

C4

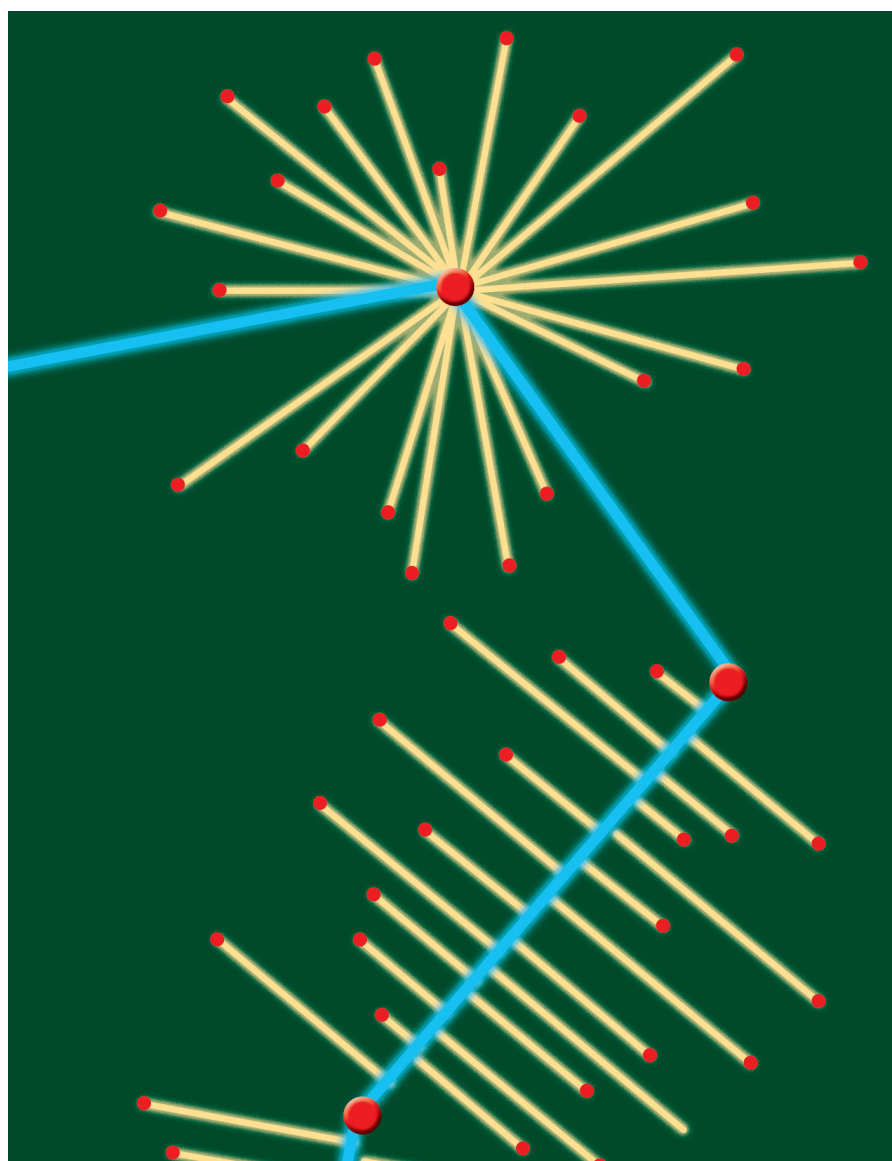
I particolari
del territorio

TEORIA

- 1 Il rilievo dei particolari topografici
- 2 Il sopralluogo, l'eidotipo e i registri
- 3 Relazione tra scala e numero dei particolari da rilevare
- 4 Rilievo dei particolari topografici per allineamenti
- 5 Rilievo dei particolari topografici per irradiazione
- 6 Riflessioni finali

RIASSUMENDO

AUTOVALUTAZIONE



Il rilievo dei particolari topografici può essere realizzato secondo varie modalità che possono anche integrarsi tra loro: per allineamenti liberi, per allineamenti e squadri, per irradiazione oppure per intersezione. In genere le difficoltà maggiori di un rilievo non sono legate alle operazioni di misura condotte sul terreno, ma alla sua impostazione, che deve essere molto accurata e frutto di attenti sopralluoghi.

1. Il rilievo dei particolari topografici

La rappresentazione del territorio (che per il momento immaginiamo di modeste estensioni) si realizza con una procedura operativa che prende il nome di **rilievo topografico**.

Il **rilievo topografico** è quell'insieme coordinato e organizzato di operazioni di campagna (misure) e di tavolino (calcoli e disegni) finalizzate alla rappresentazione grafica e numerica del territorio.

In precedenza (modulo B) si è affermato che nell'ambito del rilievo topografico si possono riconoscere le due **fasi operative**, funzionalmente distinte, che possono essere effettuate in tempi successivi o anche in tempi coincidenti: la **planimetria** e l'**altimetria**.

■ Il rilievo planimetrico e i punti caratteristici

Può tuttavia capitare che le finalità e gli **scopi** di un rilievo prevedano una soltanto delle suddette fasi operative. Nel presente contesto, in effetti, ci occuperemo solamente degli aspetti **planimetrici** del rilievo.

La **planimetria** definisce la posizione delle **proiezioni** dell'insieme di **punti caratteristici** appartenenti alla superficie fisica della Terra, sulla **superficie di riferimento** che, parlando di **piccole estensioni** di terreno, possiamo considerare come *piana e orizzontale*.

Nelle operazioni *planimetriche*, vengono essenzialmente eseguite misure di **distanze** e di **angoli orizzontali** effettuate su punti, opportunamente definiti, detti **punti caratteristici**. La posizione delle **proiezioni** di questi punti viene in genere riferita a un **sistema di riferimento** cartesiano ortogonale *XY* definito sullo stesso *piano orizzontale* di proiezione.

Il *rilievo topografico* inizia sempre con la definizione dei **punti caratteristici**. Essi sono relativamente limitati nel numero, ma devono essere scelti con molta cura.

In effetti, i **punti caratteristici** sono quei punti che, oltre a rappresentare se stessi, determinano nello stesso tempo anche la posizione di tutto un insieme di altri punti. Di fatto essi sono un **campione rappresentativo** di tutti i punti costituenti il territorio da rilevare.

Per fissare meglio il concetto di *punto caratteristico*, consideriamo il segmento rettilineo materializzato da un lato di un ipotetico fabbricato (► FIGURA 1a). Questo segmento contiene **infiniti** punti che possono essere definiti nel momento in cui viene fissata la posizione dei suoi due **punti estremi**. Essi allora diventano **rappresentativi** di tutti i punti che giacciono su quel segmento e perciò vengono detti **punti caratteristici**.

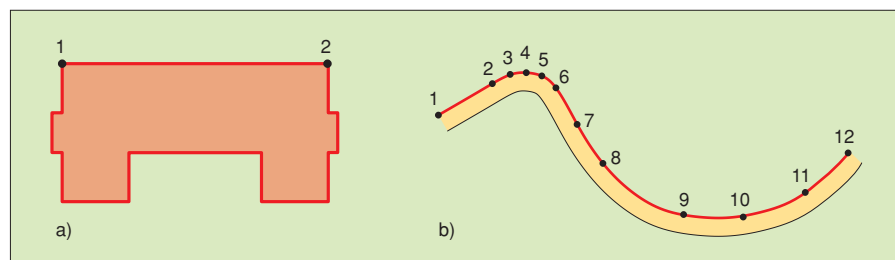


FIGURA 1 Definizione dei punti caratteristici nel caso di segmenti rettilinei (a) e di una linea curva (b). In questo caso i punti sono più ravvicinati dove più rapida è la variazione di curvatura.

FAQ

► Quale funzione ha il rilievo topografico del territorio?

Ha la funzione di fornire una rappresentazione grafica, chiamata mappa o carta, del territorio interessato. Ciò avviene attraverso un insieme coordinato di operazioni di campagna in cui si eseguono misure, di procedure di calcolo e, infine, di attività grafiche.

FAQ

► Che cos'è la planimetria?

È la fase del rilievo in cui si definisce la posizione delle *proiezioni* dell'insieme di punti caratteristici del terreno, sulla *superficie di riferimento* che, parlando di piccole estensioni di terreno, possiamo considerare come *piana e orizzontale*. In sostanza nella planimetria vengono considerate le coordinate piane *X* e *Y* di un sistema di riferimento definito sulla superficie di riferimento.

FAQ

► Che cosa sono i punti caratteristici?

Sono quei punti che, oltre a rappresentare se stessi, determinano nello stesso tempo anche la posizione di un insieme di altri punti. Essi di fatto sono un *campione* rappresentativo di tutti i punti costituenti il territorio da rilevare, dunque sono i punti che verranno utilizzati per rappresentare il territorio.

Se, anziché considerare un segmento rettilineo, si dovesse rappresentare una **linea curva** (► FIGURA 1b), allora non sarebbero sufficienti due soli punti caratteristici, ma ne servirebbe un **congruo numero** in grado di rappresentare, con sufficiente e accettabile approssimazione, la linea in oggetto.

Questi punti dovranno poi essere più **ravvicinati** laddove è più rapido il cambio di direzione della curva (tratto 2-6 di ► FIGURA 1b), mentre potranno **distanziarsi** nei tratti in cui il cambio di curvatura è più lento (tratto 9-12).

