

## G1

# Regole convenzionali di rappresentazione del territorio



## TEORIA

**1** La teoria delle proiezioni quotate

**2** Rappresentazione completa del terreno con piani quotati

**3** Rappresentazione completa del terreno con curve di livello

**4** Ricerca della retta di massima pendenza di un piano

**5** Problemi sui piani quotati e a curve di livello

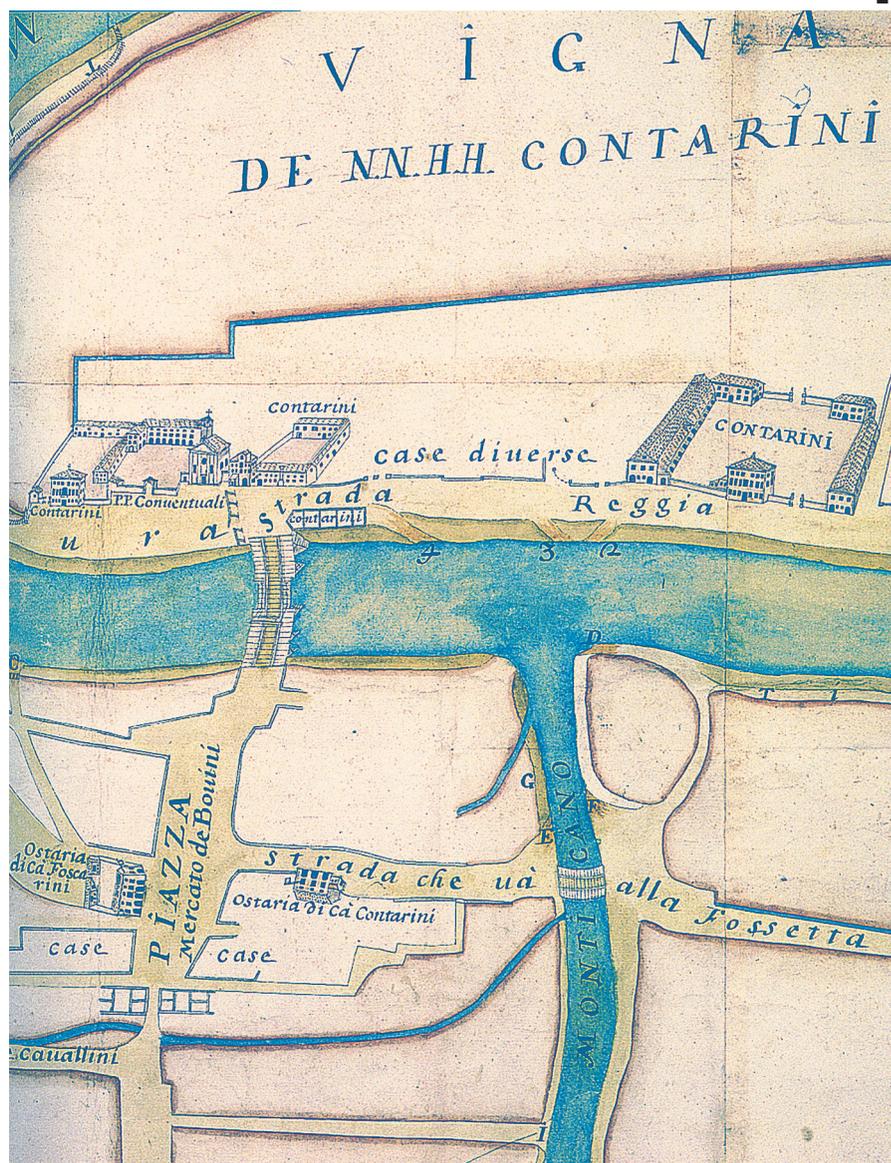
## RIASSUMENDO

## LABORATORIO INFORMATICO

### AutoCAD

Profilo del terreno secondo una direzione assegnata su un piano a curve di livello

## AUTOVALUTAZIONE



Questa mappa, del 1737, riproduce il centro abitato di Motta di Livenza, evidenziandone gli edifici monumentali lungo la «strada reggia che va in Friuli»; fra questi, alcune proprietà dei Contarini, antica famiglia veneziana appartenente al patriziato mercantile, e il complesso conventuale di Santa Maria delle Grazie. Sono anche rappresentati il ponte levatoio sul fiume Livenza, la piazza del mercato dei bovini e alcune osterie.

# 1. La teoria delle proiezioni quotate

## ■ Premesse

Finora il terreno rilevato è stato rappresentato proiettandolo su un *piano orizzontale*, ottenendo la **planimetria**, oppure su un *piano verticale*, ottenendo il **profilo longitudinale** o le **sezioni trasversali**. Spesso, tuttavia, è necessario rappresentare il terreno rilevato considerando simultaneamente le sue caratteristiche **plano-altimetriche**.

Possiamo pensare il terreno come un oggetto tridimensionale e dovendolo rappresentare graficamente con la sua corretta giacitura spaziale si potrebbe utilizzare la tecnica delle **proiezioni ortogonali** (come nella rappresentazione degli edifici con piante e prospetti), oppure quella delle **prospettive**. Queste tecniche sono sicuramente **efficaci**, facilmente **leggibili** a prima vista e forniscono **informazioni immediate** sulle caratteristiche dell'oggetto rappresentato. Esse si prestano assai bene alla rappresentazione degli **edifici**.

Tuttavia il terreno è un oggetto molto più **complesso** ed **esteso** rispetto agli edifici, pertanto sia per ragioni *economiche* (dato che sarebbe necessario produrre numerosi disegni anche per rappresentare piccole estensioni), sia per ragioni di **opportunità** e **praticità**, si rinuncia a questi tipi di rappresentazioni preferendo riprodurre graficamente il terreno in modo **convenzionale**, utilizzando un **unico elaborato** che contenga sia le caratteristiche *planimetriche* che quelle *altimetriche* (*rappresentazione completa*).

Per **rappresentazione convenzionale** si intende una rappresentazione nella quale gli oggetti non sono disegnati nelle loro reali giaciture spaziali, ma seguendo un insieme di **regole**, che nel nostro caso prendono il nome di **proiezioni quotate**.

Come avviene per tutte le rappresentazioni di tipo convenzionale, con la tecnica delle *proiezioni quotate* si ottiene una **significativa semplificazione** del disegno. Tuttavia essa rende la lettura delle informazioni contenute nello stesso disegno assai meno diretta e immediata.

Essenzialmente, la rappresentazione **convenzionale** mediante la teoria delle **proiezioni quotate** rappresenta gli oggetti tridimensionali proiettandoli ortogonalmente solo sul **piano orizzontale**, quindi utilizza un solo piano di proiezione, cioè un solo disegno.

Di seguito verranno illustrate le **regole** di questa tecnica di *rappresentazione convenzionale*, necessarie per rappresentare le tre entità geometriche fondamentali: il **punto**, la **retta**, il **piano**. Naturalmente dobbiamo immaginare queste entità come oggetti, o parti di essi, **collocati nello spazio**.

## ■ Rappresentazione di un punto e di una retta

Un generico **punto**  $P$  nello spazio si rappresenta mediante la sua *proiezione ortogonale*  $P_0$  sul piano orizzontale (informazione planimetrica), accanto alla quale si scrive **in cifre**, talvolta entro parentesi, la corrispondente **quota** (informazione altimetrica).

Conoscendo la proiezione del punto, cioè la sua posizione planimetrica, e la sua quota, si può ricostruirne la **posizione spaziale**. Basta innalzare dalla proiezione un segmento, perpendicolare al piano di proiezione, di lunghezza uguale alla quota del punto; l'estremo del segmento rappresenta il punto nella sua oggettiva posizione spaziale (► FIGURA 1).

### FAQ

► **Perché la rappresentazione completa del terreno non avviene con proiezioni ortogonali o con prospettive?**

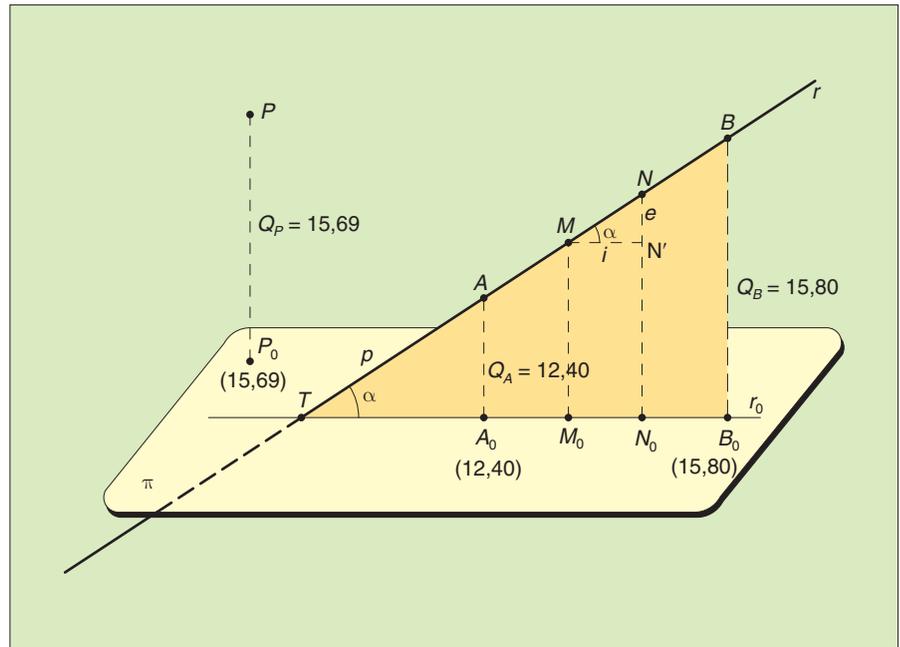
Perché il terreno è molto complesso e rappresentarlo con questi strumenti grafici sarebbe troppo oneroso.

### FAQ

► **In cosa consiste la rappresentazione convenzionale del terreno?**

Nella proiezione su un unico piano orizzontale del terreno, a cui sono aggiunti segni convenzionali e simboli, secondo determinate regole, che contengono le informazioni altimetriche.

**FIGURA 1** Rappresentazione convenzionale del punto ( $P$ ) e della retta ( $r$ ) con la teoria delle proiezioni quotate.



**FAQ**

► **In che cosa consiste la graduazione di una retta?**

Consiste nel disporre sulla sua proiezione delle *marche* che segnalano la posizione in cui, sulla retta nello spazio, viene superato un *dislivello* prefissato chiamato *equidistanza* e indicato con  $e$ .

Una **retta** nello spazio si rappresenta mediante le *proiezioni ortogonali* e le *quote* di almeno **due** punti qualsiasi appartenenti ad essa.

Nella ►FIGURA 1 la retta  $r$  è definita dalle **posizioni planimetriche** e dalle **quote** dei punti  $A$  e  $B$ .

Dunque la retta  $r$ , che nello spazio passa per i punti  $A$  e  $B$ , viene rappresentata con un'altra retta  $r_0$  (la sua proiezione) che giace sul piano orizzontale  $\pi$  di riferimento e che passa per le *proiezioni*  $A_0$  e  $B_0$  di  $A$  e  $B$  su tale piano, a cui vengono associate, trascrivendole in **cifre**, le **quote** dei punti.

■ **Graduazione di una retta**

Per migliorare la leggibilità immediata delle informazioni altimetriche possedute da una retta, nella sua rappresentazione con la teoria delle proiezioni quotate, è possibile tracciare sulla sua proiezione orizzontale una **marca** (piccolo trattino) ogniqualvolta sulla retta nello spazio viene superato un **dislivello** prefissato (di solito di valore intero: 1 m, 2 m ecc.) chiamato **equidistanza** e indicato con  $e$ .

**FAQ**

► **Come si sceglie l'equidistanza?**

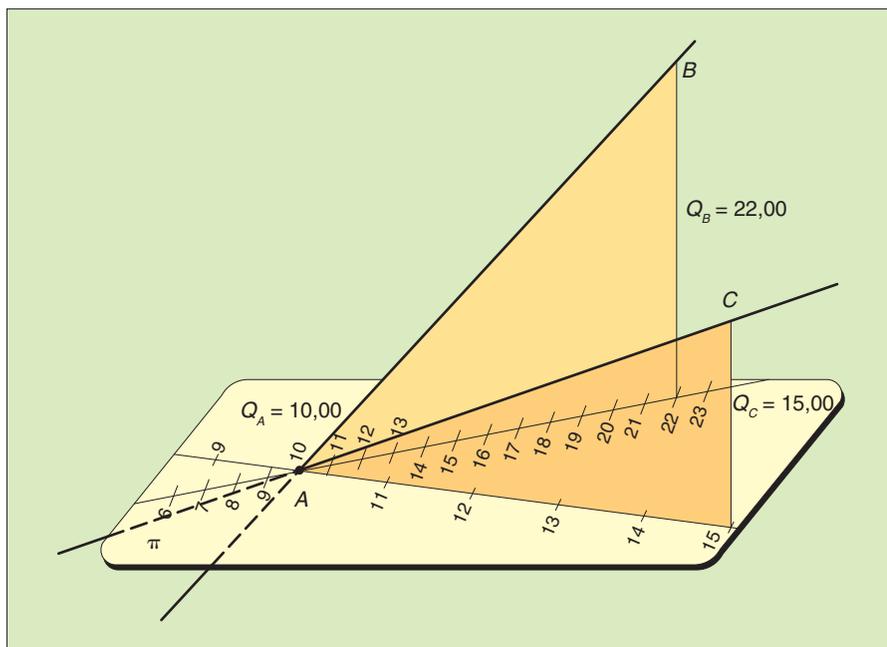
Il valore dell'equidistanza dipende dalla *scala* di rappresentazione. La pratica consiglia di adottare come valore dell'equidistanza, espressa in metri, la cifra corrispondente alle *migliaia* del denominatore della stessa scala.

Questa operazione prende il nome di **graduazione della retta**, con essa la proiezione orizzontale viene dotata di un certo numero di *marche* che segnalano rapidamente e a vista, all'osservatore, la posizione dei punti di **quota intera**.

Il valore dell'equidistanza è condizionato dalla scala di rappresentazione. L'esperienza consiglia di adottare come valore dell'equidistanza, espressa in metri, la cifra corrispondente alle migliaia del denominatore della stessa scala. Dunque, se il disegno verrà redatto in scala 1:5000, il valore dell'equidistanza potrà essere assunto uguale a 5, cioè  $e = 5$  m.

La relativa **vicinanza** o **lontananza** tra queste *marche* testimonia, rapidamente e a colpo d'occhio, di una retta con maggiore o minore **inclinazione** nello spazio, come illustrato in ►FIGURA 2.

Per graduare una retta, è necessario stabilire anzitutto il suo **intervallo di graduazione**.



**FIGURA 2** Rappresentazione convenzionale delle rette AB e AC nello spazio. Le marche assai più ravvicinate della prima retta testimoniano rapidamente a vista la sua maggior inclinazione.

Si chiama **intervallo di graduazione** della retta, e si indica con  $i$ , la distanza, misurata sul piano orizzontale, tra due punti il cui dislivello è pari all'equidistanza  $e$  adottata.

Nella rappresentazione di ► FIGURA 1, per esempio, l'intervallo di graduazione della retta è dato dalla lunghezza del segmento  $M_0N_0 = MN' = i$ . Indicando con  $\alpha$  l'angolo che la retta  $r$  forma con la sua proiezione  $r_0$ , sappiamo che la tangente di  $\alpha$  è la **pendenza**  $p$  della retta, cioè si ha:  $\text{tg } \alpha = p$ . Considerando il triangolo rettangolo  $MN'N$  contenuto su un piano verticale, il segmento  $N'N$ , cioè il dislivello tra  $M$  ed  $N$ , è uguale all'equidistanza  $e$  adottata per la graduazione della retta. Da esso si ottiene immediatamente:  $i = e / \text{tg } \alpha$ , quindi:

$$i = \frac{e}{p} \quad (1)$$

La pendenza  $p$  della retta si può determinare facilmente, essendo note le quote e la distanza tra i due punti  $A$  e  $B$  della retta:

$$p = \frac{Q_B - Q_A}{AB}$$

Una volta determinato l'intervallo di graduazione  $i$ , con l'aiuto di un **compasso** a cui verrà assegnata un'**apertura** pari allo stesso intervallo  $i$  ridotto alla scala utilizzata nel disegno, si potranno tracciare consecutivamente sulla proiezione della retta, partendo da un punto di **quota nota intera**, tutte le **marche** che andranno a **graduare** la retta.

