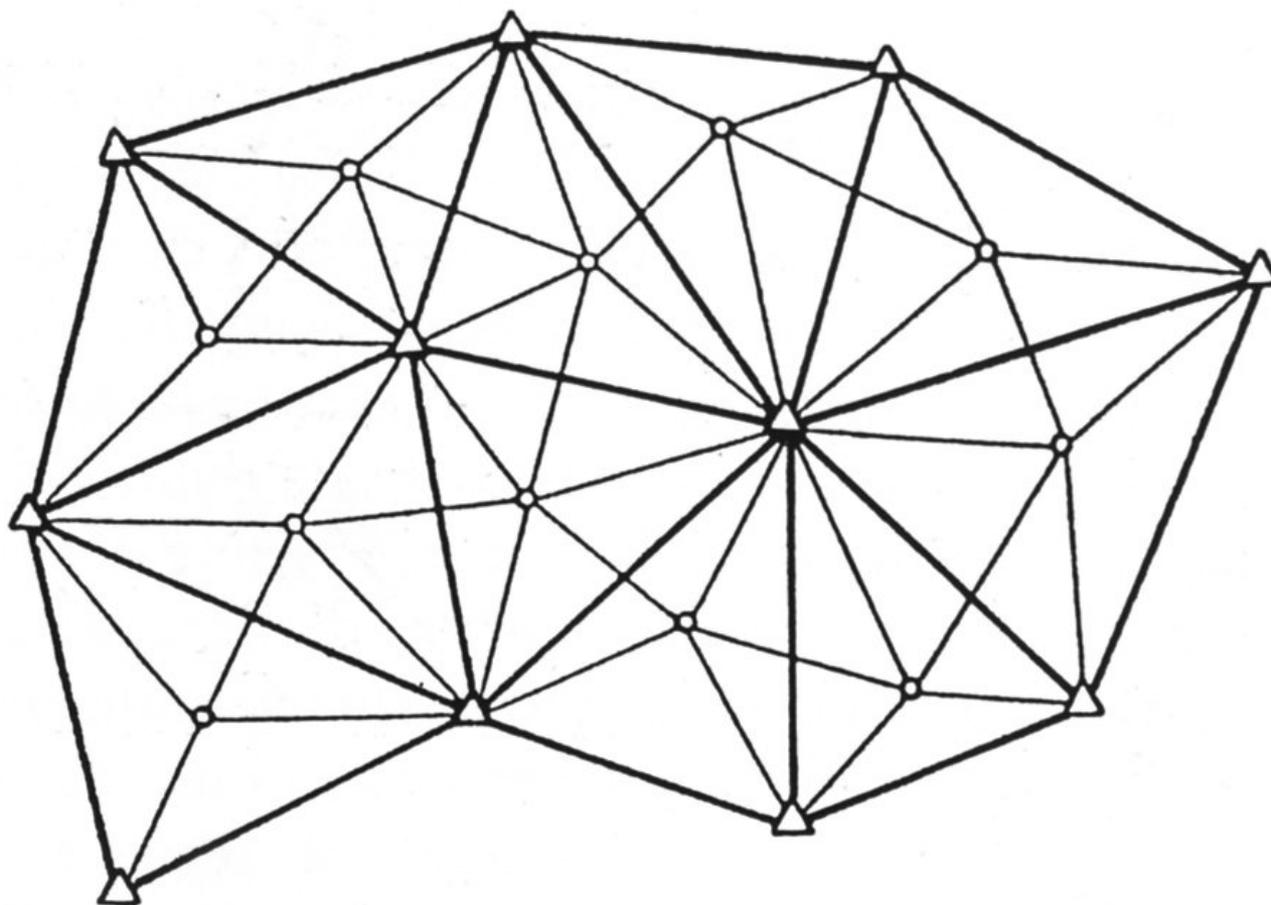
Superfici di riferimento per l'inquadramento cartografico.

Per rilievi di porzioni di territorio superiori ai 15 km, quindi, le linee congiungenti i punti sul terreno non saranno rette.

In Italia, l'Istituto Geografico Militare (IGM) ha definito una Rete Geodetica di Primo Ordine, strutturata in una maglia con lati (archi di geodetica) variabili fra 20 e 60 km. La rete di Primo Ordine è stata integrata, sempre dall'IGM, con una rete trigonometrica divisa in quattro ordini di grandezza:

- rete di primo ordine (coincidente con la rete geodetica);
- rete di secondo ordine (triangoli con lati compresi fra 15 e 30 km);
- rete di terzo ordine (lati compresi fra 10 e 20 km);
- rete di quarto ordine (lati compresi fra i 3 e i 10 km).