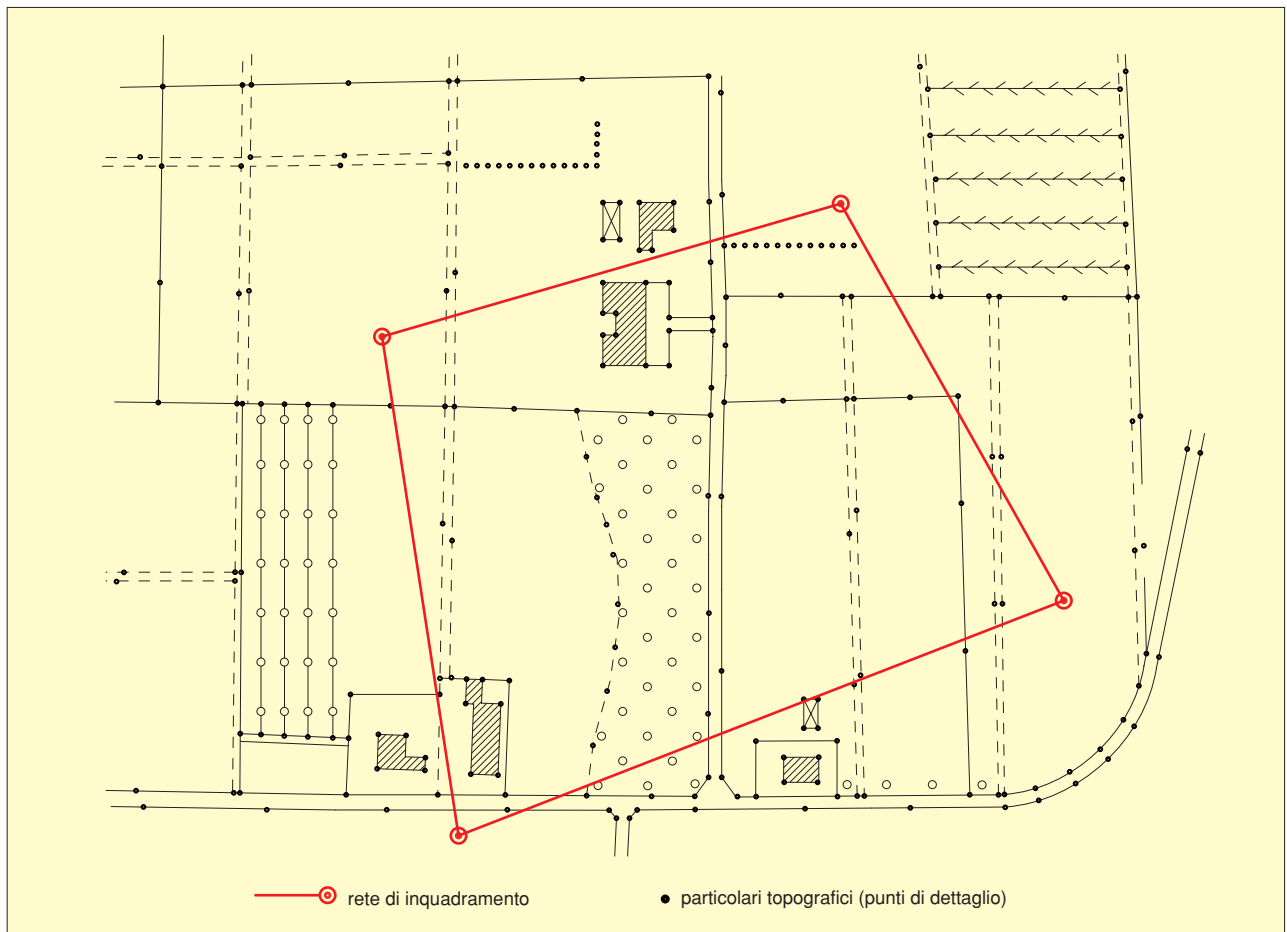
In definitiva, non essendo possibile determinare la posizione degli infiniti punti che costituiscono la superficie del terreno, le **operazioni di rilievo** vengono estese a un **limitato numero di punti**, che però andranno individuati con attenzione e in modo opportuno, in modo che **rappresentino** fedelmente la realtà del territorio da rilevare e rappresentare.

Quindi, per rilevare terreni con andamento uniforme e con scarsi elementi salienti (fabbricati, strade, fossati, vegetazione ecc.), occorre determinare la posizione di relativamente pochi punti. Se invece il terreno è caratterizzato da una superficie accidentata, irregolare e ricca di elementi salienti, allora occorre aumentare, fino al necessario, il numero dei punti caratteristici da rilevare.

■ Fase di inquadramento del rilievo

FIGURA 2 Schema complessivo di un piccolo rilievo dei dettagli topografici planimetrici.

Come già accennato in precedenza, in questo ambito saranno esaminati i metodi di **rilievo planimetrico** di dettaglio, per la rappresentazione di **limitate** estensioni di terreno (attraverso i particolari individuati dai punti caratteristici).



Nella realtà il rilievo dei *punti caratteristici* deve sempre essere **preceduto** da una fase che prende il nome di **inquadramento** o di **appoggio** (per esempio poligonali, triangolazioni ecc.), con la quale vengono definiti con molta cura quegli elementi topografici (punti, allineamenti ecc.) che fungeranno da **riferimento** e di fatto saranno gli elementi di partenza per il successivo rilievo dei particolari (► FIGURA 2).

Le problematiche connesse alla fase di **inquadramento** del rilievo topografico verranno prese in esame nel secondo volume del corso; tuttavia le anticipazioni contenute nella presente unità non costituiscono una contraddizione con quanto affermato, poiché in presenza di **limitate estensioni** le operazioni che costituiscono la fase di **inquadramento** del rilievo possono anche non essere necessarie.

FAQ

► **Che cos'è l'eidotipo?**

È un elaborato redatto a mano libera durante il sopralluogo sul terreno, che, sotto forma di schizzo, deve contenere tutti i particolari significativi del terreno da rilevare. Esso ha lo scopo di mettere in evidenza tutti gli elementi utili al progetto del rilievo.

2. Il sopralluogo, l'eidotipo e i registri

Per l'individuazione dei **punti caratteristici** rappresentativi, occorre far precedere il rilievo vero e proprio da un **sopralluogo** sul terreno da rilevare, allo scopo di prendere atto delle sue caratteristiche morfologiche, oltre che degli elementi salienti in esso contenuti.

Durante il sopralluogo viene redatto l'**eidotipo**. Si tratta di un elaborato grafico sotto forma di *schizzo*, tracciato a mano libera, eventualmente su più fogli, sul quale vengono riportati tutti quegli elementi del terreno da mettere in evidenza ai fini del rilievo (► FIGURA 3).

Questo **schizzo**, naturalmente, non richiede la precisione e l'accuratezza della mappa definitiva; non di meno dovrà essere **completo** e **fedele** nel riportare tutti gli elementi e le indicazioni indispensabili al rilievo.

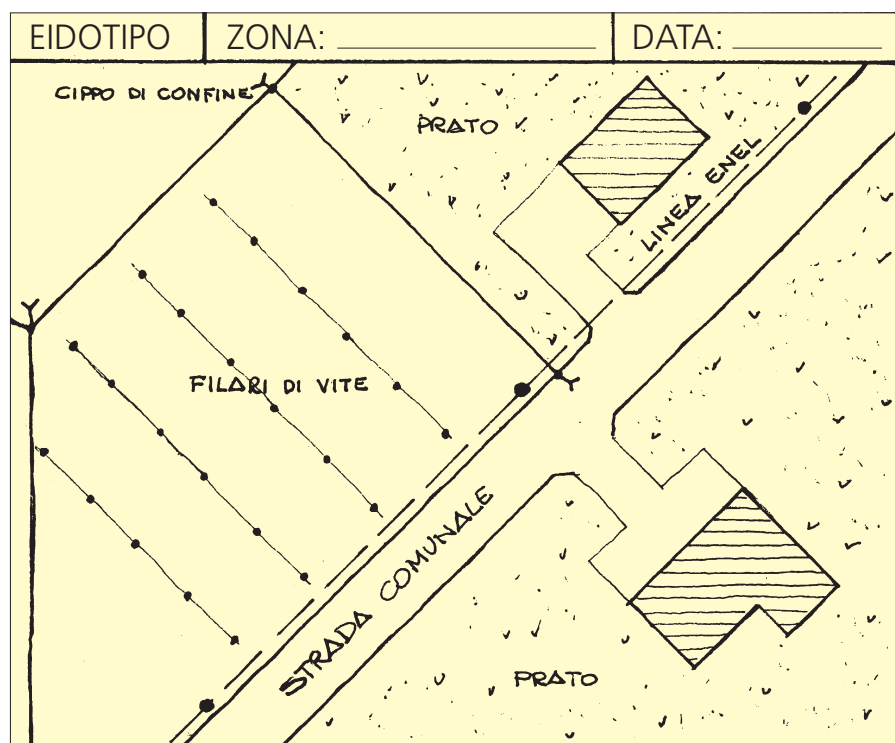


FIGURA 3 Esempio di eidotipo. In esso sono riportati, sotto forma di schizzo, gli elementi caratteristici della zona da rilevare.

Sulla base degli elementi contenuti nell'*eidotipo* verrà poi **progettato** il rilievo. In questa fase il tecnico incaricato provvederà a definire con attenzione i seguenti elementi:

- i **punti caratteristici** (dettagli topografici);
- gli **elementi** che serviranno da **inquadramento** (allineamenti, vertici ecc.);
- la **strumentazione** da utilizzare nell'esecuzione delle misure;
- il **personale** e i **tempi** per eseguire le misure previste.