## ■ Posizione di un punto di quota intera sulla retta

Per individuare un punto di **quota nota intera** occorre determinare l'intervallo  $i'$  che separa un punto di **quota nota**, dal punto di **quota nota intera** immediatamente successivo; questo intervallo viene fornito dalla (1), sostituendo al posto di  $e$  la differenza tra queste quote.

### FAQ

#### ► Come si esegue la graduazione di una retta?

Si esegue calcolando l'*intervallo di graduazione* con la seguente espressione:

$$i = \frac{e}{p}$$

Assegnando tale valore all'apertura di un compasso e partendo dal punto di quota nota individuato in precedenza, si potranno posizionare tutte le *marche* sulla retta.

**FAQ**

► **Cosa si intende per retta orizzontale di un piano?**

Ci si riferisce a una delle infinite rette appartenenti a quel piano, caratterizzate da una pendenza nulla.

Con riferimento alla ► FIGURA 1, essendo  $Q_A = 12,40$  m e  $Q_B = 15,80$  m, e conoscendo la distanza tra questi punti, pari a  $AB = 50$  m, possiamo subito calcolare la pendenza della retta nello spazio:

$$p = \frac{15,80 - 12,40}{50} = 0,068 = 6,8\%$$

Per determinare la posizione del punto di *quota nota intera*, è necessario determinare l'intervallo  $i'$ :

$$i' = \frac{13 - 12,40}{0,068} = 8,8 \text{ m}$$

Se il disegno viene rappresentato in scala 1:1000, tale intervallo corrisponde graficamente a un segmento di 8,8 mm, che andrà riportato, partendo da  $A$  nella direzione di  $B$ , individuando sulla retta il punto di **quota intera** pari a 13 m. Adottando poi (essendo la scala del disegno 1:1000) un'equidistanza  $e = 1$  m, l'**intervallo di graduazione** sarà:

$$i = \frac{1}{0,068} = 14,7 \text{ m}$$

a cui corrisponde nella scala del disegno un segmento pari a 14,7 mm. Assegnando tale valore all'apertura di un compasso, e partendo dal punto di quota 13 individuato in precedenza, si potranno posizionare le **marche** sulla retta.

**■ Rappresentazione di un piano**

Consideriamo un generico **piano** nello spazio. Immaginando che esso **non** sia parallelo al piano *orizzontale di proiezione*, possono sempre essere individuate due famiglie di (infinite) rette:

- le rette **orizzontali**: sono rette sulle quali i punti hanno la stessa quota, dunque **pendenza nulla**; esse sono infinite e tutte parallele tra loro;
- le rette di **massima pendenza**: sono rette sulle quali la pendenza presenta un **valore massimo** per quel piano; esse sono infinite e tutte parallele tra loro.

Le rette **orizzontali** e le rette di **massima pendenza** godono poi di una importante proprietà: sono tra loro **ortogonali**. Questa osservazione è rilevante, in quanto permette l'individuazione di una retta di *massima pendenza* attraverso la determinazione di una qualunque *orizzontale* di un piano: operazione, quest'ultima, relativamente semplice.

Nella teoria delle proiezioni quotate, un **piano** si rappresenta mediante la *proiezione* sul piano orizzontale di una sua qualunque **retta di massima pendenza**, cioè di una retta la cui direzione sia **perpendicolare a una qualunque orizzontale del piano**.

La proiezione della retta di **massima pendenza** sul piano orizzontale di riferimento viene indicata convenzionalmente con un **doppio tratto** ravvicinato, allo scopo di non confonderla con una retta qualunque.

Nella ► FIGURA 3 la retta  $AB$ , perpendicolare alla orizzontale  $OO'$ , ha una **pendenza maggiore** di quella relativa a qualunque altra retta del piano  $\gamma$ . Infatti, osservando il triangolo rettangolo  $ABA_0$ , la pendenza della retta  $AB$  è data da:

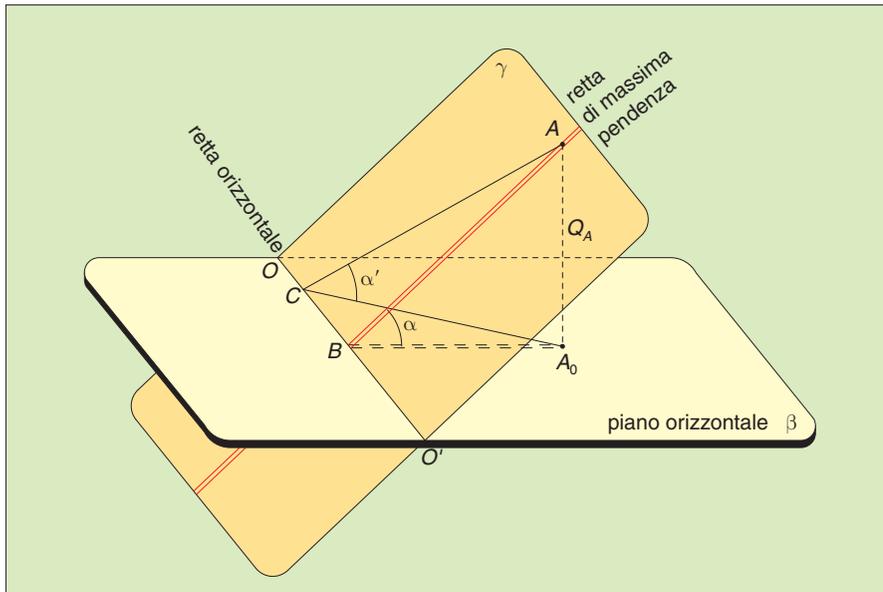
$$p_{BA} = p_{\max} = \text{tg } \alpha = \frac{A_0A}{BA_0} = \frac{Q_A}{BA_0} \quad (2)$$

Considerando un **qualunque** altro punto  $C$  appartenente all'orizzontale del piano  $\gamma$  passante per  $B$ , tracciamo la retta  $CA$ , obliqua rispetto all'orizzontale  $OO'$ .

**FAQ**

► **Esiste una relazione tra rette orizzontali e rette di massima pendenza?**

Sì, esse sono tra loro ortogonali.



**FIGURA 3** Rappresentazione convenzionale del piano attraverso una sua retta di massima pendenza  $AB$  che viene indicata con un doppio tratto rassicinato.

Osservando il triangolo rettangolo  $ACA_0$ , la pendenza della retta  $CA$  è data da:

$$p_{CA} = \operatorname{tg} \alpha' = \frac{A_0A}{CA_0} = \frac{Q_A}{CA_0} \quad (3)$$

La (2) e la (3) hanno lo stesso numeratore, quindi sarà maggiore quella che ha il denominatore minore. Essendo  $BA_0$ , per costruzione, minore di  $CA_0$ , ne consegue che  $p_{BA} > p_{CA}$ , dunque la pendenza  $p_{BA}$  presenta un **valore massimo** per il piano  $\gamma$ , cioè possiamo scrivere:  $p_{BA} = p_{max}$ . Infatti, in qualsiasi modo si scelga  $C$ , il segmento  $BA_0$  è certamente **sempre minore** di qualsiasi altro segmento  $CA_0$ . Pertanto la pendenza relativa alla retta  $AB$ , perpendicolare all'orizzontale  $OO'$ , è **sempre maggiore** di quella relativa a qualunque altra retta del piano  $\gamma$  passante per  $A$ . La pendenza massima del piano  $\gamma$  è quella della retta  $AB$ .

La proiezione della **retta di massima pendenza** di un piano può essere **graduata** come una retta qualunque e con la stessa tecnica esposta in precedenza. In questo caso essa viene anche indicata con il nome di **scala di pendio**.

## ■ Ricerca grafica della retta di massima pendenza

Naturalmente, un piano per essere rappresentato, deve essere **definito** senza ambiguità. Ciò avviene nei seguenti casi:

- quando sono note le proiezioni e le quote di **tre punti** non allineati del piano (è il caso più frequente nel nostro contesto);
- quando sono note le proiezioni graduate di **due rette incidenti** o di **due rette parallele** del piano;
- quando sono date la quota e la proiezione di un suo punto, nonché la proiezione graduata di una retta del piano non passante per il punto.

Il caso più frequente di assegnazione di un piano nello spazio è sicuramente il primo, secondo il quale esso viene definito quando siano note le posizioni spaziali  $(X, Y, Q)$  di tre punti non allineati.

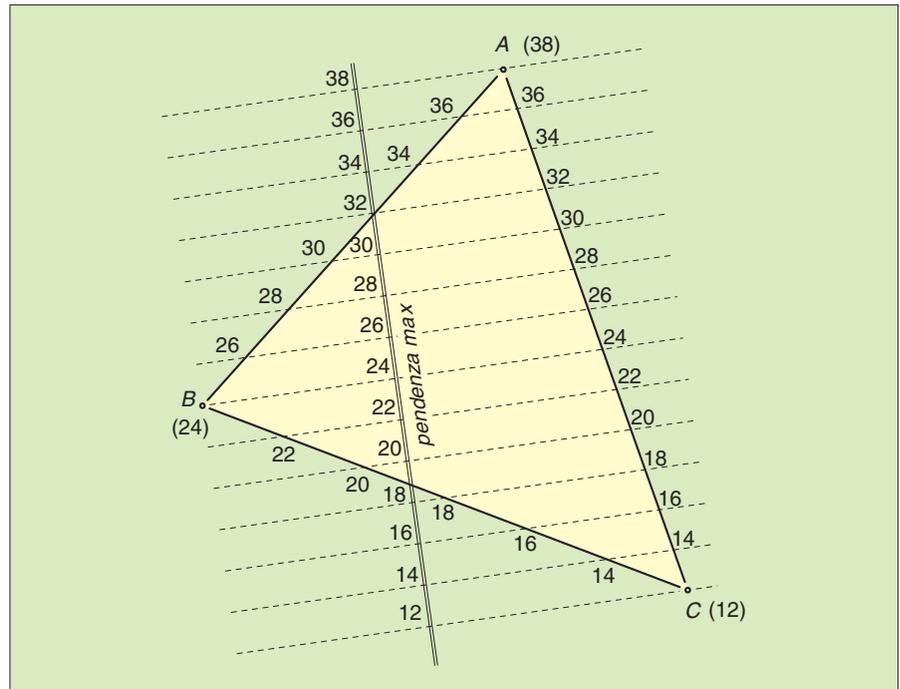
Se, per esempio, un piano è definito dalla posizione di tre punti  $A, B, C$  (di fatto costituenti un triangolo) rispettivamente di quote 38 m, 24 m, 12 m (► FIGURA 4), si possono graduare le proiezioni delle tre rette  $AB, BC$  e  $AC$ , come visto in pre-

### FAQ

► **Una retta di massima pendenza di un piano può essere graduata?**

Certamente, come qualunque retta nel contesto delle proiezioni quotate.

**FIGURA 4** Individuazione della retta di massima pendenza relativa al piano definito dai punti A, B, C di quote note, dopo aver graduato le rette che collegano i punti.



cedenza, quindi si possono facilmente tracciare le orizzontali semplicemente collegando punti aventi la stessa quota, e infine individuando una (qualunque) **retta di massima pendenza**, che è rappresentata da una (qualunque) direzione perpendicolare alle **orizzontali**.

Il problema può essere sviluppato in modo analitico con la procedura numerica illustrata al primo punto del successivo paragrafo 4.

## 2. Rappresentazione completa del terreno con piani quotati

### ■ La struttura del piano quotato

Il modo più semplice ed economico, anche se il meno efficace, per rappresentare convenzionalmente il terreno nei suoi aspetti plano-altimetrici, è quello di utilizzare il **piano quotato**.

La rappresentazione del terreno per mezzo dei **piani quotati** consiste nel riportare accanto a un certo numero di punti (quelli rilevanti dal punto di vista altimetrico) della **planimetria**, la corrispondente **quota in cifre**, talvolta trascritta entro parentesi.

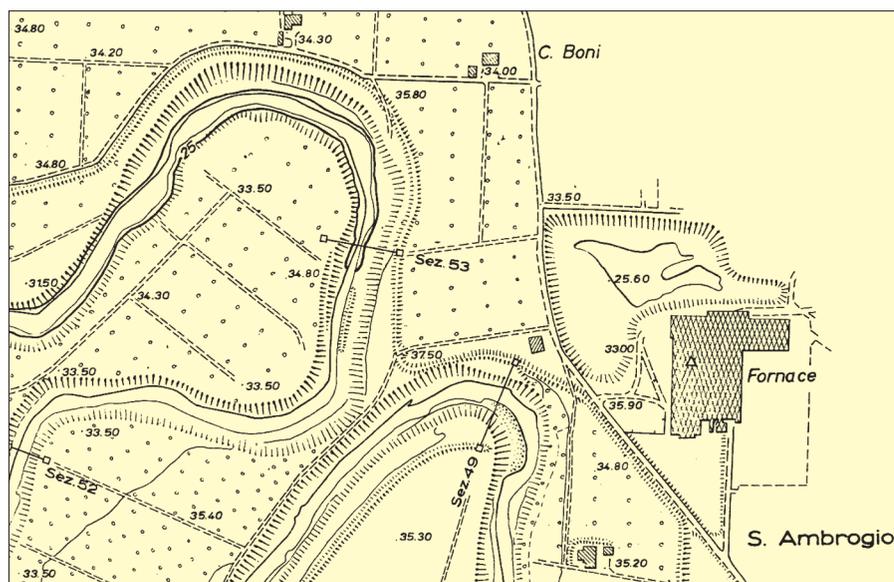
#### FAQ

##### ► Che cos'è un piano quotato?

È una rappresentazione completa convenzionale del terreno che consiste nel riportare accanto a un certo numero di punti della **planimetria** (*significativi dal punto di vista altimetrico*) la corrispondente **quota**, trascritta in **cifre**, talvolta entro parentesi.

Dunque un **piano quotato** è semplicemente una **planimetria** sulla quale vengono **aggiunte**, riportandole in cifre, le **quote** di alcuni punti. Gli elementi grafici del disegno forniscono, a vista e immediatamente, le **informazioni planimetriche** del terreno, mentre le **quote in cifre** forniscono quelle **altimetriche** (►FIGURA 5). Queste non sono **valutabili a vista** in modo immediato, ma devono venire **elaborate** dalla mente dell'osservatore per poter fornire le indicazioni altimetriche contenute nella rappresentazione.

Per dare, a chi legge il disegno, la possibilità di ricostruire l'altimetria del terreno, i punti quotati sono opportunamente uniti a due a due, in modo da formare una ideale **rete di triangoli** nello spazio (►FIGURA 6b).

