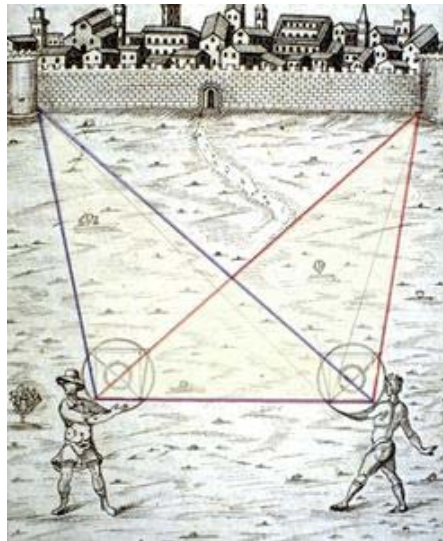


LA “TOPOGRAFIA DI SOPRAVVIVENZA”

(CONSIGLI IRONICAMENTE SERI PER CHI NON È UN TOPOGRAFO)

DI MARCO CACIAGLI



Introduzione.....	3
Gli attrezzi minimi.....	3
Gli Indispensabili	3
Gli Utili	3
Metodi di base e loro rappresentazione.....	4
La TRILATERAZIONE	4
Come si opera	5
Suggerimento 1.....	6
Suggerimento 2.....	6
Suggerimento 3.....	7
La TRIANGOLAZIONE	7
Come si opera	8
Suggerimento 1.....	10
Suggerimento 2.....	11
Suggerimento 3.....	11
Suggerimento 4.....	11
La “LIVELLATIO”	11
Suggerimento 1.....	12
Suggerimento 2.....	12
Suggerimento 3.....	12
La realizzazione del prodotto finale	13
Come procedere	13
Suggerimento 1.....	13
Suggerimento 2.....	13
Il Collaudo.....	14

Introduzione

Quanto segue non vuole essere un manuale di cartografia o di topografia ma, come suggerito nel titolo, un semplice prontuario; dei suggerimenti per quelle persone inesperte che si trovano nella necessità di rappresentare un territorio senza l'ausilio della strumentazione tipicamente usata da un topografo professionista (Stazione totale, teodolite, livelle e simili) e senza, soprattutto, le sue conoscenze.

Non si troveranno, quindi, disquisizioni teoriche sulla topografia o sulla matematica usata.

Quanto leggerete non formerà dei topografi!

Quanto leggerete aspira a risolvere problemi!

Gli attrezzi minimi

Dando per scontato che non si ha la disponibilità della strumentazione topografica classica (come spesso accade nella cooperazione fatta in "emergenza economica") chi dovesse trovarsi a dover partire per svolgere un rilievo topografico, non dovrebbe dimenticare alcuni strumenti semplici, comuni ma estremamente utili per la nostra "missione" ed alcuni, facilmente reperibili anche nei cosiddetti Paesi in Via di Sviluppo (PVS).

Potremmo dividere questo materiale in due classi: gli *indispensabili* e gli *utili*.

Gli Indispensabili

- Tutta la cartografia disponibile del posto dove vai
- Una bussola (degnata di questo nome) munita di mirino da puntamento (lo hanno la maggior parte delle bussole)
- 2 (o +) rotelle metriche di almeno 20 metri
- Un metro metallico di 3/5 metri
- Un po' di picchetti o chiodi > di 15 cm (anche in loco)
- Un rotolo di spago, cordino, e/o affini (anche in loco)
- Quaderno, matite e cancelleria varia
- Calcolatrice scientifica e sue batterie
- Un asta rigida relativamente lunga (3 metri ma non necessariamente) e soprattutto dritta (in loco)
- Una bolla da muratore o in alternativa un tubo di gomma di circa 1,5 metri (anche in loco)

Se si vuole avere un'idea grafica, di ciò che si sta facendo, direttamente in loco (scelta consigliata...se torni a casa e ti accorgi che le cose non tornano sei nella *merda!*)...

- Album o fogli da disegno
- Goniometro sessagesimale (cioè angolo giro = 360°)
- Compasso
- Rig(a)hello
- Gomma e matita

Gli Utili

- Cavalletto portatile da fotografo (di quelli piccoli...si trovano anche molto economici)
- Filo a piombo
- Livella *Abney* (se si vuole avere rapidamente una stima delle pendenze)
- Attaches, puntine, elastici, nastro adesivo,...
- Quello che pensiate vi possa servire...

Vediamo cosa ci facciamo!

Metodi di base e loro rappresentazione

I metodi di rilievo di cui parleremo sono basati su concetti semplici e necessitano solo di accuratezza nella presa delle misure, della conoscenza di base della trigonometria piana (si utilizzano i teoremi base per la risoluzione dei triangoli...di qui non si scappa...per rinfrescarti la memoria leggi l'appendice), ed inoltre bisogna già saper leggere una bussola (...però non è difficile dai!).

Le metodologie esposte sono la TRILATERAZIONE, la TRIANGOLAZIONE e la "LIVELLATIO" (come dicevano i latini). Queste, ovviamente, possono essere applicate singolarmente o contemporaneamente a secondo delle esigenze di rilievo.

Nulla di nuovo...sono gli stessi metodi usati dai Romani per costruire le loro strade ed i loro acquedotti. Questo per dire che, se ben eseguite, tali metodologie permettono di fare grandi cose.

Il numero ottimale in cui è composta una "squadra di rilevatori" è di 3 persone (minimo 2).