In caso di impiego di una moderna strumentazione *elettronica* (che verrà sviluppata nel secondo volume) le **misure eseguite** durante il rilievo vengono **memorizzate** su appositi supporti per essere poi «trasferite» nel computer per il successivo trattamento numerico e grafico. Nel caso di impiego di strumenti ottici privi di apparati di **registrazione automatica** delle misure (per esempio quelli considerati nel precedente modulo D), queste dovranno essere trascritte manualmente con cura, in modo organico e razionale, in opportuni **libretti delle misure** cartacei. Il loro aspetto varia in funzione del tipo di rilievo, cioè dipende dal tipo di **misure** che verranno effettuate.

3. Relazione tra scala e numero dei particolari da rilevare

In generale i rilievi dei dettagli topografici hanno come fine ultimo la stesura e la redazione di una *rappresentazione grafica* (**mappa**).

I **particolari** «visibili» su una mappa (cioè quelli che **devono essere rilevati**), evidentemente, sono da mettere in rapporto alla **scala** (oltre agli scopi per cui viene realizzata la mappa); essa condiziona direttamente non solo il **numero**, ma anche la **precisione** dei punti rilevati. Pertanto la scala di rappresentazione influenza direttamente anche il **costo** del rilievo.

Questa osservazione ci suggerisce di evitare di **eccedere** con la **precisione** o con la **quantità** dei punti da rilevare, se ciò non trova un adeguato riscontro sulla mappa, rendendo così il rilievo scarsamente economico. Il problema è quello di equilibrare bene **quantità** e **precisione** nella determinazione dei punti, con i limiti imposti dalla **scala** di rappresentazione assegnata.

■ Errore di graficismo

Per valutare meglio la precedente osservazione, occorre considerare che, per realizzare la *mappa*, sono necessarie operazioni grafiche **manuali** eseguite sulla carta con il **righetto**, o di stampa nei sistemi **CAD** (plotter, stampanti). Tuttavia la precisione con cui queste operazioni possono essere condotte trova un impedimento invalicabile sia nello **spessore** dei tratti grafici con cui il disegno viene realizzato, sia nella determinazione della **lunghezza** del segmento tracciato.

Si accetta convenzionalmente che lo **spessore** del tratto grafico, così come la **lunghezza** del tratto minimo apprezzabile, sia mediamente di $\epsilon = 0,2$ mm (1/5 di millimetro); esso è denominato **errore di graficismo** lineare.

Questo valore si traduce in **imprecisioni** e in **limitazioni** della «sensibilità» della mappa la cui entità dipende dalla **scala** 1:N della rappresentazione. Per stabilire a quale **lunghezza reale** sul terreno corrisponde l'*errore di graficismo* sul disegno, occorre eseguire il prodotto $0,2 \cdot N$ (in mm). Possiamo quindi costruire la seguente tabella nella quale compaiono, insieme alle **scale**, le corrispondenti lunghezze reali relative all'**errore di graficismo** lineare di 0,2 mm:

FAQ

► La scala di rappresentazione condiziona in qualche modo il rilievo?

Sì. In effetti, a causa dell'errore di graficismo (mediamente 1/5 mm, cioè 0,2 mm), essa condiziona la precisione richiesta nelle misure effettuate durante il *rilievo dei dettagli* topografici, in quanto questi ultimi devono essere riportati e disegnati nella mappa. Per esempio, se la scala di rappresentazione è 1:1000, l'*errore* da non superare nella misura delle distanze sarà $0,2 \times 1000 = 200$ mm = 20 cm.

Scala della mappa	1:25 000	1:5000	1:2000	1:1000	1:500
Lunghezza reale dovuta all'errore di graficismo	5 m	1 m	0,40 m	0,20 m	0,10 m

Come si osserva, più *grande* è la scala della carta (cioè più *piccolo* è il *denominatore*), maggiore sarà la sua **definizione**, e di conseguenza maggiore sarà il **numero** dei particolari che dovranno essere rilevati perché visibili sulla mappa (tuttavia anche il costo del rilievo sarà maggiore). Riprenderemo questo problema anche nell'ambito del prossimo modulo F.

4. Rilievo dei particolari topografici per allineamenti

In relazione alle caratteristiche morfologiche e all'estensione del terreno, alle finalità del rilievo e agli strumenti che si intendono impiegare nelle misure, le **modalità operative** in base alle quali vanno condotte le operazioni di rilievo dei particolari possono essere anche molto differenti, dando luogo a diversi metodi di rilievo, ciascuno dei quali presenta proprie peculiarità.

Tra questi, per la loro semplicità concettuale, si segnalano i **rilievi per allineamenti**, che possono essere di due diverse tipologie:

- per allineamenti liberi
- per allineamenti e squadri

Queste tecniche di rilievo dei particolari trovavano in passato larghissimo impiego, per la modesta *dotazione strumentale* richiesta. Essi richiedevano solo la misura di **distanze**, senza avere la necessità di **misurare angoli**, evitando in tal modo la disponibilità di un teodolite (in passato molto costoso). Oggi tale problema non esiste più, perciò la frequenza con la quale sono impiegati tali metodi si è decisamente contratta.

■ Rilievo per allineamenti liberi

È un metodo di rilievo dei particolari topografici di grande semplicità, con il quale, senza particolari accorgimenti e senza l'impiego di strumenti sofisticati, si può raggiungere un ottimo grado di precisione. Esso si basa sulla materializzazione sul terreno di **allineamenti liberi**, cioè non vincolati da alcuna condizione geometrica, sui quali verranno effettuate **misure dirette di distanze** eseguite in modo **progressivo**.

L'inconveniente maggiore di questa tecnica di rilievo, risiede nel fatto che il lavoro di campagna è *lungo e faticoso*, sia per la materializzazione degli *allineamenti* che per le conseguenti misure dirette delle distanze.

Pertanto l'impiego di questo metodo viene circoscritto a **terreni pianeggianti** con un numero **limitato** di particolari da rilevare. Esso non viene utilizzato quando la morfologia del terreno è irregolare o ricca di particolari.

In generale, per utilizzare questo metodo, è necessario:

- stabilire alcuni **allineamenti principali**, che **non** contengono punti da rilevare;
- fissare **allineamenti secondari** con gli estremi sugli allineamenti principali e passanti per uno o più particolari da rilevare;
- effettuare le misure **dirette** delle **distanze** che permettono il posizionamento inequivocabile degli **allineamenti secondari** e dei **particolari** da rilevare.

FAQ

► Per quale ragione esistono vari metodi di rilievo dei dettagli topografici?

Perché ciascuno di essi si adatta meglio alle particolarità del terreno e alla strumentazione posseduta dal tecnico.

FAQ

► Che cosa è il libretto delle misure?

È un elaborato strutturato e organizzato in righe e colonne, su cui andranno riportate e trascritte in modo organico le misure eseguite in campagna durante le operazioni di rilievo.

FAQ

► **Quali caratteristiche possiedono i rilievi per allineamenti?**

Sono rilievi nei quali occorre tracciare opportuni allineamenti ed eseguire misure lineari su di essi. Dunque non è necessario eseguire misure angolari.

FAQ

► **Per quale ragione le distanze sono misurate in modo progressivo?**

Perché questa tecnica di misura limita l'accumulo degli errori, quindi consente migliori precisioni.

È opportuno che le *misure dirette* delle distanze, eseguite sugli allineamenti, siano eseguite in modo **progressivo**, partendo da un estremo di ciascun allineamento che viene assunto come origine. Questa modalità di misura consente di limitare l'**accumulo degli errori** prodotti sulle singole misure, e quindi consente di ottenere una maggior precisione complessiva del rilievo.

ESEMPIO DI RILIEVO

La ► FIGURA 4 illustra lo schema di un rilievo per *allineamenti liberi* eseguito per rilevare i particolari relativi a *due fabbricati* adiacenti. In esso si riconoscono i tre *allineamenti principali* P1-P2, P2-P3 e P1-P3, che fungono da *inquadramento* e da collegamento con il contesto circostante, e gli ulteriori tre *allineamenti principali* AB, BC e CD che si inoltrano nella zona da rilevare. I *punti caratteristici* del rilievo (i *particolari topografici*) sono costituiti dai vertici degli stessi fabbricati (7-8-9-10 e 13-14-15-16). Per questi punti sono poi stati fatti passare gli *allineamenti secondari* 1-5, 2-6, 3-11, 4-12). Una volta *materializzati* gli allineamenti sul terreno, vengono eseguite le misure dirette delle *distanze* raccolte in un libretto delle misure.

Il *lavoro di tavolino* connesso a questo metodo è di natura estremamente semplice. Non sono necessari calcoli numerici per la redazione della mappa in scala, che può essere realizzata riportando direttamente le misure eseguite sul foglio di carta (naturalmente dopo averle scalate), riproducendo di fatto le operazioni effettuate in campagna. A tal fine, per prima cosa, andranno tracciati gli *allineamenti principali*; su di essi si fisseranno poi gli estremi degli *allineamenti secondari*. Infine, su questi ultimi, allo stesso modo, si individueranno i punti caratteristici oggetto del rilievo.