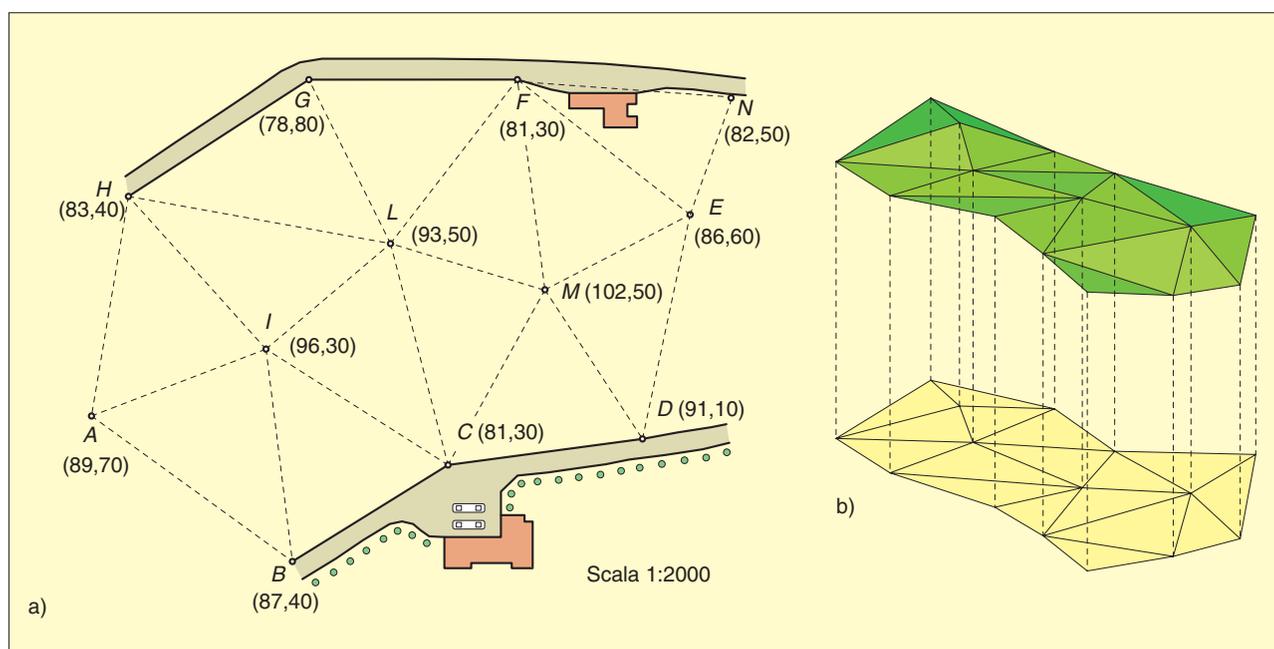


**FIGURA 5** Rappresentazione convenzionale a piano quotato: estratto di una carta in scala 1:5000. Come si vede si tratta di una planimetria con l'indicazione numerica delle quote di alcuni punti, altimetricamente significativi.

Affinché la rappresentazione sia **corretta e fedele**, questi punti devono essere scelti in modo opportuno, tale che ciascun triangolo nello spazio formi un piano il più possibile prossimo alla zona di terreno racchiusa dal triangolo stesso. Si realizza così una rappresentazione della superficie del terreno di forma poliedrica, costituita da una sequenza continua di **facce triangolari piane** (dette *falde*). Ogni spigolo che separa una faccia dall'altra è una linea (in genere ideale) a **pendenza costante**. Tali linee sono di **displuvio** o di **compluvio** a seconda della disposizione del terreno in ciascuno dei due triangoli contigui (► FIGURA 6a).

Per una fedele rappresentazione altimetrica del terreno i punti da quotare non devono essere molto distanti l'uno dall'altro, perché solo così le falde triangolari, essendo piccole, possono considerarsi, per approssimazione, combacianti col terreno. Di conseguenza, se la zona è fortemente accidentata, questo tipo di rappresentazione non è la più efficace.

**FIGURA 6** Rappresentazione schematica di un appezzamento di terreno per mezzo di un piano quotato. a) Le linee tratteggiate (ideali) rappresentano percorsi sul terreno a pendenza costante. b) La superficie del terreno è poi rappresentata da una sequenza continua di falde triangolari piane.



**FAQ**

► **Quando è consigliato l'uso di un piano quotato per rappresentare il terreno?**

Quando il terreno ha modeste dimensioni e soprattutto quando ha una morfologia regolare e priva di forti accidentalità (terreno pianeggiante).

Infatti l'inconveniente della rappresentazione con i **piani quotati** deriva dal fatto che essi non danno all'osservatore la possibilità di una **rapida sintesi** a vista degli aspetti **altimetrici** del terreno rappresentato; pertanto i **piani quotati** sono preferibili solo nella rappresentazione di zone di terreno prevalentemente pianeggianti.

### 3. Rappresentazione completa del terreno con curve di livello

#### ■ La struttura del piano a curve di livello

Per fornire un disegno il più efficace possibile al fine di valutare gli aspetti altimetrici della rappresentazione, e soprattutto per permettere una **rapida sintesi** visiva, in particolare quando il terreno è fortemente accidentato, si utilizzano le **curve di livello** o **isoipse**.

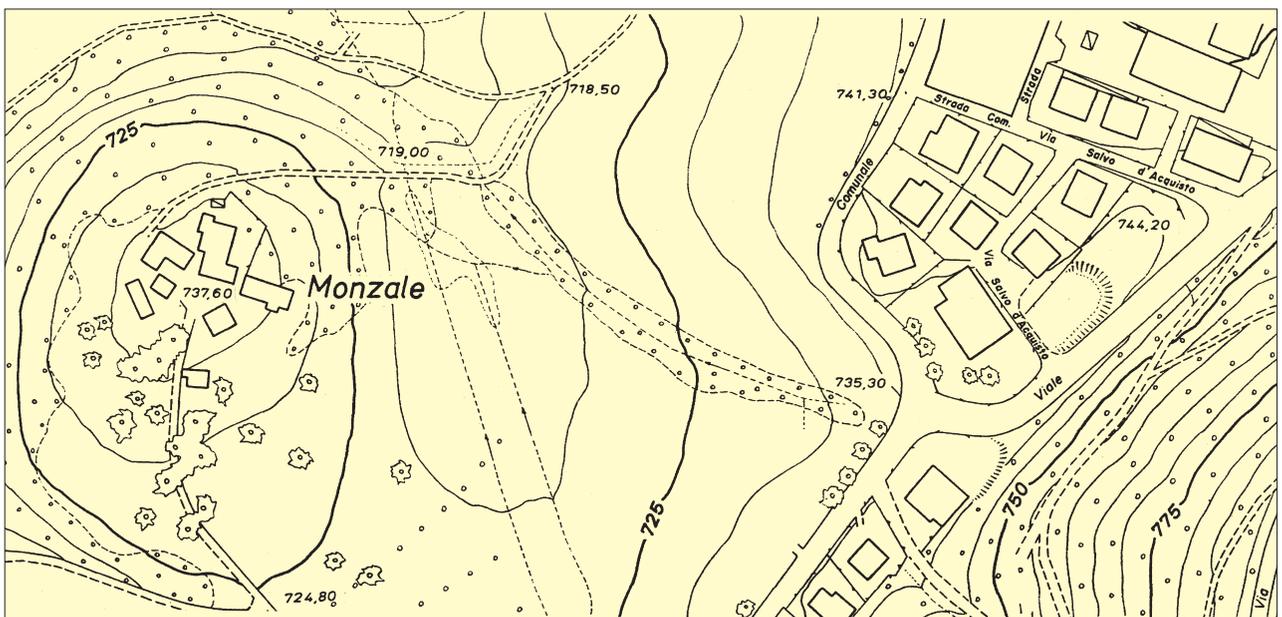
Com'è noto, una **curva di livello** (o **isoipsa**) è una linea curva che collega punti del terreno aventi la stessa quota.

La rappresentazione convenzionale del terreno ottenuta con le curve di livello viene chiamata **piano a curve di livello**. Queste curve vengono **aggiunte** ai tratti grafici che nel loro insieme costituiscono la **planimetria** del terreno (► FIGURA 7).

La differenza tra la quota dei punti appartenenti a una curva di livello e la quota dei punti della curva immediatamente adiacente, è costante e si chiama **equidistanza**.

**FIGURA 7** Rappresentazione convenzionale a curve di livello: estratto di una carta in scala 1:5000 con  $e = 5$  m. Si osservano zone di terreno accidentato in cui le isoipse sono ravvicinate, e altre in cui il diradarsi delle isoipse testimonia un terreno più regolare.

Come nel caso della graduazione delle rette, il valore dell'equidistanza è condizionato dalla **scala del disegno**. L'esperienza suggerisce di adottare come valore dell'**equidistanza**, espressa in metri, la cifra corrispondente alle **migliaia** del denominatore della stessa scala. Quindi, se il disegno verrà redatto in scala 1:2000, il valore dell'**equidistanza** potrà essere assunto uguale a 2 m.



Ovviamente la proiezione delle curve di livello sul piano orizzontale di riferimento è pari alla loro vera lunghezza.

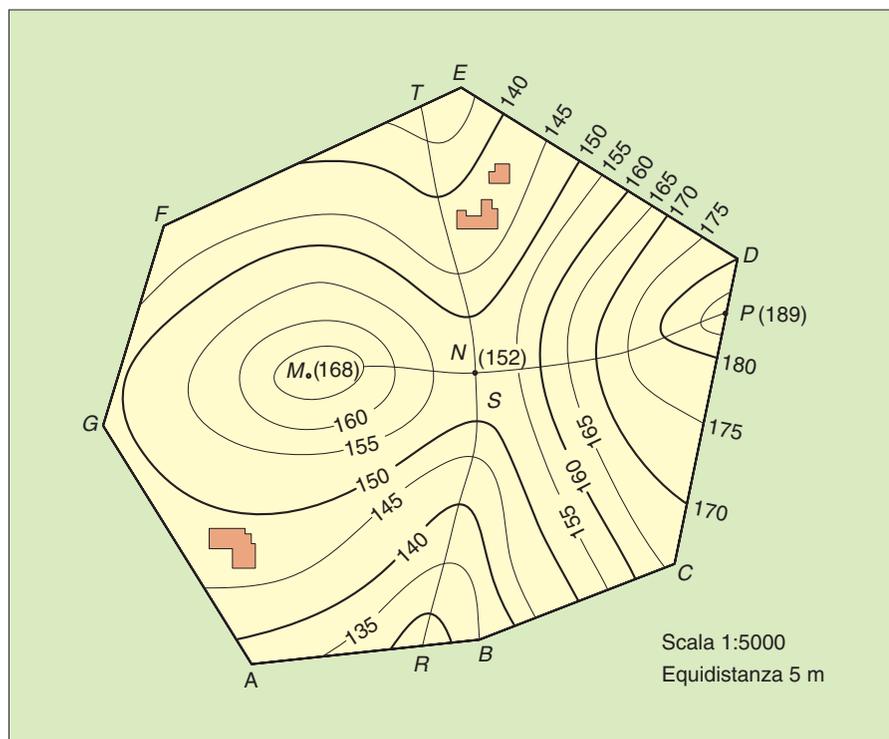
Questo tipo di rappresentazione si presta a una **rapida sintesi**, quindi a una fedele interpretazione della configurazione *planimetrica* e *altimetrica* della zona rappresentata.

Se infatti consideriamo le curve di livello della ► FIGURA 7, possiamo osservare immediatamente che nella parte in basso a destra esse sono molto **ravvicinate**, rappresentando così un terreno fortemente inclinato, mentre nella zona centrale della stessa figura le curve di livello sono assai più lontane, a testimonianza di un terreno con andamento altimetrico più dolce e regolare. Queste valutazioni sono rapide e immediate, e non costringono l'osservatore a effettuare elaborazioni come avviene in presenza di *piani quotati*.

### ■ Rappresentazione schematica di un piano a curve di livello

Nella ► FIGURA 8 è riportato uno schema semplificato di piano a curve di livello relativo a una zona di terreno. Il disegno è alla scala 1:5000, quindi l'equidistanza assunta è di 5 m. Osservando le curve di livello si percepisce **immediatamente** la situazione altimetrica del terreno. La zona comprende una piccola collina a sinistra, la cui vetta *M* ha la quota 168 m, e un'altra più alta a destra, di cui è rappresentata solo una parte, che in cima (punto *P*) raggiunge la quota di 189 m. Nei tratti dove le **curve sono più vicine la pendenza del terreno è maggiore**. Nei punti di contatto, eventuale, tra due o più curve, il terreno si presenterebbe a picco.

Le linee altimetriche che corrono lungo le dorsali sono dette **linee di displuvio** (*MN*, *NP*), mentre quelle che seguono i punti più bassi delle vallate **linee di compluvio** (*TN*, *RS*). La linea che da un punto qualunque di una curva di livello incontra la curva inferiore ad angolo retto, è detta **linea di massima pendenza**.



#### FAQ

► **Cosa si intende per equidistanza in un piano a curve di livello?**

È il dislivello tra le quote di due curve di livello successive.

#### FAQ

► **Che cos'è un piano a curve di livello?**

È una rappresentazione completa convenzionale del terreno che consiste nell'aggiungere alla *planimetria* un certo numero di *isopse* o *curve di livello*, cioè linee che collegano punti aventi la *stessa quota*. Le curve di livello sono collocate a quote intercalate dallo stesso dislivello chiamato equidistanza.

**FIGURA 8** Rappresentazione schematica del terreno con curve di livello.

La rappresentazione con **curve di livello** presuppone che il terreno tra una curva e l'altra possa pensarsi generato dal movimento rototraslatorio di un segmento che, mantenendosi perpendicolare alla curva di livello inferiore, scorre con l'altro estremo sulla curva di livello superiore.

### ■ Interpolazione altimetrica

Si è detto in precedenza che l'altimetria, nelle planimetrie a curve di livello, viene convenzionalmente rappresentata da linee curve dette **isoipse** (ma anche da *punti quotati* ben identificabili e localizzati planimetricamente sulla carta), per le quali è indicata la **quota assoluta** (riferita al livello medio del mare).

Quando si localizza un punto sulla rappresentazione che giace esattamente su una *isoipsa*, la sua quota è immediatamente nota (per esempio i punti *A* e *B* in ► FIGURA 9 con quota 270 e 275). Se, invece, il punto (per esempio il punto *M* in ► FIGURA 9) ricade in qualsiasi altra posizione della rappresentazione (dunque intermedio tra due isoipse consecutive), la sua quota deve essere determinata per **interpolazione lineare** con la procedura costituita dai seguenti passi.

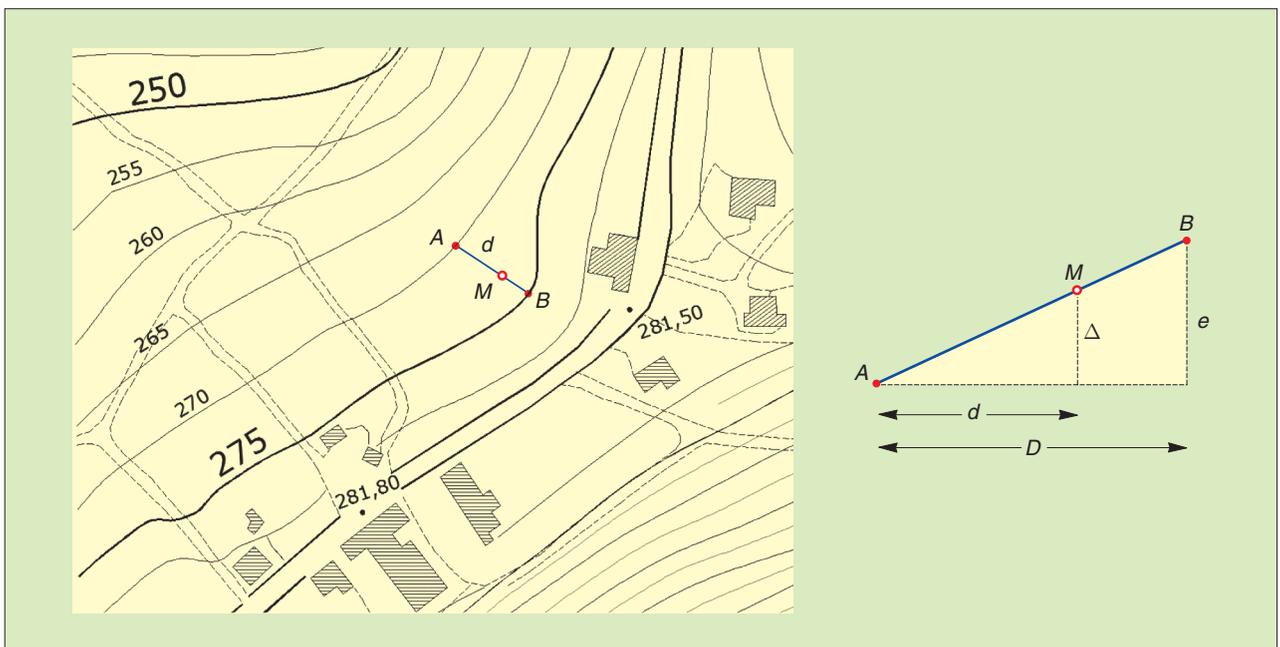
1. Si rileva il valore della equidistanza *e* (nell'esempio di ► FIGURA 9,  $e = 5$  m).
2. Si traccia un *segmento* che congiunga (ortogonalmente) le due isoipse e passi per il punto *M* considerato, secondo la linea di *massima pendenza*.
3. Si misura sulla carta il segmento  $AB = D$  e il segmento  $AM = d$  compreso fra l'isoipsa a *quota inferiore* e il punto *M* considerato.
4. Si imposta la seguente proporzione tra *triangoli simili* per ricavare il dislivello  $\Delta$  tra i punti *A* e *M*, come già visto in altra parte del corso:

$$\frac{\Delta}{e} = \frac{d}{D} \quad \Delta = \frac{e \cdot d}{D} = p_{AB} \cdot d$$

5. Infine si determina il valore della *quota* cercata con la seguente espressione:

$$Q_M = Q_A + \Delta$$

**FIGURA 9** Determinazione, per interpolazione lineare, della quota di un punto *M* intermedio tra due isoipse adiacenti.