La TRILATERAZIONE

Questo metodo risulta particolarmente utile nei casi in cui non si dispone nemmeno di una bussola, oppure per il posizionamento a terra di punti preordinati (è il caso della messa a terra dei vertici di un manufatto progettato), per rilievi planimetrici (o plano-altimetrici se combinato con la "livellatio") di piccola estensione, per il posizionamento rapido in carta di infrastrutture (edifici, strade, ecc..) presenti all'interno dell'area da rilevare.

Per utilizzare questa metodologia avremo bisogno solamente delle nostre:

- 2 (o +) rotelle metriche di almeno 20 metri
- Un metro metallico di 3/5 metri
- Un po' di picchetti o chiodi > di 15 cm
- Un rotolo di spago, cordino, e/o affini
- Quaderno, matite e cancelleria varia
- Calcolatrice scientifica e sue batterie

Le regole che ci guideranno sono le relazioni esistenti nei triangoli ed i teoremi per la risoluzione dei triangoli qualunque.

In particolare le relazioni di fig. 1 e fig. 2 risultano particolarmente utili.

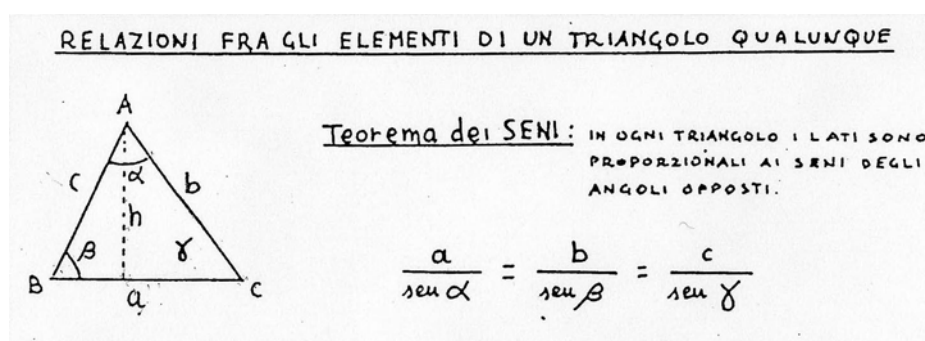


Fig. 1 Triangolo di riferimento di questo prontuario e teorema dei seni.

FORMULE DI BRIGGS

$$\begin{array}{l} \text{sen } \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{(p-b)(p-c)}{bc}} \\ \text{sen } \frac{\beta}{2} = \sqrt{\frac{(p-a)(p-c)}{ac}} \\ \text{sen } \frac{\gamma}{2} = \sqrt{\frac{(p-a)(p-b)}{ab}} \end{array} \left\{ \begin{array}{l} \cos \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{p(p-a)}{bc}} \\ \cos \frac{\beta}{2} = \sqrt{\frac{p(p-b)}{ac}} \\ \cos \frac{\gamma}{2} = \sqrt{\frac{p(p-c)}{ab}} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \text{tg } \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{(p-b)(p-c)}{p(p-a)}} \\ \text{tg } \frac{\beta}{2} = \sqrt{\frac{(p-a)(p-c)}{p(p-b)}} \\ \text{tg } \frac{\gamma}{2} = \sqrt{\frac{(p-a)(p-b)}{p(p-c)}} \end{array} \right.$$

Fig. 2 Legenda: p= perimetro; gli altri simboli fanno riferimento al triangolo di fig.1

Utilizzando come riferimento il triangolo disegnato in fig. 1, una volta misurata la lunghezza dei cateti “a”, “b”, “c” è possibile ricavare tutte le grandezze del triangolo preso in esame utilizzando le relazioni di fig.2.

Questo da un punto di vista matematico (si ricorda che nelle calcolatrici esistono dei menu denominati RAD (radianti, cioè angolo giro = 2π) DAG (sessagesimali, cioè angolo giro = 360°) e GRAD (centesimali, cioè angolo giro = 400°) ed è fondamentale utilizzare nei calcoli il menu corrispondente al tipo di unità di misura utilizzata (una bussola legge angoli sessagesimali)).

Semplicissima è anche la risoluzione grafica del triangolo. Una volta conosciute le grandezze dei cateti (perché le avremo misurate sul terreno), si comincia col tracciare su carta, ad una scala appropriata, la lunghezza di uno di questi (supponiamo “a”) che chiameremo *base*. Con un compasso, faremo centro prima in “B” e poi in “C” e tratteremo delle circonferenze di raggio rispettivamente pari a “c” e “b” (con l’esperienza basterà tracciare dei piccoli archi di circonferenza). Queste circonferenze si intersecheranno in 2 punti: uno corrispondente effettivamente al vertice cercato “A”, l’altro al vertice immaginario “A’ ” (che definisce un triangolo uguale ma esattamente speculare a quello reale e che non prenderemo in considerazione).

[N.B. Per ovviare a questo problema, è opportuno che in fase di misura si proceda avendo cura di fare uno schizzo (fig. 3) realistico della serie di triangoli che si va a costruire sul terreno e che sono oggetto delle misurazioni. In questo modo al momento della rappresentazione su carta non avremo dubbi su quale sia il vertice giusto!]