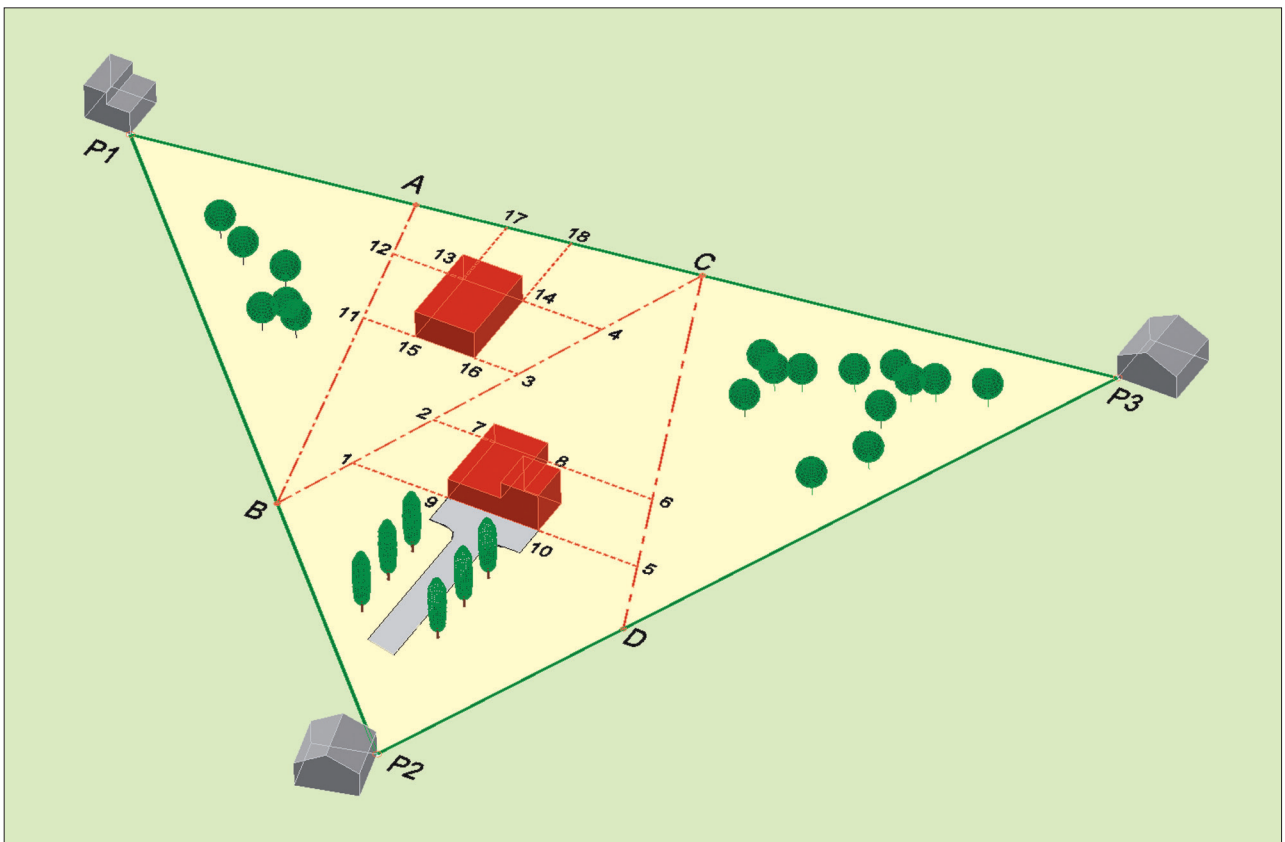


FIGURA 4 Schema del rilievo di due fabbricati con il metodo per allineamenti liberi.

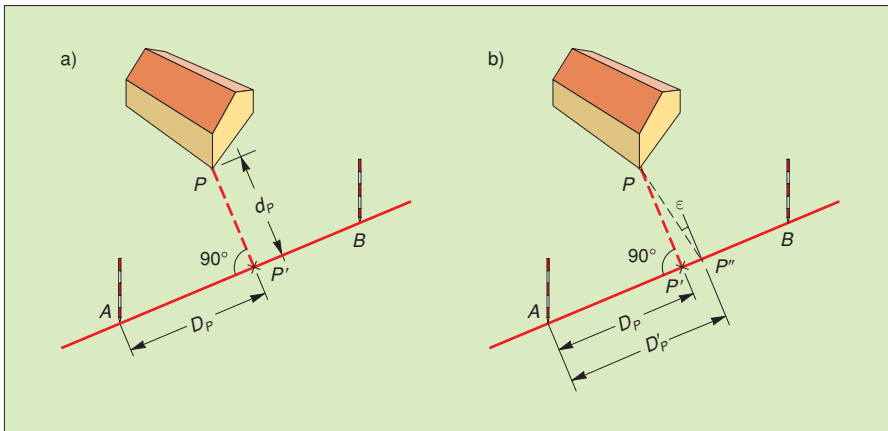


FIGURA 5 Principio del rilievo per allineamenti e squadri. Gli allineamenti secondari devono essere ortogonali a quelli principali.

■ Rilievo per allineamenti e squadri

Ha le stesse caratteristiche del metodo di rilievo per allineamenti liberi, ma, rispetto a questo, gli **allineamenti secondari** non sono più «liberi» ma sono vincolati a formare **squadri** (cioè devono essere **ortogonali**) con gli **allineamenti principali**, oltre che, naturalmente, passare per i particolari topografici da rilevare.

Il principio che regge questo metodo è illustrato schematicamente in ► FIGURA 5a. In essa si può riconoscere l'**allineamento principale AB** (o **allineamento base**), di norma stabilito sul terreno in modo che attraversi la zona da rilevare in una posizione baricentrica e nella direzione della sua dimensione massima, e che funge da elemento di riferimento. Possiamo poi osservare un **allineamento secondario P'P** passante per il particolare topografico *P* (spigolo del fabbricato) e **perpendicolare** all'**allineamento principale**. Il punto *P* viene definito con la misura diretta delle distanze: $D_P = \overline{AP'}$ (x) e $d_P = \overline{PP'}$ (y) tra loro **ortogonali** (in squadra).

Quindi, anche in questo caso, le operazioni di rilievo prevedono le seguenti fasi:

- individuazione di uno o più **allineamenti principali**, con gli estremi ben definiti e facilmente ripristinabili;
- individuazione degli **allineamenti secondari**, in **squadro** con quelli principali e passanti per uno o più punti caratteristici;
- esecuzione delle misure dirette delle **distanze progressive** sull'allineamento principale e sugli **squadri** secondari.

Per realizzare sul terreno gli **squadri**, occorre materializzare il **piede della perpendicolare P'** condotta dal punto *P* all'**allineamento principale**. Se le distanze sono **modeste** (massimo poche decine di metri) per questa operazione è ammesso l'impiego di uno *squadro agrimensorio*, oppure, per una maggior speditezza, uno *squadro a croce di prismi*.

In generale questo metodo riduce i tempi delle operazioni di campagna rispetto al metodo per *allineamenti liberi* visto in precedenza. Tuttavia la necessità di realizzare *allineamenti in squadra* introduce **nuovi tipi di errori** nella determinazione della posizione dei punti. Infatti, oltre agli errori che vengono commessi nella misura diretta delle distanze, in questo caso si aggiunge l'inevitabile imprecisione con la quale viene definita, con lo *squadro*, la posizione del piede *P'* della perpendicolare all'allineamento principale, che erroneamente può essere posizionata in *P''* anziché in *P'* (► FIGURA 5b), sicché l'angolo tra i due allineamenti non è più retto, ma differirà da questo di un angolo $\pm \epsilon$. Ciò induce a misurare la distanza $\overline{PP''}$ al posto di $\overline{PP'}$ e, soprattutto, induce alla misura errata $D'_P = \overline{AP''}$ al posto di quella corretta $D_P = \overline{AP'}$.

FAQ

► Quali sono i metodi di rilievo per allineamenti?

Per *allineamenti liberi*: con esso si stabiliscono alcuni allineamenti principali, che hanno funzione di inquadramento, e sui quali si definiscono alcuni allineamenti secondari passanti per i punti da rilevare. Questi rimangono definiti dalle distanze misurate.

Per *allineamenti e squadri*: gli allineamenti principali di riferimento e quelli secondari, passanti per i punti da rilevare, sono ortogonali. Per realizzare gli *squadri* è necessario l'uso di uno *squadro agrimensorio* o di uno *squadro a croce di prismi*.

Per limitare tali errori, è buona norma limitare la **lunghezza massima** degli squadri (cioè la distanza tra punto e allineamento principale) a **1/3** della lunghezza complessiva dello stesso allineamento principale (nel nostro esempio $d_p < 1/3 \overline{AB}$). Nei casi in cui un solo allineamento principale non consenta il rispetto di questa norma, si provvederà a definire ulteriori allineamenti principali, in modo da ottenere che la lunghezza degli squadri rientri nei limiti sopra esposti.

ESEMPI DI RILIEVO

La ► FIGURA 6 illustra un semplice esempio pratico di rilievo per allineamenti e squadri. Vi si riconosce l'allineamento principale individuato dai punti A e B, definiti per mezzo di misure che si appoggiano a due fabbricati esistenti e che ne permettono, in ogni momento, il ripristino qualora questo dovesse risultare necessario. Su questo allineamento vengono poi definiti i piedi delle perpendicolari condotte dai particolari da rilevare, che in questo caso sono gli spigoli di due nuovi caseggiati. Infine vengono eseguite le misure dirette delle distanze, poi riportate nel libretto delle misure (► FIGURA 7).