Rete geodetica di primo ordine (vertici con triangolino) e di secondo ordine (vertici con circoletto).

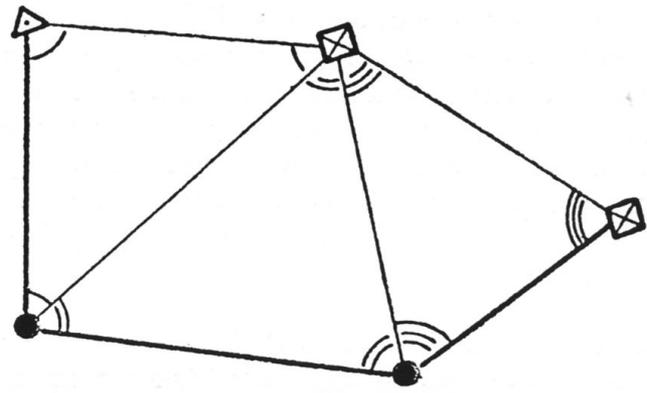
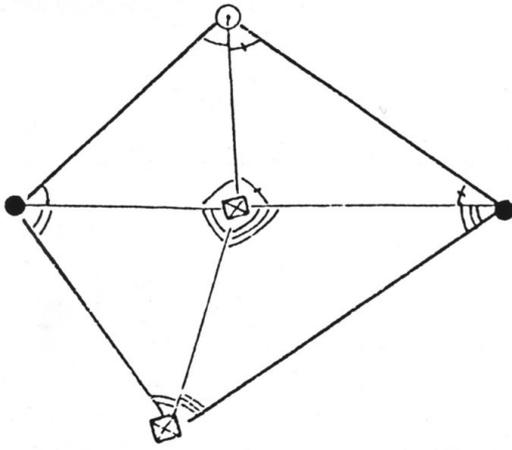
Ciascun vertice dei triangoli è contrassegnato sul territorio con un apposito segnale fisso, composto da un elemento metallico inserito in una base di calcestruzzo o di pietra. Di ciascun contrassegno esiste una *monografia*, ossia la definizione delle coordinate per poter sempre individuare il punto sul terreno. Le monografie possono essere acquistate presso l'IGM; riportano i valori in coordinate geografiche (latitudine e longitudine) e in coordinate Gauss-Boaga di ciascun caposaldo.



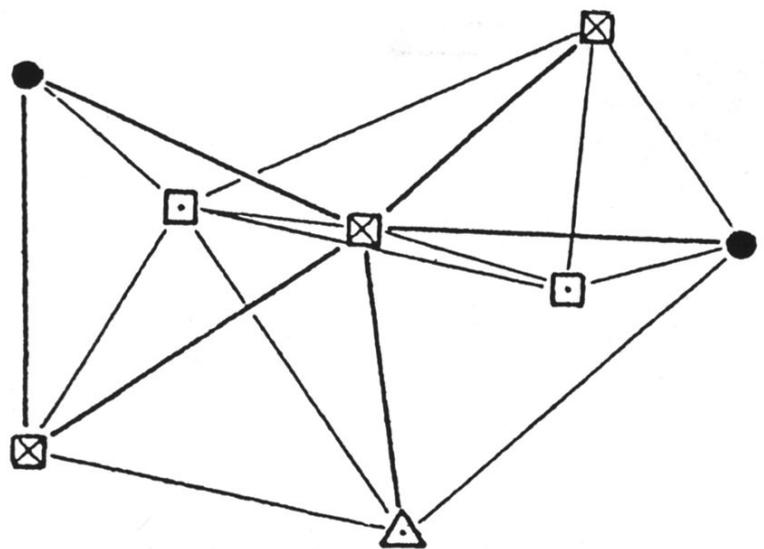
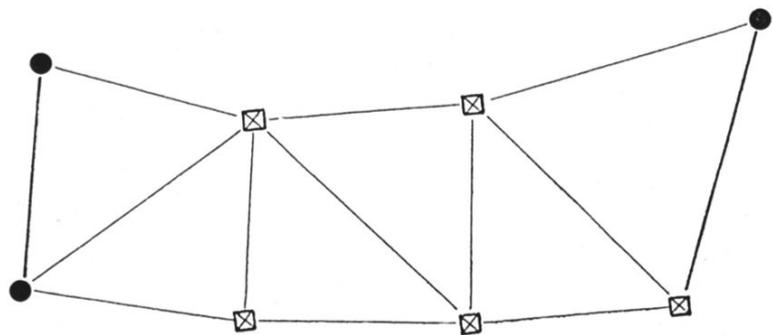
Un caposaldo della rete geodetica IGM.