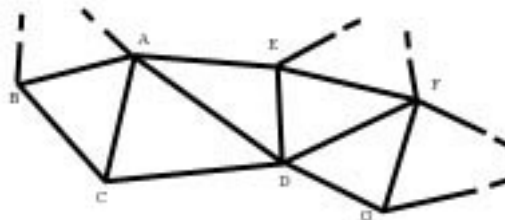


Fig. 3 Esempio di schizzo dei triangoli successivi costruiti sui vertici posizionati sul terreno.

Come si opera

Non c’è molto da dire. Una volta individuati sul territorio dei punti significativi per la rappresentazione dello stesso, si segnalano sul terreno con dei picchetti o dei chiodi, i vertici dei triangoli che andranno misurati e si segnalerà con un cordino (se opportuno) ciò che sarà la nostra *base*. A partire dai vertici della base si misurano le distanze che li uniscono al terzo vertice del triangolo. Utilizzando di volta in volta, come base, i cateti dei triangoli che si vanno a costruire (Fig. 3), si prosegue nelle misurazioni fino alla definizione delle lunghezze di tutti i triangoli così costruiti.

[Esempio: Si voglia rappresentare parte del tracciato di una strada, o di un fiume, e si voglia conoscere le relazioni di questo con un’altra parte del territorio come il centro di un paese (Fig. 3b), o la posizione di una futura vasca di decantazione. Basterà piantare due picchetti e costruirsi (e misurare accuratamente) una base (o più basi) in prossimità della strada (o del fiume) e misurare

dai vertici di questa base la distanza (cioè i cateti) di una serie di punti (che sono i vertici dei vari triangoli) opportunamente scelti lungo il bordo (o la mezzeria) della strada (o del fiume). Proseguendo per triangoli successivi (fig. 3b) in direzione del punto di cui si vuole conoscere la posizione relativa e riportando su carta il lavoro finito potremo visualizzare i rapporti reciproci (tra case, fiume, strada, ecc..fig.3b) e misurare direttamente con un righello (o matematicamente usando le varie soluzioni riportate in appendice) tutte le distanze che ci interessano.]

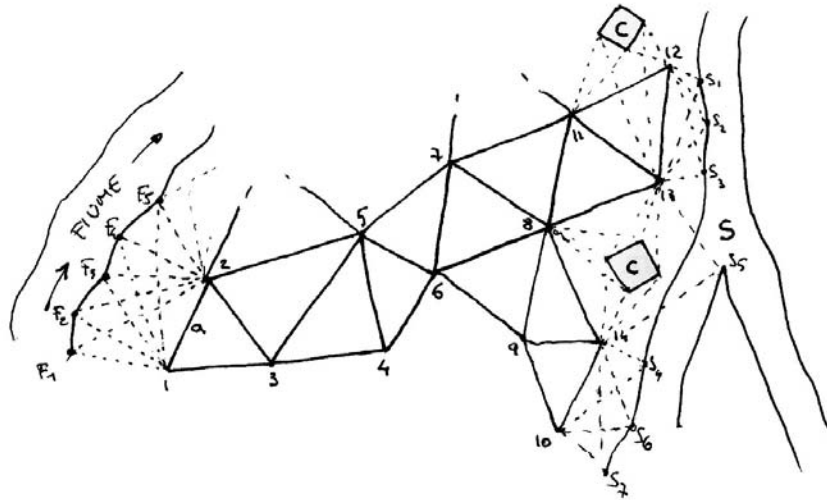


Fig.3b Esempio di rappresentazione grafica (schizzo) per mezzo della trilaterazione. (S=strada; C=case)

Il concetto è chiaro? Spero di sì! Nella pratica bisogna semplicemente essere attenti a ciò che si fa (e si misura) e ricordarsi che è meglio segnarsi un appunto superfluo che non segnarselo ed accorgersi, poi, che era fondamentale. Per migliorare l'accuratezza del dato e la celerità d'esecuzione ci sono una serie di piccoli suggerimenti che è il caso di conoscere:

Suggerimento 1

Ricordarsi di fare uno schizzo realistico dei triangoli che si vanno costruendo perché vi servirà per la loro rappresentazione definitiva...cioè, piazzatevi al centro della base, faccia al nuovo vertice che state posizionando e **fate caso** (!!!) se è alla vostra destra (o sinistra) e/o se è prima, dopo, avanti, dietro (insomma 'ndò sta !) rispetto al resto dei vertici che avete, eventualmente, già posizionato. Dopodiché valutate ad occhio (avendo come riferimento la base che avete sotto i piedi) la distanza che vi separa e disegnate un triangolo proporzionato. Allo stesso modo disegnate, unendoli tra loro i vertici che rappresentano i manufatti (le case di fig.3b) oppure il bordo del fiume (F₁, F₂,...) o della strada (S₁, S₂,...).

...proseguite così che andate bene....

Suggerimento 2

Numerate i vertici con numeri arabi: l'alfabeto spesso non basta!

Al momento delle misurazioni è opportuno costruirsi una tabella che comprenda:

- n° vertice della base da cui si effettua la misura (Vb)
- n° vertice incognito (Vx)
- distanza misurata (D)

Esempio:

Vb	Vx	D
1	3
2	3
1	4
3	4
.....

...piano....con calma....

Suggerimento 3

In termini di velocità di esecuzione del rilievo è consigliabile che *l'operatore che scrive i dati sia lo stesso che prende le misure*. In una squadra composta da tre elementi, 2 di questi si piazzano con lo zero delle rotelle metriche in corrispondenza dei vertici della base utilizzata, il terzo operatore camminerà con in mano le due rotelle metriche e prenderà le misure, le riporterà sulla tabella e (se si tratta di punti per ricostruire un tracciato, come il fiume dell'esempio fatto in precedenza) posizionerà (+ o -) sullo schizzo che ha precedentemente fatto (...perché lo hai fatto!...vero?) il punto misurato.