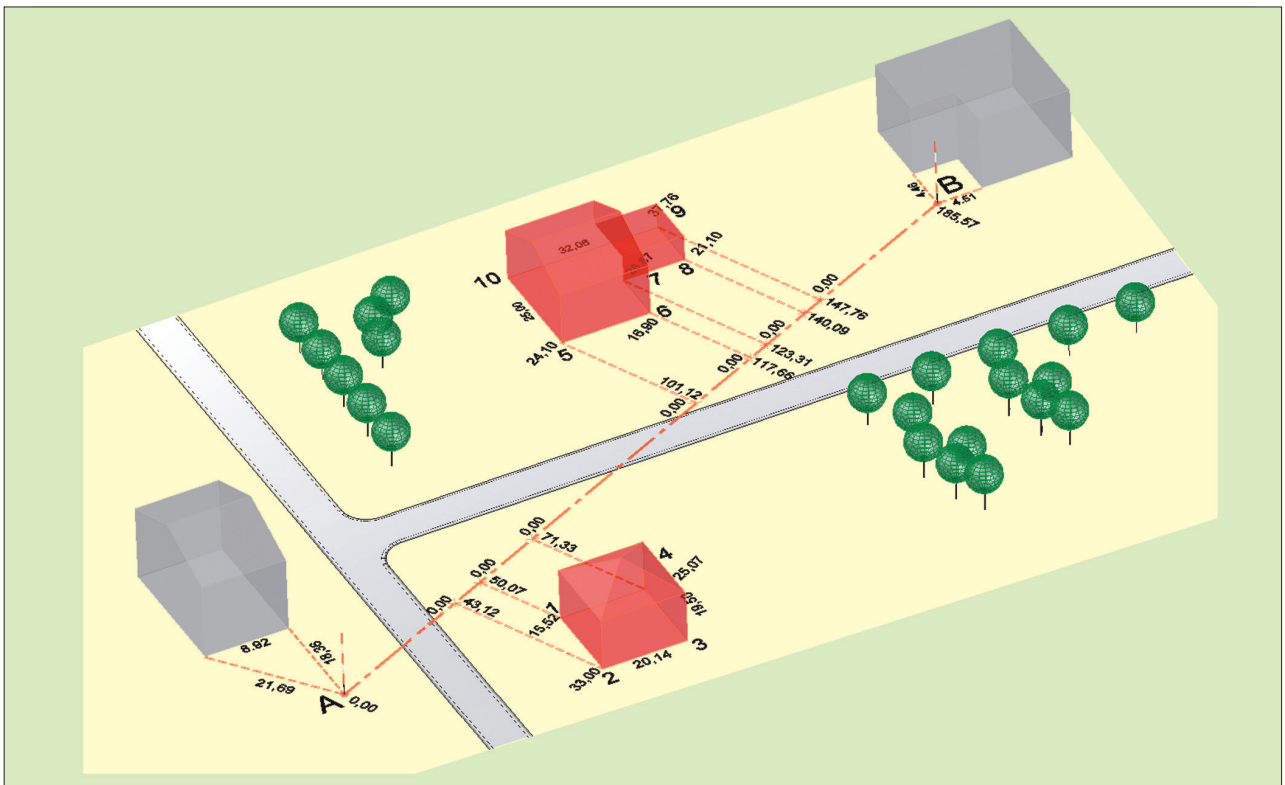
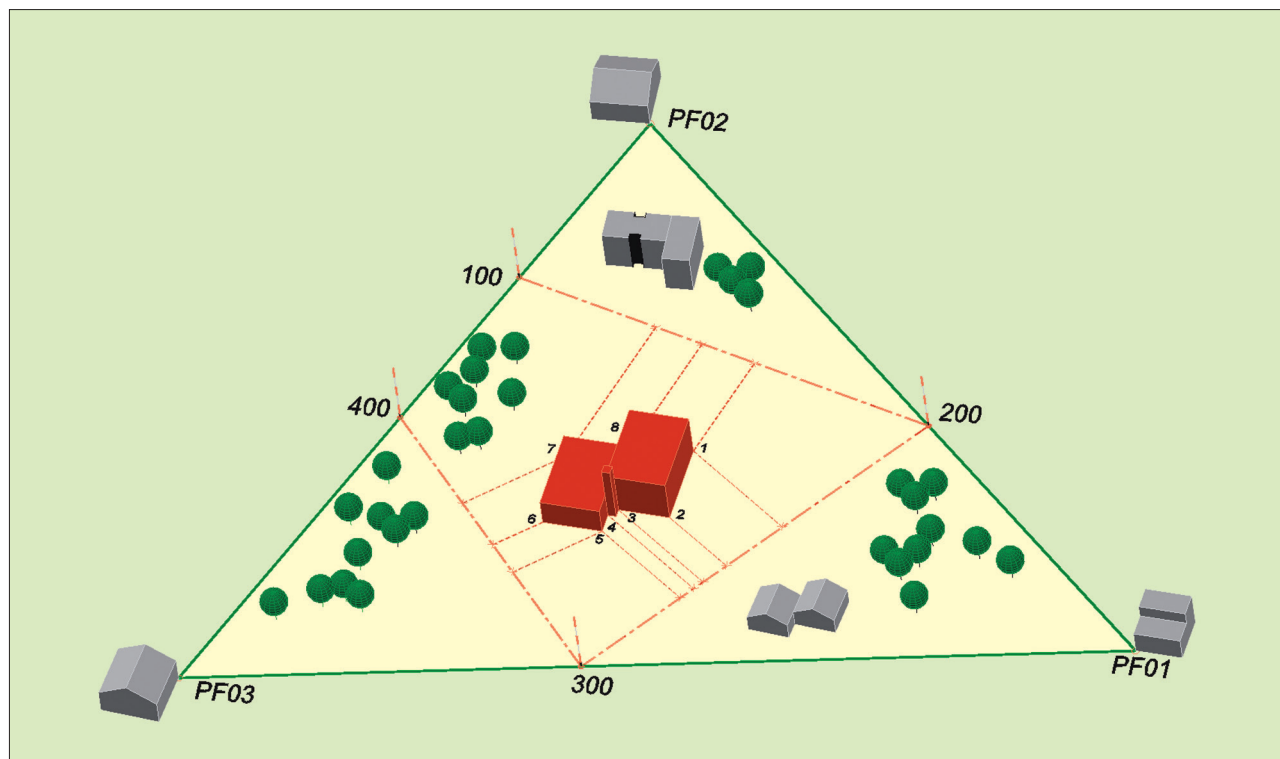


FIGURA 6 Esempio di rilievo per allineamenti e squadri. L'allineamento principale è costituito dalla congiungente AB.

FIGURA 7 Misure dirette e progressive delle distanze, riportate nel libretto delle misure.

LIBRETTO DELLE MISURE					
PUNTI	ALLINEAMENTO BASE	SQUADRI	PUNTI	ALLINEAMENTO BASE	SQUADRI
A	0,00	0,00	6	117,66	- 16,90
2	43,12	33,00	7	123,31	- 28,87
1	50,07	15,52	8	140,09	- 21,10
4	71,33	25,07	9	147,76	- 37,76
5	101,12	- 24,10	B	185,57	0,00



Questo metodo di rilievo è ammesso, pur con alcune limitazioni, nelle operazioni di aggiornamento delle mappe catastali. In questo ambito il rilievo deve essere appoggiato a una serie di punti (almeno tre), chiamati **punti fiduciali** e indicati con la sigla **PF**, cui segue una numerazione progressiva (per esempio PF04, PF12), le cui coordinate e la cui ubicazione sono disponibili presso gli Uffici Provinciali del Territorio (uffici periferici del Catasto).

Sugli allineamenti **principali** che collegano i **punti fiduciali** di riferimento vengono poi definiti i **punti generatori**, che costituiscono gli estremi degli *allineamenti secondari* e che devono essere numerati progressivamente con multipli di 100. In ► FIGURA 8 i **punti generatori** 100, 200, 300 e 400 (collocati sui lati del triangolo formato dai **punti fiduciali** PF01, PF02 e PF03) definiscono i tre **allineamenti secondari** 100-200, 200-300 e 300-400. A questi ultimi si appoggiano poi gli **allineamenti** a squadra che definiscono la posizione dei punti caratteristici (particolari topografici) dell'oggetto del rilievo che, anche in questo esempio, è costituito da un caseggiato.

FIGURA 8 Rilievo catastale appoggiato ai tre punti fiduciali PF01, PF02, PF03 e realizzato per allineamenti e squadri.

5. Rilievo dei particolari topografici per irradiazione

Questo metodo (talvolta detto per **coordinate polari**) prevede l'uso di un **teodolite**, dato che richiede la misura di angoli. Esso è più rapido e, in generale, più conveniente rispetto al metodo per *allineamenti*, soprattutto se il teodolite è di tipo elettronico con il quale si possano misurare (oltre agli angoli) anche le **distanze** previste da questo metodo.

In questo ambito faremo riferimento a un contesto molto **semplificato**, in modo che sia possibile l'individuazione di un solo punto *S* di *inquadramento* dal quale siano visibili tutti i particolari topografici da rilevare. Su questo punto *S* è poi necessario fare **stazione** con un teodolite per eseguire le misure necessarie.