Il Catasto (oggi gestito dall'Agenzia del Territorio) si è appoggiato alla rete nazionale dei primi tre ordini per redigere le proprie carte, realizzando una rete catastale (con lati fra 7 e 10 km) e una sottorete catastale (con lati fra 3 e 5 km). Anche i vertici della rete catastale sono individuati sul territorio con appositi segnali.

-  vertice di I ordine dell'I.G.M.
-  vertice di II ordine dell'I.G.M.
-  vertice di III ordine dell'I.G.M.
-  vertice di IV ordine dell'I.G.M., utilizzato come punto d'appoggio
-  vertice di rete catastale
-  vertice di sottorete catastale
-  vertice di dettaglio

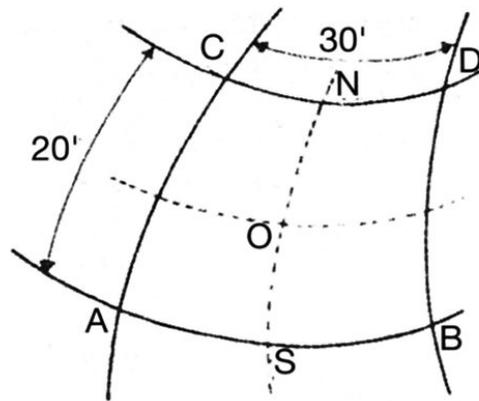
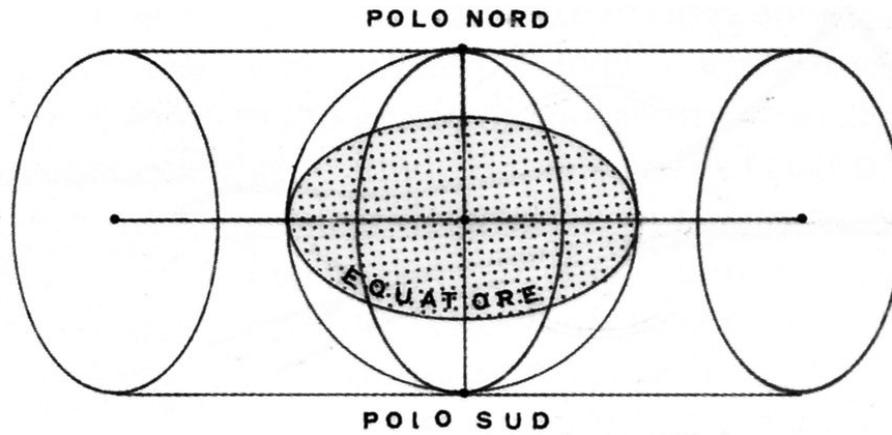


Schemi di reti topografiche e catastali.

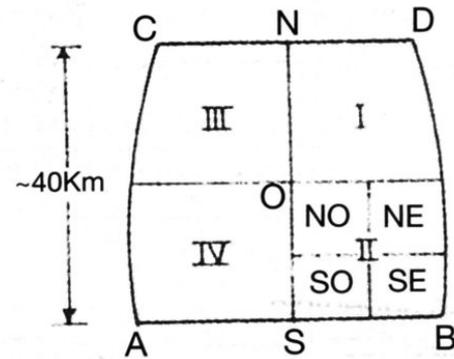


Catena topografica e sottorete per rilevamenti catastali.