Anche se sembra che ci sia “uno che lavora e gli altri che stanno a guardare” adottare questo accorgimento ha diversi vantaggi come

- omogeneità nella lettura del dato
- chi misura è l'autore dello schizzo e sa (perché lo ha fatto lui) che cosa ha misurato e perché ha scelto quel punto
- muovendosi sul terreno, può eventualmente modificare lo schizzo stesso, aggiungendo o togliendo punti significativi
- si escludono errori dovuti ad incomprensioni verbali (se lavori vicino ad una cascata non senti neanche quando parli tu!)
- le letture vengono fatte contemporaneamente dai due vertici mantenendo quindi una sequenzialità ed un ordine nella catalogazione dei dati

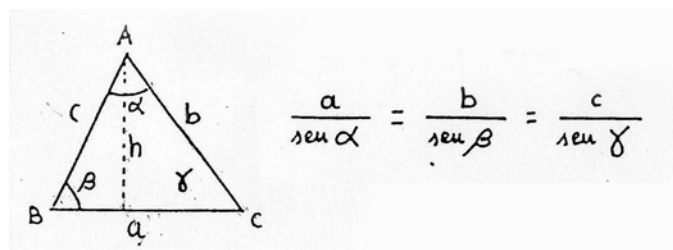
...una misura dopo l'altra....

N.B. È importante ricordare che, ciò che bisogna misurare è la distanza orizzontale tra due punti: è fondamentale, quindi, fare attenzione che la rotella metrica, al momento della misurazione, sia tesa ed orizzontale, **PENA LA NON RISOLUZIONE DEI TRIANGOLI PER MISURAZIONE ERRATA ed il lavoro da buttare!!!** In casi particolarmente acclivi è opportuno aiutarsi con la bolla da muratore ed utilizzare il filo a piombo¹.

...ed ora che hai capito parliamo di angoli....

La TRIANGOLAZIONE

Questa metodologia sfrutta le relazioni angolari esistenti nei triangoli qualunque e tramite la misurazione di angoli e l'utilizzo dei teoremi della trigonometria (vedi appendici) possiamo calcolare tutte le grandezze angolari e lineari che ci interessano (se partiamo da una base misurata). Tra le varie leggi e teoremi è opportuno ricordare (vedi fig. 1) il teorema dei seni



¹ Il filo a piombo è un filo con un peso centrato sull'estremità. Tenendo il filo con una mano e posizionando il piombo sul punto da misurare, sarà possibile leggere la misura sulla rotella metrica in coincidenza dell'intersezione di questa con il filo che si trova esattamente sulla verticale del punto a terra.

il quale ci dice che in un triangolo qualunque i cateti sono inversamente proporzionali ai seni degli angoli opposti.

Per chi ha un minimo di dimestichezza con la trigonometria, risulta facile intuire che una volta conosciuti gli angoli adiacenti ad un cateto (β e γ utilizzando la nostra *base* misurata "a") potremo determinare l'angolo opposto (α) e la grandezza dei cateti "b" e "c" e quindi la posizione di "A".

Come si opera

Per utilizzare questa metodologia avremo bisogno di:

- Tutta la cartografia disponibile del posto dove vai
- Una bussola munita di mirino da puntamento
- 2 (o +) rotelle metriche di almeno 20 metri
- Un metro metallico di 3/5 metri
- Un po' di picchetti o chiodi > di 15 cm
- Un rotolo di spago, cordino, e/o affini (anche in loco)
- Quaderno, matite e cancelleria varia (anche in loco)
- Calcolatrice scientifica e sue batterie

Facendo riferimento allo schema di Fig.4, partendo dalla nostra *base* misurata e posizionandoci alternativamente sui due estremi della stessa (ad esempio vertici "A" e "B"), puntiamo col mirino della bussola il vertice "1" (e tutti i vertici visibili dalla nostra "stazione") e leggiamo il valore angolare corrispondente. Per facilitare questa operazione, un'altro operatore avrà cura di posizionarsi sul punto cercato con un'asta (o palo, o picchetto o quello che trovate...) in maniera che sia facilmente riconoscibile a chi dovrà fare la lettura sulla bussola. Fatte queste prime due letture si prosegue scegliendo come base un'altro lato del triangolo formato e ripetendo l'operazione descritta precedentemente (Fig.4).

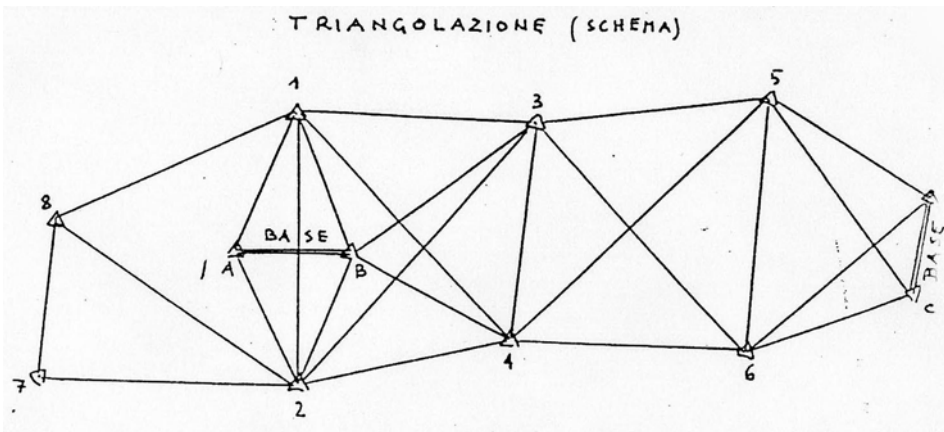


Fig. 4 Esempio di rete di triangoli costruiti con la triangolazione.

