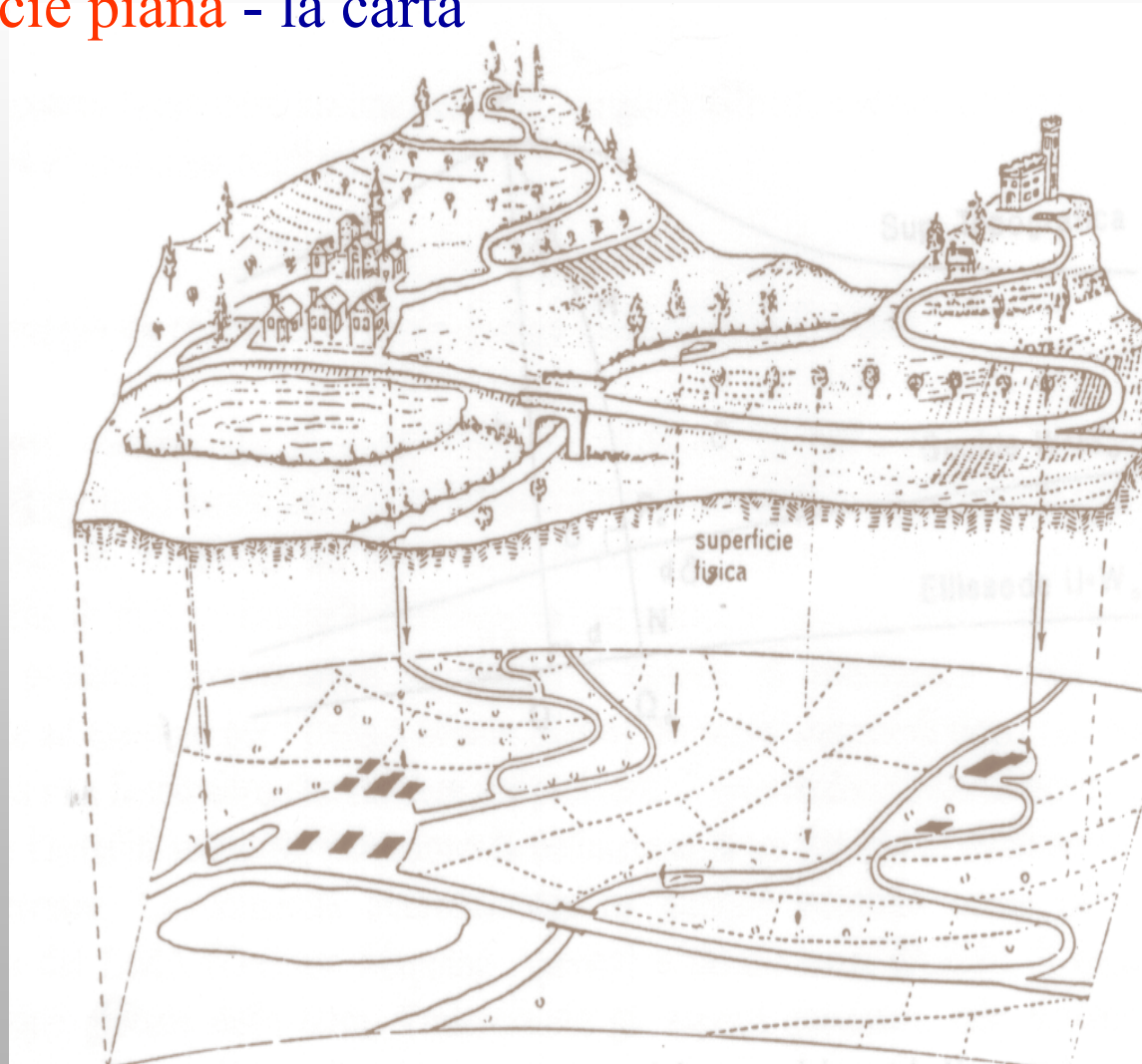


Tecnologie per i Beni Culturali
Corso di Cartografia tematica
Dott. Maria Chiara Turrini

Cartografia di base

Per **CARTOGRAFIA** si intende la disciplina che studia le modalità di rappresentazione della **superficie curva** della terra su una **superficie piana** - la carta



GEODESIA

"Scienza che studia la forma e le dimensioni della terra, la determinazione della posizione dei punti sulla superficie della terra e nello spazio esterno, la determinazione del campo della gravità nello stesso dominio e le variazioni nel tempo di tali grandezze."

CARTOGRAFIA

"Fornisce una possibile descrizione della forma e dimensione della terra, dei suoi particolari naturali e artificiali."

FUNZIONI DI BASE DELLA CARTOGRAFIA

dare una conoscenza del territorio sia **puntuale** (basata sull'osservazione di ogni singolo oggetto) che **generale** (visione d'insieme)

consentire di sviluppare processi logici di tipo deduttivo e induttivo in funzione di relazioni di **concomitanza, vicinanza, frequenza,...**

fungere da supporto di base per **classificazioni, pianificazione, progettazione e gestione del territorio**

CARTOGRAFIA DI BASE

documento cartaceo su cui viene riportata **in proiezione** e secondo **coordinate geografiche** la morfologia e gli aspetti antropici di una porzione di territorio

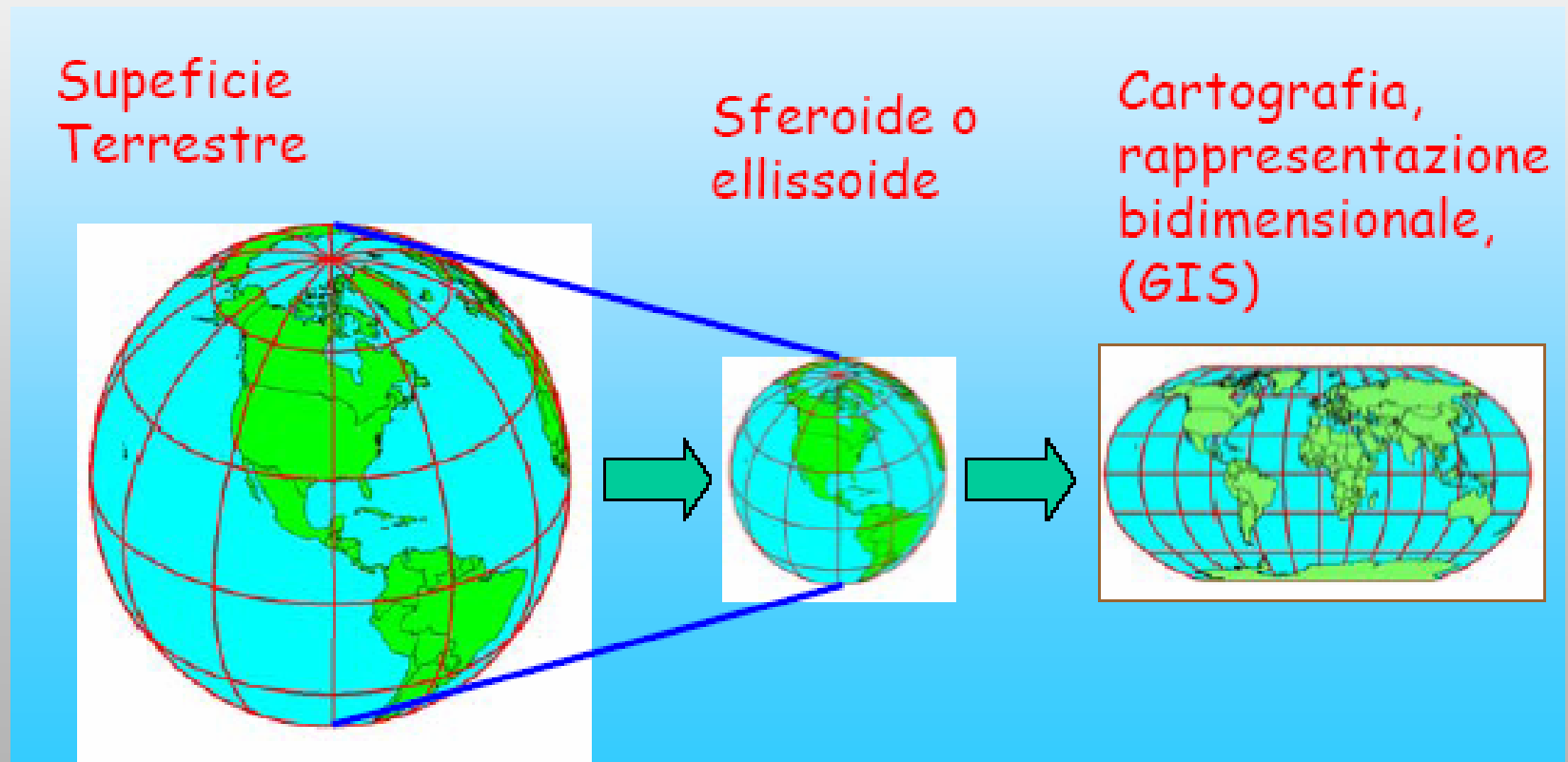
Deve permettere di ricavare le relazioni di posizione esistenti sul terreno tra i particolari rappresentati sulla carta.

CARATTERISTICHE FONDAMENTALI

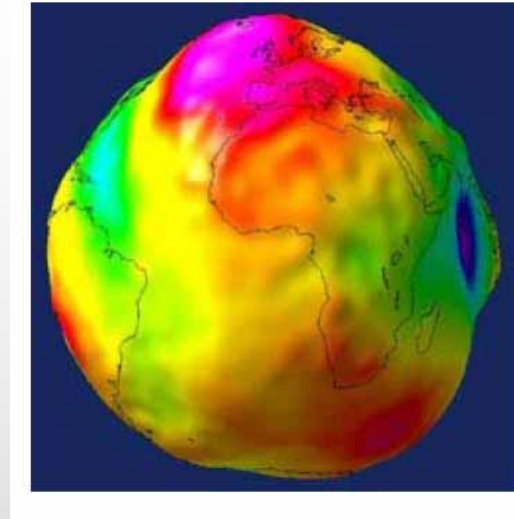
- **Rete di inquadramento vincolata su punti fissi a terra** (punti trigonometrici)
- **Indicazioni altimetriche** (punti quotati, isoipse)
- **Riferimenti topografici essenziali** (vie di comunicazione, aree urbanizzate)
- **Rappresentazione della idrografia di superficie** (fiumi, laghi, sorgenti)

Dalla superficie terrestre alla cartografia

Scopo è quello di sviluppare la superficie della terra sul piano.



Assunzioni principali



- La terra non è sferica
- La necessità di modellare la terra ci conduce a creare, definire e usare dei sistemi di riferimento (**DATUM**)
- La necessità di passare da un modello 3d ad uno bidimensionale ci porta a creare, definire ed usare **sistemi di proiezione cartografica**
- La necessità di definire la posizione e l'altezza di un punto ci porta ad usare i **sistemi di coordinate**

COSTRUZIONE DELLA CARTA

In base alla costruzione della carta:

Carte rilevate: sono costruite in base a rilievi diretti sul terreno: la posizione degli elementi viene realizzata con misure geodetiche, topografiche e fotogrammetriche

Carte derivate: sono costruite a partire da una riduzione di una o più carte esistenti (rilevate o a loro volta derivate) a scala maggiore

esempio: cartografia ufficiale italiana IGMI

carta rilevata = carta a scala 1:25.000 (tavoleta)

carte derivate = carte a scala 1:50.000 (quadrante) e 1:100.000 (foglio).

CARTA GEOGRAFICA

Rappresentazione **RIDOTTA APPROSSIMATA SIMBOLICA**
della superficie terrestre

RIDOTTA → SCALA (1:25.000)

APPROSSIMATA → PROIEZIONI

SIMBOLICA → LEGENDA

SCALA

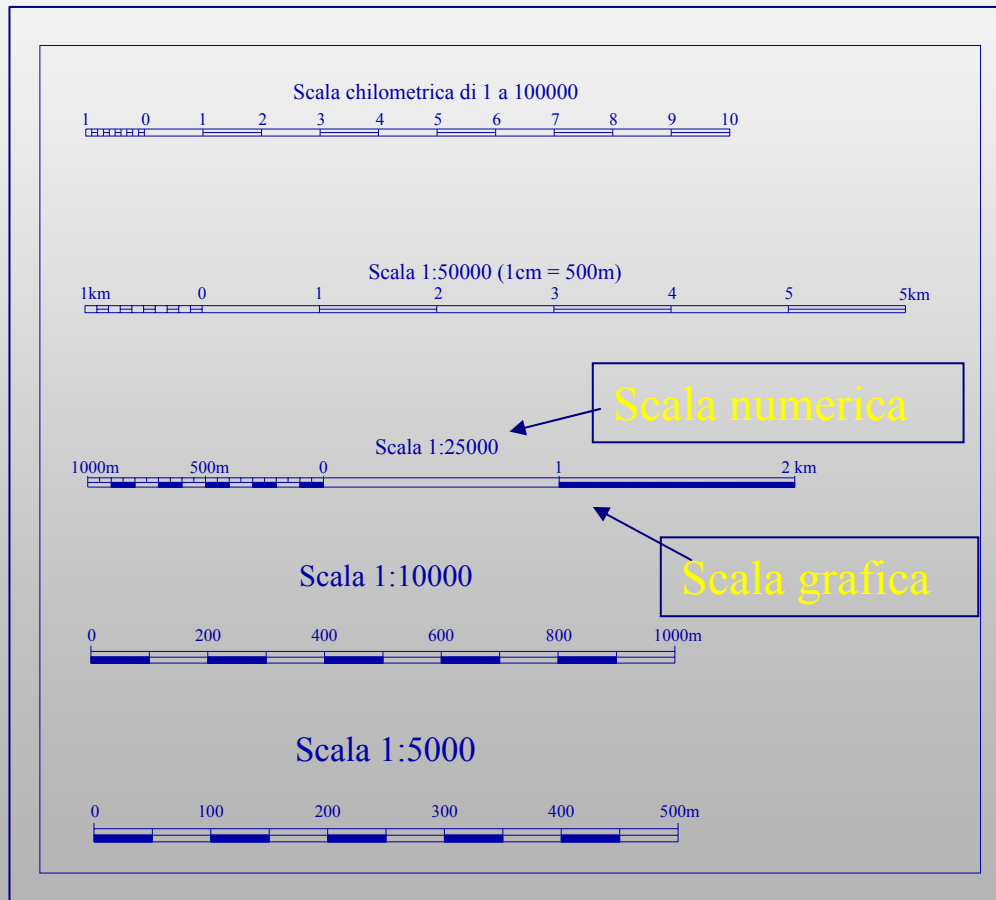
Indica il fattore di riduzione della rappresentazione cartografica rispetto alla realtà rappresentata, ed è definita dal rapporto fra una distanza misurata tra due punti sulla carta e la corrispondente distanza misurata sul terreno.

Grande scala 1:1.000
1:10.000

Piccola scala 1:100.000
1:1.000.000

SCALA

Il numero delle informazioni fornite dalla cartografia di base dipende dalla scala della carta



$$S = \frac{l}{L} = \frac{1}{n}$$

l = lunghezza sulla carta

L = Lunghezza reale

PIANTE	$S \Rightarrow 1:1.000$
MAPPE	$1:10.000 < S \leq 1:1.000$
CARTE TOPOGRAFICHE	$1:100.000 \leq S < 1:10.000$
CARTE COROGRAFICHE	$1:1.000.000 \leq S < 1:100.000$
CARTE GENERALI	$1:1.000.000 \leq S < 1:30.000.000$
PLANISFERI	$S < 1:30.000.000$

Maggiore è la scala della carta e maggiore è il numero di particolari rappresentati.

Riguardo ai particolari rappresentati, essi saranno in scala se la loro grandezza lo consente. In caso contrario si dovrà ricorrere a segni convenzionali.

Cartografia a PICCOLA scala

- Si utilizza per rappresentare grandi porzioni di territorio di cui fornisce numerose informazioni:

centri urbani (schematizzati), viabilità, idrografia, curve di livello (orografia), manufatti significativi e toponomastica, ovvero i nomi associati ai fiumi e agli abitati.