Per la rappresentazione cartografica, l'IGM adotta il sistema della *proiezione cilindrica inversa*, secondo cui si assume la superficie di un cilindro tangente il meridiano medio della zona riportato sulla carta come segmento rettilineo di lunghezza reale. Questo tipo di proiezione, denominata anche Gauss-Boaga, è una proiezione "conforme", ossia conserva la restituzione degli angoli ma deforma le superfici (una distanza di 10 km nella realtà è rappresentata più corta di 4 metri sulla carta); si tratta tuttavia di una deformazione irrisoria su rappresentazioni in scala a piccolo denominatore. La proiezione Gauss-Boaga è allineata al sistema cartografico internazionale, che usa coordinate UTM (Universale Trasversa di Mercatore).



foglio in scala 1:100.000

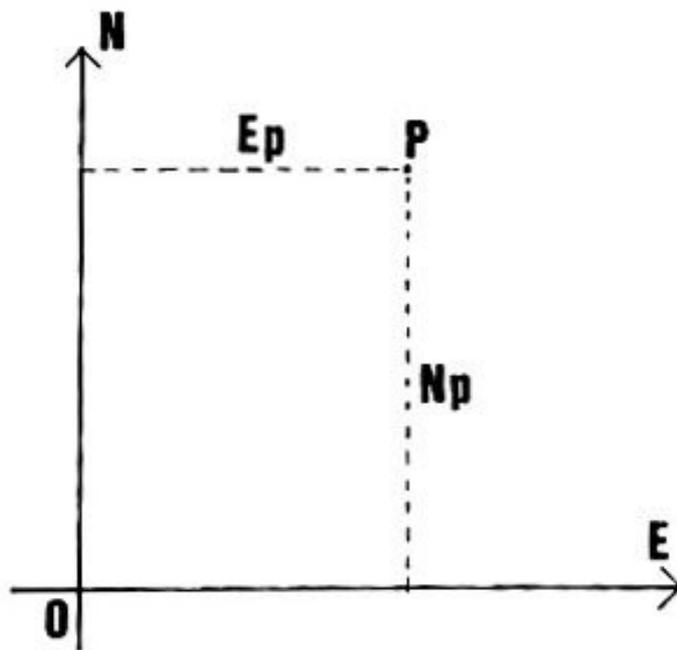


Applicazione della proiezione cilindrica inversa nella cartografia IGM.

Come sistema di riferimento, la cartografia ufficiale italiana (IGM) utilizza il sistema delle coordinate cartesiane ortogonali. I punti della rete trigonometrica sono riferiti rispetto a due assi, uno coincidente con la direzione dell'Est (ascisse) e uno coincidente con la direzione del Nord (ordinate). Pertanto i punti sono individuati secondo le coordinate Nord ed Est.

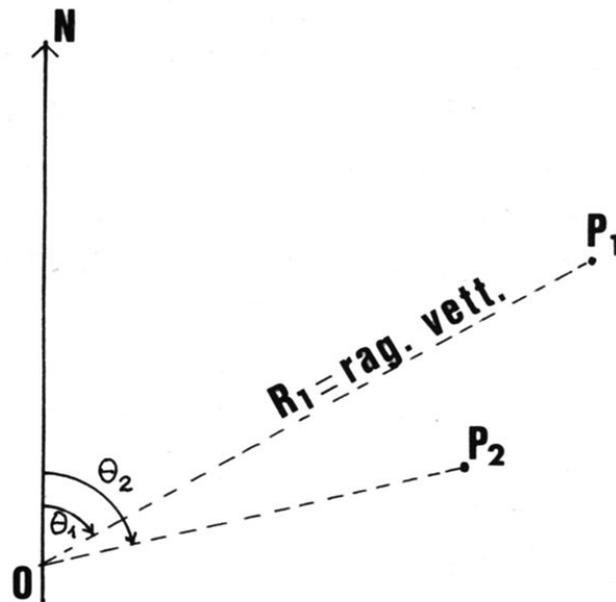
Dovendo rilevare in planimetria un qualsiasi punto sul terreno, è opportuno considerare come origine del sistema cartesiano un punto noto della rete IGM o catastale, in modo da fare riferimento al sistema nazionale. Se tale riferimento non è richiesto, è comunque opportuno che il rilevatore faccia riferimento a un qualsiasi caposaldo, anche scelto arbitrariamente ma comunque ben definito e facilmente identificabile, in modo da poter passare facilmente da un riferimento relativo a quello assoluto della rete nazionale attraverso un procedimento che si definisce *rototraslazione*.

Un primo modo per individuare la posizione di un punto su un piano, come abbiamo visto nello studio del rilevamento diretto, consiste nel definire le sue *coordinate* rispetto a una coppia di *assi cartesiani ortogonali* (se possibile, coincidenti con le direzioni Nord ed Est).