Quando possibile, è opportuno anche leggere dal vertice di stazione, il maggior numero di punti visibili appartenenti alla nostra rete di rilevamento, in maniera tale di vincolare e ridurre al minimo (dopo una opportuna compensazione degli angoli) gli errori di lettura e quindi di successivo posizionamento.

Bisogna ricordare, infatti, che lo strumento utilizzato (cioè la bussola) ci permette di fare solo una stima degli angoli interni dei triangoli, avendo come precisione della lettura un valore angolare di circa mezzo grado (+/-), mentre i procedimenti matematici che utilizziamo si basano su valori

precisi. Può capitare quindi, che (alla prova del 9...per così dire) i conti non tornino e si sia costretti a mediare le letture fatte o, nei casi disperati, a ripetere l'operazione di presa delle misure.

Una stima dell'affidabilità della lettura fatta si può avere ricordando che la somma degli angoli interni di un triangolo è pari a 180° .

A proposito degli angoli interni, bisogna ricordare che l'angolo che si legge sulla bussola al momento della misurazione, rappresenta l'Azimuth del vertice cercato rispetto al vertice di stazione e che il sistema di riferimento che si sta utilizzando è riferito al Nord magnetico. Facendo riferimento al triangolo ABC di Fig. 5:

- Facendo stazione in A e guardando B, leggeremo un azimuth pari all'angolo AB
- Facendo stazione in A e guardando C, leggeremo un azimuth pari all'angolo AC
- Facendo stazione in B e guardando A, leggeremo un azimuth pari all'angolo BA
- Facendo stazione in B e guardando C, leggeremo un azimuth pari all'angolo BC
- Facendo stazione in C e guardando A, leggeremo un azimuth pari all'angolo CA
- Facendo stazione in C e guardando B, leggeremo un azimuth pari all'angolo CB

La prima considerazione che possiamo fare è che l'azimuth pari all'angolo $BA = AB + 180^\circ$ ed ovviamente, l'azimuth pari all'angolo $AB = BA - 180^\circ$ cioè, *la lettura inversa dell'azimuth tra due vertici (o stazioni) differisce di $\pm 180^\circ$* . Questa semplice osservazione ci permette di tenere continuamente sotto controllo la qualità delle misure che stiamo facendo durante le fasi di "presa dei dati" se abbiamo l'accortezza di ripetere sempre le letture in avanti (da A verso B) e indietro (da B verso A).

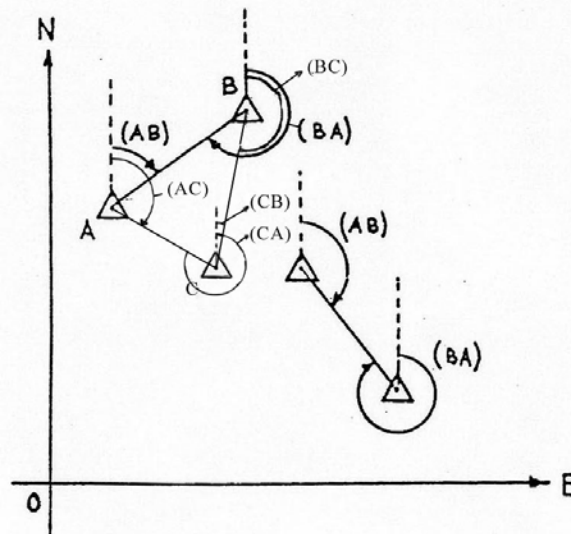


Fig. 5 Esempio di lettura angolare (Azimuth) effettuata con la bussola

Un'altra considerazione è che ciò che abbiamo misurato è, appunto, l'azimuth rispetto al nord magnetico. Per calcolare gli angoli interni del triangolo (che sono gli angoli utili per i nostri calcoli) basterà fare delle differenze fra gli azimuth [nel nostro caso: $\alpha = AC - AB$; $\beta = BA - BC$; (...e attenzione! attenzione!...) $\gamma = (360^\circ - CA) + CB$].

Di considerazioni in realtà ce ne sarebbero parecchie e diciamo che di "giochini" matematici ce ne sono diversi e per questo rimando alle appendici che sono parte integrante di questo prontuario.

Ricordo solamente (per il resto guardate l'appendice) una delle soluzioni più utilizzate e cioè

ELEMENTI		FORMULE RISOLUTIVE	FORMULE DI VERIFICA
NOTI	INCOGNITI		
$\alpha - \beta - \gamma$ UN LATO E ANGOLI ADIACENTI	a b c	$\alpha = 200 - (\beta + \gamma)$ $b = a \frac{\text{sen } \beta}{\text{sen } \alpha}$ $c = a \frac{\text{sen } \gamma}{\text{sen } \alpha}$ $S = \frac{a^2 \text{sen } \beta \cdot \text{sen } \gamma}{2 \text{sen } \alpha}$	$b = \frac{c \text{sen } \beta}{\text{sen } \gamma}$

(La simbologia fa riferimento al triangolo di Fig.1)

ricordando che le appendici utilizzano il sistema di misura centesimale (cioè angolo giro = 400°; primi e secondi sono espressi in centesimi) e quindi quel “200” che si legge nelle formule rappresenta un angolo piatto (cioè 180°).