ESEMPIO: Scala 1:250.000 ovvero ad 1 cm corrispondono 250.000 cm, uguali cioè a 2500 m quindi a 2.5 km

Cartografia a MEDIA scala

- Si utilizza per rappresentare dettagli a un discreto livello del territorio di cui fornisce numerose informazioni:

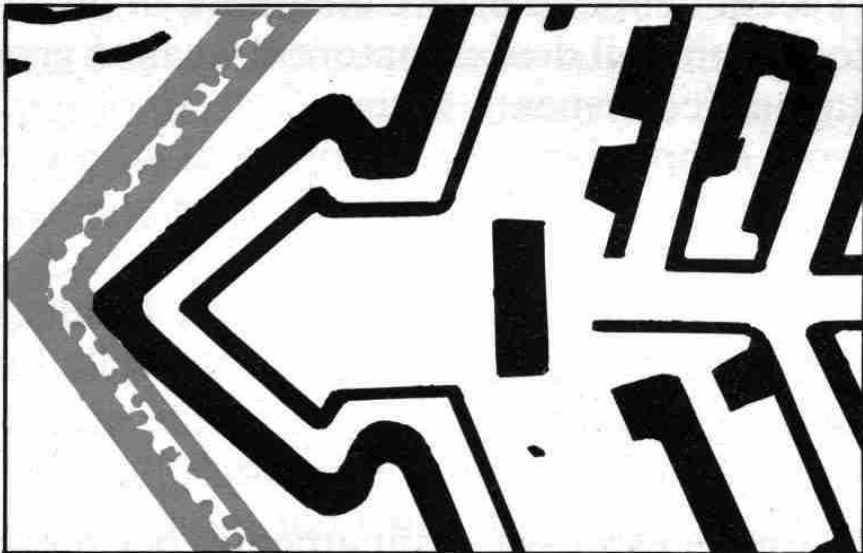
centri urbani (schematizzati), viabilità, idrografia, curve di livello (orografia), manufatti significativi e toponomastica, ovvero i nomi associati non solo ai fiumi e agli abitati, ma anche la denominazione delle località.

ESEMPIO: Scala 1:25.000 ovvero ad 1 cm corrispondono 25.000 cm, uguali cioè a 250 m quindi a 0.250 km

Cartografia a GRANDE scala

- Serve a rappresentare le aree urbane e permette di riconoscere i dettagli degli abitati, quali gli edifici, i marciapiedi, le aiuole di una città.
- Carta Catastale, su cui vengono riportati i confini delle particelle e dei palazzi, nonché i singoli appartamenti.

ESEMPIO: Scala 1:5.000 ovvero ad 1 cm corrispondono 5.000 cm, uguali cioè a 50 m quindi a 0.50 km



PIANTA O MAPPA

Scala 1:5000



CARTA TOPOGRAFICA

Scala 1:100.000



CARTA COROGRAFICA

Scala 1:500.000



CARTA GEOGRAFICA

Scala 1:5.000.000

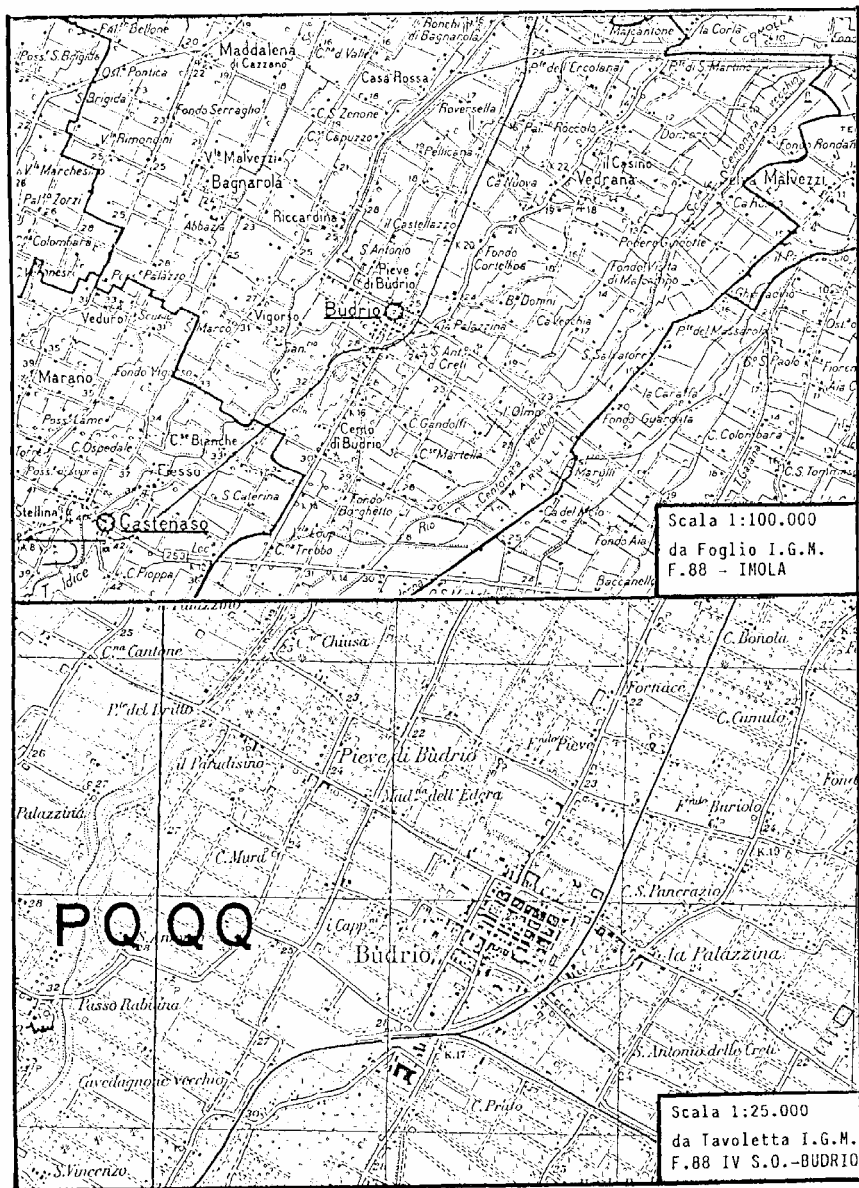


Tavola 7a — Stralci di cartografie di base alle differenti scale (1:100.000 e 1:25.000 dell'Istituto Geografico Militare Italiano — I.G.M.I.) (dai tipi dell'I.G.M.I., aut. n. 2940 del 30/12/1988).

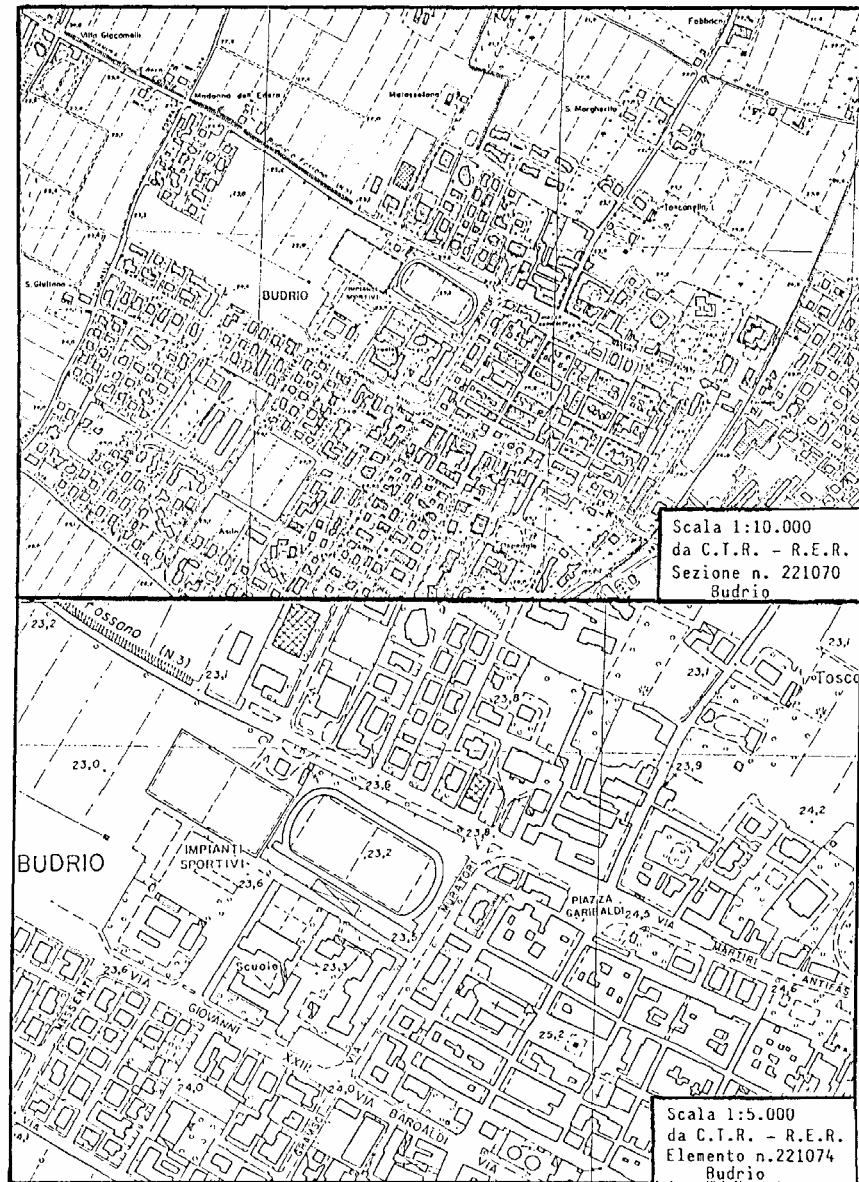


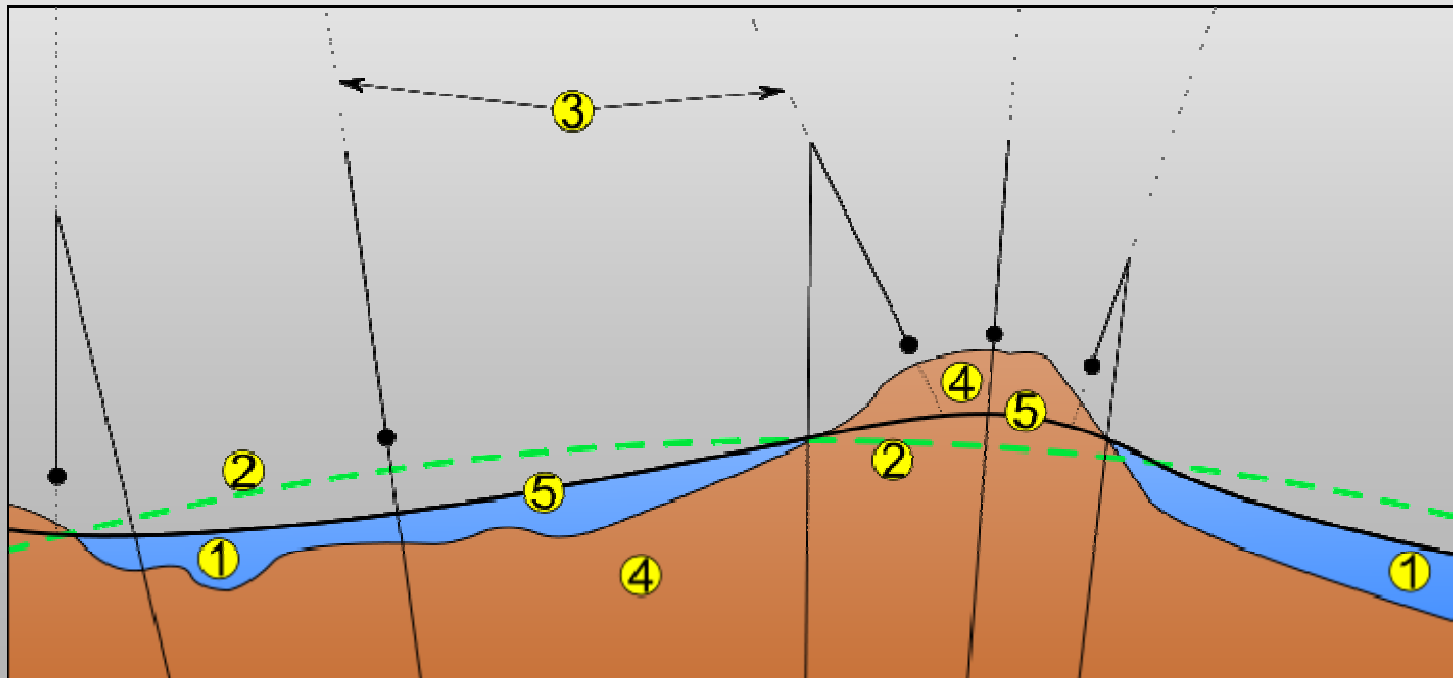
Tavola 7b — Stralci di cartografie di base alle differenti scale (1:10.000 e 1:5.000 della Regione Emilia-Romagna — R.E.R.).

FORMA DELLA TERRA

Forza di gravità → SFERA

Forza gravità + forza centrifuga → SFEROIDE → ELLISSOIDE

Masse continentali → GEOIDE → Superficie coincidente con il livello degli oceani, perpendicolare in ciascun punto al filo a piombo



1. Ocean
2. Ellipsoid
3. Local plumb
4. Continent
5. Geoid

GEOIDE

Il geoide “coinciderebbe con la superficie dei mari opportunamente prolungata sotto le terre emerse, qualora l’acqua dei mari avesse la stessa temperatura, la stessa densità e non esistessero le perturbazioni dovute alle correnti, ai venti ed alle maree” (G. Inghilleri)

Il geoide è la forma geometrica che tiene conto dello sferoide e delle variazioni di gravità

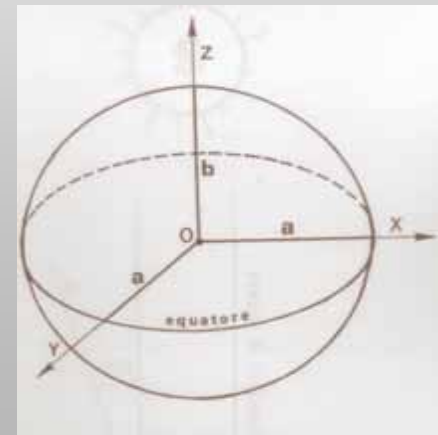
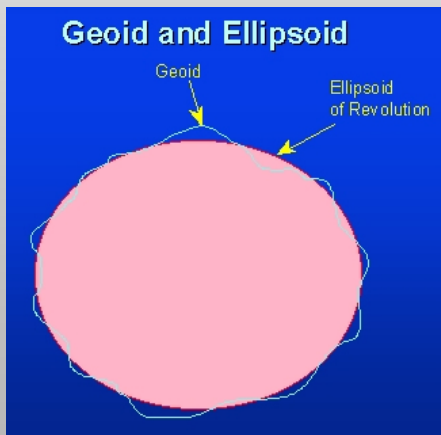
Si può anche pensare come la superficie equipotenziale del campo gravitazionale passante per il livello medio dei mari.

La superficie del geoide è irregolare.

La forma del geoide dipende puntualmente dalla direzione della verticale e la determinazione della sua espressione analitica richiederebbe la conoscenza della densità della terra in ogni punto.

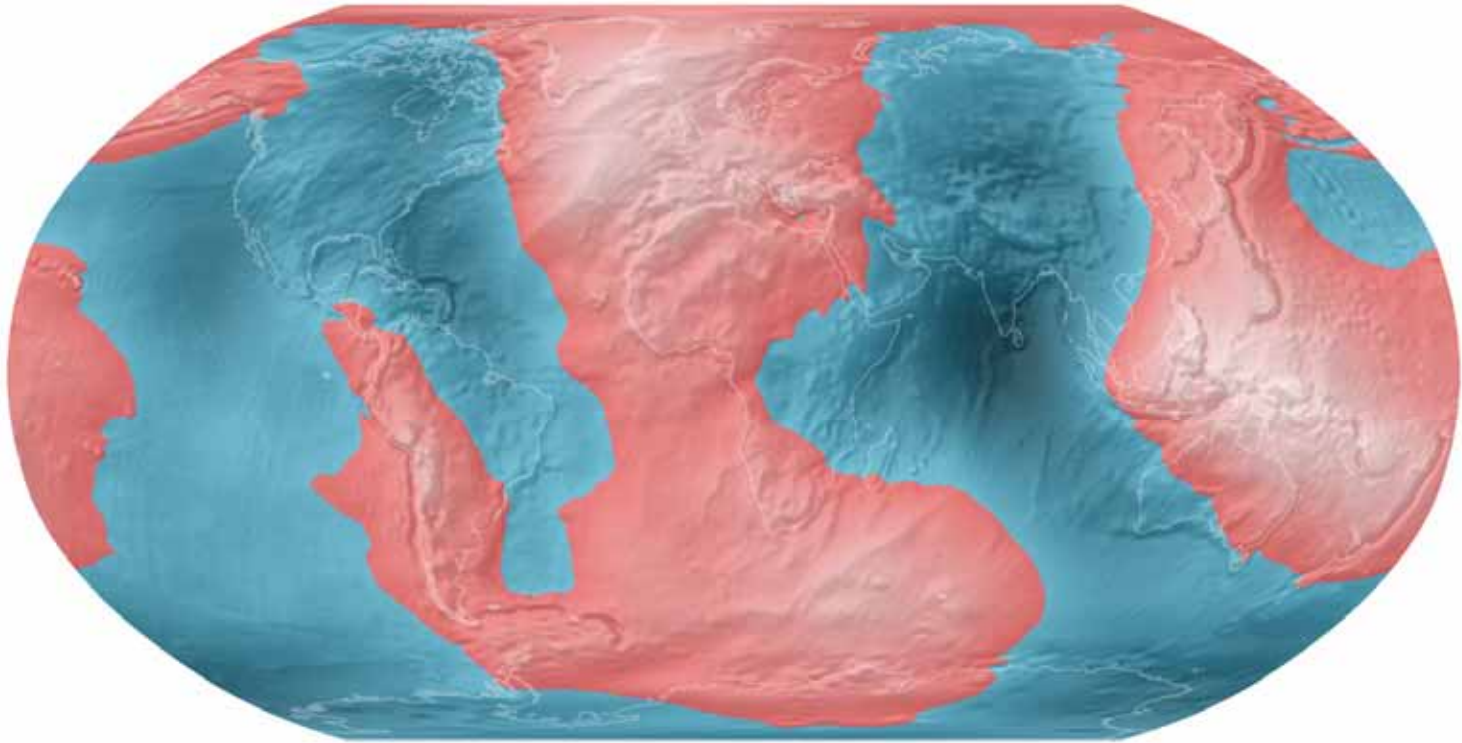
La superficie regolare che meglio approssima il geoide è quella di un **ellissoide di rotazione** di equazione:

$$\frac{X^2 + Y^2}{a^2} + \frac{Z^2}{b^2} = 1$$



Deviation of the Geoid from the idealized figure of the Earth

(difference between the EGM96 geoid and the WGS84 reference ellipsoid)



Red areas are above the idealized ellipsoid; blue areas are below.