## 4. Ricerca della retta di massima pendenza di un piano

Oltre che graficamente, come abbiamo visto in precedenza (paragrafo 1), la *retta di massima pendenza* di un piano può essere determinata con un **procedimento analitico**. Ricordiamo anzitutto che in un piano, comunque inclinato, a ogni direzione corrisponde una pendenza che oscilla (in valore assoluto) da un valore nullo a un valore massimo.

Le linee di **pendenza zero** sono le orizzontali che uniscono punti, dello stesso piano, aventi la stessa quota. Una linea di **pendenza massima** è rappresentata da una qualunque direzione *perpendicolare* alla orizzontale.

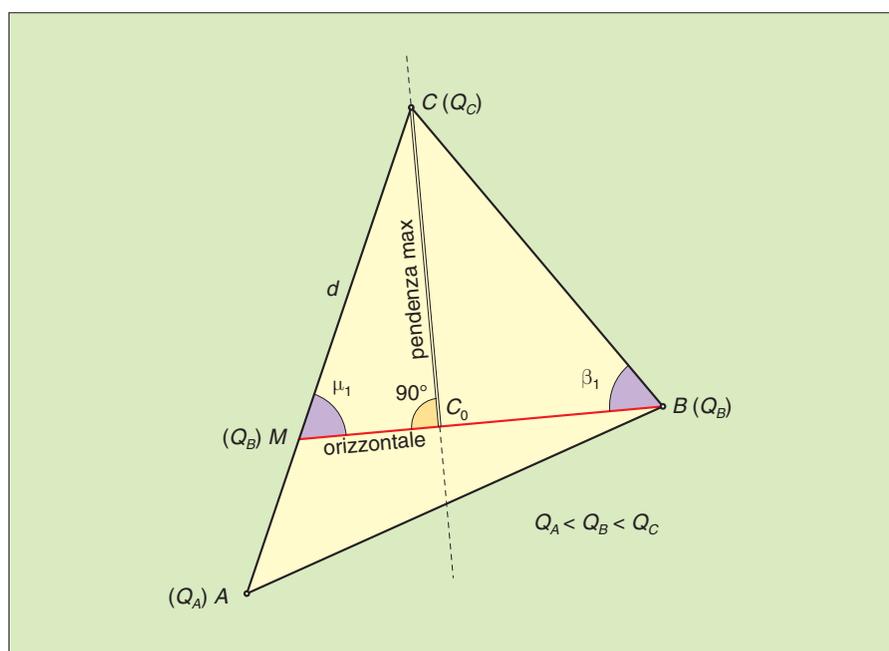
Consideriamo il piano definito dai punti  $A, B, C$ , caso più frequente nella pratica topografica, e supponiamo che sia  $Q_A < Q_B < Q_C$  (► FIGURA 10).

Il primo passo, dunque, è quello di determinare una retta **orizzontale**. Per questo è necessario individuare **due punti** appartenenti al piano  $ABC$  e di **uguale quota**. Poiché  $Q_B$  è compreso tra  $Q_A$  e  $Q_C$ , allora tra  $A$  e  $C$  esiste un punto intermedio  $M$  di quota  $Q_M = Q_B$ . La congiungente  $BM$  è una **orizzontale del piano** e tutti i suoi punti hanno quota  $Q_B$  (► FIGURA 10).

Indicando la pendenza di  $AC$  con  $p_{AC} = (Q_C - Q_A)/AC$ , la distanza incognita  $d = MC$  è data, come sappiamo, da:

$$d = \frac{Q_C - Q_B}{p_{AC}}$$

La *direzione* della retta di massima pendenza del piano è rappresentata dalla **perpendicolare**  $CC_0$  all'orizzontale  $BM$ . Ovviamente la quota di  $C_0$  è uguale a  $Q_B$ . Conoscendo i tre lati del triangolo  $ABC$  se ne può calcolare l'angolo in  $C$ . Risolvendo il triangolo  $MBC$ , di cui si conoscono due lati ( $d$  e  $BC$ ) e l'angolo compreso, si possono calcolare gli angoli  $\mu_1$  e  $\beta_1$ . Infine la distanza  $C_0C$  si ottiene dal triangolo rettangolo  $MCC_0$  oppure da  $CC_0B$ . Per calcolare il valore della



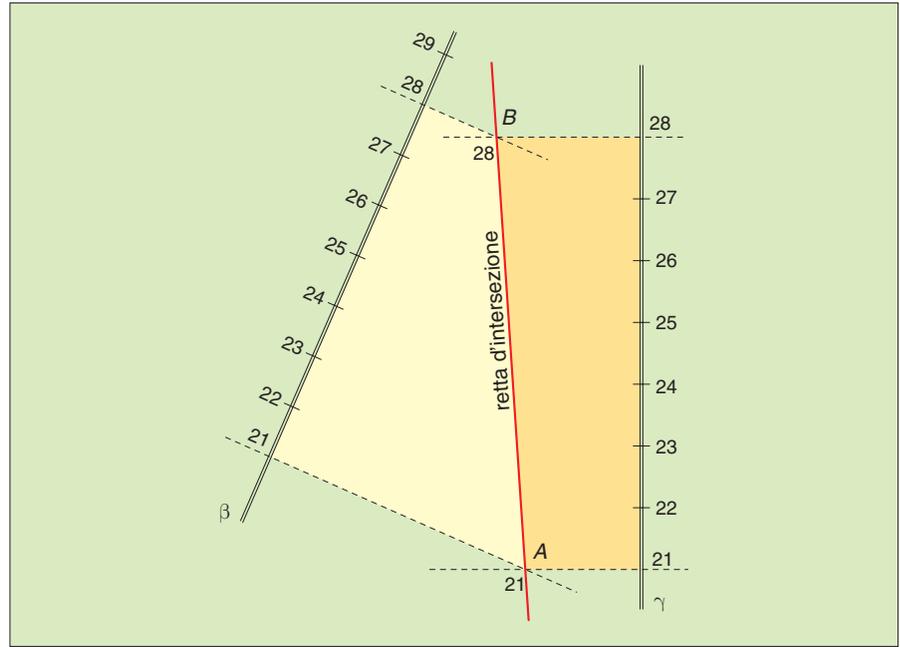
**FIGURA 10** Determinazione della direzione di massima pendenza di un piano individuato dai punti  $A, B, C$  di quote note. Prima si ricerca una linea orizzontale ( $BM$ ), quindi si considera una retta a essa perpendicolare ( $CC_0$ ).

### FAQ

#### ► Come si ottiene una retta orizzontale di un piano?

Congiungendo due punti dello stesso piano aventi la stessa quota.

**FIGURA 11** Determinazione della retta d'intersezione di due piani  $\beta$  e  $\gamma$  definiti dalle rispettive rette di massima pendenza graduate.



$p_{\max}$  basta dividere il dislivello noto tra  $C_0$  e  $C$ , cioè  $\Delta_{BC}$ , per la distanza  $C_0C$ . Si ha dunque:

$$p_{\max} = \frac{\Delta_{C_0C}}{C_0C} = \frac{Q_C - Q_B}{C_0C} \quad (4)$$

Talvolta può essere utile conoscere la relazione che lega la **pendenza massima** di un piano con la pendenza di una retta dello stesso piano e con l'angolo che questa forma con una orizzontale dello stesso piano.

Infatti, osservando che le coppie di punti  $B$  e  $C$ ,  $C_0$  e  $C$ ,  $M$  e  $C$  hanno lo stesso dislivello, e considerando i due triangoli rettangoli, si potrebbe facilmente dimostrare che:

$$p_{\max} = \frac{p_{BC}}{\text{sen } \beta_1} = \frac{p_{AC}}{\text{sen } \mu_1} \quad (5)$$

• **Determinare la retta d'intersezione di due piani**

Dati i piani  $\beta$  e  $\gamma$  mediante le rispettive rette di massima pendenza graduate, si tracciano due orizzontali di diversa quota e giacenti sul piano  $\beta$ , nonché le corrispondenti orizzontali giacenti sul piano  $\gamma$ . I punti d'incontro delle due coppie di orizzontali determinano due punti della retta d'intersezione.

Nel caso riportato in ►FIGURA 11 si sono individuati i due punti  $A$  e  $B$  che appartengono alla retta d'intersezione dei due piani.

## 5. Problemi sui piani quotati e a curve di livello

■ **Trasformare un piano quotato in un piano a curve di livello**

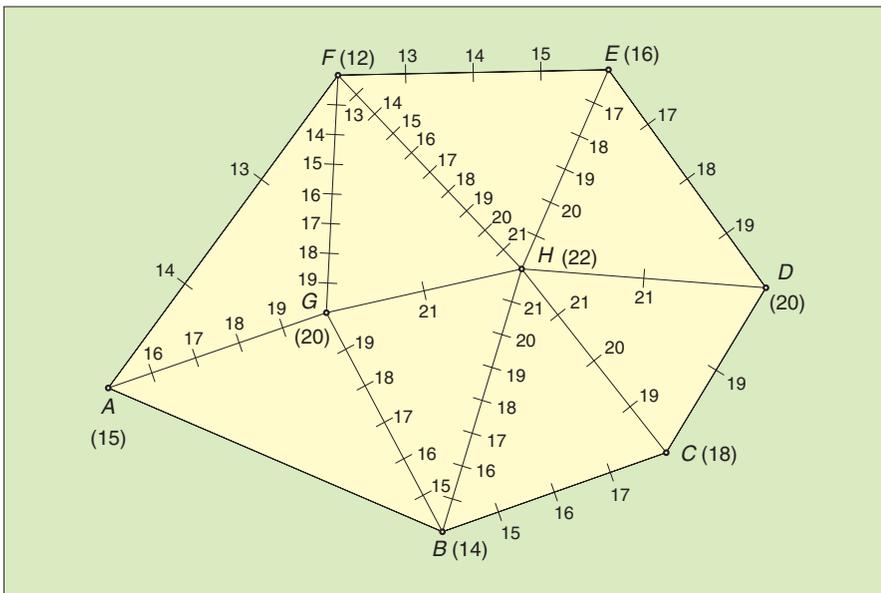
Il rilievo di **grandi estensioni** di territorio, con piani a curve di livello, viene eseguito con le tecniche dell'**aerofotogrammetria**. Quando invece il territorio da

rilevare presenta piccole estensioni, la rappresentazione avviene con procedure tradizionali. Esse in genere passano, come fase intermedia, attraverso l'esecuzione di un **piano quotato**, dal quale si ottengono, attraverso successivi passaggi, le **curve di livello**.

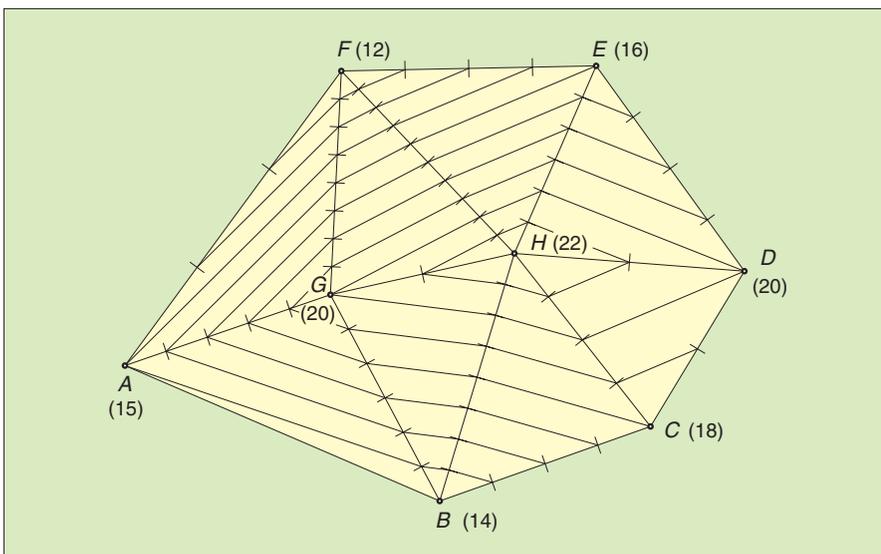
Dunque in questo caso il punto di partenza è il *piano quotato* che rappresenta il terreno rilevato. Com'è noto, in un *piano quotato* i punti che riportano la quota sono **idealmente** collegati tra loro con rette a *pendenza costante*. Queste rette possono poi essere *graduate* e rappresentano la base per ricavare le curve di livello.

Questa procedura si sviluppa attraverso le seguenti fasi:

- scelta dell'**equidistanza** delle curve di livello in base alla scala del disegno (nel nostro esempio useremo  $e = 1$  m);
- **graduazione** di tutti i lati che si ottengono collegando *idealmente* i punti di quota nota del piano quotato assumendo l'equidistanza  $e$  fissata (► FIGURA 12);
- **collegamento** delle **marche** di ugual quota sui lati precedenti, con **spezzate** (che potranno essere aperte o chiuse) costituite da segmenti rettilinei (► FIGURA 13);

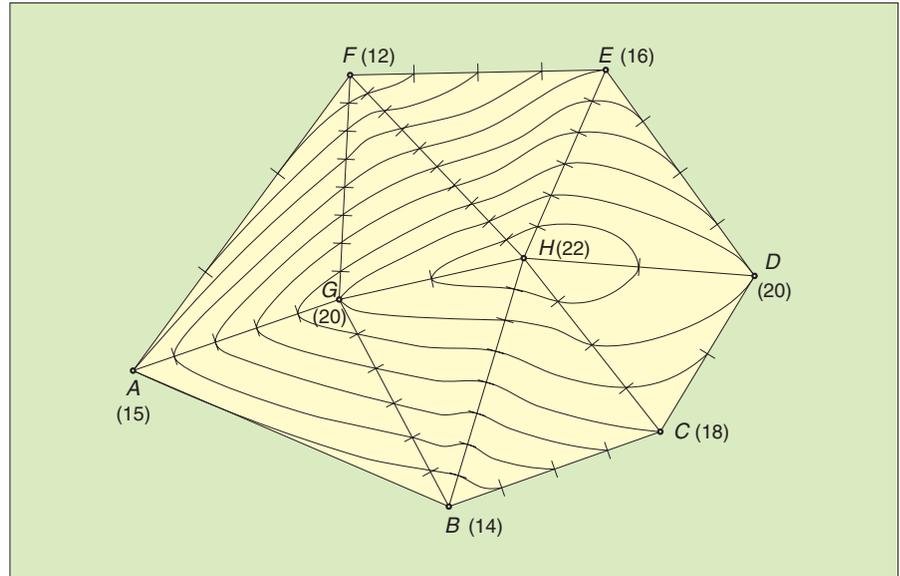


**FIGURA 12** La graduazione delle rette a pendenza costante di un piano quotato secondo una equidistanza fissata ( $e = 1$  m). È il primo passo per ottenere le curve di livello.