A proposito del sistema di misura, l'utilizzo del sistema centesimale è preferito in topografia (ed anche in cartografia) per comodità matematica. Riducendo ciò che è minore di un grado in centesimi di grado, i calcoli sono più diretti (si evitano le noiose conversioni tra gradi (360°) primi (60' = 1°) e secondi (60" = 1')...per questo anche nel nostro caso bisognerà valutare se è il caso (o meno) di trasformare le letture effettuate dal sistema sessagesimale a quello centesimale²...anche visto che la precisione nella lettura della bussola, in genere, è dell'ordine del ½ grado e le conversioni non sono difficili.

Per quanto riguarda la fase di *restituzione* (ossia di rappresentazione grafica del nostro lavoro), all'interno di un sistema di assi cartesiani come quelli di Fig.5, una volta fatti tutti i nostri calcoli ed aver risolto, quindi i nostri triangoli, sarà sufficiente cominciare col tracciare (ad una scala appropriata) la nostra *base*. Per far questo, partendo da un vertice (es: A di Fig.5) e tracciando una parallela all'asse N (nord) passante per il punto (A), centrare il goniometro in A e segnare l'angolo pari ad “AB”. A questo punto disegnare il segmento di retta passante per quest'ultimo punto ed “A” di lunghezza pari ad “AB” (valore che abbiamo precedentemente calcolato).

Si continua così, passando di vertice in vertice, fino alla rappresentazione di tutto il nostro rilievo (praticamente “la bella” di Fig.3b ma determinata attraverso misure angolari!).

Le peculiarità di questa metodologia la rende consigliabile, tra l'altro,

- nel caso di rilievi di medio/grande estensione (vista la possibilità di costruire triangoli con vertici anche molto distanti tra loro e quindi, cateti molto lunghi non misurabili con una rotella metrica)
- per la determinazione di punti visibili ma non raggiungibili
- per la determinazione (in caso di presenza nelle vicinanze dell'area da rilevare di punti con coordinate geografiche note) delle coordinate geografiche del sistema di triangoli da noi costruito

Anche in questo caso, tra le numerose cose che ci sarebbero da dire, mi limito a dare solo alcuni suggerimenti di tipo operativo che possono risultare utili ai nostri scopi.

Suggerimento 1

Vista la bassa precisione di lettura dovuta alle limitazioni della bussola, fare stazione esattamente sulla verticale del vertice della nostra base e mirare il più accuratamente possibile il vertice da misurare, diventa di fondamentale importanza. A questo scopo, è consigliabile fissare la bussola sul cavalletto da fotografo [se ve lo siete portato dietro...altrimenti poggiate la bussola sul picchetto che avete messo per segnalare la base (l'avete messo il picchetto?) e sdraiatevi per terra per leggere], posizionarlo sulla verticale del vertice di stazione, mettere in bolla la bussola, e mirare tutti i vertici in vista che potete misurare (...i vostri bravi compagni di lavoro, nel frattempo, li renderanno più visibili con un'asta che terranno dritta sui punti). Nel cambiare stazione ricordatevi sempre di fare la lettura indietro e di controllare se concorda con la precedente (+/- 180°).

² la funzione GRAD della calcolatrice è per gli angoli centesimali; DAG per i sessagesimali...ricordatevi di questo fatto quando fate i conti!

Suggerimento 2

Sempre nell'intenzione di abbattere il margine di errore, create più *basi* misurate (cioè basi fisicamente misurate con la rotella metrica) nella vostra rete di triangoli e considerate sempre che più l'angolo al vertice è acuto (cioè un triangolo con base piccola e altezza grande) maggiore è il margine di errore. Partite quindi con basi misurate con la rotella metrica e con triangoli abbastanza piccoli e costruitevi così un'altra base più grande (che calcolerete matematicamente) da utilizzare per la misura angolare e il calcolo di vertici a grande distanza da voi (vedi attentamente Fig.4).

Suggerimento 3

Vale sempre il suggerimento legato agli appunti che bisogna prendere: farsi una tabellina e uno schizzo di ciò che si misura è fondamentale. Niente vi vieta di utilizzare contemporaneamente triangolazione e trilaterazione, quindi fatelo (!) e misurate qualcuna delle basi più grandi che avrete formato. Avere il maggior numero di misurazioni certe (cioè misurate fisicamente) vi permetterà di controllare (ed eventualmente correggere mediante compensazione³) le vostre misurazioni angolari vincolando però i risultati a quelle basi che avete, appunto, misurato e quindi rappresentano per voi dei "dati certi".

Suggerimento 4

Visto che le misure che si effettuano sono principalmente misure angolari rispetto al nord magnetico, è consigliabile (ma non necessariamente) scegliere la nostra prima base misurata orientandola N-S o E-W, in maniera tale che, in fase di restituzione, la nostra mappa risulti già orientata.