Lo scostamento massimo fra geoidi e ellissoide dipende dall'ellissoide scelto e può arrivare fino a circa 400 m.

a è il semiasse maggiore o equatoriale dell'ellissoide;

b è il semiasse minore;

un altro parametro dell'ellissoide è l'eccentricità “ e ”,

dove:
$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2}$$

$$s = \frac{(a - b)}{a}$$

oppure lo schiacciamento

I parametri degli ellipsoidi più utilizzati sono:

Bessel (1841) $a=6377397$ m $s=1/299.2$

Clarke (1880) $a=6378243$ m $s=1/293.5$

Helmert (1906) $a=6378140$ m $s=1/298.3$

Hayford (1909) $a=6378388$ m $s=1/297.0$ ellissoide internazionale

Krassovsky(1942) $a=6378245$ m $s=1/298.3$

WGS84 (1984) $a=6378137$ m $s=1/298.3$

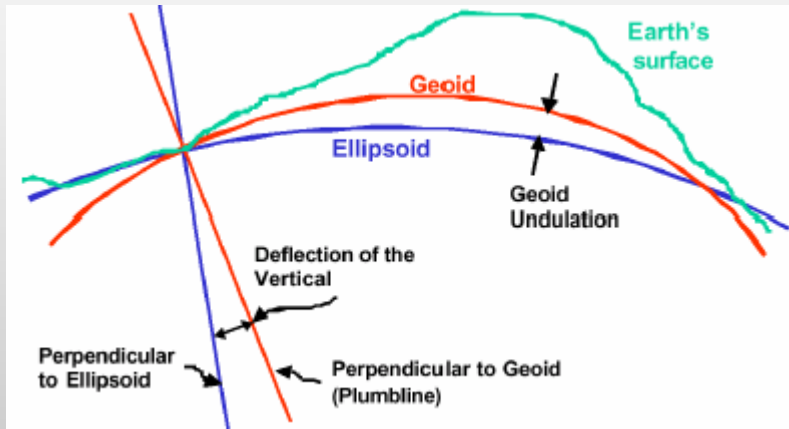
ELLIPSOIDE

- E' un oggetto matematicamente definito che approssima la superficie e la forma della terra
- Deve essere fissato un punto di origine e di orientazione rispetto alla terra
- Definisce una superficie orizzontale di riferimento
- Ne esistono molti
 - Storicamente non vi è mai stata la necessità di operare con un sistema univoco mondiale
 - Ci sono molti datum che permettono di massimizzare l'accuratezza in ambiti locali (stati, continenti)
- Datum differenti danno differenti coordinate per lo stesso punto
- Solo negli ultimi anni vi è stata la necessità di avere a disposizione un unico datum mondiale con origine al centro della terra (**WGS 84**)

SUPERFICI TOPOGRAFICA, GEOIDICA ED ELLISSOIDICA

- La **superficie topografica** è quella che vediamo e su cui viviamo
- La **superficie geoidica** è quella che esiste in virtù dell'esistenza dell'attrazione gravitazionale
- La **superficie ellissoidica** è un'astrazione matematica, cioè una semplificazione, un modello della realtà che può essere descritto analiticamente con relativa facilità

SUPERFICI TOPOGRAFICA, GEOIDICA ED ELLISSOIDICA



La verticale al geoido, coincidente con la direzione del filo a piombo, non necessariamente coincide con la verticale geometrica all'ellissoide. L'angolo tra le due verticali si chiama deflessione della verticale.

Definizione di DATUM

Il **datum** è il tipo di ellissoide con le sue caratteristiche geometriche e la sua posizione rispetto al geoide.

Le informazioni geografiche sono tra loro sovrapponibili correttamente solo se hanno alla base lo stesso datum.

Per definire il datum occorre definire un ellissoide che, almeno per un'area circoscritta, coincida con la superficie della Terra.

Per ottenere tale coincidenza bisogna imporre che, in un determinato punto (**punto di emanazione**) della sua superficie, siano definite le coordinate geografiche di quel punto (latitudine e longitudine) per via astronomica, cioè facendo riferimento alle stelle e ai meridiani celesti.

Nel punto di emanazione la normale alla superficie ellissoidica coincide con la verticale al geoide: il geoide e l'ellissoide sono tangenti nel punto di emanazione.

Un ellissoide così orientato approssima molto bene la superficie terrestre per un intorno molto vasto delle dimensioni di uno Stato o anche di un continente.

Il datum è un parametro di trasformazione definito da due aspetti:

- l'ellissoide di riferimento scelto per approssimare la dimensione e la forma della Terra
- l'orientamento dell'ellissoide, ossia il suo posizionamento rispetto alla superficie terrestre reale

Possono distinguersi due specie di datum:

- Datum locali, che accostano l'ellissoide di riferimento alla superficie terrestre in un punto particolare per migliorare localmente l'accuratezza del modello
- Datum globali, che sono orientati al centro della Terra e sono utilizzati per funzionare globalmente

WGS84 (Datum globale)

World Geodetic System 84 usa un proprio ellissoide (WGS84); è usato dalla rete di rilevamento satellitare GPS

ED50 (Datum locale)

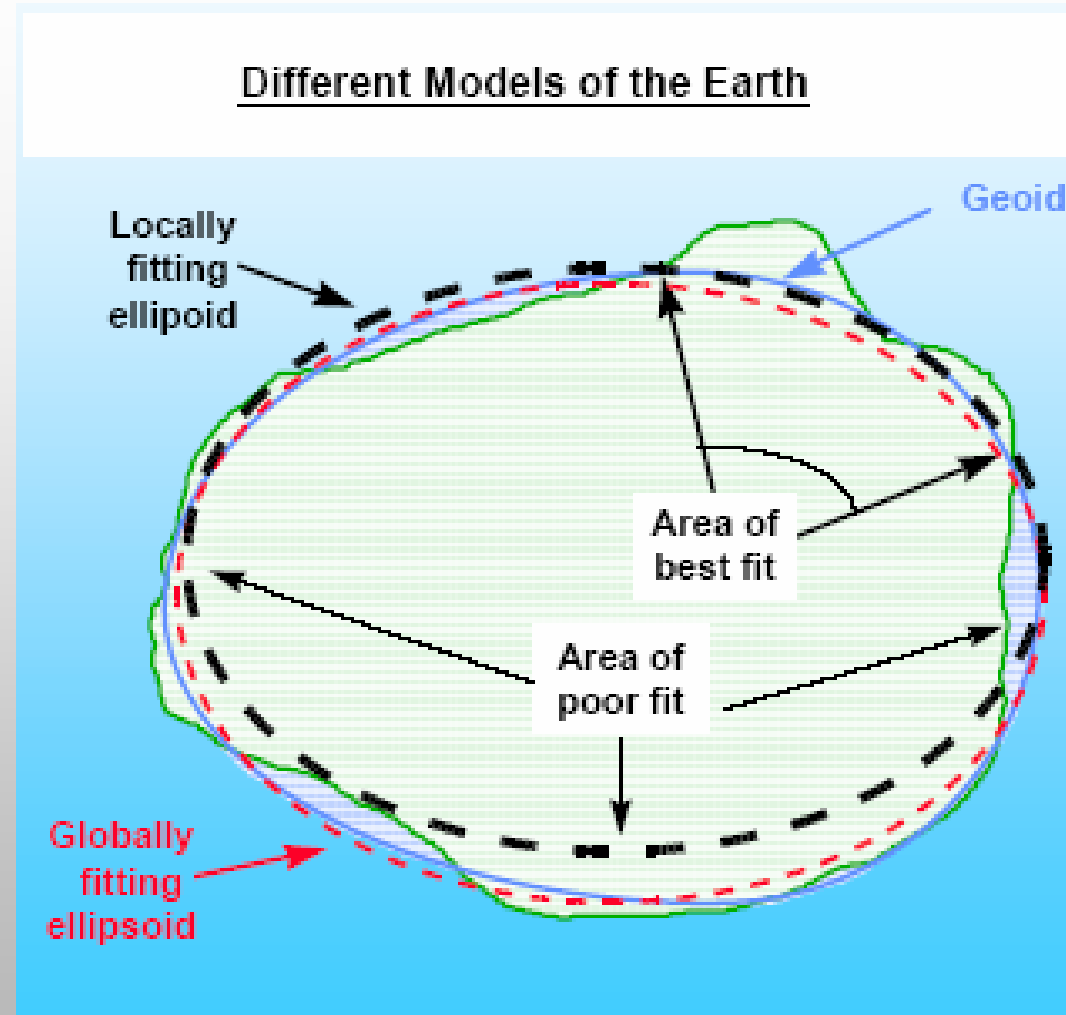
European Datum 1950 (ED50) usa l'ellissoide internazionale 1924 (Hayford), è orientato a Postdam (Germania) ed è stato creato per l'uso in Europa; è il datum utilizzato nella produzione cartografica IGM recente

ROMA40 (Datum locale)

Roma 1940 usa l'ellissoide internazionale di Hayford ed è orientato a Monte Mario (Roma); è il datum utilizzato nella produzione cartografica IGM fino alla fine degli anni '80, e ancora in uso nella Cartografia Tecnica Regionale

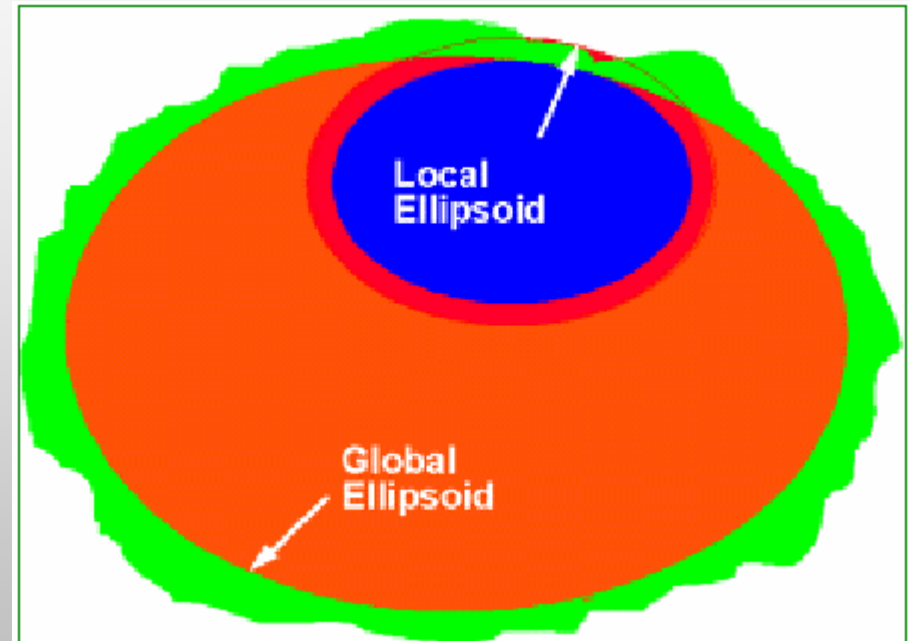
ELLISSOIDE

- La distanza dei punti tra geoida ed ellissoide varia con la posizione
- Ellissoide con posizionamento al centro della terra global fitting
-WGS84
- Ellissoide con posizionamento locali local fitting
- ED50, Monte Mario



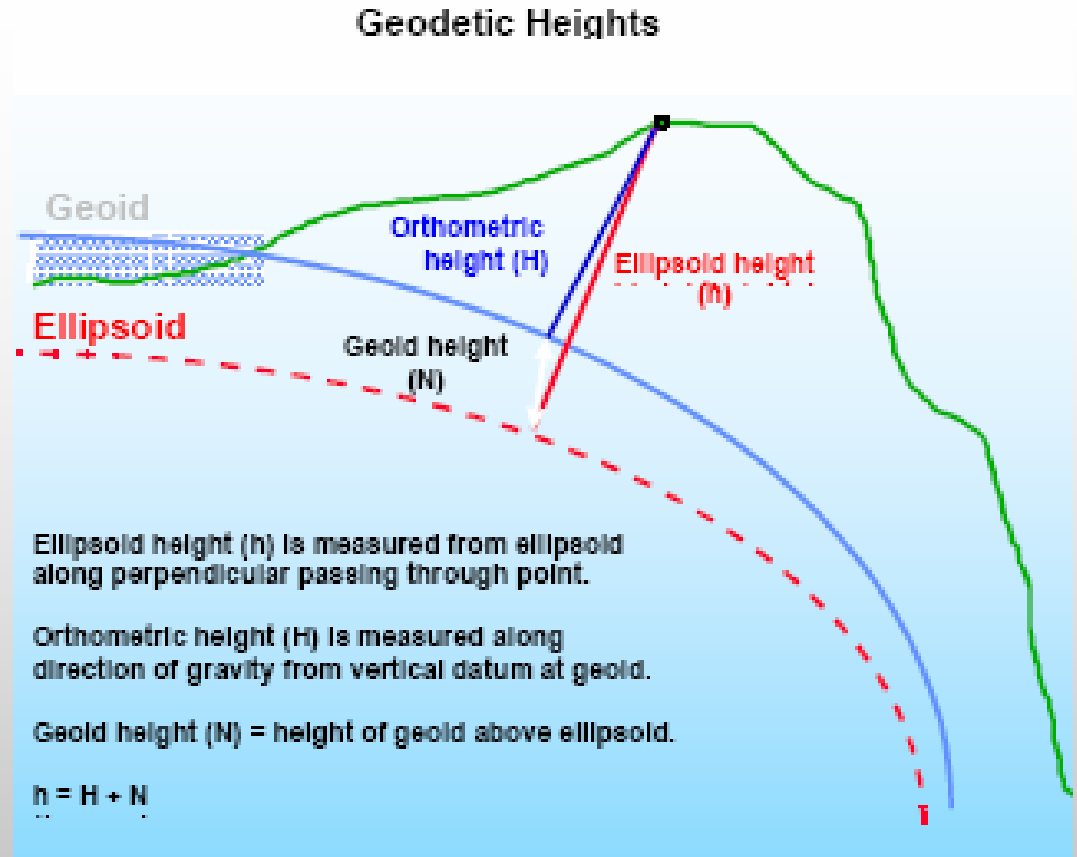
Ellissoide locale

Ellissoide orientato con misure astrogeodetiche locali (punto di emanazione) in modo da coincidere localmente con il geoide
(nel punto di emanazione la normale ellissoidica coincide con la verticale al geoide)
Gli ellissoidi locali hanno un baricentro che non coincide con il centro della Terra



Altezza geodetica

- h - altezza di un punto sopra l'ellissoide
- H - altezza di un punto sopra il livello medio del mare o geoid
- N – altezza del Geoide sopra l'ellissoide



GPS funzionano in WGS 84. I GPS danno h (altezza sopra l'ellissoide)
Usualmente si usa H s.l.m.
La conversione tra H e h può dare un errore di circa 1 o 2 metri.