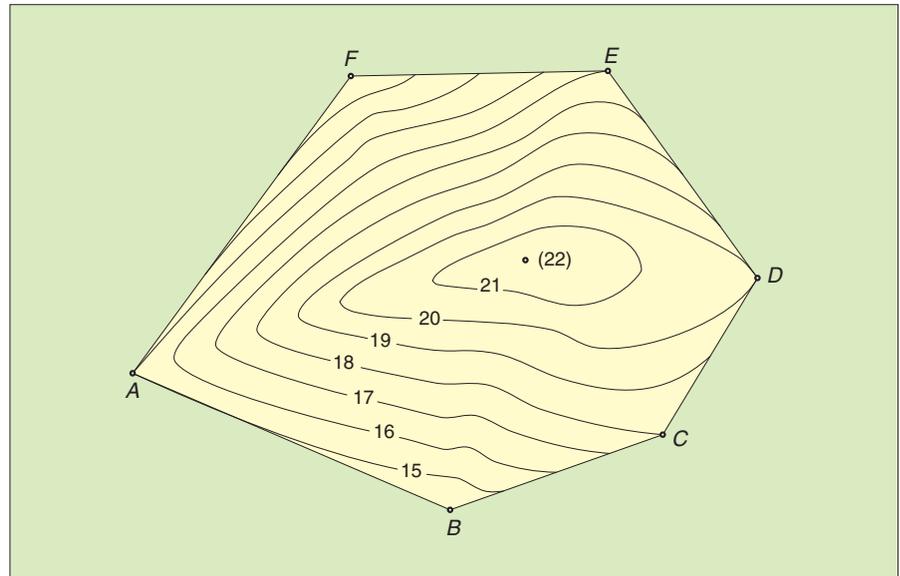


**FIGURA 13** Collegando le marche aventi la stessa quota sui diversi lati del piano, si ottengono delle linee spezzate che rappresentano percorsi a pendenza nulla.

**FIGURA 14** Raccordando opportunamente le linee spezzate, si ottengono curve continue che rappresentano le curve di livello.



**FIGURA 15** Eliminando le linee del piano quotato iniziale si ottiene la definitiva rappresentazione del terreno con curve di livello.

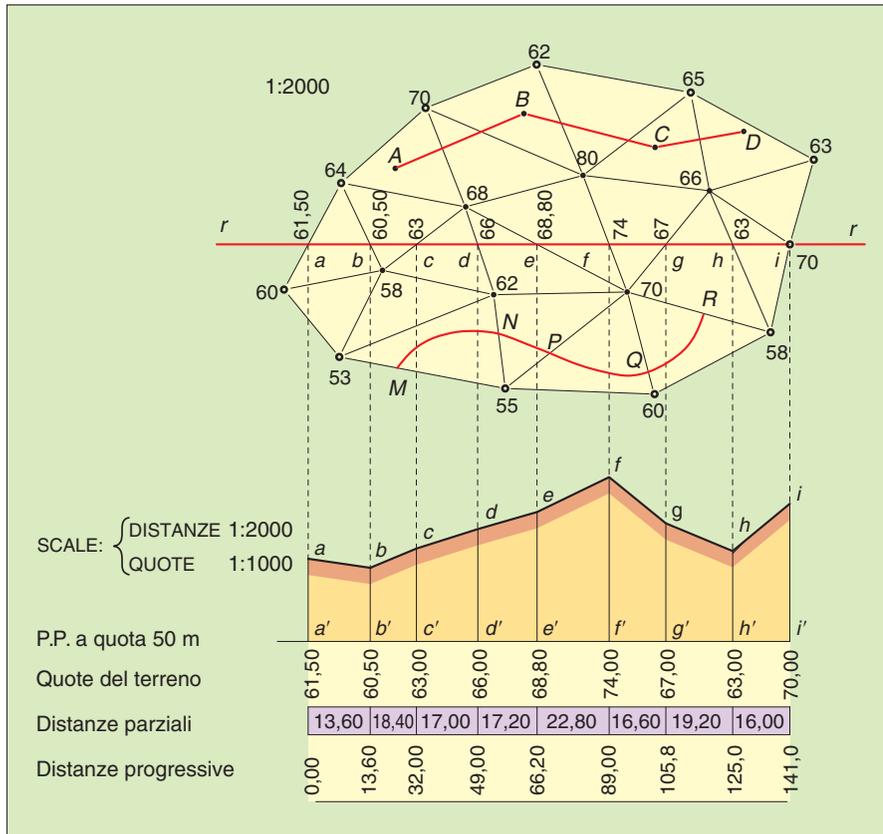


- **raccordo** delle spezzate lineari ricavate nella fase precedente, trasformandole in curve continue: le **curve di livello** (► FIGURA 14);
- **cancellazione** grafica dei lati che collegano idealmente i punti di quota nota, per lasciare in evidenza le curve di livello (► FIGURA 15).

**■ Costruzione del profilo del terreno secondo una direzione assegnata su un piano quotato**

Il profilo che si vuole costruire rappresenta l'**intersezione** del terreno con un **piano verticale** passante per la direzione assegnata.

Nella ► FIGURA 16 si è costruito il profilo secondo la direzione della retta *rr*. Per costruire il profilo è necessario determinare le quote dei punti *a, b, c...* in cui la retta taglia i lati delle falde triangolari, per via grafica o analitica, con i procedimenti esposti in precedenza. Quindi si sceglie una retta orizzontale di riferimento



**FIGURA 16** Costruzione del profilo del terreno secondo una direzione assegnata (retta *rr*) a partire da un dato piano quotato.

e si riportano **graficamente** su tale retta (per esempio rilevandone la rispettiva distanza con un compasso) i punti *a'*, *b'*, *c'*,... corrispondenti dei punti oggettivi *a*, *b*, *c*,...

Successivamente, dai punti *a'*, *b'*, *c'*,... si innalzano, a una scala adeguata, le ordinate che rappresentano le vere quote dei punti, oppure quelle ridotte a un piano di paragone. Nel nostro caso le ordinate rappresentano le quote ridotte, perché il piano di riferimento è stato preso a quota 50 m. Per le quote si è adottata la scala 1:1000. Infine, unendo le estremità delle ordinate, si ottiene il profilo del terreno che risulta deformato a causa delle diverse scale adottate per la planimetria e l'altimetria. Questa differenza di scala serve a mettere maggiormente in risalto la parte altimetrica.

Sotto la orizzontale di riferimento, si raccolgono tutti gli elementi numerici relativi ai punti del profilo; per ognuno si indicano la **quota**, la **distanza progressiva** dal primo punto e la **distanza parziale** rispetto al punto precedente.

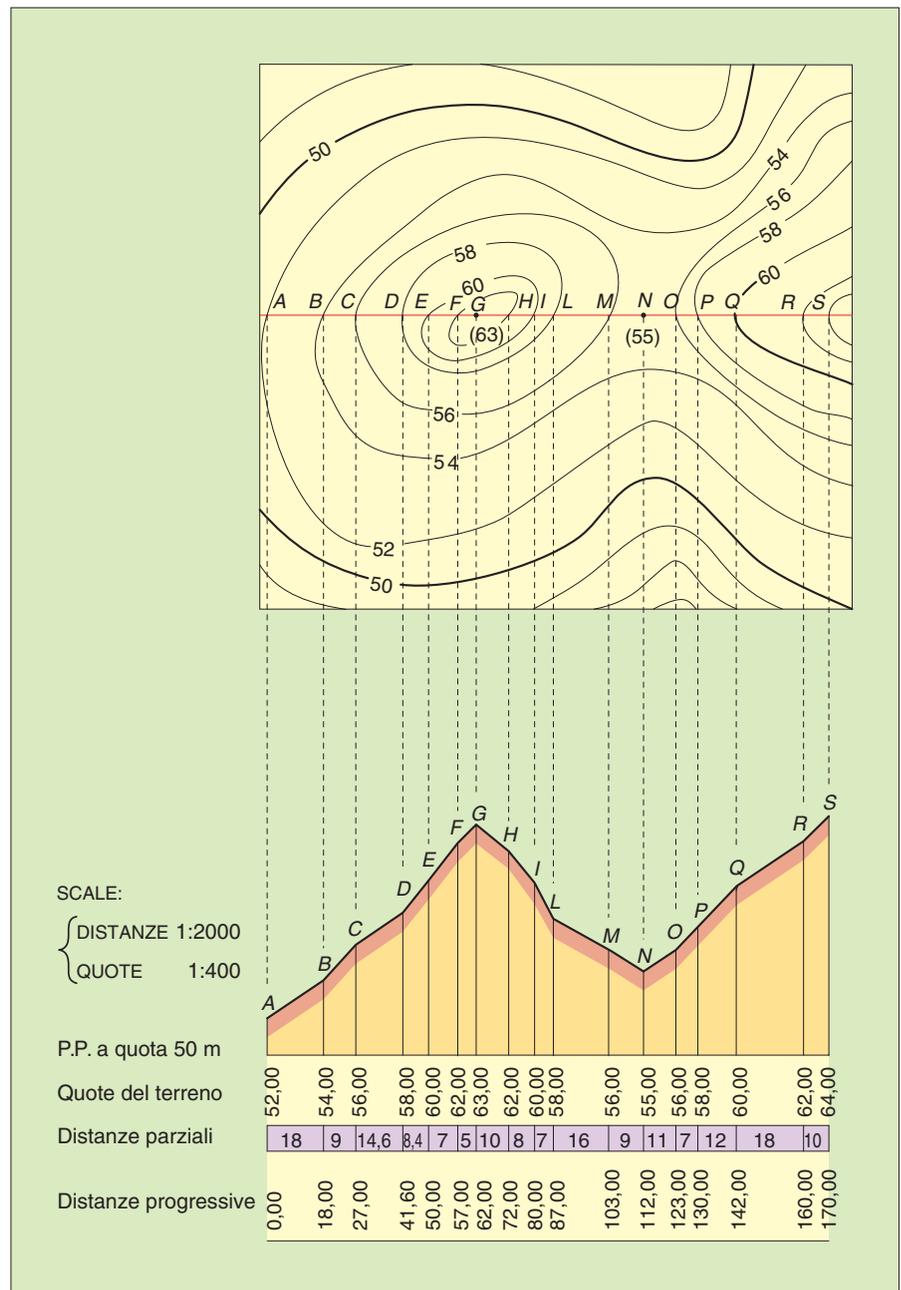
Se si vuole costruire il profilo del terreno rappresentato in figura secondo un andamento poligonale, per esempio secondo la poligonale *ABCD*, bisogna trovare, oltre le quote dei punti in cui la poligonale incontra i lati dei triangoli, anche le quote dei vertici che cadono all'interno di qualche triangolo. Nel nostro caso bisogna determinare le quote dei punti *A*, *B*, *C*, *D* (► FIGURA 16). Per il resto si procede come indicato in precedenza.

Se poi si tratta di disegnare il profilo secondo una linea curva, o secondo un andamento composto di tratti retti e curvi, si procede sempre alla stessa maniera. I tratti in curva si suddividono in elementi molto piccoli, in modo che si possano ritenere praticamente rettilinei e si determinano le quote dei punti di suddivisione. Il numero dei punti da considerare cresce al diminuire del raggio di curvatura, cioè all'accentuarsi della curva.

### ■ Costruzione del profilo del terreno secondo una direzione assegnata su un piano a curve di livello

Consideriamo un piano a curve di livello rappresentato in scala 1:2000, e quindi con **equidistanza** di 2 m. Supponiamo di dover costruire il **profilo del terreno** secondo una direzione assegnata, per esempio quella definita dai punti A, B, C,... (► FIGURA 17).

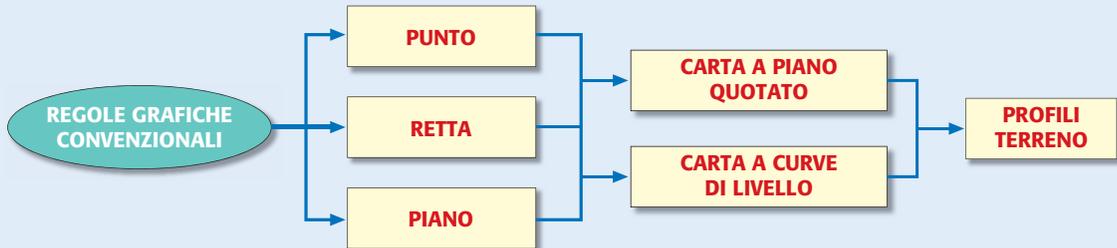
Si procede analogamente a quanto effettuato in precedenza relativamente a un *piano quotato*. In questo caso si ha il vantaggio che non si devono determinare le quote dei punti intersezione perché sono le stesse delle curve tagliate dalla retta. Il profilo si costruisce riportando le quote dei punti intersezione. Anche in questo caso la scala della planimetria è notevolmente più piccola della scala delle quote per accentuare l'altimetria del profilo.



**FIGURA 17** Costruzione del profilo del terreno secondo una direzione assegnata (A-S) su un piano a curve di livello.

# Riassumendo

## MAPPA DI SINTESI DELL'UNITÀ



La **rappresentazione plano-altimetrica** del terreno propone un significativo problema, in quanto il terreno è un oggetto assai *complesso* ed *esteso* rispetto, per esempio, agli edifici. Pertanto, sia per ragioni *economiche* sia per ragioni di opportunità e praticità, si rinuncia a rappresentazioni sicuramente efficienti come le *prospettive*, preferendo riprodurre graficamente il terreno in modo *convenzionale*, utilizzando un *unico elaborato* che contenga insieme sia le caratteristiche *planimetriche* che quelle *altimetriche* (*rappresentazione completa*).

- La rappresentazione convenzionale ha lo scopo di semplificare la rappresentazione sulla base di determinate regole, che occorre conoscere, non solo per eseguire, ma anche per leggere il disegno.

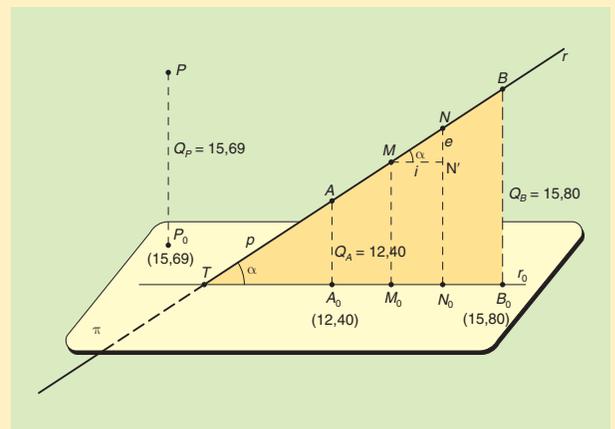
Le **regole** che sono alla base della rappresentazione *convenzionale* del terreno prendono il nome di *teoria delle proiezioni quotate*. Con essa si rappresentano gli oggetti tridimensionali (che costituiscono il terreno) proiettandoli ortogonalmente solo sul *piano orizzontale*. Quindi si utilizza un solo piano di proiezione, cioè un solo disegno.

- Possiamo immaginare di rappresentare il terreno facendo riferimento alle tre entità geometriche fondamentali nello spazio: *punti*, *linee* e *piani*.

Un **punto P** nello spazio, secondo la teoria delle proiezioni quotate, si rappresenta mediante la sua *proiezione ortogonale*  $P_0$  sul piano orizzontale (informazione planimetrica), accanto alla quale si scrive *in cifre*, talvolta entro parentesi, la corrispondente *quota* (informazione altimetrica).