Con tale metodo, di fatto, si devono misurare le **coordinate polari** di ciascun particolare topografico rispetto a un sistema di riferimento con polo in S e asse polare coincidente con una **direzione fissa** SA scelta dall'operatore o imposta dal tipo di rilievo. Queste *coordinate polari* coincidono, per ciascun punto, con la **distanza** tra il punto stesso e il punto di stazione S , e col corrispondente **angolo**,

FIGURA 9 Vista prospettica di una piccola area i cui particolari vengono rilevati per irradiazione dal punto S in cui il teodolite è stato orientato sulla croce del campanile, esterno all'area da rilevare, indicato con A .

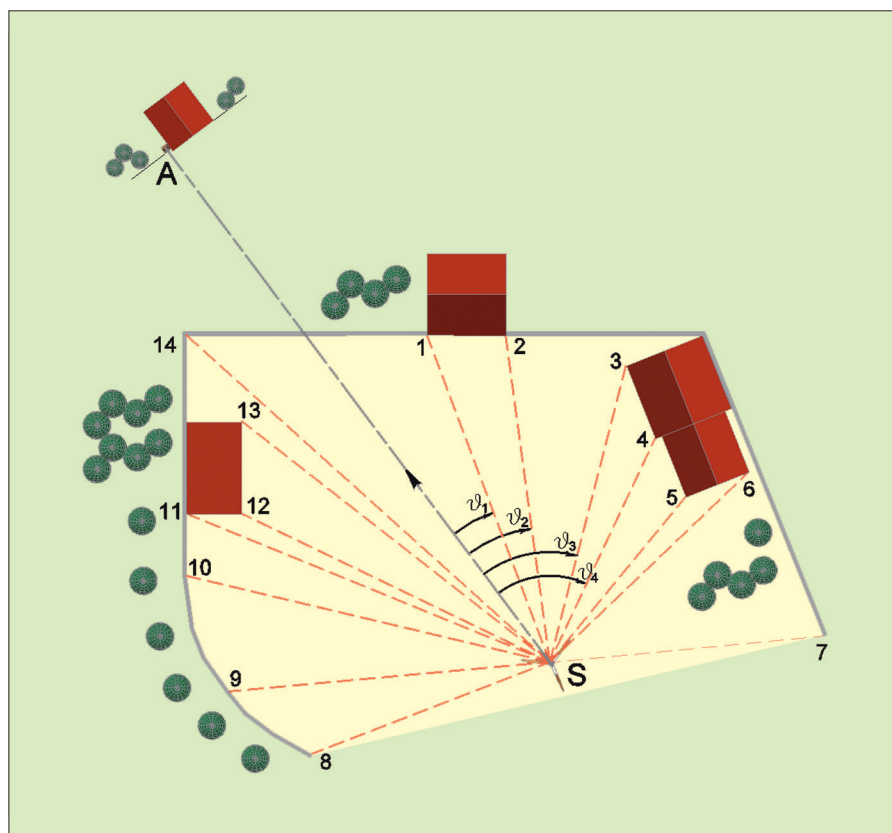
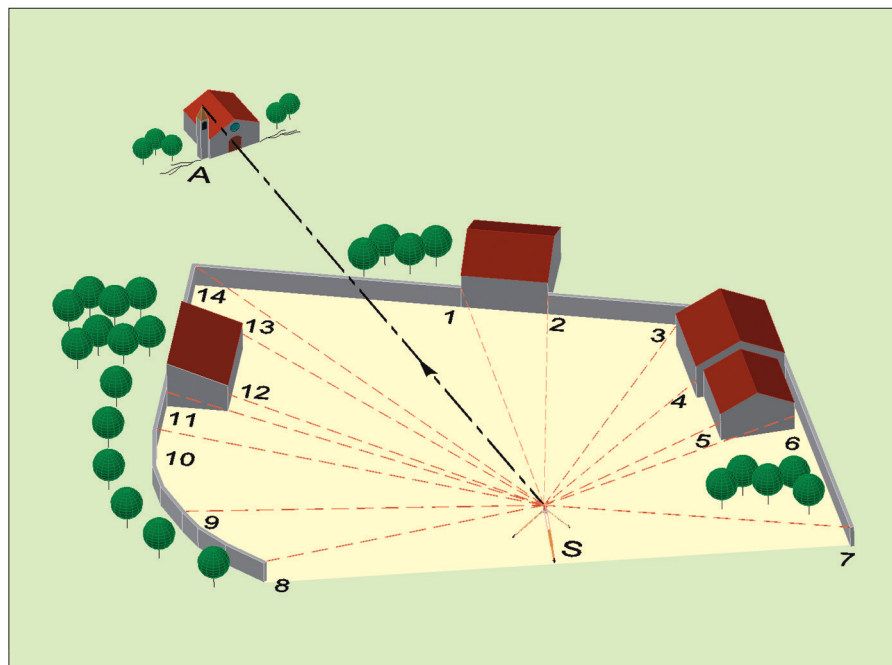


FIGURA 10 Vista in pianta della figura precedente, e con la numerazione del punto di stazione e dei particolari rilevati, richiesta nell'ambito dei rilievi catastali.

riferito alla **direzione fissa** SA ; come si ricorderà tale angolo viene chiamato **azimut** (► FIGURE 9 e 10). Sofferamoci un attimo sull'importante concetto di **direzione fissa** prima introdotta.

Fissare una direzione per la lettura degli angoli, significa disporre l'**origine** (0°) della graduazione del cerchio del teodolite in corrispondenza di una **direzione** voluta dall'operatore.

Quando la **direzione fissa** per la misura degli angoli può essere individuata in modo arbitrario, essa, di solito, viene imposta su elementi architettonici di edifici, esterni al rilievo ma ben visibili e individuabili con certezza. Ciò permette l'eventuale **ripristino**, in ogni momento, dell'orientamento del teodolite, come avviene qualora il rilievo debba essere eseguito in tempi diversi.

In sintesi, le operazioni di rilievo per **irradiamento** si sviluppano con le seguenti fasi:

- collocamento del teodolite sulla stazione S e **orientamento** del suo cerchio orizzontale sulla **direzione fissa** adottata;
- misura delle **distanze** tra il punto S e tutti i particolari topografici oggetto del rilievo;
- misura degli **angoli** $\theta_1, \theta_2, \theta_3 \dots$ (*azimut*) che la **direzione fissa** adottata forma con ciascuna delle precedenti direzioni.

Il lavoro di **riproduzione** in scala sulla carta (il disegno) dei punti rilevati, può avvenire in modo semplice e immediato utilizzando un **rapportatore**, per riportare gli **angoli** sulla carta, e uno **scalimetro**, per riportare facilmente e rapidamente le **distanze** in scala. Oggi, la stessa procedura viene riprodotta anche nei sistemi CAD: in questo caso, naturalmente senza la necessità di impiegare né **rapportatori** né **scalimetri**.

Quando si riproducono **manualmente** sulla carta le misure effettuate in campagna, occorre tenere conto che è assai problematico riportare gli **angoli** con la necessaria precisione, anche disponendo di grossi **rapportatori**. In effetti, gli errori di lettura degli angoli sul **rapportatore** inducono un **cattivo posizionamento** dei punti sulla mappa, la cui ammissibilità è strettamente legata alla scala di rappresentazione.

Quando si opera manualmente (dunque non in ambiente CAD), prima di procedere alla costruzione della mappa, è preferibile trasformare le **coordinate polari** dei punti misurate in campagna nelle corrispondenti **coordinate cartesiane** rispetto a un sistema di riferimento con origine in S , e asse delle ordinate coincidente con la **direzione fissa** scelta in fase di esecuzione delle misure. Allo scopo si utilizzano le espressioni:

$$X_p = \overline{SP} \sin(SP) \quad Y_p = \overline{SP} \cos(SP)$$

Il posizionamento dei punti sulla mappa con le coordinate cartesiane avviene riportando solo **distanze** in scala (X_p e Y_p) con lo **scalimetro**, eliminando in tal modo l'inconveniente dell'uso del **rapportatore** prima descritto.

Il rilievo dei particolari per **irradiamento** è sicuramente quello attualmente **più utilizzato** in quanto si adatta particolarmente bene alla moderna strumentazione basata sui **teodoliti elettronici** muniti di **distanziometri** EODM,

FAQ

► Che cosa significa orientare il teodolite?

Significa scegliere un'opportuna **direzione fissa** di riferimento e farvi coincidere l'**origine** (0°) della graduazione del cerchio orizzontale del teodolite. Se si considera poi un sistema polare con origine nel punto di stazione del teodolite e asse polare diretto secondo la **direzione fissa**, le letture al cerchio orientato si chiamano *azimut*.

FAQ

► Quale metodo di rilievo dei dettagli è attualmente più utilizzato?

Sicuramente il **rilievo dei dettagli per irradiamento**. Con esso è necessario scegliere un punto dal quale siano visibili i punti caratteristici da rilevare. Occorre poi fare stazione con un teodolite su questo punto e, dopo aver **orientato** il cerchio orizzontale del teodolite, vengono collimati tutti i punti di dettaglio. Per ciascun punto verranno misurati **angolo di direzione** rispetto alla direzione fissa scelta (*azimut*) e la **distanza** tra il punto di stazione del teodolite e il dettaglio topografico considerato.

che consentono, con lo stesso strumento, di misurare rapidamente sia gli **angoli** sia le **distanze** richieste da questo metodo.