Coordinate

- Le **coordinate geografiche** si misurano in **longitudine** e **latitudine**, cioè angoli misurati in gradi, dal centro della Terra ad un punto della superficie dell'ellissoide. Gli assi del sistema di riferimento sono l'equatore e il meridiano fondamentale.
- Le **coordinate cartesiane** si basano su un sistema di due **assi ortogonali (x, y)**. La localizzazione di un punto è dato dall'intersezione dei due valori. Gli assi di riferimento sono l'equatore e un meridiano fondamentale che, di solito, non è quello usato per le coordinate geografiche.
- Le coordinate geografiche (λ , φ) e quelle planimetriche (x, y) sono misurate sulla superficie dell'ellissoide di riferimento
- La quota (h o z) (altimetria) è misurata a partire dalla superficie del geoide (livello medio marino)

LE COORDINATE GEOGRAFICHE

Paralleli

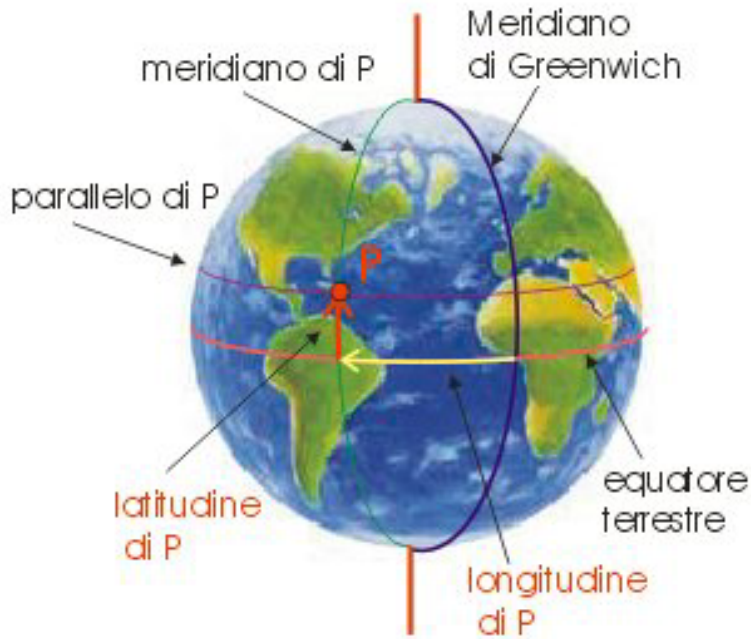
- Linee di intersezione con la superficie terrestre di piani perpendicolari all'asse terrestre
- Linee che uniscono punti con identico valore di latitudine

Meridiani

- Linee di intersezione con la superficie terrestre di piani contenenti l'asse terrestre e passanti per i poli
- Linee che uniscono punti con identico valore di longitudine

Le **coordinate geografiche** sono coordinate ellissoidiche, perciò “sferiche” perché designano la posizione dei punti su una superficie ellissoidica.

- Latitudine e longitudine vengono misurate in gradi e frazioni di grado (gradi sessagesimali g° m' s'' o decimali g.ms)
- Tutti i punti che si trovano sull'Equatore hanno latitudine 0°, mentre il valore massimo possibile per la latitudine nord o sud è 90° ai poli
- Tutti i punti del meridiano iniziale hanno longitudine 0° ed il valore massimo possibile si ha sull'antimeridiano corrispondente che ha longitudine 180°

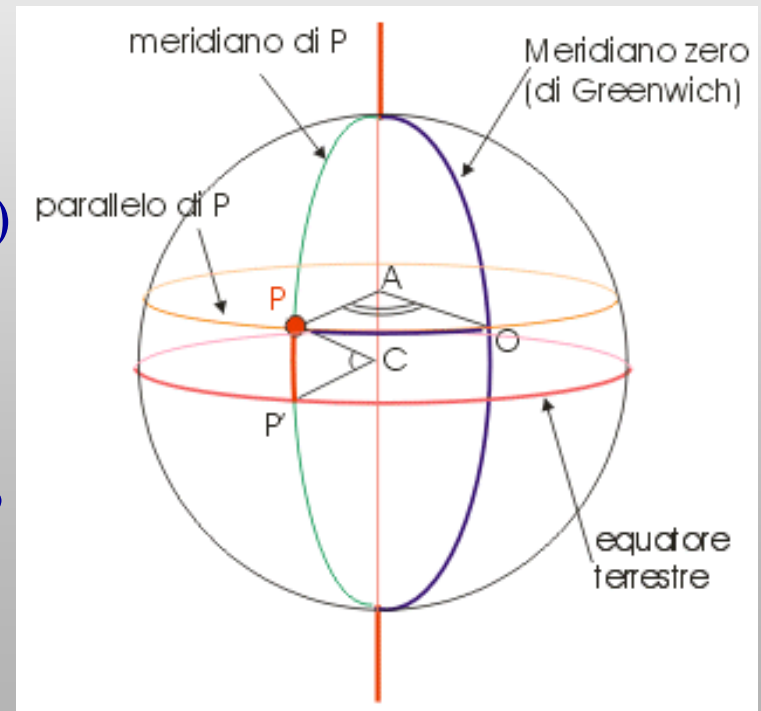


La **latitudine** geografica è la distanza angolare di un punto (**P**) dall'equatore misurata lungo il meridiano che passa per quel punto (*angolo sotteso dall'arco di meridiano che unisce il punto all'equatore*).

Si misura verso nord o verso sud, da 0° a 90°

La **longitudine** geografica di un luogo (**P**) è l'angolo tra il meridiano del luogo e il meridiano fondamentale (*Greenwich - UTM*) (*angolo sotteso dall'arco di parallelo che unisce il punto al meridiano fondamentale*).

Si misura verso est o verso ovest, da 0° a 180°



I meridiani ed i paralleli sul globo non sono linee rette equidistanti né formano un reticolo di questo tipo su alcuna delle proiezioni cartografiche di largo uso. È perciò opportuno introdurre un sistema di coordinate completamente diverso al fine di poter usufruire nelle carte di un reticolato ortogonale ed equidistante: il **sistema di coordinate piane**.

Questo reticolato, costituito da quadrati sulla carta, viene sovrapposto al reticolato geografico. Il sistema di coordinate piane oggi maggiormente utilizzato è il **reticolato chilometrico** che si riferisce alla **proiezione universale trasversa di Mercatore (UTM)**. Il reticolato italiano si riferisce alla **proiezione di Gauss-Boaga**, ellissoide internazionale, anche se in molte carte topografiche italiane alla scala 1:25.000 sono indicati entrambi i tipi di reticolato (UTM e Gauss-Boaga).

Utilizzando il reticolato chilometrico le coordinate “x” ed “y” del punto vengono fornite in metri.

COORDINATE GEOGRAFICHE DI UN PUNTO SU UNA CARTA

I tratti alternati bianchi e
neri della cornice interna
hanno ampiezza di un
minuto primo

Punto di cui si vuole
conoscere le coordinate
geografiche

Coordinate del vertice

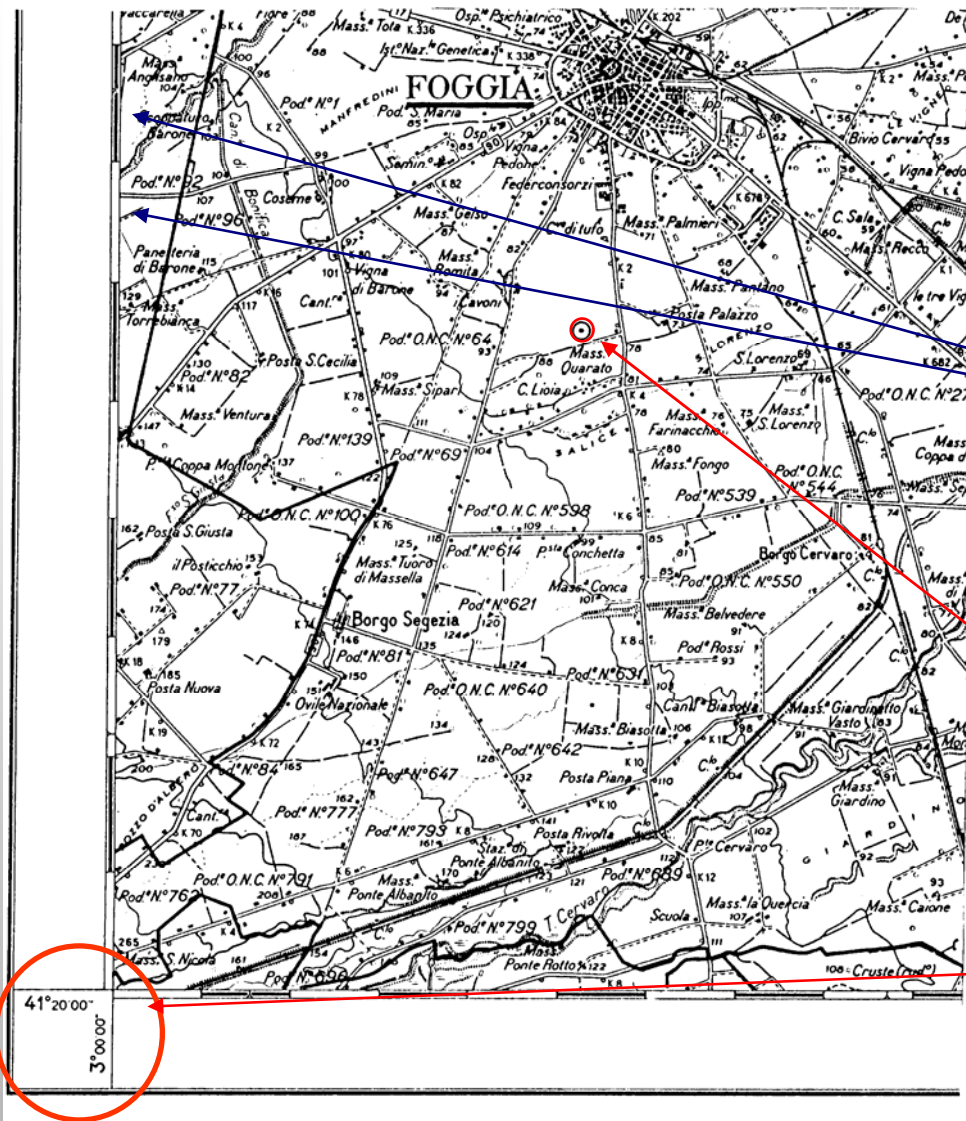
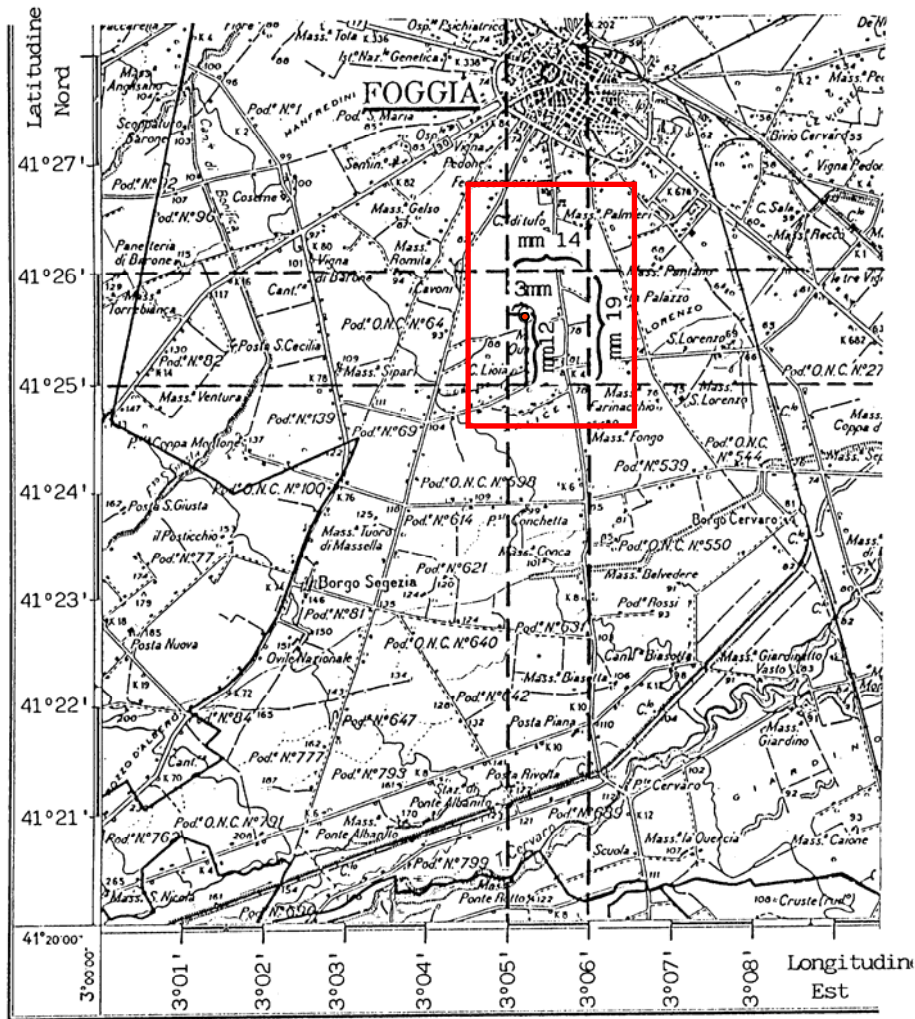


Tavola 4a — Coordinate geografiche al vertice e graduazione di minuto in minuto in un foglio alla scala 1:100.000 dell'I.G.M. (dai tipi dell'IGMI - aut. n. 2940 del 30/12/1988).



Per calcolare le coordinate geografiche di un punto occorre ricostruire il reticolato geografico e poi si fa la proporzione

La stessa metodologia viene applicata per ricavarsi le coordinate chilometriche

Tavola 4b — Calcolo delle coordinate geografiche di un punto su di una carta alla scala 1:100.000 dell'I.G.M.

Dato il punto localizzato entro il cerchio sopra la Masseria Quarato si individui il rettangolo che lo contiene formato dai paralleli 41°25' e 41°26' N e dai meridiani 3°05' e 3°06' E. Si misurino i lati di questo rettangolo (ogni lato corrisponde a 60 minuti secondi di latitudine o di longitudine). Si misurino, quindi: le distanze di x dal parallelo 41°25' (mm 12 circa) e di y dal meridiano 3°05' (mm 3 circa); applicheremo, quindi, la proporzione

$$19 : 12 = 60 : x \text{ (latitudine)} \quad x = 38$$

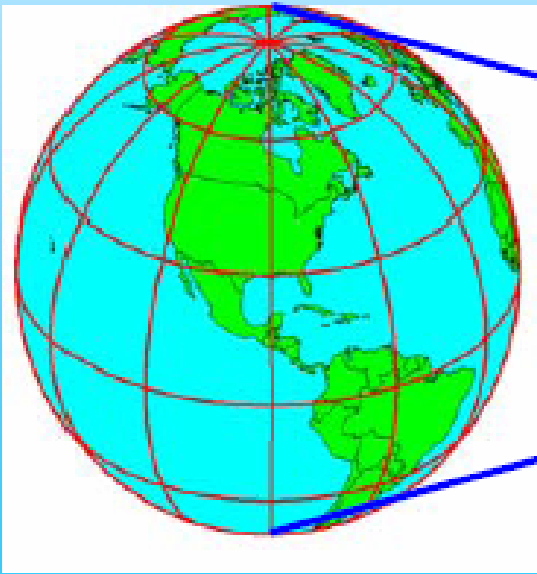
$$14 : 3 = 60 : y \text{ (longitudine)} \quad y = 13$$

le coordinate geografiche del punto saranno quindi:

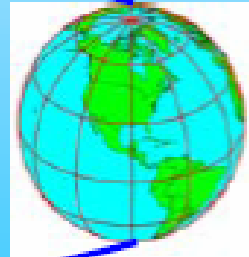
$$\text{lat } 41^{\circ}25'38'' \text{ N e } \text{long } 3^{\circ}05'13'' \text{ E}$$

Dalla Rappresentazione Geografica alla Cartografia

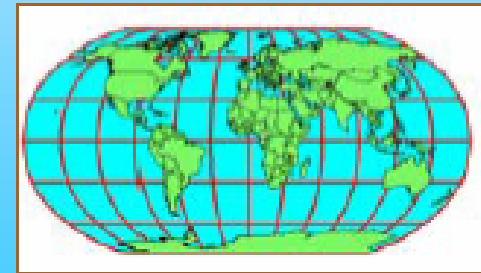
Superficie
Terrestre



Sferoide o
ellissoide



Cartografia,
rappresentazione
bidimensionale,
(GIS)



Dalla Rappresentazione Geografica alla Cartografia

La proiezione cartografica governa il trasferimento dei punti della superficie terrestre su un piano opportunamente scelto.

La superficie terrestre che deve essere rappresentata sulla carta è l'ellissoide.