Una **retta r** nello spazio si rappresenta mediante le *proiezioni ortogonali* e le *quote* di almeno *due punti* qualsiasi appartenenti ad essa. Dunque la retta  $r$ , che nello spazio passa per i punti  $A$  e  $B$ , viene rappresentata con un'altra retta  $r_0$  che costituisce la sua proiezione. Essa giace sul piano orizzontale di riferimento e passa per le *proiezioni*

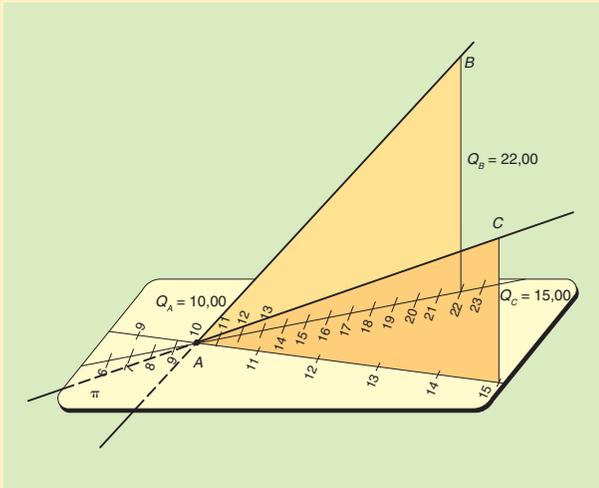
$A_0$  e  $B_0$  di  $A$  e  $B$ , alle quali vengono associate, trascrivendole *in cifre*, le *quote* di questi punti.



- Per migliorare la leggibilità immediata delle informazioni altimetriche possedute da una retta, nella sua rappresentazione con la teoria delle proiezioni quotate, si usa inserire sulla sua proiezione orizzontale una *marca* ogniquale sulla retta nello spazio viene superato un *dislivello* prefissato che è chiamato *equidistanza* e viene indicato con  $e$ .

La **graduazione della retta** è una procedura con cui la *proiezione orizzontale* della retta viene dotata di un certo numero di *marce* che segnalano, rapidamente e a vista, all'osservatore la posizione dei punti di *quota intera* con un passo che prende il nome di *equidistanza*.

- Il valore dell'equidistanza è condizionato dalla scala di rappresentazione. L'esperienza consiglia di adottare come valore dell'equidistanza, espressa in metri, la cifra corrispondente alle migliaia del denominatore della stessa scala. Pertanto, se la scala del disegno è 1:25 000, il valore dell'equidistanza potrà essere  $e = 25$  m.

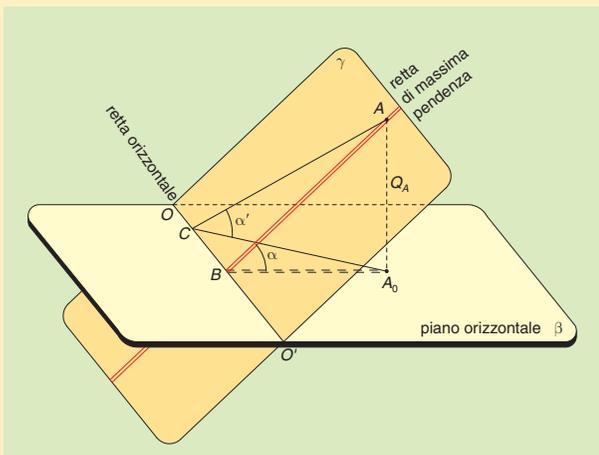


- La relativa *vicinanza* o *lontananza* tra queste marche fornisce rapidamente e a colpo d'occhio indicazioni sulla maggiore o minore inclinazione della retta nello spazio.

Si chiama **intervallo di graduazione** della retta, e si indica con  $i$ , la distanza, misurata sul piano orizzontale, tra due punti il cui dislivello è pari all'equidistanza  $e$  adottata. Indicando con  $p$  la pendenza della retta nello spazio, l'intervallo di graduazione viene fornito dalla seguente espressione:

$$i = \frac{e}{p}$$

- Se per esempio la retta ha una pendenza del 5% e si adotta un'equidistanza  $e$  di 2 m, l'intervallo di graduazione sarà di  $2/0,05 = 40$  m, che poi andrà riportato sulla proiezione della retta, naturalmente in scala, per individuare le posizioni delle marche che formeranno la *graduazione* della retta.



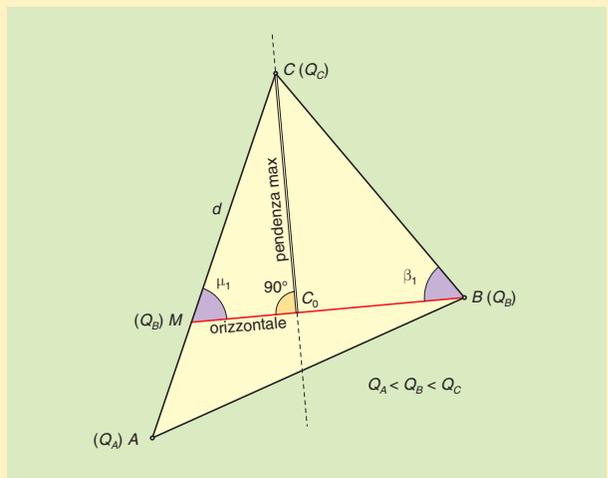
- La pendenza  $p$  della retta viene determinata facilmente, essendo note le quote e la distanza tra i due punti  $A$  e  $B$  sulla retta:

$$p = \frac{Q_B - Q_A}{AB}$$

In un generico piano nello spazio, che però non risulti parallelo al piano *orizzontale di proiezione*, possono sempre essere individuate due famiglie di infinite rette:

- le rette *orizzontali*, che sono rette sulle quali i punti hanno tutti la stessa quota; dunque hanno *pendenza nulla*. Esse sono tutte parallele tra loro;
  - le rette di *massima pendenza*, che sono rette sulle quali la pendenza presenta un *valore massimo* per quel piano. Esse sono tutte parallele tra loro.
- Le rette *orizzontali* e le rette di *massima pendenza* possiedono una importante proprietà: sono tra loro *perpendicolari*. Questa proprietà è rilevante in quanto permette l'individuazione di una retta di massima pendenza attraverso l'individuazione di un'*orizzontale* di un piano.

Un **piano**, nella teoria delle proiezioni quotate, si rappresenta mediante la *proiezione* sul piano orizzontale di una sua qualunque *retta di massima pendenza*, cioè di una retta la cui direzione sia *perpendicolare* a una qualunque *orizzontale* del piano.



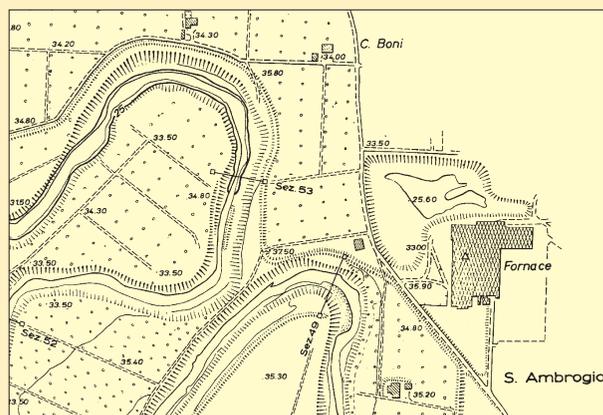
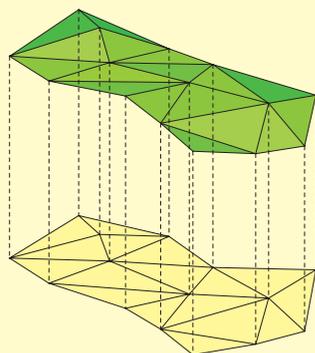
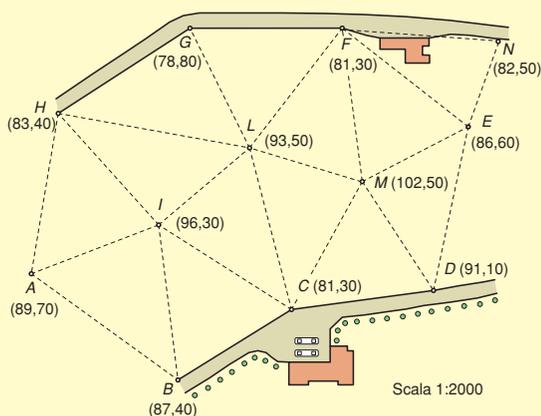
- La proiezione della retta di *massima pendenza* sul piano orizzontale di riferimento viene indicata convenzionalmente con un *doppio tratto* ravvicinato, allo scopo di non confonderla con una retta qualunque.
- La proiezione della *retta di massima pendenza* di un piano può essere *graduata* come una retta qualunque e con la stessa tecnica esposta in precedenza. In questo caso essa viene anche indicata con il nome di *scala di pendio*.

In un piano assegnato passante per i tre punti  $A$ ,  $B$ ,  $C$  non allineati (dunque formanti un triangolo) la pendenza  $p_{\max}$  della retta di massima pendenza viene fornita dal rapporto della pendenza di una retta del piano e il seno dell'angolo che questa forma con una orizzontale dello stesso piano. Per esempio, indicando con  $\beta_1$  l'angolo che la retta  $BC$  forma con un'orizzontale si ha:

$$p_{\max} = \frac{P_{BC}}{\sin \beta_1}$$

**I piani quotati** sono un metodo di rappresentazione grafica completa del terreno. Tale metodo consiste nel riportare accanto a un certo numero di punti della *planimetria* (giudicati rilevanti dal punto di vista altimetrico) la corrispondente *quota in cifre*, talvolta trascritta entro parentesi. Pertanto un *piano quotato* è semplicemente una *planimetria* sulla quale vengono aggiunte, riportandole in cifre, le quote di alcuni punti.

- L'inconveniente della rappresentazione del terreno con i *piani quotati* deriva dal fatto che essi non danno all'osservatore la possibilità di una rapida sintesi a vista degli aspetti altimetrici del terreno rappresentato. Pertanto i piani quotati sono consigliabili solo nella

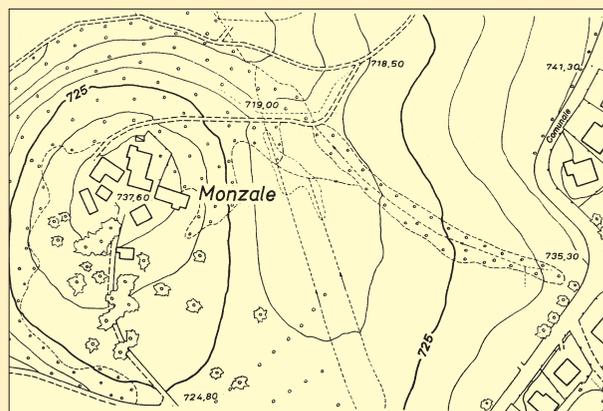


rappresentazione di zone di terreno moderatamente accidentate.

**I piani a curve di livello** sono un metodo di rappresentazione grafica completa del terreno, alternativo ai *piani quotati*, soprattutto in corrispondenza di terreni accidentati. In questo metodo, per fornire al disegno uno strumento più efficace nella rappresentazione degli aspetti altimetrici, e soprattutto per permettere una *rapida sintesi* visiva, si utilizzano le *curve di livello* o *isoipse*.

Com'è noto, una *curva di livello* è una linea, generalmente curva, che collega punti del terreno aventi la *stessa quota*.

- La differenza tra la quota dei punti appartenenti a una curva di livello e la quota dei punti della curva immediatamente adiacente è costante e si chiama *equidistanza*.
- Questo tipo di rappresentazione si presta a una *rapida sintesi* e quindi a un'esatta e veloce interpretazione della configurazione planimetrica e altimetrica della zona rilevata.
- Curve di livello molto *ravvicinate* e molto *curvate* rappresentano un terreno fortemente inclinato e accidentato. Al contrario, curve di livello più lontane e con andamento tendente al rettilineo indicano un terreno con giacitura altimetrica più dolce e regolare.



# AutoCAD

## Profilo del terreno secondo una direzione assegnata su un piano a curve di livello

### DI COSA CI OCCUPIAMO

In questa esercitazione utilizzeremo AutoCAD per costruire il profilo longitudinale del terreno, rappresentato a curve di livello, in corrispondenza della linea assegnata da un certo numero di punti (*A, B, C,...*), seguendo le indicazioni accennate nel precedente paragrafo 5.

### 1. Definizione del problema

Per l'esercitazione faremo riferimento alla ►FIGURA 17 di questa unità. Dalla planimetria a curve di livello in essa rappresentata sono state misurate **graficamente** le *distanze progressive* dei singoli picchetti *A, B, C, D, ...R, S*, e sono poi state *osservate* le loro quote in corrispondenza dell'intersezione della retta *AS* con le curve di livello della rappresentazione. Questi elementi sono riportati nel seguente registro:

Picchetti	Distanze progressive (m)	Quote del terreno (m)
A	0,00	52,00
B	18,00	54,00
C	27,00	56,00
D	41,60	58,00
E	50,00	60,00
F	57,00	62,00
G	62,00	63,00
H	72,00	62,00
I	80,00	60,00
L	87,00	58,00
M	103,00	56,00
N	112,00	55,00
O	123,00	56,00
P	130,00	58,00
Q	142,00	60,00
R	160,00	62,00
S	170,00	64,00

Vogliamo poi realizzare il profilo direttamente in scala, scegliendo la scala 1:1000 per le distanze e la scala 1:100 per le quote, dunque con un rapporto moltiplicativo pari a 10 (nella ►FIGURA 17 il profilo era stato realizzato con le scale 1:2000 e 1:400, con un rapporto moltiplicativo pari a 5).

### 2. Preparazione del foglio virtuale

Nell'ipotesi che non si possieda un disegno *modello* appositamente preparato per le applicazioni di topografia, occorre creare un nuovo disegno con le specifiche tradizionali richieste dalle nostre esercitazioni. Quindi le azioni descritte in questo contesto sono da considerare preliminari e **preparatorie** al disegno vero e proprio, dove verranno tracciati gli elementi grafici. Nella nostra esercitazione, queste operazioni riguardano i seguenti aspetti:

- creazione di un **nuovo** foglio;
- **estensioni** del foglio;
- **visualizzazione** dell'intero spazio.

#### • Creazione di un nuovo disegno: comando nuovo (new)

Per creare un **nuovo foglio** per il disegno, dopo essere entrati nell'ambiente AutoCAD, sono disponibili quattro possibilità; una di queste è la seguente:

Comando: **nuovo** (new) ↵ Icona   
(selezionare un **disegno modello** tra quelli proposti nella finestra di dialogo: es. **acad.dwt**)

Il comando **nuovo** impone necessariamente la selezione di un **disegno modello**. Non disponendo di un **modello** preparato in precedenza, per il nostro disegno sceglieremo il modello generico **acad.dwt**, che è possibile selezionare dalla *finestra di dialogo* che appare dopo avere attivato il comando; esso contiene anche alcune **impostazioni** iniziali predefinite (*dimensioni del foglio, unità di misura, layer* ecc.) che successivamente verranno adattate alle esigenze del contesto topografico.

#### • Estensioni del foglio: comando limiti (limits)

Questo comando serve a stabilire le **dimensioni rettangolari** dello *spazio* sul quale verrà poi creato il disegno. Dopo una rapida analisi del nostro problema, adottando come **unità di misura** i millimetri, e considerando le misure riportate nel registro precedente, appare ragionevole predisporre un foglio virtuale con dimensioni 220 × 250 unità. Tuttavia, dovendo tracciare degli elementi del disegno a partire da ordinate nulle, è opportuno assegnare all'angolo in basso a sinistra coordinate negative (-20; -50).