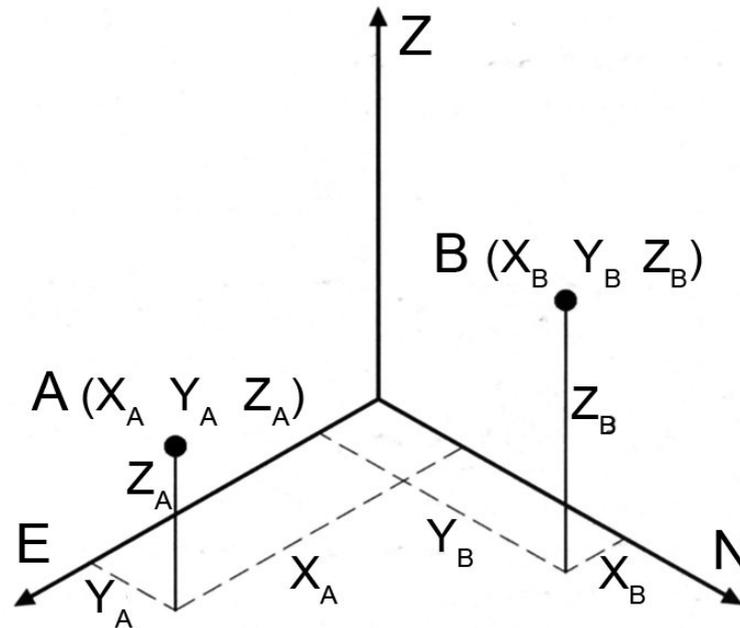


Un secondo modo per individuare la posizione di un punto P su un piano fa riferimento alle *coordinate polari*.

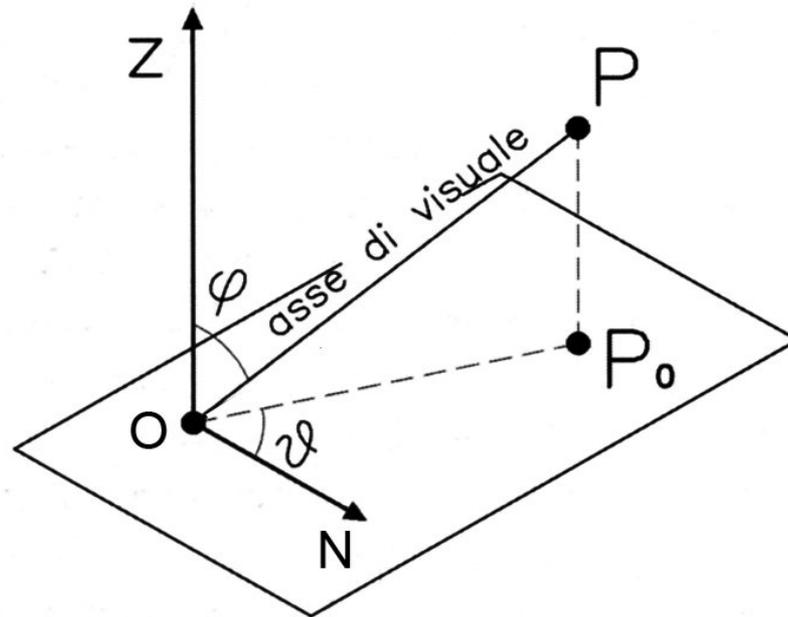
Fissato un punto O e una direzione di riferimento passante da esso (di norma allineata con il Nord), la posizione di un punto sarà definita dall'angolo orizzontale  $\theta$  formato dal segmento OP con la direzione di riferimento, e la lunghezza del raggio vettore OP.