Un punto della superficie terrestre verrà quindi prima individuato sull'ellissoide e dopo proiettato sul piano della carta.

Vi è quindi una prima approssimazione per aver considerato la superficie terrestre come un ellissoide.

Purtroppo l'ellissoide, al contrario delle superfici cilindrica e conica, non è sviluppabile sul piano senza l'introduzione di deformazioni sugli elementi proiettati.

PROIEZIONI

Stabilita la posizione di un punto della superficie terrestre come latitudine e longitudine, la rappresentazione grafica di tale punto consiste, in sostanza, nella sua proiezione sul piano.



Le proiezioni vere si basano su principi geometrici e matematici

Poiché le **PROIEZIONI VERE** presentano difetti più o meno gravi quando si vogliono rappresentare regioni molto estese, spesso al loro posto si usano le **PROIEZIONI MODIFICATE**, che ai procedimenti geometrici associano espedienti empirici di vario genere, e le **PROIEZIONI CONVENZIONALI**, che si basano solo su principi empirici, cioè su regole indipendenti dalle leggi geometriche e matematiche.

Per trasferire su un piano una superficie sferica occorre deformarla in modo non omogeneo, per cui è impossibile realizzare (sul piano) una rappresentazione simile a quella della sfera terrestre, ovvero che non vari i rapporti fra le distanze in ogni direzione e per conseguenza anche i valori angolari ed areali.

Ne deriva che tutte le modalità di proiezione danno origine a carte non esenti da deformazioni; tali deformazioni possono essere lineari, areali ed angolari.

Con riferimento al tipo di proprietà che è stata meglio conservata (distanze, aree o angoli), le rappresentazioni si possono quindi distinguere in **equidistanti, equivalenti, isogoniche (conformi)**

Nelle **rappresentazioni equidistanti** si cerca di mantenere il più possibile costante il rapporto fra le lunghezze sulla carta e sulla sfera terrestre

Nelle **rappresentazioni equivalenti** viene mantenuta la proporzionalità tra le aree sulla carta e quelle corrispondenti sulla sfera terrestre

Nelle **rappresentazioni isogoniche o conformi** viene riprodotto inalterato, nella carta, ogni angolo definibile sulla superficie terrestre

Nessuna rappresentazione equivalente può essere isogonica, come nessuna isogonica può essere equivalente; esistono anzi numerose carte nelle quali non è soddisfatta nessuna delle suddette proprietà. Solo certe carte che raffigurano aree molto ristrette (con lato non superiore a 5 km) possono essere considerate contemporaneamente sia equidistanti, sia equivalenti, sia isogoniche

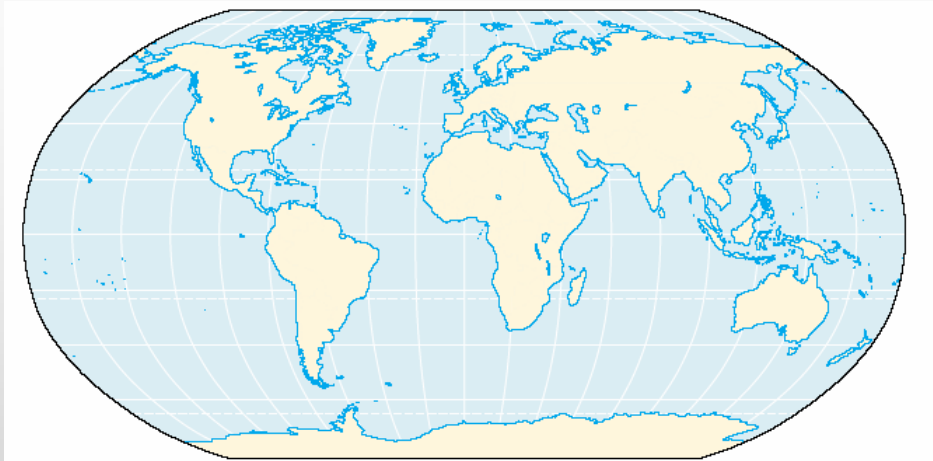
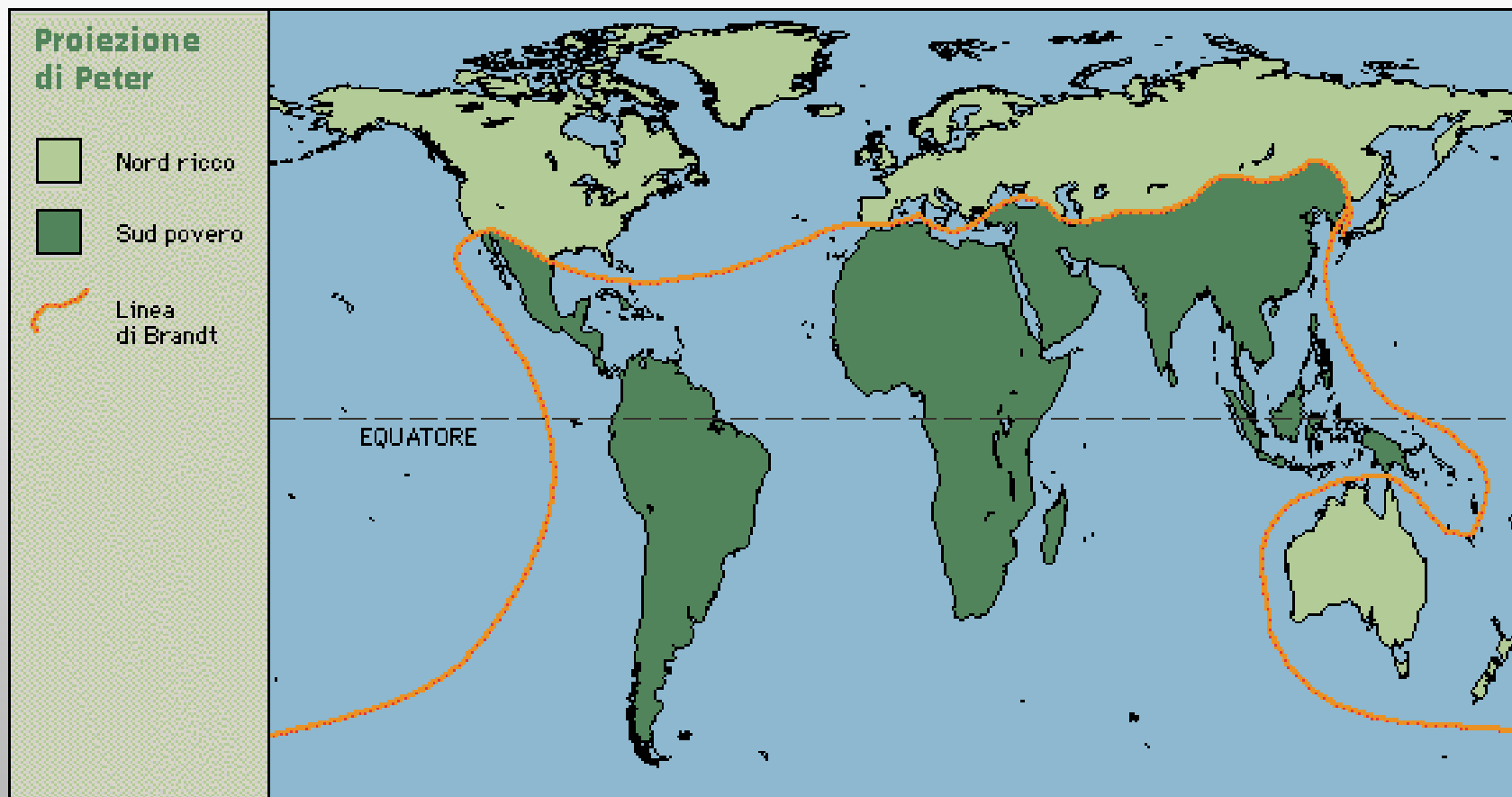


Figura 2-11. Molti planisferi non sono né conformi, né equivalenti, quanto piuttosto un compromesso tra le due categorie. Un planisfero di questo tipo, di uso molto comune, è la carta di Robinson, illustrata nella figura.

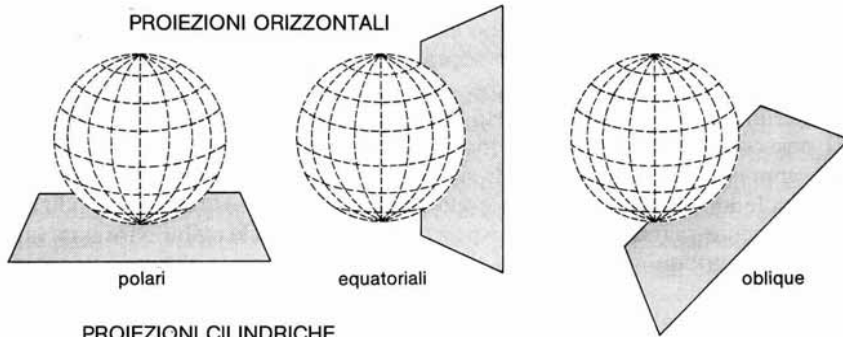
CARTA DI PETER: ESEMPIO DI CARTA EQUIVALENTE



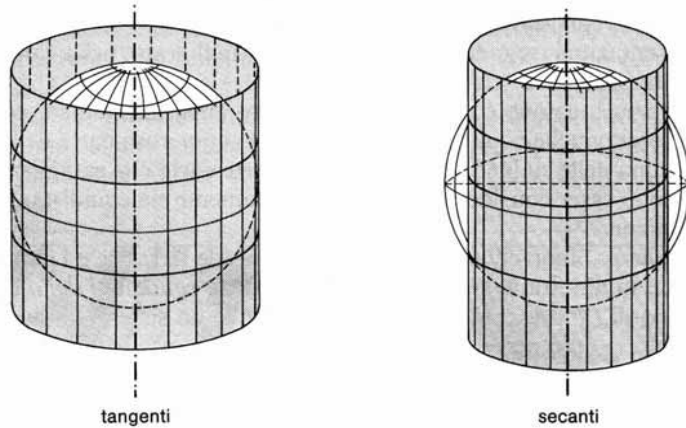
PROIEZIONI GEOGRAFICHE

- **Orizzontali o Zenitali o Azimutali**: punto centrale rispetto al quale mostrano una simmetria radiale
Polare Equatoriale Obliqua
- **Coniche**: proiezione (trasferimento) del reticolo geografico del globo su un cono che poi viene svolto a formare una superficie piana
- **Cilindriche**: trasferimento del reticolo geografico su un cilindro avvolto attorno al globo
- **Convenzionali**: non sono proiezioni “vere”, dette anche *rappresentazioni*, sono costruite non sul fondamento di principi geometrici, ma in base a regole empiriche, apportando al reticolato geografico modificazioni arbitrarie, per conferire alla proiezione determinate proprietà; tra queste rientra la proiezione di Mercatore.

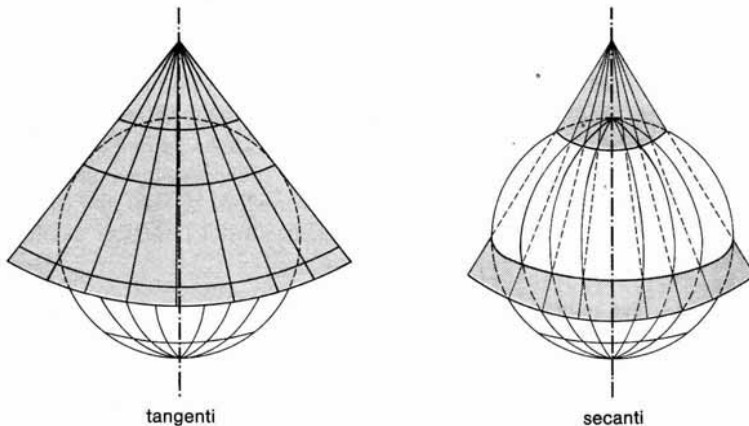
PROIEZIONI ORIZZONTALI



PROIEZIONI CILINDRICHE



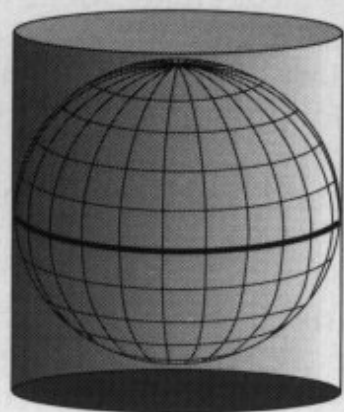
PROIEZIONI CONICHE



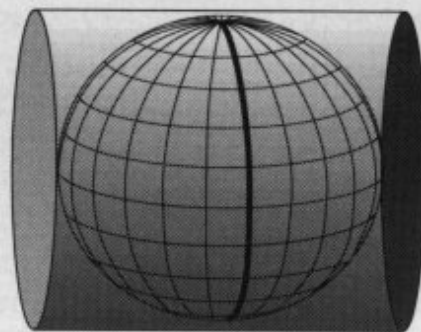
Proiezioni azimutali: la proiezione viene effettuata su di un piano. È molto adatta per le proiezioni delle zone polari, in quanto i paralleli sono rappresentati come cerchi concentrici ed i meridiani come diametri della circonferenza.

Proiezioni cilindriche: i meridiani ed i paralleli vengono proiettati lungo la superficie cilindrica ad angolo retto. I meridiani sono egualmente spazati, mentre la distanza tra paralleli aumenta avvicinandosi ai poli. La proiezione cilindrica è conforme.

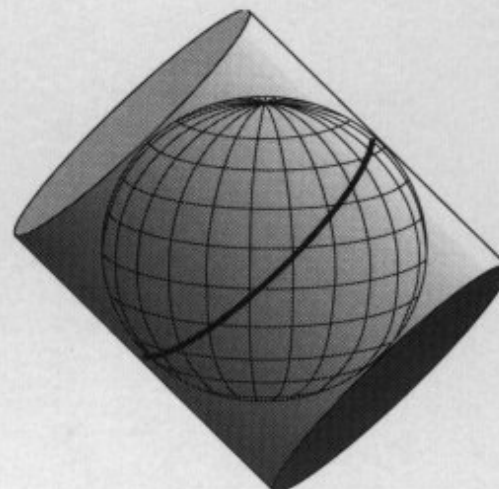
Proiezioni coniche: i meridiani sono proiettati lungo la superficie conica e si intersecano all'apice del cono, mentre i paralleli sono proiettati come anelli. La distorsione aumenta lungo la latitudine. Utile per le zone a media latitudine.



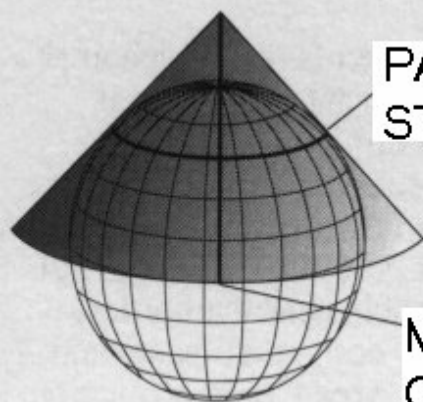
NORMALE



TRASVERSA

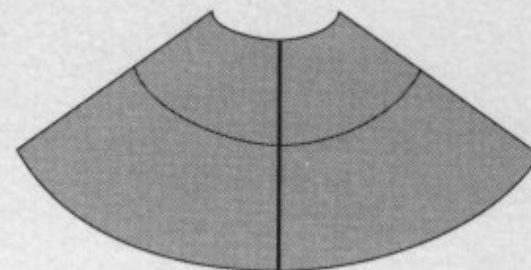
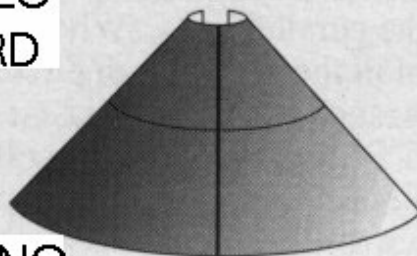


OBLIQUA



**PARALLELO
STANDARD**

**MERIDIANO
CENTRALE**



Proiezioni vere prospettiche orizzontali

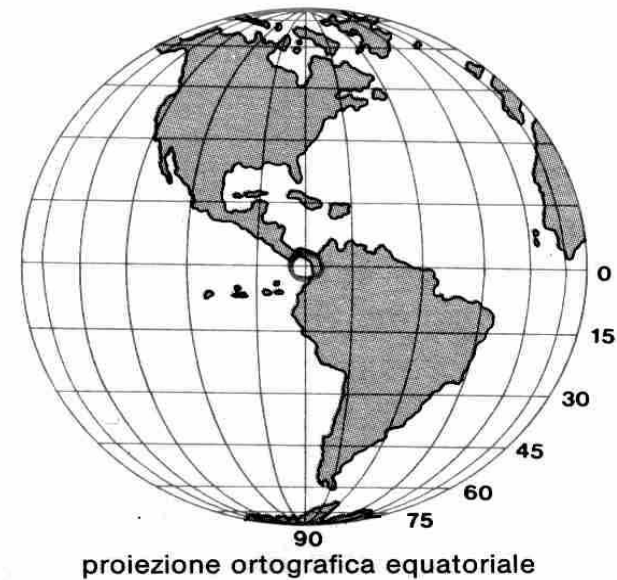
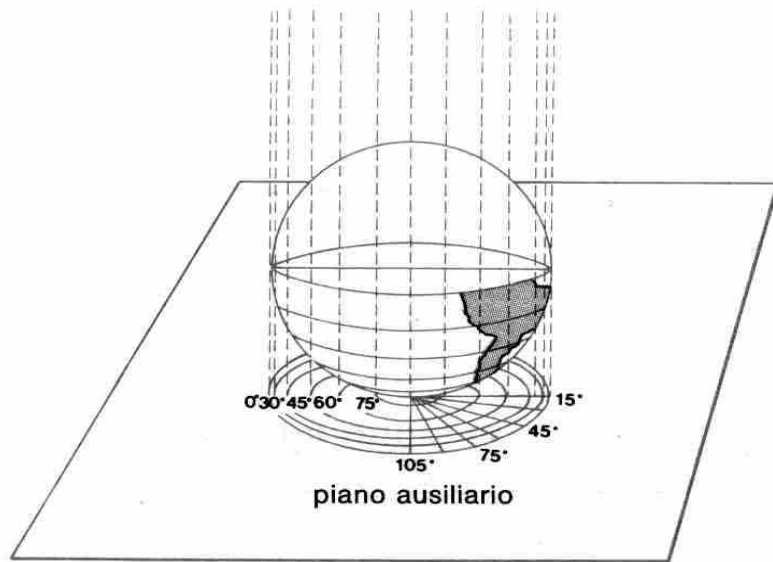
Sono rappresentazioni che seguono rigorosamente le leggi della geometria proiettiva, e con le quali si può ottenere la proiezione di un emisfero, o di una sua parte, su un piano ausiliario tangente alla Terra nel centro della zona che si vuol raffigurare (centro della carta).