Pure nell'ambito dei lavori **catastali** il rilievo per *irradiamento* (qui chiamato metodo **celerimetrico**) ha un impiego largamente prevalente; anche in questo contesto i principi di realizzazione del rilievo sono quelli prima enunciati, anche se regolati da norme ben precise (che verranno illustrate nella seconda parte del corso).

Inoltre, in questo caso, la **numerazione** dei punti deve rispettare le seguenti regole (► FIGURA 10):

- i punti di *inquadramento* su cui viene collocato il teodolite vengono numerati con **multipli di 100** (100, 200, 300, ecc.);
- i *particolari* rilevati nell'ambito di una stessa stazione del teodolite assumono una numerazione progressiva che si ottiene **sommando** il numero d'ordine del punto rilevato al numero (in centinaia) del punto di stazione. Per esempio il particolare n. 8 rilevato dalla stazione 300 verrà indicato con il numero 308.

ESEMPIO DI RILIEVO

Le ► FIGURE 9 e 10 illustrano lo schema di un rilievo per *irradiamento* eseguito per rilevare i particolari topografici di una piccola area recintata contenente tre fabbricati. I particolari topografici sono stati rilevati dal punto *S* (*stazione*), su cui è stato collocato un teodolite il cui *cerchio orizzontale* è stato *orientato* sulla croce del campanile indicato in figura con *A* (direzione fissa).

I *punti caratteristici* del rilievo (individuati sull'*eidotipo*) sono costituiti da alcuni vertici dei *fabbricati* presenti nell'area e da alcuni elementi della *recinzione*. Essi sono poi stati collimati con il teodolite e in corrispondenza di ciascuno di essi sono state misurate le *distanze* da *S* e l'*angolo* formato con la direzione fissa *SA*. Tali misure sono poi state trascritte in un apposito *registro* (► FIGURA 11).

LIBRETTO DELLE MISURE					
STAZ.	PUNTI	DISTANZE	LETTURE AL CERCHIO OR.	DESCRIZIONE	NOTE
S	A	---	0°0000	CROCE CAMPANILE - orientamento	+
	1	67,55	18°5623	SPIGOLO FABBRICATO/RECINZIONE	
	2	66,72	26°1345	SPIGOLO FABBRICATO/RECINZIONE	
	3	58,77	57°8746	SPIGOLO FABBRICATO	
	4	56,05	67°8224	SPIGOLO FABBRICATO	
	5	49,52	78°3234	SPIGOLO FABBRICATO	
	6	57,52	86°4024	SPIGOLO FABBRICATO	
	7	58,29	115°8457	SPIGOLO RECINZIONE	
	8	59,67	306°0028	SPIGOLO RECINZIONE	
	9	67,55	328°5056	SPIGOLO RECINZIONE	
	10	76,82	342°2345	SPIGOLO RECINZIONE	
	11	78,87	354°8117	SPIGOLO FABBRICATO/RECINZIONE	
	12	70,39	362°9523	SPIGOLO FABBRICATO	
	13	72,16	374°9205	SPIGOLO FABBRICATO	
14	80,06	386°3245	SPIGOLO RECINZIONE		

FIGURA 11 Esempio di libretto delle misure in un rilievo per irradiamento dalla stazione S.

6. Riflessioni finali

In questa unità sono stati esaminati i singoli metodi di rilievo planimetrico dei particolari topografici (dettagli), valutandone caso per caso le caratteristiche operative, i pregi e i difetti.

È chiaro che la scelta di un metodo piuttosto che un altro, va fatta sulla base di molteplici considerazioni: *natura del terreno* e dei particolari da rilevare, *strumentazione* a disposizione del tecnico, *economicità* del rilievo e *scopo* del rilievo stesso; non è raro il caso in cui, in uno stesso rilievo, vengono utilizzati **più metodi contemporaneamente**, al fine di sfruttare meglio le caratteristiche di ognuno di essi.

Il rilievo topografico dei particolari raramente presenta grosse difficoltà concettuali; come visto si tratta per lo più di eseguire misure geometriche (lineari e angolari) con i metodi appena analizzati. La vera difficoltà risiede nell'impostare bene il lavoro e nello scegliere gli **strumenti** e il **personale** adeguati e calibrati al lavoro stesso; quindi in generale non occorre lasciare niente al caso o all'improvvisazione, che sono i peggiori nemici di un buon rilievo.

All'inizio dell'unità si è formulata l'ipotesi di dover rilevare **piccole entità** di territorio, tali che sia possibile omettere la **fase di inquadramento**, che deve sempre precedere il *rilievo dei particolari*, quando il rilievo stesso investa zone di una certa estensione.

È chiaro però che le operazioni relative al *rilievo dei particolari* sono le stesse anche quando le zone da rilevare sono estese. Quello che cambia è che in questo contesto, come detto, occorrerà far precedere al *rilievo dei particolari* un rilievo di **inquadramento** che serva da ossatura e da **riferimento** allo stesso *rilievo dei particolari*.

Così, per esempio, avendo scelto come **inquadramento** una *spezzata* (poligonale), i *lati* della stessa potranno essere assunti come *allineamenti base* per un rilievo dei particolari per **allineamenti e squadri**, oppure i suoi vertici potranno essere assunti come stazioni per rilevare i particolari con il metodo di **irradiamento**. In ► FIGURA 12 viene mostrato lo schema indicativo di tale modo di procedere.

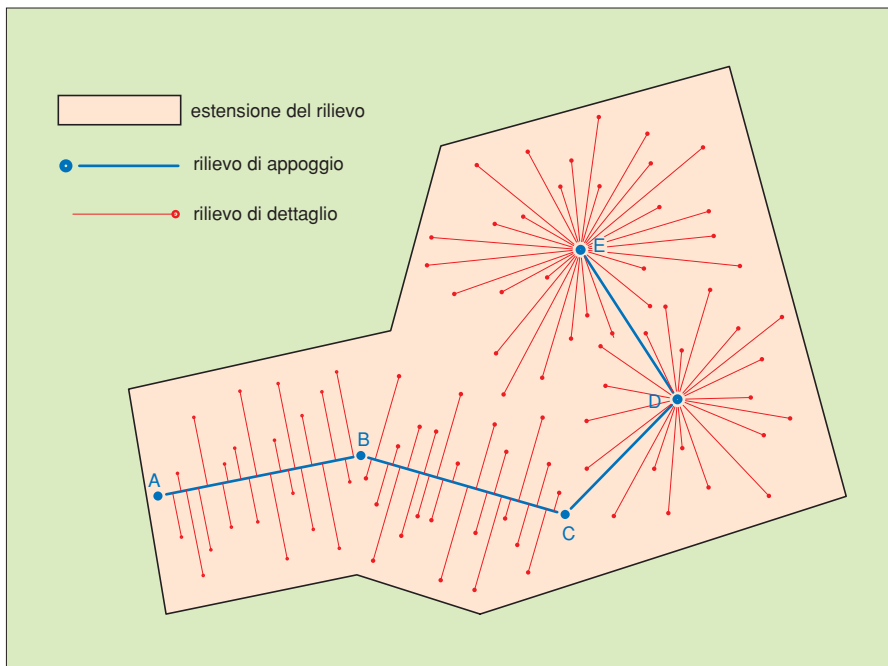


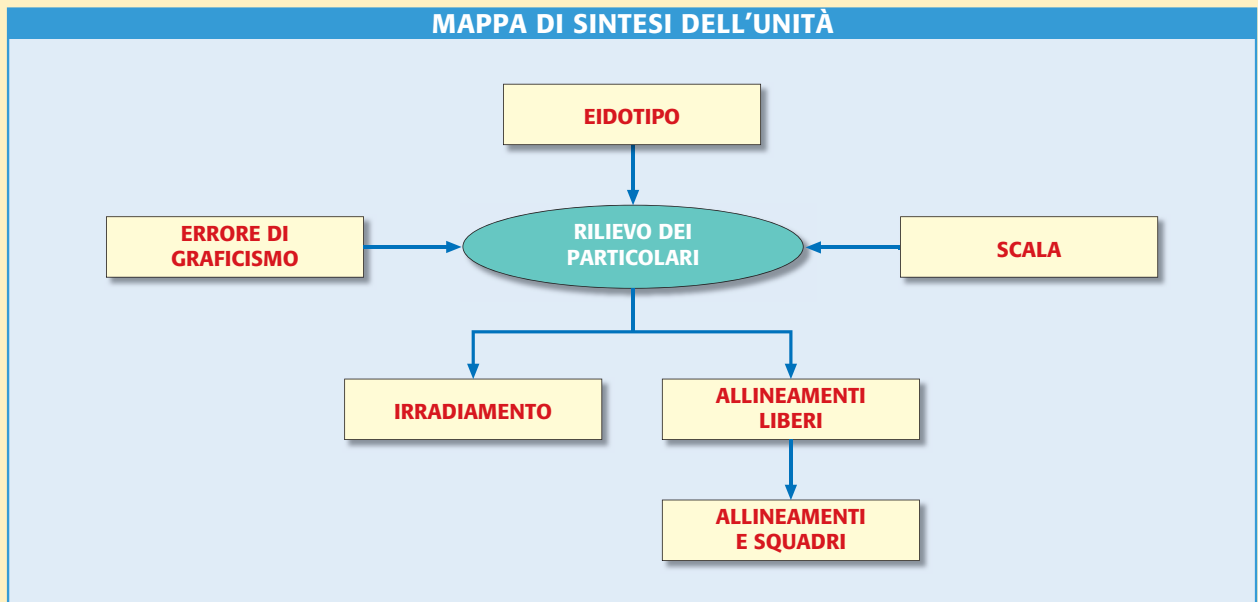
FIGURA 12 Schema essenziale di un rilievo di una zona di terreno. La fase di inquadramento è costituita da una spezzata, mentre il rilievo dei dettagli topografici viene eseguito in parte per allineamenti e squadri, in parte per irradimento.