Quanto descritto finora ci permette di risolvere, con risultati da accettabili a buoni (...dipende da voi...), i problemi relativi alla rappresentazione planimetrica del territorio ma nessuna delle due metodologie prese da sole ci danno informazioni in merito all'altimetria del territorio oggetto d'interesse. Per risolvere questa mancanza è giunta l'ora di parlare de...

La "LIVELLATIO"

Questa tecnica è elementare ma se ben eseguita porta ad ottimi risultati. Per metterla in pratica necessitiamo di

- Una bussola (degnata di questo nome) munita di mirino da puntamento (lo hanno la maggior parte delle bussole)
- 2 (o +) rotelle metriche di almeno 20 metri
- Un metro metallico di 3/5 metri
- Un po' di picchetti o chiodi > di 15 cm
- Un rotolo di spago, cordino, e/o affini (anche in loco)
- Una bolla da muratore o in alternativa un tubo di gomma di circa 1,5 metri (anche in loco)
- Un asta rigida relativamente lunga (3 metri ma non necessariamente) e soprattutto dritta (in loco)
- Cavalletto da fotografo e filo a piombo (se ve li siete portati dietro!)

In pratica si tratta di effettuare una serie di profili orientati e di misurarne le diverse altezze del suolo rispetto ad un'asta (piano) orizzontale a cui avremo montato sopra un metro di riferimento. Meglio di tante parole le figure 6° e 6b illustrano come procedere nelle misurazioni.

³ Compensare gli angoli vuol dire ridistribuire eventuali errori angolari su tutti i vertici. Ricordando che la somma degli angoli interni di un triangolo è 180° (più in generale per poligoni formati da n vertici vale Σ angoli interni = $(n \cdot 180^\circ) - 360^\circ$) se la somma delle letture angolari da voi effettuate differisce (in + o -) dividete l'errore per il numero di vertici e distribuitelo (cioè sommate o sottraete) su tutti gli angoli [vedi in appendice: poligonali chiuse].

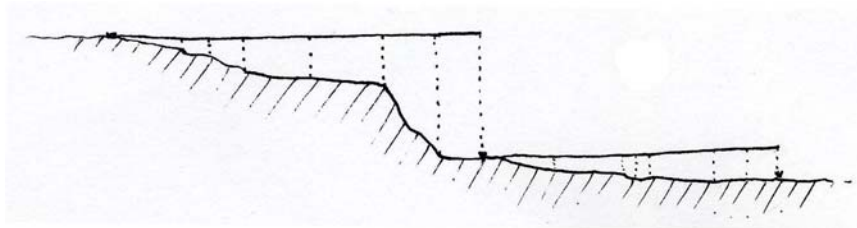


Fig.6a

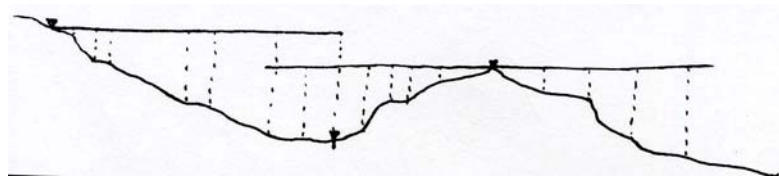


Fig.6b

Una volta decisa la direzione del profilo che si vuole determinare (ad esempio i cateti dei nostri triangoli), si procede posizionando l'asta rigida con un capo in corrispondenza del vertice di partenza scelto e si porta in posizione orizzontale con l'aiuto della bolla da muratore (o del tubo di gomma⁴). Precedentemente, avremmo avuto l'accortezza di attaccare una delle nostre rotelle metriche sull'asta avendo cura che lo "0" coincida con un'estremità dell'asta stessa.

A questo punto (Fig.6 a,b) si misurano (con il metro metallico e con l'aiuto del filo a piombo) le distanze verticali tra i punti del terreno (morfologicamente significativi) e l'asta e le corrispondenti distanze orizzontali, lette sulla rotella metrica che abbiamo messo sull'asta. Fatto il primo tratto, si passa sul vertice successivo che corrisponde all'ultimo punto misurato che avremo opportunamente contrassegnato con un chiodo) e si ripete l'operazione.

Avremo così una serie di segmenti contigui (Fig.6 a-b) lungo i quali avremo preso dei punti rappresentati da coppie di misure (altezza "x" a distanza "y" dal vertice di partenza) le quali ci permettono di disegnare i corrispondenti profili.

Come al solito, tra le numerose cose che ci sarebbero da dire, mi limito a dare solo alcuni suggerimenti di tipo operativo

Suggerimento 1

Una volta scelto quale profilo ci interessa, ci si posiziona con la bussola sul primo vertice e si misura l'azimuth corrispondente.

Per velocizzare i tempi d'esecuzione dei profili è consigliabile stendere una corda lungo la direttrice prescelta per il profilo in maniera tale che non sia necessario ri-orientare, ad ogni cambio di vertice, la direzione dell'asta.

Suggerimento 2

Non dimenticare mai di segnalare con un chiodo il punto dell'ultima misura effettuata. Controlla sempre che l'asta sia in bolla.