In relazione alla posizione del punto di vista, tali proiezioni vengono infine distinte in:

ortografiche con punto di vista all'infinito

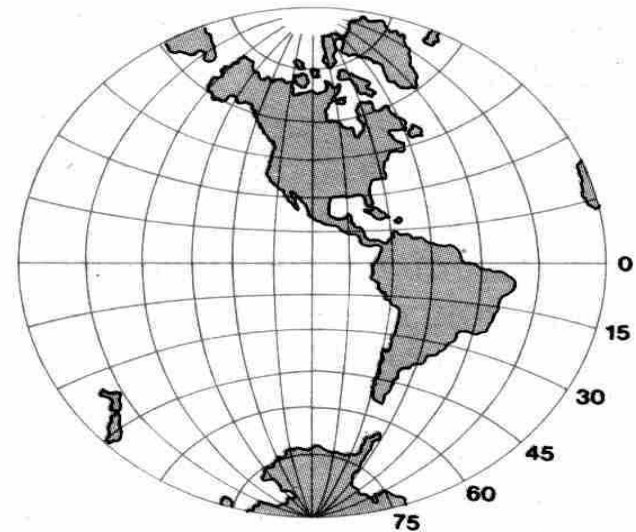
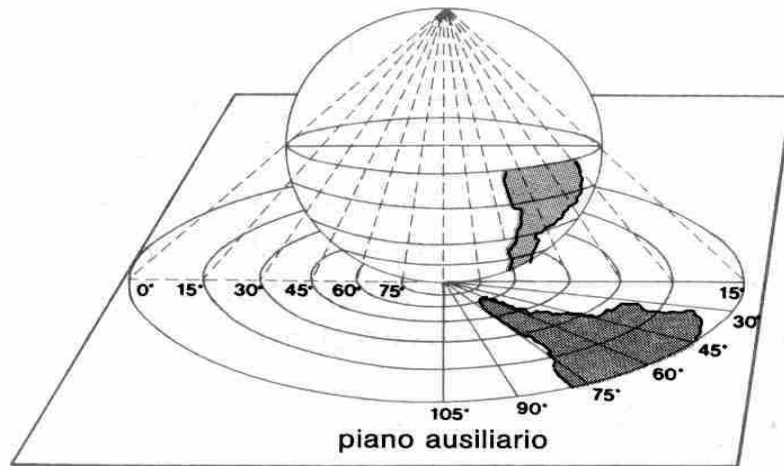
stereografiche con punto di vista sulla superficie terrestre

centrografiche con punto di vista al centro della Terra



Proiezioni prospettiche orizzontali ortografiche

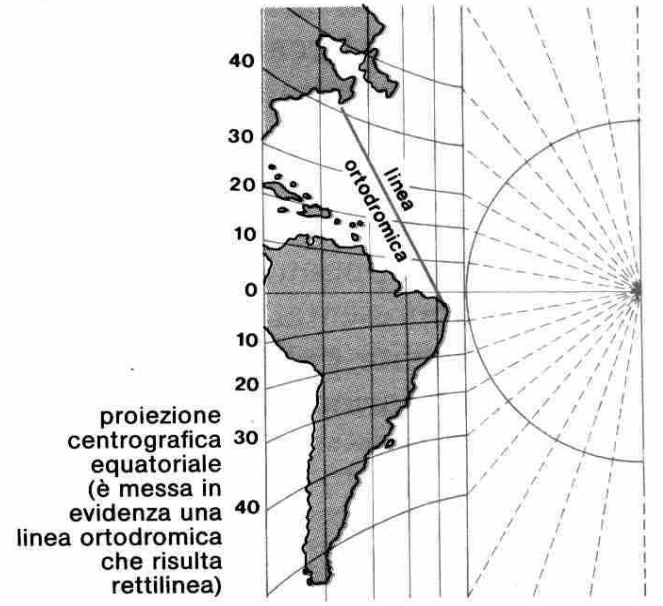
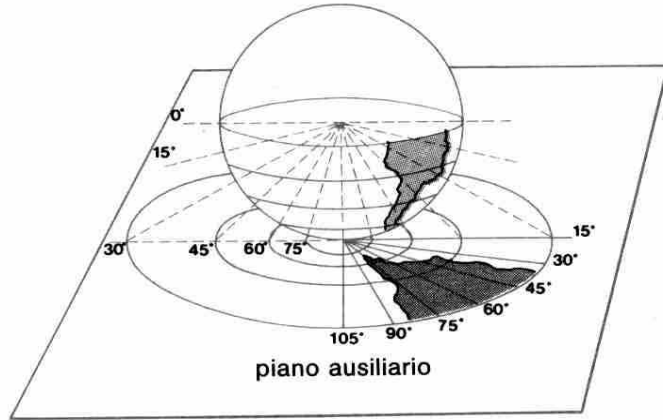
l'equidistanza è rispettata solo su cerchi concentrici rispetto al punto di tangenza; non sono né equivalenti né isogoniche



proiezione stereografica equatoriale
(si noti come meridiani e paralleli
si intersechino perpendicolarmente)

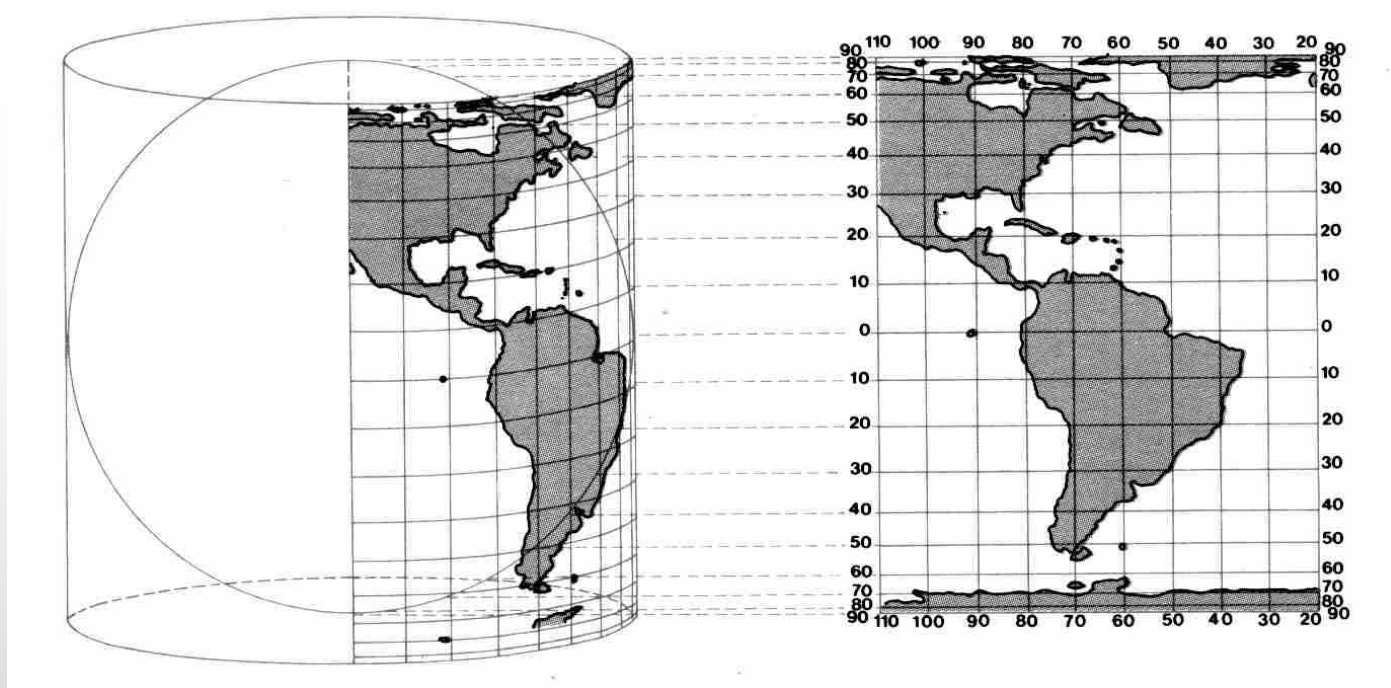
Proiezioni prospettive orizzontali stereografiche

l'equidistanza è rispettata solo su cerchi concentrici rispetto al punto di tangenza, ma con scale diverse in funzione dei rispettivi raggi. Non sono carte equivalenti; sono però rigorosamente isogoniche. Sono state adottate, con convenzione internazionale, per la **rappresentazione delle calotte polari**.



Proiezioni prospettive orizzontali centrografiche

l'equidistanza è rispettata solo su cerchi concentrici rispetto al punto di tangenza, con scale diverse in funzione dei rispettivi raggi. Non sono né carte equivalenti né isogoniche, ma possiedono l'importante proprietà della **ortodromia** rettilinea: infatti esse rappresentano con un segmento di retta ciascuna linea ortodromica, ossia quell'arco di circonferenza che costituisce, sulla superficie terrestre, la linea più breve congiungente due punti qualsiasi.



Proiezione cilindrica equivalente di Lambert

proiezione vera di sviluppo nella quale si proiettano i punti della Terra su una superficie cilindrica tangente all'equatore;
per tutti i punti situati su ciascun parallelo viene adottato come punto di vista l'intersezione del piano dello stesso parallelo con l'asse terrestre.

Nello sviluppo piano che si ottiene, le maglie del reticolo geografico risultano quasi quadrate all'equatore, mentre assumono la forma di rettangoli sempre più schiacciati man mano che ci si avvicina ai poli.

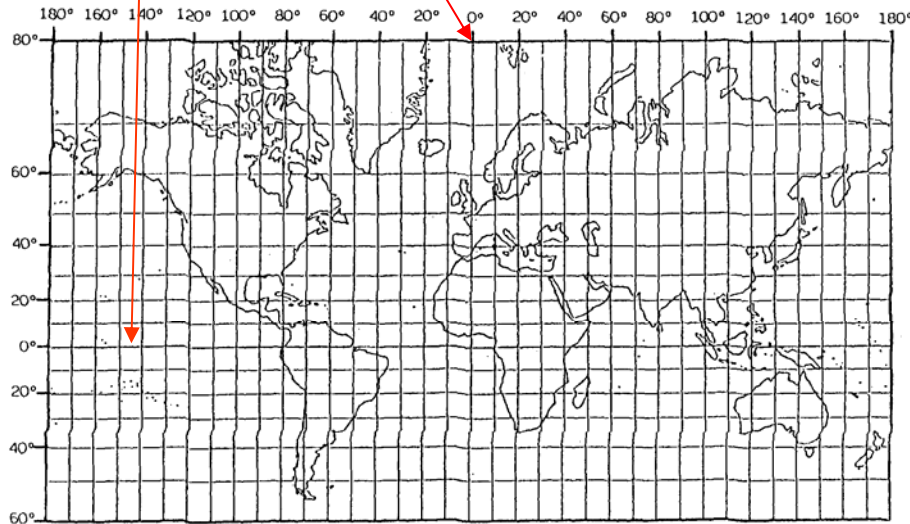
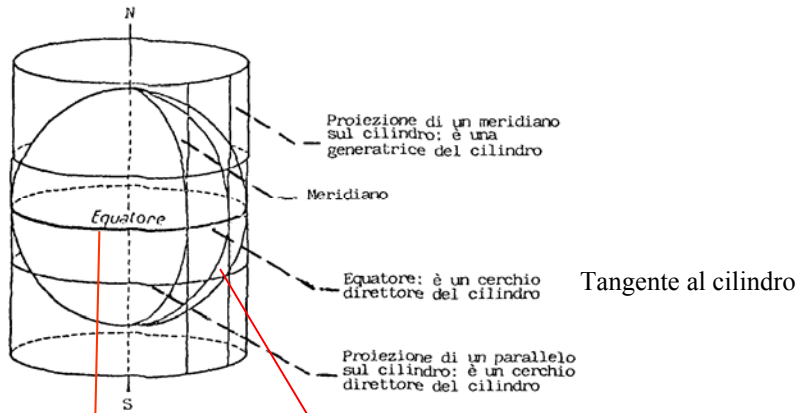
Oltre a quella dell'**equivalenza**, non ha altre proprietà; viene usata soprattutto per costruire carte tematiche dell'intera superficie terrestre (planisferi), oppure carte geografiche di zone prossime all'equatore.