Pertanto occorre lanciare da tastiera il comando **limiti** (oppure utilizzando **Limiti disegno** del menu a tendina **Formato**). Nella **finestra di comando** collocata nella parte inferiore dello schermo scorreranno le seguenti informazioni:

## LABORATORIO INFORMATICO

Comando: **limiti** (limits) ↵  
 Ripristino dell'impostazione dei limiti dello Spazio modello:  
 Specificare angolo inferiore sinistro  
 o [ON/OFF] <0.0000,0.0000>: **-20,-50** ↵  
 Specificare angolo superiore destro  
 <420.0000,297.0000>: **200,200** ↵

● **Visualizzazione di tutto il foglio: comando zoom (zoom)**

Il comando **zoom** permette, tra le altre funzioni, di visualizzare sullo schermo tutto lo spazio definito in precedenza con il comando **limiti**. Nella **finestra di comando** scorreranno le seguenti righe:

Comando: **zoom** (zoom) ↵   
 Specificare un angolo della finestra, digitare un fattore di scala (nX o nXP)  
 o [Tutto/Centrato/Dinamico/Estensioni/Precedente/scAla/Finestra/Oggetto]  
 <tempo reale>: **T** ↵  
 Rigenerazione modello in corso

L'opzione **T** del comando **zoom** consente di visualizzare l'intero spazio, dimensionato nella fase precedente, sullo schermo (allo stato attuale del disegno, questo comando non produrrà effetti visibili direttamente). La creazione del profilo non richiede ulteriori operazioni preliminari, pertanto è possibile iniziare il disegno.

### 3. Tracciamento della retta di riferimento del profilo

Il **profilo longitudinale** è un **diagramma** in cui in ascisse sono riportate le distanze dei picchetti e in ordinate le ri-

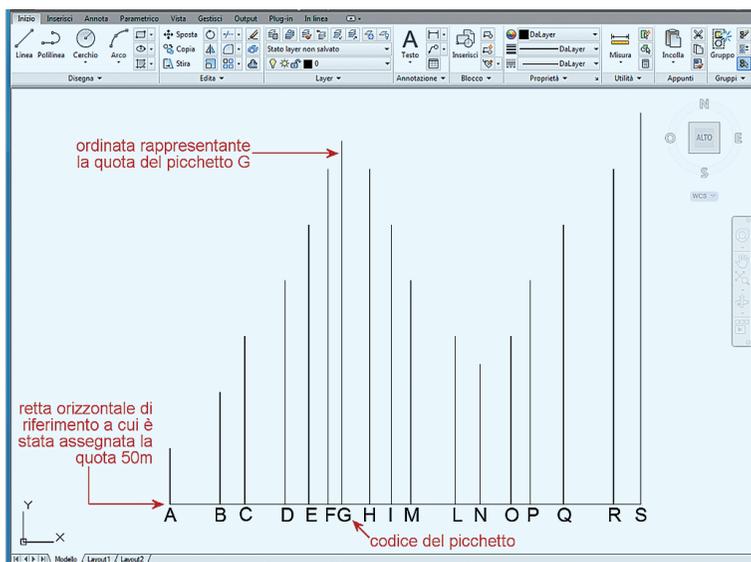
spettive quote. Il primo elemento da tracciare deve essere la retta assunta come **riferimento** (traccia del piano di paragone adottato) a cui assegneremo la quota convenzionale di **50 m**; essa di fatto rappresenta l'**asse delle ascisse** del diagramma che costituirà il **profilo longitudinale**. Essendo la lunghezza complessiva del profilo di 170 m (distanza progressiva dell'ultimo picchetto), osserviamo che in **scala 1:1000** questa distanza viene rappresentata con un segmento di 170 mm, dunque 170 unità adottate per il disegno. Il comando **linea** da assegnare nella **riga di comando** per ottenere la retta di riferimento sarà:

Comando: **linea** (line) ↵   
 Specificare primo punto: **0,0** ↵  
 Specificare punto successivo  
 o [Annulla]: **170,0** ↵  
 Specificare punto successivo o [Annulla]: ↵  
 Comando:

Dopo questo comando apparirà sullo schermo la retta di riferimento posizionata grossomodo in una zona in basso al centro dello schermo (► FIGURA A).

### 4. Tracciamento delle quote dei picchetti

Per ciascun picchetto, individuato sulla retta di riferimento dalle **distanze progressive**, è ora possibile tracciare un **segmento verticale** (cioè l'ordinata), la cui lunghezza, nella scala 1:100 adottata, rappresenti la **quota** del picchetto considerato, ridotta di 50 m (quota adottata per la retta di riferimento). Per esempio, il **segmento verticale** che rappresenta la quota del picchetto **G**, di **progressiva 62,00 m** e **quota di 63,00 m**, sarà dato dalla differenza  $63 - 50 = 13$  m, che in scala 1:100 diventa un segmento di lunghezza 130 mm (130 unità di misura). Dunque, le coordinate degli estremi



**FIGURA A** Stato del disegno dopo il tracciamento della retta orizzontale di riferimento e dei segmenti verticali che rappresentano le quote dei picchetti.

Picchetti	Unità per dist. prog. scala 1:1000	Unità per quote -50 m scala 1:100	Coordinate del 1° estremo (mm)		Coordinate del 2° estremo (mm)	
			x	y	x	y
A	0	20	0	0	0	20
B	18	40	18	0	18	40
C	27	60	27	0	27	60
D	41,6	80	41,6	0	41,6	80
E	50	100	50	0	50	100
F	57	120	57	0	57	120
G	62	130	62	0	62	130
H	72	120	72	0	72	120
I	80	100	80	0	80	100
L	87	80	87	0	87	80
M	103	60	103	0	103	60
N	112	50	112	0	112	50
O	123	60	123	0	123	60
P	130	80	130	0	130	80
Q	142	100	142	0	142	100
R	160	120	160	0	160	120
S	170	140	170	0	170	140

del **segmento verticale** che nel nostro disegno rappresenta la *quota* del picchetto G, ricordando le scale adottate per ascisse (distanze) e ordinate (quote), saranno:

- primo estremo:  $x_1 = 62, y_1 = 0$  unità di disegno, cioè mm (sulla retta di riferimento);
- secondo estremo:  $x_2 = 62, y_2 = 130$  unità di disegno, cioè mm.

Con ragionamento analogo possiamo individuare la lunghezza e le coordinate degli estremi dei **segmenti verticali** che rappresentano sul grafico la quota di ciascun picchetto. Possiamo costruire il registro riportato in alto, in cui le grandezze sono già state tradotte in **unità di disegno** secondo le scale di rappresentazione.

Ripetendo, allora, il comando **linea** per ciascuno dei picchetti, avremo:

```
Comando: linea (line) ↵
Specificare primo punto: 0,0 ↵
(1° estremo quota di A)
Specificare punto successivo o [Annulla]:
0,20 ↵ (2° estremo quota di A)
Specificare punto successivo o [Annulla]: ↵
Comando: ↵
Specificare primo punto: 18,0 ↵
(1° estremo quota di B)
```

```
Specificare punto successivo o [Annulla]:
18,40 ↵ (2° estremo quota di B)
Specificare punto successivo o [Annulla]: ↵
Comando: ↵
Specificare primo punto: 27,0 ↵
(1° estremo quota di C)
Specificare punto successivo o [Annulla]:
27,60 ↵ (2° estremo quota di C)
Specificare punto successivo o [Annulla]: ↵
.....
Comando: ↵
Specificare primo punto: 170,0 ↵
(1° estremo quota di S)
Specificare punto successivo o [Annulla]:
170,140 ↵ (2° estremo quota di S)
Specificare punto successivo o [Annulla]: ↵
Comando:
```

Possiamo poi usare il comando **testo** per posizionare le lettere A, B, C in prossimità dei relativi punti, con caratteri aventi un'altezza di 4 unità:

```
Comando: testo (text) ↵
Stile di testo corrente:
"Standard" Altezza del testo:
2.500 Annotativo: No
```

LABORATORIO INFORMATICO

Specificare punto iniziale del testo  
o [Giustificato/Stile]: ↵  
(portare il mirino del cursore in prossimità di A e selezionare...)  
Specificare altezza <2.500>: 4 ↵  
Specificare angolo di rotazione del testo  
<100.0000g>: ↵  
Digitare testo: **A** ↵  
Comando: ↵  
Stile di testo corrente:  
"Standard" Altezza del testo:  
4.00 Annotativo: No  
Specificare punto iniziale del testo  
o [Giustificato/Stile]: ↵  
(portare il mirino del cursore in prossimità di B e selezionare...)  
Specificare altezza <4.000>: ↵  
Specificare angolo di rotazione del testo  
<100.0000g>: ↵  
Digitare testo: **B** ↵  
.....  
Comando: ↵  
Stile di testo corrente:  
"Standard" Altezza del testo:  
4.00 Annotativo: No  
Specificare punto iniziale del testo  
o [Giustificato/Stile]: ↵  
(portare il mirino del cursore in prossimità di B e selezionare...)  
Specificare altezza <4.000>: ↵  
Specificare angolo di rotazione del testo  
<100.0000g>: ↵  
Digitare testo: **S** ↵  
Comando:

A conclusione di questa fase lo schermo apparirà come illustrato in ► FIGURA A.

### 5. Tracciamento del profilo del terreno

Il profilo del terreno viene facilmente tracciato collegando gli estremi superiori dei segmenti verticali (ordinate) appena tracciati. Allo scopo è opportuno utilizzare il comando **plinea** (polilinea), non prima, tuttavia, di aver attivato la modalità **Fine** del comando **osnap**. Ciò consente la **cattura** precisa e automatica degli **estremi superiori** delle ordinate prima tracciate appena il cursore si porta in prossimità di tali estremi (area del *mirino*):

Comando: **osnap** (osnap) ↵ Icona   
(Spuntare la scelta **Fine** nella finestra di dialogo che appare a video)  
Comando:

Per tracciare il profilo del terreno, possiamo attivare ora il comando **plinea** dalla riga di comando, che assumerà via via il seguente aspetto:

Comando: **plinea** (pline) ↵ Icona   
Specificare punto iniziale:  
(portare il cursore nell'estremità superiore dell'ordinata sul picchetto A) ↵  
La larghezza corrente della linea è 0.0000  
Specificare punto successivo  
o [Arco/Mezza-larghezza/...]:  
(portare il cursore nell'estremità superiore dell'ordinata sul picchetto B) ↵  
Specificare punto successivo  
o [Arco/Mezza-larghezza/...]:  
(portare il cursore nell'estremità superiore dell'ordinata sul picchetto C) ↵  
.....  
Specificare punto successivo  
o [Arco/Mezza-larghezza/...]: ►

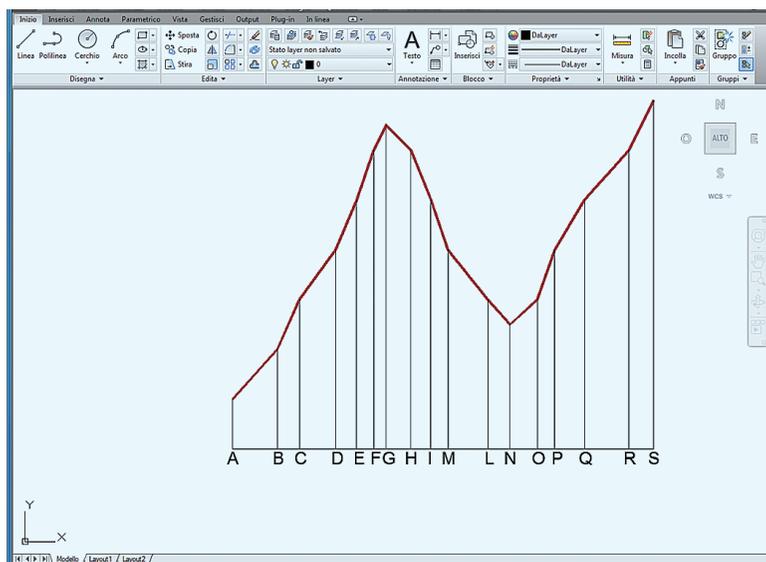


FIGURA B Il tracciamento del profilo del terreno e la modifica delle sue proprietà (spessore e colore).

LABORATORIO INFORMATICO

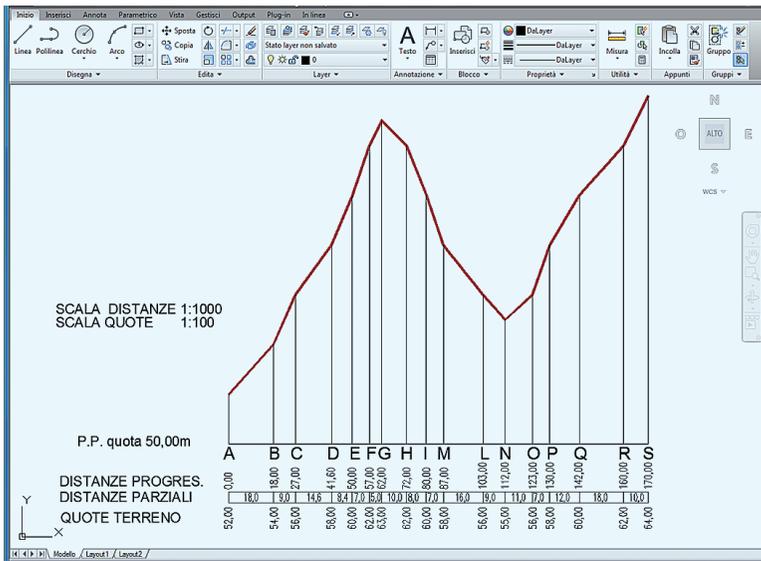


FIGURA C Il disegno del profilo completato con il registro contenente tutte le informazioni numeriche.

(portare il cursore nell'estremità superiore dell'ordinata sul picchetto S) ↵  
 Specificare punto successivo  
 o [Arco/Mezza-larghezza/...]: **ESC** o ↵  
 Comando:

Una volta tracciato il profilo, è bene disattivare l'opzione di cattura **Fine**, richiamando il comando **osnap**:

Comando: **osnap** (osnap) ↵   
 (Togliere la spunta **Fine** nella finestra di dialogo che appare a video)  
 Comando:

Per il tracciamento del profilo è stata utilizzata una **polilinea** (anziché una **linea**) perché questo elemento grafico, in effetti, può essere ulteriormente trattato con il comando **editpl** (*edita polilinea*) fornendo svariate opportunità grafiche. Tra queste vi è quella di aumentare lo **spessore** del profilo appena tracciato, senza ricorrere alla modalità **SLN** delle normali linee (*mostra/nascondi spessore di linea*). Il comando avrà la seguente forma:

Comando: **EDITPL** (editpl) ↵   
 Selezionare la polilinea  
 o [Polilinee]: (selezionare il profilo appena tracciato)  
 Digitare un'opzione [Chiudi/Unisci/Larghezza/Edita vertici/CURva/Spline/Rettifica/Tipolinea gen./ANnulla]: **L** ↵  
 (trasforma la spezzata in una curva)  
 Specificare nuova larghezza per tutti i segmenti: **0.8** ↵  
 Digitare un'opzione [Chiudi/Unisci/Larghezza/Edita vertici/CURva/Spline/Rettifica/Tipolinea gen./ANnulla]: **ESC** o ↵  
 Comando:

Possiamo poi assegnare al profilo il colore **rosso**, ricorrendo al comando di **modifica** degli oggetti **cambia** (oppure richiamando la **tavolozza proprietà** con l'apposita icona presente nella **barra degli strumenti** o, ancora, con la combinazione di tasti **Ctrl+1**) nel seguente modo:

Comando: **CAMBIA** (change) ↵   
 Selezionare oggetti: **U** ↵ trovato(i)  
 1 totale (ultimo oggetto tracciato: il profilo)  
 Selezionare oggetti: ↵  
 (invio per ultimare la selezione)  
 Specificare punto di modifica  
 o [Proprietà]: **P** ↵  
 Digitare la proprietà da modificare  
 [Colore/Elev/Layer/Tipolinea/Scalatl/SPesslin/Altezza/Materiale/annotatiVo]: **C** ↵  
 (per modificare il colore)  
 Nuovo colore [Truecolor/Catalogocolori]  
 <DALAYER>: **ROSSO** ↵  
 Digitare la proprietà da modificare  
 [Colore/Elev/Layer/Tipolinea/Scalatl/SPesslin-/Altezza/Materiale/annotatiVo]: ↵  
 (invio per ultimare il comando)  
 Comando:

Dopo questa attività lo schermo si presenterà come illustrato in ► FIGURA B.