Suggerimento 3

Ricordati di fare una tabella che sia chiara considerando il fatto che ad ogni passaggio di vertici le distanze orizzontali ricominciano da 0 e le altezze verticali sono sempre riferite all'asta e questa cambia di posizione (ossia, in fase grafica, cambia il riferimento) via via che si procede nel lavoro (vedi attentamente figura 6 a e b). In termini generali (vedi oltre) è comunque opportuno ridurre le varie misure effettuate ad uno stesso sistema di riferimento. Partite dal punto più basso dell'area

⁴ Riempi un tubo di gomma lasciando una bolla d'aria all'interno e ne chiudi le estremità. Segni con un pennarello la mezzeria del tubo e attacchi tutto sull'asta. Come per la bolla da muratore, muovi l'asta fino a quando la bolla non è al centro; a questo punto l'asta è orizzontale e cominci le misure.

rilevata e consideratelo il vostro “0”, fate poi tutte le somme e/o differenze necessarie costruendovi una tabella con numero e quota relativa di ogni singolo punto preso (*fate attenzione!!!...ci si sbaglia facilmente!!*).

La realizzazione del prodotto finale

Fatta la descrizione ed acquisite queste metodologie siamo ora in grado di fare *un carta topografica planoaltimetrica a curve di livello*.

Come procedere

Basterà combinare opportunamente quanto detto finora.

Consideriamo il caso di Fig.3b (o qualsiasi altro caso) ed immaginiamo di essere arrivati alla restituzione planimetrica tramite Trilaterazione o Triangolazione (o la combinazione di ambedue le metodologie) della porzione di territorio che ci interessa. A questo punto si tratta di effettuare una serie di profili che ci consentano di attribuire delle quote relative ad ogni punto della carta realizzata (in realtà determineremo almeno le quote relative dei vertici di stazione e/o altre sezioni significative). Questi profili possono essere i cateti dei triangoli formati, oppure altre sezioni che ci interessano, passanti per un vertice di coordinate già trovate e dal quale misureremo l'azimuth di direzione del profilo stesso (come quando misuriamo la direzione dei cateti dei triangoli). La scelta deve essere guidata da criteri morfologici, logistici e progettuali (vale a dire che particolare attenzione sarà rivolta a quella porzione di territorio in cui si ipotizza la messa in opera di qualche manufatto).

Fatte le misurazioni, disegneremo, sulla carta planimetrica, la traccia del profilo e lo suddivideremo per il numero di punti che sono stati necessari per la sua realizzazione, segnando accanto ad ognuno di essi, il valore di quota relativa. Alla fine di questa operazione ci troveremo di fronte ad una carta planimetrica con sopra un insieme puntiforme di quote (tanto maggiore quanti più profili avrete effettuato), riferite ad uno zero relativo da voi scelto. Con questa carta, guidati dalla vostra conoscenza del territorio che avete appena rilevato, potete costruire altri triangoli (se occorre) unendo tra loro i diversi punti quotati e calcolare facendo delle semplici proporzioni il punto (lungo il cateto che state considerando) dove far passare delle direttrici (+1mt, +5mt, + 10mt..a seconda della scala e delle necessità) e disegnare delle ipotetiche curve di livello che rappresentino il territorio.

Al solito,

Suggerimento 1

Fatevi guidare dalla morfologia ed usate il cervello quando scegliete un punto da misurare o la sezione da realizzare. Cercate di scomporre il paesaggio davanti a voi in una serie di poligoni regolari (o irregolari, ma che riuscite a riconoscere). Tenete sempre in mente il fatto che poi dovrete disegnare ciò che misurate (o che qualcuno dovrà farlo per voi) quindi scegliete con attenzione cosa misurare. Una scarpatina ha un inizio ed una fine; per un fossetto a “V” o a “U” possono bastare tre misure ma se la “U” ha una base lunga o le “sponde” inclinate tre punti non bastano; Per rappresentare una valletta con curve di livello credibili c'è bisogno di un profilo longitudinale e di 2 o più profili tangenziali; ecc...insomma usate la testa!

Suggerimento 2

Senza andare in contraddizione con quanto detto al suggerito “suggerimento 1”, considerate che in termini di tempo fare dei profili è la cosa più lunga quindi...non esagerate...magari perdetevi un po' di tempo nello scegliere ma scegliete bene!

A questo punto c'è la parte più delicata del vostro lavoro...

Il Collaudo

Dovrete ritornare in campagna con in mano la carta a curve di livello che avete ipotizzato e provate ad orientarvi. Guardatevi intorno e segnate a mano il fosso che avete dimenticato, l'avvallamento che non avete considerato, quel rivolo che finisce nel fiume...insomma tutto quello che vi è "scappato fuori" e correggete dove serve. Ovviamente in questa fase del lavoro è avvantaggiato colui che più è abituato a leggere una carta topografica (...si spera che tu rientri in questa categoria di persone amico mio...).

Si tratta infatti di immaginare il nostro territorio diviso in fette (con una equidistanza tra queste decisa da noi) e di ipotizzare quella linea ondulata che rappresenta l'intersezione tra queste fette e il "piano campagna", cioè d'immaginare l'andamento delle nostre curve di livello (*isoipsie*) e confrontarlo con quello disegnato da noi.

Non ho molti suggerimenti da dare a questo scopo...conta molto l'esperienza.

Ci sarebbero ancora tante cose da dire e certo altri suggerimenti da fare, ma spero che quanto detto finora sia almeno stato chiaro. Queste informazioni sono sufficienti a risolvere la maggior parte dei problemi topografici, leggetevi con calma anche le appendici e ragionateci sopra. Come in tutte le cose l'esperienza è ciò che più conta e come già detto le cose che avete letto non faranno di voi dei topografi...ma imparerete a risolvere problemi.

Buon lavoro e in bocca al lupo!

APPENDICI MATEMATICHE

(di Renato Caciagli)