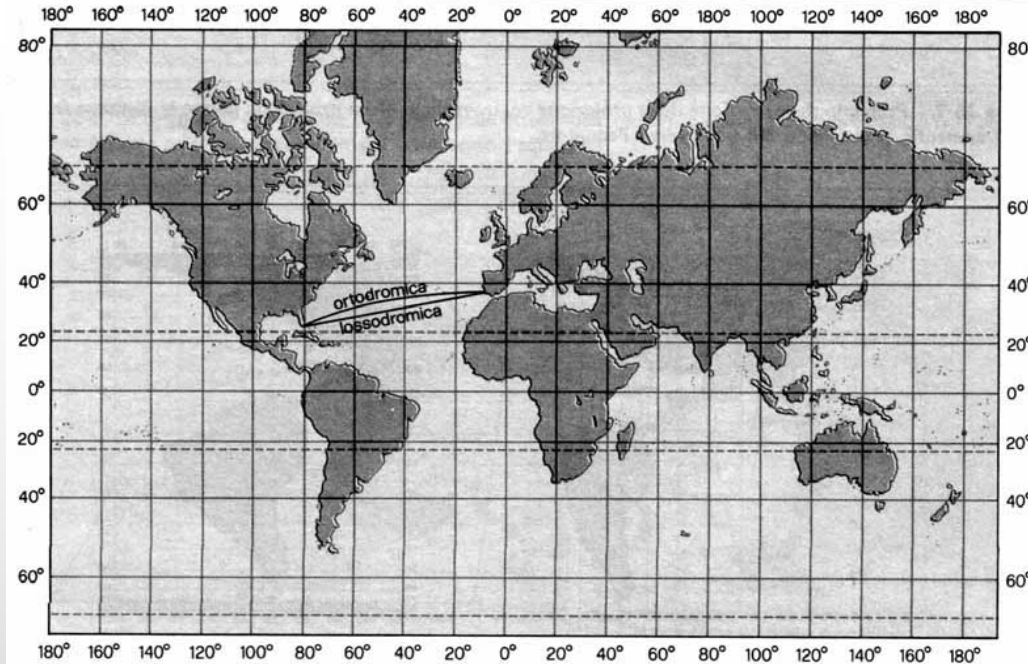
CARTA DI MERCATORE DIRETTA

Punto di vista il centro
della Terra

1) è rigorosamente **isogonica**

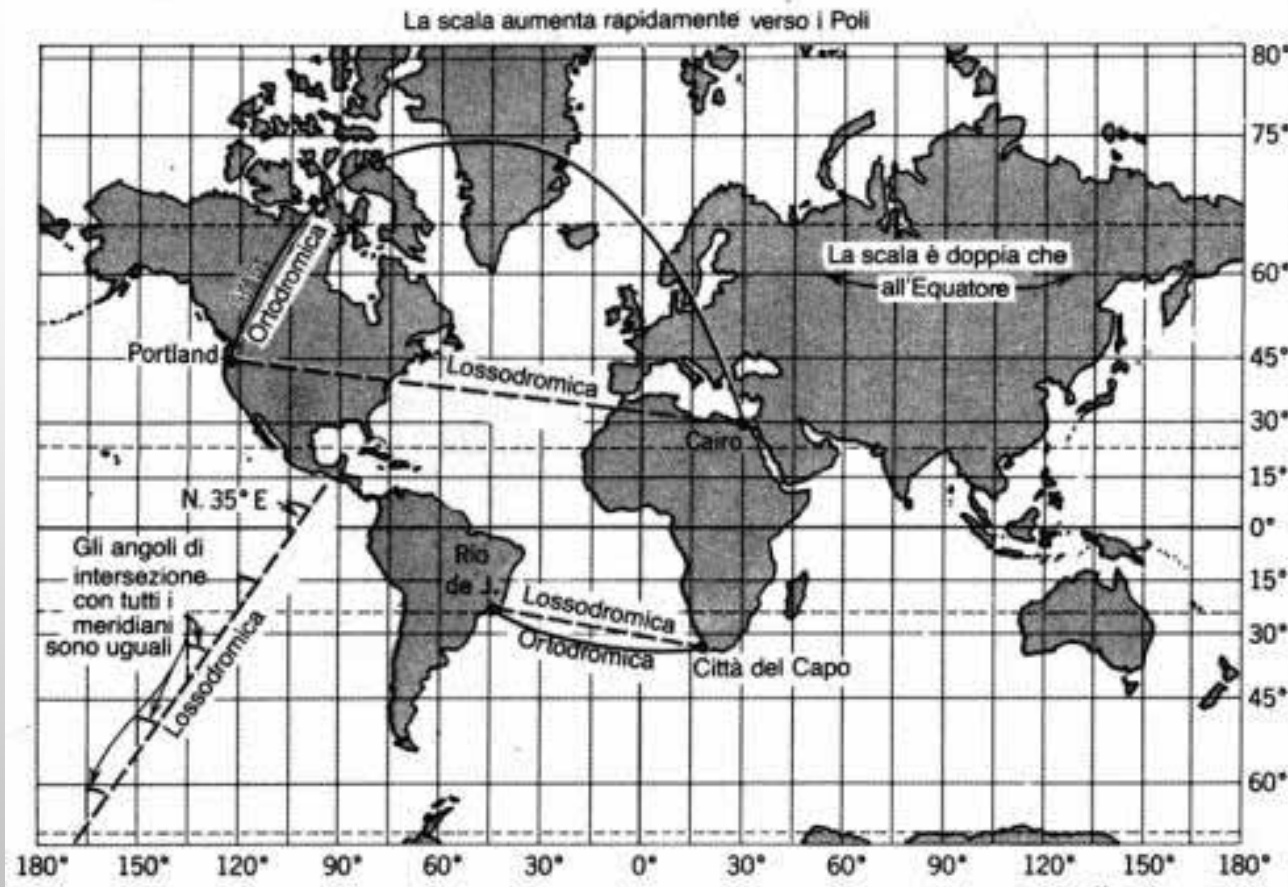
2) riproduce in forma rettilinea
qualsiasi **curva lossodromica**,
cioè la linea che taglia i
meridiani sempre secondo lo
stesso angolo (rotte marittime).





Carta di Mercatore diretta

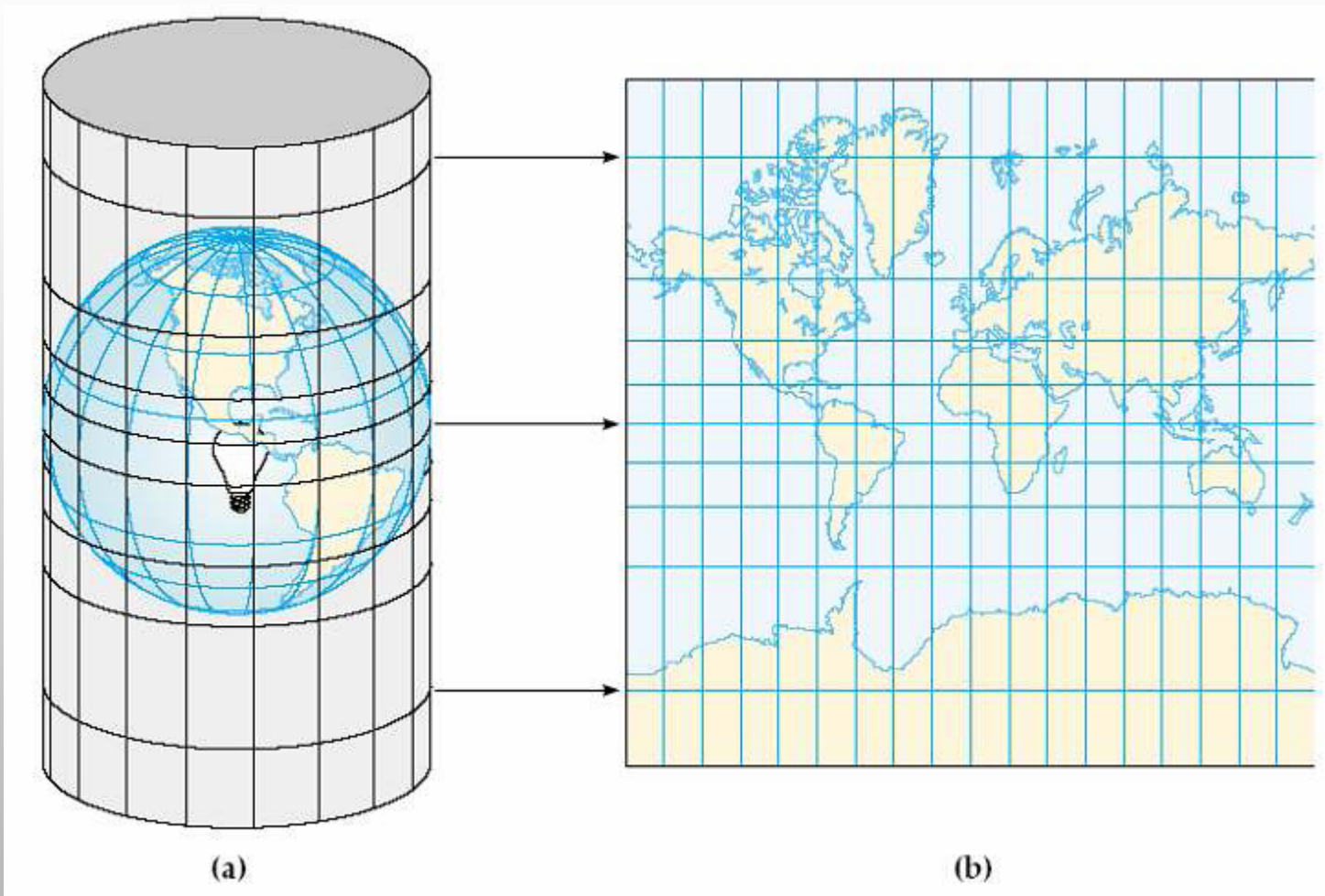
una **proiezione cilindrica modificata** in cui i meridiani sono rette parallele egualmente distanziate, mentre i paralleli sono disegnati ad intervalli sempre maggiori via via che si procede verso i poli; questi ultimi non sono rappresentabili. Infatti all'allungamento a cui sono soggetti gli archi di parallelo (per il fatto che questi non convergono verso i poli) viene fatto corrispondere un proporzionale allontanamento reciproco dei paralleli stessi. Questa modificazione comporta delle notevoli deformazioni (le regioni verso i poli risultano fortemente ingrandite).

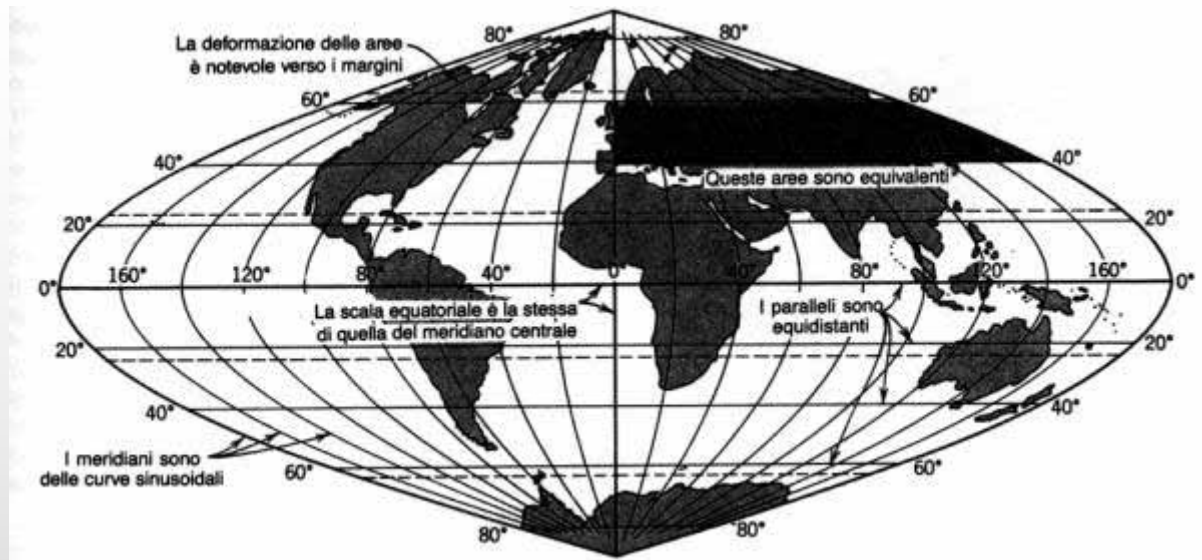


CARTA DI MERCATORE DIRETTA

Osservando la linea ortodromica (arco di cerchio sulla superficie terrestre che corrisponde alla via più breve tra due punti) si vede come, allontanandosi dall'equatore, aumentino le deformazioni

CARTA DI MERCATORE DIRETTA





Carta sinusoidale di Sanson-Flamsteed

Rappresentazione convenzionale pseudocilindrica equivalente con un meridiano dritto centrale e con paralleli orizzontali e dritti.

I meridiani sono costituiti da famiglie di curve sinusoidali.

Viene usata sia per costruire planisferi sia per riprodurre porzioni limitate della superficie terrestre, come è stato fatto per le prime edizioni della Carta Fondamentale d'Italia dell'Istituto Geografico Militare



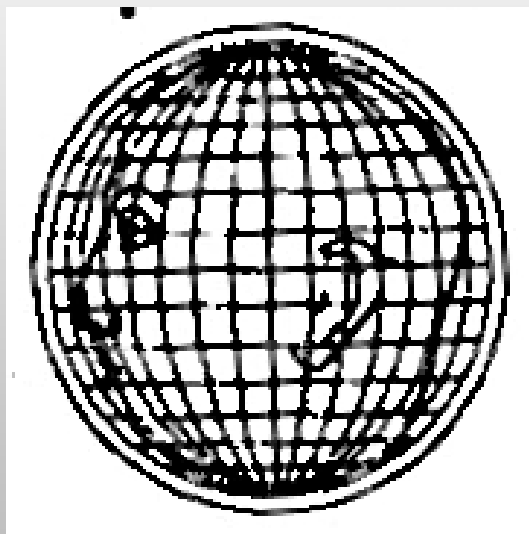
PROIEZIONE TRASVERSA DI MERCATORE

CARTA DI GAUSS

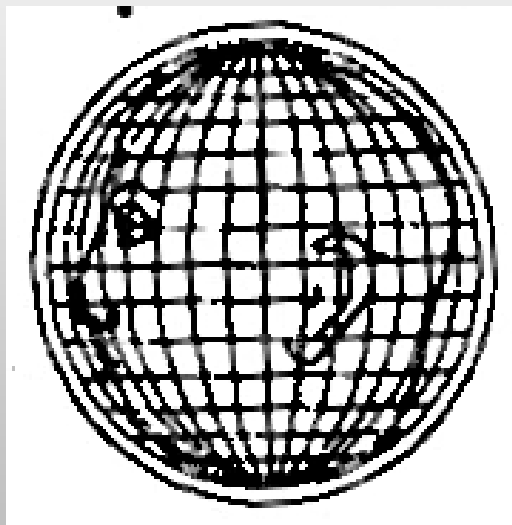
Rappresentazione convenzionale pseudocilindrica trasversa tangente al globo sul meridiano di Greenwich e sul 180° meridiano. Viene usata solo per riprodurre regioni relativamente modeste (ultime edizioni della Carta Fondamentale d'Italia dell'I.G.M.).



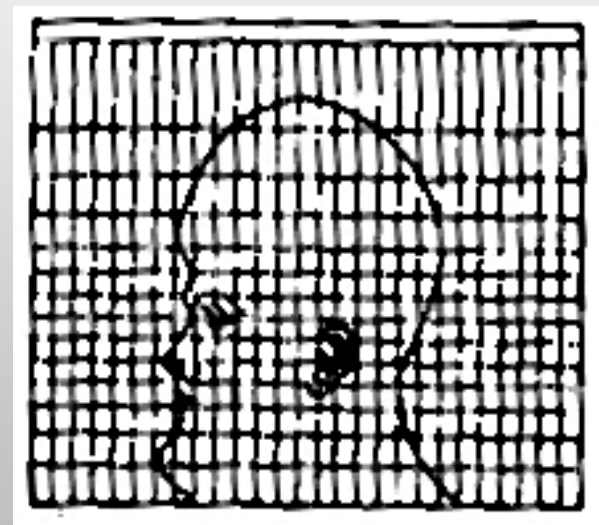
Esempio di deformazioni della "testa" di Dents e Adams



Ortografica



Stereografica



Di Mercatore

Esempi di deformazione di una figura umana



proiezione ortografica



proiezione cilindrica

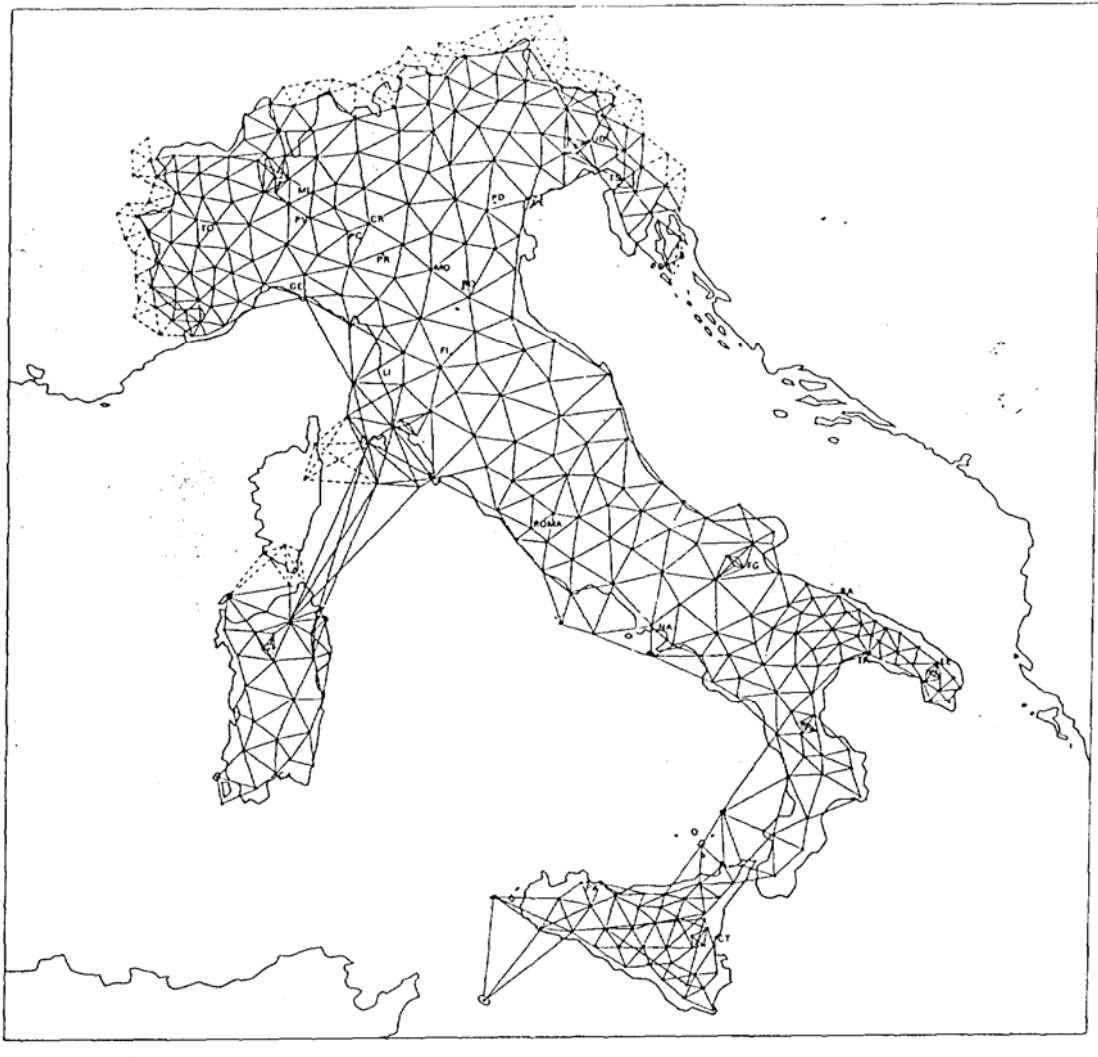
La Costruzione delle Carte Geografiche avviene in due fasi, la *triangolazione* e il *rilevamento del terreno*.