**6. Registro del profilo**

L'esercitazione si esaurisce con la formazione del **registro del profilo**, in cui vengono riportate **distanze** e **quote** di ciascun picchetto. Lasciamo all'esercizio del lettore l'utilizzo del comando **testo** per la realizzazione del registro con l'aspetto illustrato in ► FIGURA C.

# Autovalutazione

## A. Verifica delle conoscenze

### QUESITI VERO/FALSO

- |   | V                        | F                        |  |   |
|---|--------------------------|--------------------------|--|---|
| <b>1</b> La teoria delle proiezioni quotate sono le regole per una rappresentazione naturale  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <b>15</b> Il piano quotato fornisce all'osservatore una rapida ed efficiente sintesi degli aspetti altimetrici del terreno rappresentato | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| <b>2</b> La teoria delle proiezioni quotate utilizza un unico piano di proiezione   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <b>16</b> La rappresentazione a curve di livello è particolarmente efficace per terreni accidentati                                      | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| <b>3</b> Nella teoria delle proiezioni quotate un punto si rappresenta con la sua proiezione sul piano verticale e con la sua quota in cifre      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <b>17</b> Nella rappresentazione a curve di livello si possono individuare le linee di displuvio ma non quelle di compluvio              | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| <b>4</b> La graduazione di una retta ha lo scopo di rendere le informazioni planimetriche della retta leggibili in modo più rapido e più semplice | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <b>QUESITI A RISPOSTA SINGOLA</b>  |   |
| <b>5</b> L'intervallo di graduazione è il dislivello tra due marche della graduazione di una retta  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <b>18</b> Per quale motivo, per rappresentare in modo completo il terreno, è opportuno ricorrere a una rappresentazione convenzionale?   |   |
| <b>6</b> L'equidistanza $e$ è la distanza tra due marche della graduazione di una retta o tra due curve di livello                                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <b>19</b> Quali piani di rappresentazione vengono utilizzati dalla teoria delle proiezioni quotate?                                      |   |
| <b>7</b> L'equidistanza $e$ viene adottata in base alla scala del disegno   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <b>20</b> Come viene rappresentata una retta nello spazio dalla teoria delle proiezioni quotate?   |   |
| <b>8</b> Il rapporto $e/p$ fornisce il valore dell'intervallo di graduazione  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <b>21</b> Che cos'è e a che cosa serve la graduazione di una retta?  |   |
| <b>9</b> Una retta orizzontale è una retta appartenente a un piano la cui pendenza è nulla  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <b>22</b> Con quali criteri viene scelta l'equidistanza per la graduazione di una retta?   |   |
| <b>10</b> Ogni piano inclinato possiede una sola retta di massima pendenza  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <b>23</b> Come viene calcolato l'intervallo di graduazione di una retta?   |   |
| <b>11</b> Una retta di massima pendenza è ortogonale a una retta orizzontale  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <b>24</b> In quale modo la pendenza della retta influisce sul posizionamento delle marche nella graduazione di una retta?                |   |
| <b>12</b> Nella teoria delle proiezioni quotate, una retta di massima pendenza rappresenta un piano   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <b>25</b> Quali tipi di rette sono presenti su un piano inclinato nello spazio?  |   |
| <b>13</b> Una retta di massima pendenza è rappresentata convenzionalmente con una linea tratteggiata  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <b>26</b> Come si procede per individuare la direzione di una retta di massima pendenza di un piano?                                     |   |
| <b>14</b> In un piano quotato si ipotizza che le rette che collegano due punti di quota nota siano a pendenza costante e coincidano col terreno   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <b>27</b> Che cosa rappresentano le linee di compluvio e di displuvio?   |   |
|   |                          |                          | <b>28</b> Descrivere la procedura per determinare la pendenza della retta di massima pendenza di un piano passante per tre punti noti    |   |
|   |                          |                          | <b>29</b> Quali ipotesi vengono assunte nella scelta dei punti di quota nota in una rappresentazione convenzionale a piani quotati?      |   |
|   |                          |                          | <b>30</b> Quali sono le caratteristiche positive e negative della rappresentazione convenzionale a piani quotati?                        |   |
|   |                          |                          | <b>31</b> Quali sono le caratteristiche positive e negative della rappresentazione convenzionale a curve di livello?                     |   |

## B. Verifica delle competenze

### ● Esercizi e problemi

**32** Graduare la proiezione di una retta  $r$  di cui sono note le quote di due punti  $A$  e  $B$  e la loro distanza:

$$Q_A = 121,30 \text{ m} \quad Q_B = 135,70 \text{ m} \quad AB = 128,50 \text{ m}$$

Si determini la pendenza e l'intervallo della retta.  
 $[p = +11,21\%; i = 8,92 \text{ m}]$

**33** Un appezzamento di forma pentagonale  $ABCDE$  è stato rilevato da un punto interno  $P$  di quota nota  $Q_P = 55,20 \text{ m}$ . I dati del rilievo sono i seguenti:

$$PA = 80,10 \text{ m} \quad PB = 81,70 \text{ m} \quad PC = 102,40 \text{ m}$$

$$PD = 86,30 \text{ m} \quad PE = 76,40 \text{ m}$$

$$AB = 130,50 \text{ m} \quad BC = 114,00 \text{ m}$$

$$CD = 80,75 \text{ m} \quad DE = 74,20 \text{ m}$$

$$Q_A = 43,10 \text{ m} \quad Q_B = 45,40 \text{ m} \quad Q_C = 47,30 \text{ m}$$

$$Q_D = 48,30 \text{ m} \quad Q_E = 44,80 \text{ m}$$

Disegnare il piano quotato in scala 1:1000 e trasformarlo in un piano a curve di livello con equidistanza di un metro ( $e = 1 \text{ m}$ ).

**34** Una particella quadrilatera  $ABCD$  è stata rilevata da un punto  $S$ , situato nell'interno della particella, la cui quota è di 250 m. Le operazioni fatte sono raggruppate nel registro riportato a fondo pagina. Disegnare la planimetria della particella supponendola riferita a un sistema di assi che abbia origine nel punto  $S$  e l'asse delle  $Y$  orientato positivamente nella direzione del punto  $A$ . Supponendo l'appezzamento costituito dalle quattro falde triangolari piane  $SAB$ ,  $SBC$ ,  $SCD$ ,  $SDA$ , si determini la massima pendenza di ciascuno dei quattro piani sopra citati.

$$[p_1 = 9,75\%; p_2 = 11,96\%; p_3 = 14,46\%; p_4 = 11,93\%]$$

**35** Un appezzamento triangolare  $ABC$  è stato rilevato attraverso la misura dei lati e le quote dei vertici:

$$AB = 35,00 \text{ m} \quad BC = 31,00 \text{ m} \quad CA = 29,00 \text{ m}$$

$$Q_A = 115,00 \text{ m} \quad Q_B = 120,00 \text{ m} \quad Q_C = 130,00 \text{ m}$$

Calcolare il valore della pendenza massima del piano passante per i vertici del triangolo.

$$[p_{\max} = 54,32\%]$$

**36** L'allineamento  $AC$  a pendenza costante è determinato dalle coordinate planimetriche dei punti  $A$  e  $C$ :

$$X_A = -70,40 \text{ m} \quad X_C = -360,20 \text{ m}$$

$$Y_A = +580,30 \text{ m} \quad Y_C = -430,80 \text{ m}$$

$$Q_A = +130,10 \text{ m} \quad Q_C = +160,90 \text{ m}$$

L'allineamento  $BD$ , anch'esso a pendenza costante, incontra in un punto  $M$  l'allineamento  $AC$ . Si conoscono:

$$X_B = -241,30 \text{ m} \quad X_D = +591,40 \text{ m}$$

$$Y_B = -400,80 \text{ m} \quad Y_D = 0,00 \text{ m}$$

$$Q_B = +135,10 \text{ m}$$

Si determinino le quote di  $M$  e di  $D$ . Si calcolino le coordinate di  $M$  e si controllino i risultati grafici col calcolo analitico.

$$[X_M = -369,25 \text{ m}; Y_M = -462,39; Q_D = -39,05 \text{ m}]$$

**37** Con una stazione totale collocata nel vertice  $A$  di una particella quadrilatera  $ABCD$ , sono stati rilevati i vertici  $B$ ,  $C$ ,  $D$ . I dati del rilievo sono raccolti nel libretto di campagna riportato alla pagina successiva.

Il cerchio orizzontale procede con graduazione destrogira. La quota del punto  $A$  vale  $Q_A = 125,00 \text{ m}$ . Calcolare le quote dei vertici  $B$ ,  $C$ ,  $D$  e l'area della particella. Supposto che, dal punto di vista altimetrico, le falde triangolari  $ABC$  e  $ACD$  combacino col terreno, determinare la pendenza massima dei piani  $ABC$  e  $ACD$  e disegnare, in scala a piacere, il profilo del terreno secondo la congiungente  $BD$ .

$$[Q_B = 144,46 \text{ m}; Q_C = 138,22 \text{ m}; Q_D = 153,13 \text{ m}; S = 10937,42 \text{ m}^2; p_{1\max} = 17,82\%; p_{2\max} = 23,99\%]$$

**38** In una zona lievemente accidentata si è eseguita una piccola triangolazione i cui vertici  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$ ,  $E$ ,  $F$ ,  $G$ ,  $H$  formano una rete di triangoli:  $ABH$ ,  $BCH$ ,  $CDH$ ,  $DFH$ ,  $GAH$ ,  $FDE$ . Il punto  $H$  è stato scelto in posizione centrale rispetto al poligono chiuso  $ABCDFG$  e il punto  $E$  esterno rispetto al poligono predetto. Sono state misurate le lunghezze dei lati:

$$HC = 375 \text{ m} \quad HB = 315 \text{ m} \quad BC = 490 \text{ m}$$

$$HA = 350 \text{ m} \quad BA = 326 \text{ m} \quad HF = 350 \text{ m}$$

$$GF = 325 \text{ m} \quad HD = 340 \text{ m} \quad FD = 390 \text{ m}$$

$$FE = 320 \text{ m} \quad DE = 380 \text{ m} \quad HG = 330 \text{ m}$$

$$AG = 280 \text{ m}$$

Stazione	Punti collimati	Lecture al cerchio		Distanza (m)	H mira (m)	Note
		orizzontale	verticale			
S h = 1,350 m	A	0°0000	103°1358	115,32	1,778	Q <sub>S</sub> = 250 m
	B	89°1512	94°1204	121,36	1,342	
	C	205°7531	96°3549	129,18	2,406	
	D	321°9969	108°2345	122,13	2,628	

Stazione	Punti collimati	Angoli orizzontali	Angoli verticali	Distanza (m)	H mira (m)
A $h = 1,40$ m	B	0°,0000	88°,3741	110,43	2,313
	C	45°,8889	92°,8185	115,32	1,242
	D	129°,5556	85°,3256	120,75	1,607

Le lettere nei vertici si susseguono nel senso antiorario. Le quote hanno i seguenti valori:

$$\begin{aligned}
 Q_A &= 108 \text{ m} & Q_B &= 110 \text{ m} \\
 Q_C &= 120 \text{ m} & Q_D &= 125 \text{ m} \\
 Q_E &= 121 \text{ m} & Q_F &= 117 \text{ m} \\
 Q_G &= 112 \text{ m} & Q_H &= 115 \text{ m}
 \end{aligned}$$

I lati della triangolazione suddividono la zona in facce triangolari piane. Si trasformi il piano quotato così determinato in un piano a curve di livello con equidistanza di 2 m e successivamente si intercali in ogni striscia una curva in modo che l'equidistanza diventi 0,5 m. Disegno in scala 1:500.

**39** Di un piano si conoscono le quote e le reciproche distanze di tre punti  $A, B, C$ :

$$\begin{aligned}
 AB &= 175,00 \text{ m} & BC &= 140,00 \text{ m} & CA &= 210,00 \text{ m} \\
 Q_A &= 110,00 \text{ m} & Q_B &= 135,00 \text{ m} & Q_C &= 120,00 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Determinare: 1) il valore della pendenza massima relativa al piano su cui giacciono i punti dati; 2) la posizione dei punti  $G$  e  $H$  rispettivamente di quota  $Q_G = 115,00$  m e  $Q_H = 120,00$  m sulla bisettrice dell'angolo nel vertice  $A$  del triangolo  $ABC$ .

$$[p_{\max} = 16,88\%; AG = 49,11 \text{ m}; AH = 98,22 \text{ m}]$$

**40** Si conoscono le coordinate planimetriche e le quote di tre punti  $A, B, C$ :

$$\begin{aligned}
 X_A &= -101,50 \text{ m} & X_B &= +42,30 \text{ m} & X_C &= +147,20 \text{ m} \\
 Y_A &= -28,75 \text{ m} & Y_B &= +135,40 \text{ m} & Y_C &= -151,36 \text{ m} \\
 Q_A &= +101,25 \text{ m} & Q_B &= +93,70 \text{ m} & Q_C &= +105,30 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Calcolare la pendenza massima del piano passante per i tre punti e la quota del baricentro del triangolo.

$$[p_{\max} = 4,23\%; Q_G = 100,08]$$

**41** Si conoscono le coordinate planimetriche e le quote dei vertici di una rete di 14 triangoli:  $MAB, MBC, MCN, MNI, MIL, MLA, PCD, PDE, PEF, PFG, PGN, PNC, NGH, NHI$ . I dati sono riportati nella tabella a fianco.

Trasformare il piano quotato in piano a curve di livello con equidistanza di 4 m dopo aver disegnato la planimetria in scala 1:2000. Dopo avere tracciato le curve di livello con l'equidistanza di 4 m si traccino quelle con equidistanza di 2 m. Si costruisca poi il profilo del terreno secondo la direzione che collega i vertici  $M$  ed  $N$ . Tale profilo deve estendersi da un estremo all'altro del piano. Si determini poi l'intersezione con la superficie topografica di una retta oggettiva che si proietti

Punti	Ascisse (m)	Ordinate (m)	Quote (m)
A	-260	+70	139,00
B	-184	-40	147,30
C	-64	-96	145,50
D	+110	-210	129,00
E	+270	-208	136,00
F	+340	-50	142,70
G	+262	+114	150,00
H	+150	+250	147,30
I	-40	+196	142,00
L	-200	+184	145,00
M	-82	+58	155,40
N	+66	+96	160,90
P	+156	-44	138,50

secondo la direzione  $MN$  e abbia la quota corrispondente al punto  $M$  di 150 m e quella corrispondente al punto  $N$  di 156 m. Per il profilo si assuma il piano di riferimento a quota 135 e la scala per le quote 1:200. Si calcoli la pendenza della retta oggettiva  $MN$ .

$$[p_{MN} = 4,19\%]$$

**42** L'appezzamento triangolare  $ABC$  è dato mediante le coordinate e le quote dei suoi vertici:

$$\begin{aligned}
 X_A &= 0,00 \text{ m} & X_B &= +150,00 \text{ m} & X_C &= +50,70 \text{ m} \\
 Y_A &= +90,50 \text{ m} & Y_B &= 0,00 \text{ m} & Y_C &= +185,20 \text{ m} \\
 Q_A &= 127,30 \text{ m} & Q_B &= 121,50 \text{ m} & Q_C &= 130,70 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Supponendo la superficie dell'appezzamento combaciante con il piano passante per i tre punti  $A, B, C$ , determinare: 1) le coordinate e la quota del baricentro del triangolo; 2) il valore della pendenza massima del piano individuato dai tre vertici. Infine, tracciare sul grafico le orizzontali con equidistanza di 2 m.

$$\begin{aligned}
 [X_C &= +66,90 \text{ m}; Y_C = +91,90; \\
 Q_C &= 126,50 \text{ m}; p = 4,86\%]
 \end{aligned}$$

### Risultati dei quesiti vero/falso

1F, 2V, 3F, 4F, 5F, 6F, 7V, 8V, 9V, 10F, 11V, 12V, 13F, 14V, 15F, 16V, 17F.