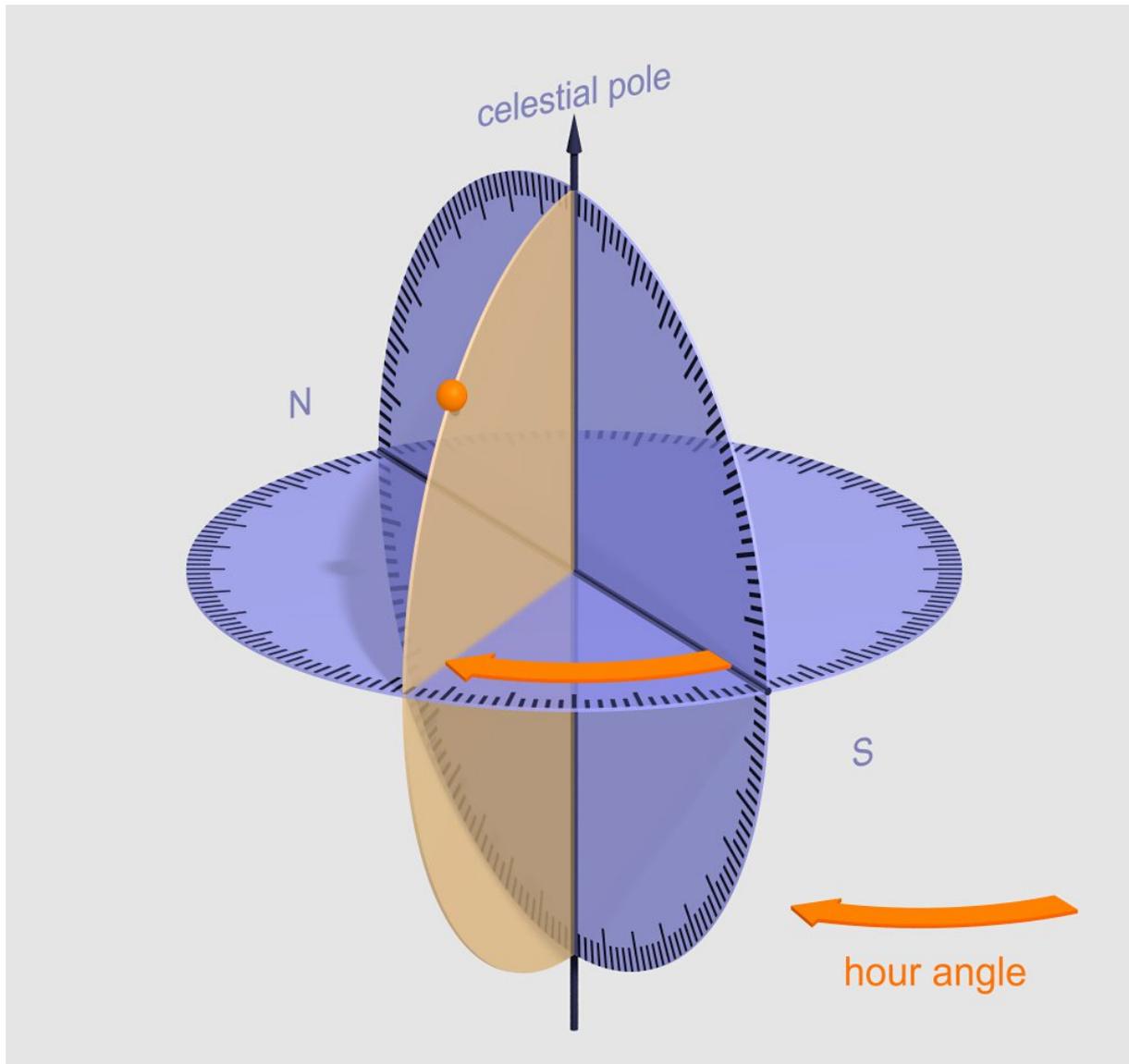
Nello spazio tridimensionale la situazione è solo appena più complessa. Per quanto riguarda il metodo delle coordinate cartesiane, occorrerà tener conto dell'asse Z che definirà l'altezza (o quota) di ciascun punto. Per definire la posizione di un punto nello spazio occorrerà quindi considerare le sue coordinate E, N e Z rispetto a una terna di assi cartesiani ortogonali.



- Analogamente, per il metodo delle coordinate polari si terrà conto:
- dell'angolo orizzontale  $\theta$  formato dalla proiezione a terra della congiungente OP;
  - della lunghezza del raggio vettore congiungente il punto O con il punto P;
  - dell'angolo verticale  $\phi$  formato dalla congiungente OP con la verticale uscente da O, ossia con l'asse Z.



L'angolo orizzontale, denominato anche *azimutale*, e l'angolo verticale, denominato anche *zenitale*, messi in sistema forniscono le coordinate altazimutali, usate comunemente anche in astronomia per determinare la posizione (ma non la distanza!) degli astri sulla volta celeste.



Angolo azimutale ed angolo zenitale.