FAQ

► **È possibile in uno stesso rilievo dei dettagli utilizzare contemporaneamente più metodi di rilievo?**

Sicuramente. Di solito il metodo più usato è quello per irradimento e con esso si rileva la gran parte dei punti. Tuttavia, per il rilievo di alcuni punti caratteristici, può essere conveniente impiegare il metodo per allineamenti e squadri, dando così luogo a un sistema di *rilievo misto*.

Riassumendo



Rilievo topografico: è quell'insieme coordinato e organizzato di operazioni di campagna (fondamentalmente misure) e di tavolino (fondamentalmente calcoli e disegni) finalizzate alla rappresentazione grafica e numerica del territorio.

- Il rilievo topografico prevede due fasi operative, quella *planimetrica*, con la quale si definisce la posizione (coordinate X, Y) della proiezione dei punti sulla superficie di riferimento; e quella *altimetrica*, con la quale si definisce l'altezza (quota) dei punti rispetto alla superficie di riferimento.
- La superficie di riferimento, per il rilievo di piccole estensioni, è piana e orizzontale.

Punti caratteristici: sono quei punti che, oltre a rappresentare se stessi, determinano nello stesso tempo anche la posizione di un insieme di altri punti. Essi di fatto risultano un *campione* rappresentativo di tutti i punti costituenti il territorio da rilevare.

- Per gli elementi lineari, i punti caratteristici sono limitati agli estremi; per gli elementi curvilinei il loro numero aumenta sensibilmente.

Il rilievo dei particolari topografici, cioè dei punti caratteristici, deve essere preceduto da una fase di lavoro, chiamata di *inquadramento*, che interessa tutta la zona da rilevare nella sua globalità, e durante la quale vengono definiti e fissati quegli elementi topografici (punti, allineamenti ecc.) che costituiscono la base di partenza per il rilievo degli stessi dettagli.

- Tuttavia, in presenza di rilievi di *piccole estensioni* di territorio, le operazioni di inquadramento possono essere ridotte a un solo punto, un solo allineamento, o addirittura mancare completamente.

Eidotipo: è lo schizzo della zona di terreno da rilevare effettuato con cura durante il sopralluogo. In esso dovranno venire segnalate tutte le particolarità presenti sul terreno.

- Sulla base dell'eidotipo vengono fissati i punti caratteristici e successivamente viene programmata e organizzata l'intera attività del rilievo.

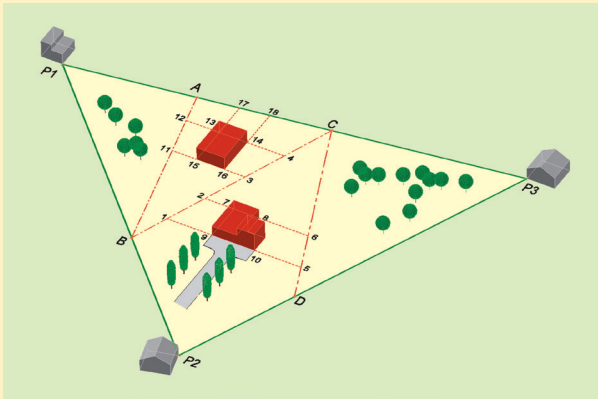
Scala di rappresentazione: a causa dell'errore di graficismo (mediamente $1/5$ di mm, cioè 0,2 mm), condiziona la precisione richiesta nelle misure effettuate durante il *rilievo dei dettagli* topografici, in quanto questi ultimi devono essere riportati e disegnati nella mappa.

- Se, per esempio, si devono rappresentare i *dettagli topografici* in scala 1:1000, la precisione con la quale si devono eseguire le misure delle distanze è di $0,2 \cdot 1000 = 200 \text{ mm} = 20 \text{ cm}$.
- Tale limitazione non interessa i punti di *inquadramento*, non dovendo, questi ultimi, essere rappresentati nella mappa.

Rilievo dei particolari per allineamenti liberi: occorre definire alcuni *allineamenti principali*, che non contengono punti da rilevare ma che fungono da *inquadramento* alle successive operazioni. In seguito vengono definiti gli *allineamenti secondari*, facendoli passare per i punti carat-

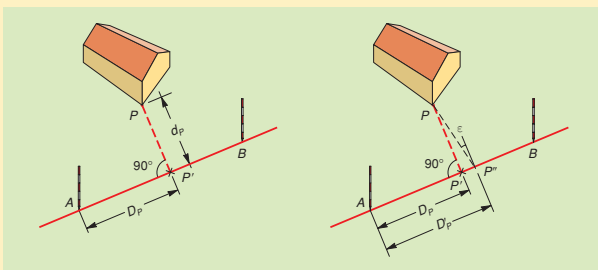
teristici da rilevare, e appoggiandoli agli allineamenti principali. Infine si eseguono le misure delle *distanze* che permettono il posizionamento sia degli allineamenti secondari, sia dei punti di dettaglio da rilevare.

- L'impiego di questo metodo deve essere limitato a *terreni pianeggianti* e poveri di particolari da rilevare, mentre risulta sconsigliabile quando la morfologia del terreno sia irregolare, perché penalizza le operazioni di misura diretta delle distanze, o nel caso in cui è ricca di elementi salienti.



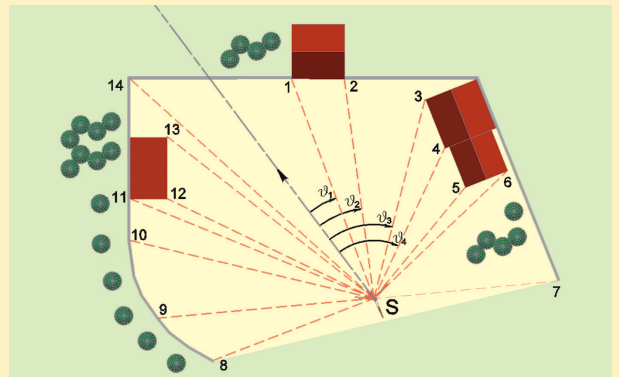
Rilievo dei particolari per allineamenti e squadri: inizia con l'individuazione preliminare di uno o più *allineamenti base*, scelti in modo da risultare baricentrici rispetto ai punti caratteristici da rilevare; gli estremi di questi allineamenti devono essere ben definiti e facilmente ripristinabili. In seguito si individuano gli *allineamenti secondari*, *ortogonali* a quelli principali e passanti per uno o più punti caratteristici. Le operazioni di campagna si concludono con la misura diretta delle *distanze progressive* sull'allineamento principale e di quelle sugli squadri secondari.

- Anche l'impiego di questo metodo deve essere limitato a terreni pianeggianti.
- Il piede delle perpendicolari agli allineamenti base, passanti per i punti caratteristici da rilevare, viene individuato da uno squadra agrimensorio o da uno squadra a croce di prismi.
- Per limitare gli errori di posizionamento occorre limitare la distanza tra punto caratteristico e allineamento base, per esempio assumendo più di un allineamento base.



Rilievo dei particolari per irradiazione: occorre fissare un punto *S*, dal quale siano visibili i punti caratteristici da rilevare, su cui fare stazione con un teodolite. Dopo aver *orientato* il cerchio orizzontale del teodolite rispetto a una *direzione fissa* scelta opportunamente, vengono collimati tutti i punti caratteristici di dettaglio. Per ciascun punto verranno misurati l'*angolo di direzione* rispetto alla direzione fissa (*azimut*) e la *distanza* tra il punto *S* e il dettaglio topografico considerato; dunque le coordinate polari di ciascun dettaglio.

- Le distanze possono essere misurate direttamente. Tuttavia, più spesso, vengono misurate in modo indiretto con opportuni dispositivi distanziometrici elettronici che esporremo nel seguito del corso.
- L'attuale strumentazione rende questo metodo di rilievo dei particolari topografici assai più conveniente rispetto agli altri metodi proposti in questo ambito, dunque il più utilizzato.



Orientare il teodolite significa fissare una direzione opportuna che funga da riferimento per la lettura degli angoli, quindi disporre l'origine (0°) della graduazione del cerchio del teodolite in corrispondenza di questa direzione.

- È opportuno che la direzione fissa sia scelta in modo da risultare ripristinabile in ogni momento.

Libretto delle misure: è un elaborato opportunamente organizzato in righe e colonne, quindi a struttura tabellare, su cui andranno riportate e trascritte in modo organico le misure eseguite in campagna durante le operazioni di rilievo.

- La forma e la struttura dei libretti delle misure è naturalmente condizionata dalle misure che si devono eseguire, dunque dal metodo di rilievo adottato.

Metodi combinati di rilievo: in uno stesso rilievo possono essere impiegati più metodi contemporaneamente, al fine di sfruttare al meglio le specificità e i vantaggi di ognuno di essi. In questi casi si utilizza un rilievo di inquadramento, che serve da ossatura, al quale si fa riferimento per il rilievo dei particolari, individuati, ad esempio, per allineamento e squadri o per irradiazione.