La Triangolazione (I fase)

è l'operazione con cui si determina la posizione di un elevato numero di punti sul terreno (non allineati), a partire dal punto di emanazione dell'ellissoide, mediante il principio geometrico dei triangoli secondo il quale conoscendo le misure di un lato e degli angoli ad esso adiacenti si possono calcolare gli altri suoi elementi (rete geodetica).

Il Rilevamento sul Terreno o Levata Topografica (II fase)

consiste nello stabilire le posizioni, le distanze e le altitudini del maggior numero di punti sul terreno contenuti nei triangoli della *rete geodetica*.



Rete geodetica
italiana

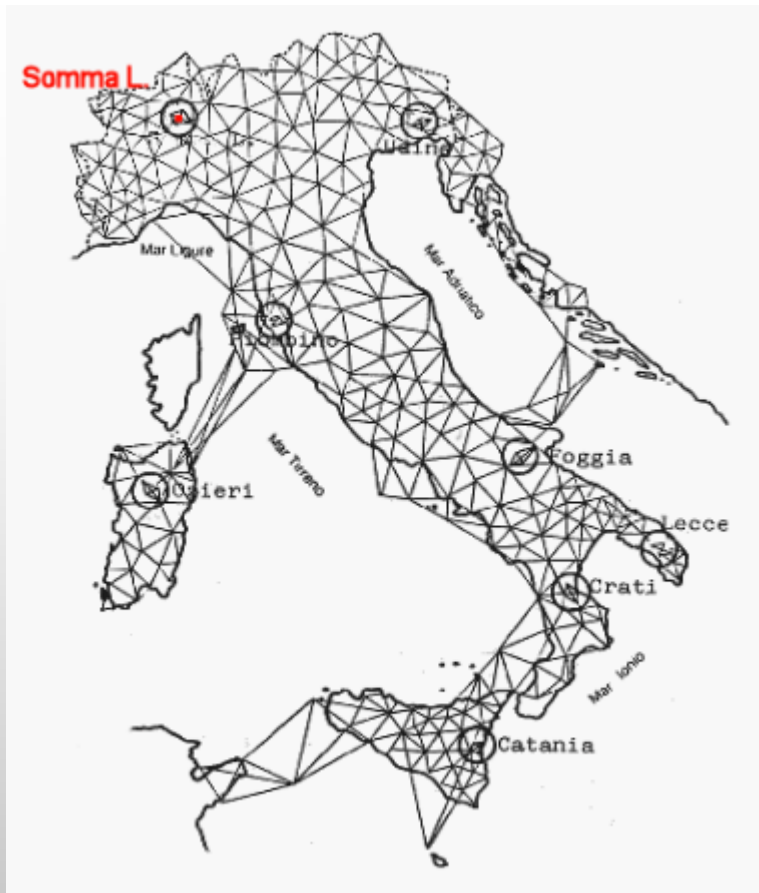
o rete di
inquadramento
planimetrico
fondamentale

o rete dei vertici
trigonometrici del
1° ordine

Viene definita una prima **rete geodetica** o **triangolazione del I ordine**, costituita da un certo numero di triangoli, aventi a due a due in comune un lato; vengono misurate direttamente sul terreno, con grande precisione alcune particolari distanze, dette **basi geodetiche**, dalle quali, con misure angolari e calcoli trigonometrici, si ricostruiscono la lunghezza dei lati più vicini della suddetta triangolazione del I ordine

- entro la prima vengono costruite reti di triangoli più piccoli, di cui vengono rilevati e calcolati gli stessi elementi (triangolazione del II, III ordine)
- viene fatto un rilievo di dettaglio, più speditivo, fino ad ottenere le coordinate del maggior numero di punti possibile (II fase).

Carta con la rappresentazione delle **basi geodetiche** distribuite in tutta la penisola, che permisero di mappare l'intero Paese. In evidenza quella nella brughiera di somma Lombardo ancora esistente.



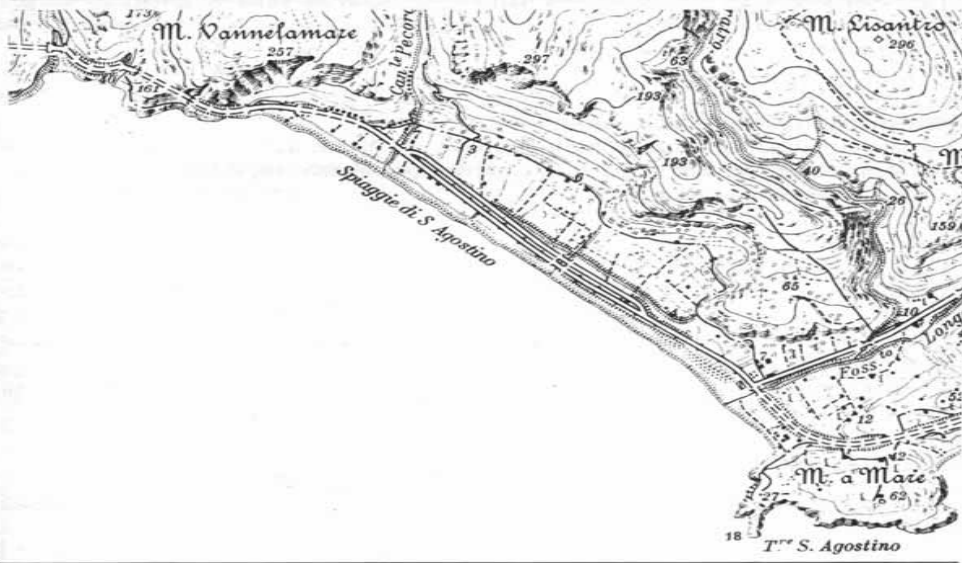
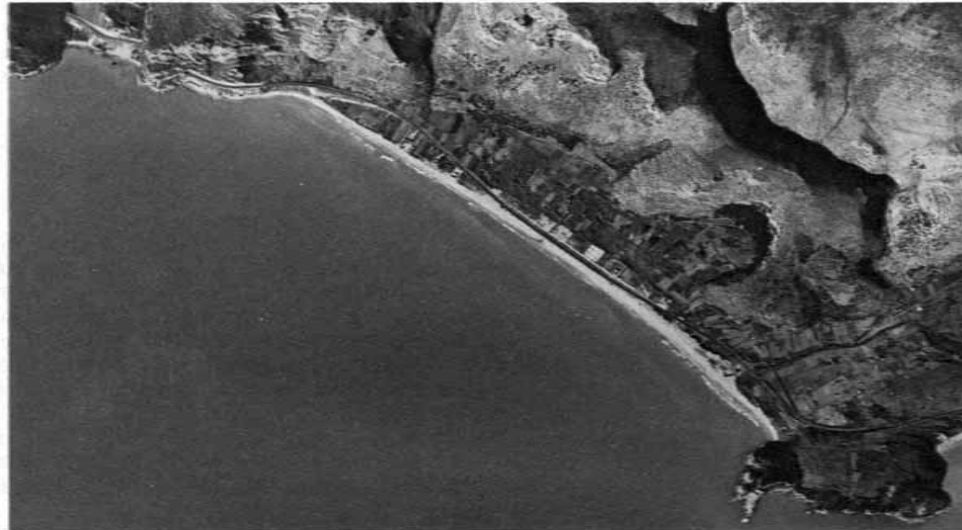
La Base Geodetica è una linea di 10 km che parte dalla "piramide" di Somma Lombardo fino a quella di Nosate. Quest'ultima non è più esistente.

Le due piramidi segnavano i due estremi della base e vennero costruite nel 1832 dall'astronomo Carlini, direttore dell'osservatorio di Brera su ordine del governo austriaco.

Per le **misurazioni planimetriche** (coordinate chilometriche) ci si avvale quindi delle misure topografiche di tipo distanziometrico (il riferimento è l'ellissoide del datum considerato)

Per le **misurazioni altimetriche** vengono fatte misure topografiche specifiche dette livellazioni, a partire da una quota 0 convenzionale che è il livello medio del mare (il riferimento è il geoide)

....problemi legati al moto ondoso, alle maree, alle sesse....



AEROFOTOGRAMMETRIA

Da alcuni decenni le operazioni relative alla seconda fase sono state sostituite dal rilevamento con fotografie aeree. Queste ultime, elaborate per mezzo di apparecchi speciali, detti restitutori, permettono, con enorme risparmio di tempo e di lavoro, di eseguire direttamente la carta con tutti i suoi particolari.

I SIMBOLI CARTOGRAFICI

I singoli oggetti che si vogliono raffigurare vengono indicati mediante dei simboli convenzionali, dei quali è data spiegazione nella legenda. Generalmente questi simboli sono diversi a seconda dell'uso per il quale la carta è stata costruita e della sua scala.

I simboli possono essere divisi nelle seguenti categorie:

- elementi geodetici e topografici
- elementi del paesaggio naturale
- elementi del paesaggio umano.

Fra gli **elementi geodetici e topografici** si possono elencare:

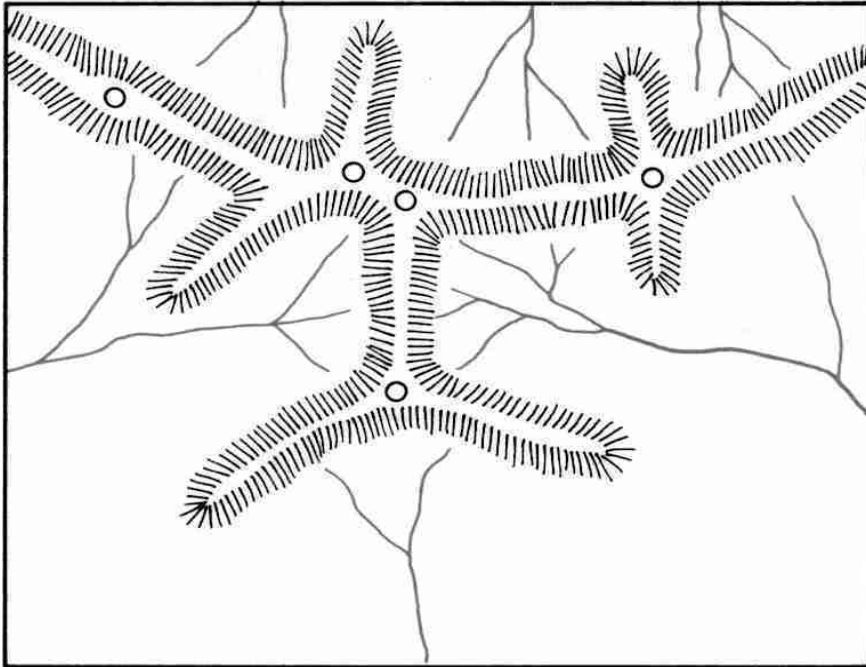
- i caposaldi delle basi geodetiche
- i caposaldi delle triangolazioni dei vari ordini (punti geodetici, trigonometrici eccetera).
- i caposaldi di livellazioni
- i punti quotati speciali
- le quote topografiche sparse

A fianco degli oggetti citati, sono generalmente indicati, talora con caratteri di stampa diversi, le quote dei punti rappresentati, che di solito vengono fatti coincidere con cime di montagne, campanili, case, incroci stradali ecc.

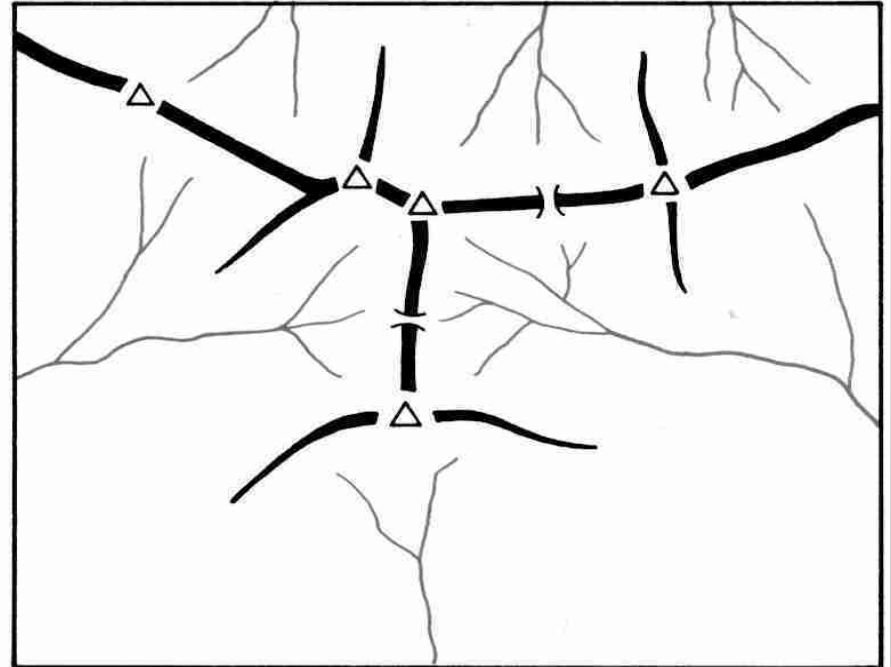
Fra gli **elementi del paesaggio naturale** si possono distinguere quelli relativi:

- all'orografia (ossia rilievi montuosi o comunque dislivelli altimetrici)
- all'idrografia continentale
- alle coste e all'idrografia marina
- alla vegetazione spontanea

Simbologia utilizzata per l'orografia

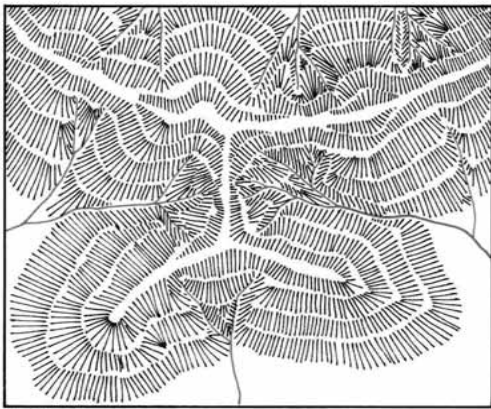


Spina di pesce

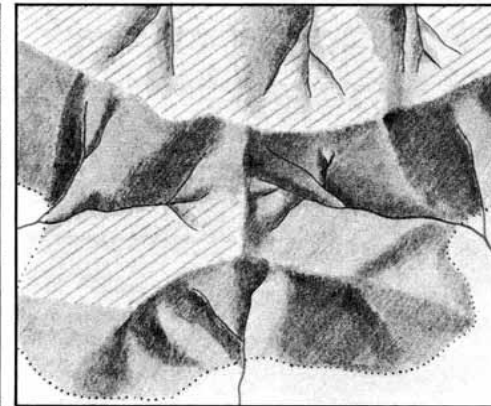


Tratto forte

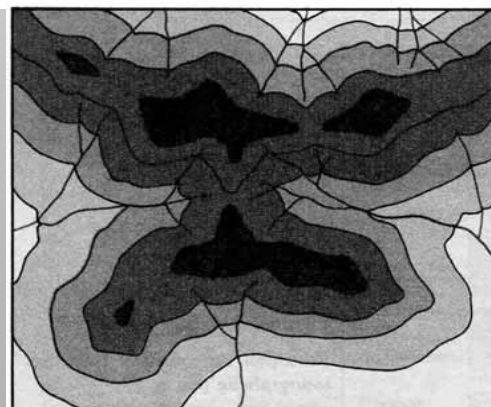
segnalano solo gli spartiacque principali e secondari dell'area montuosa rappresentata



Tratteggio

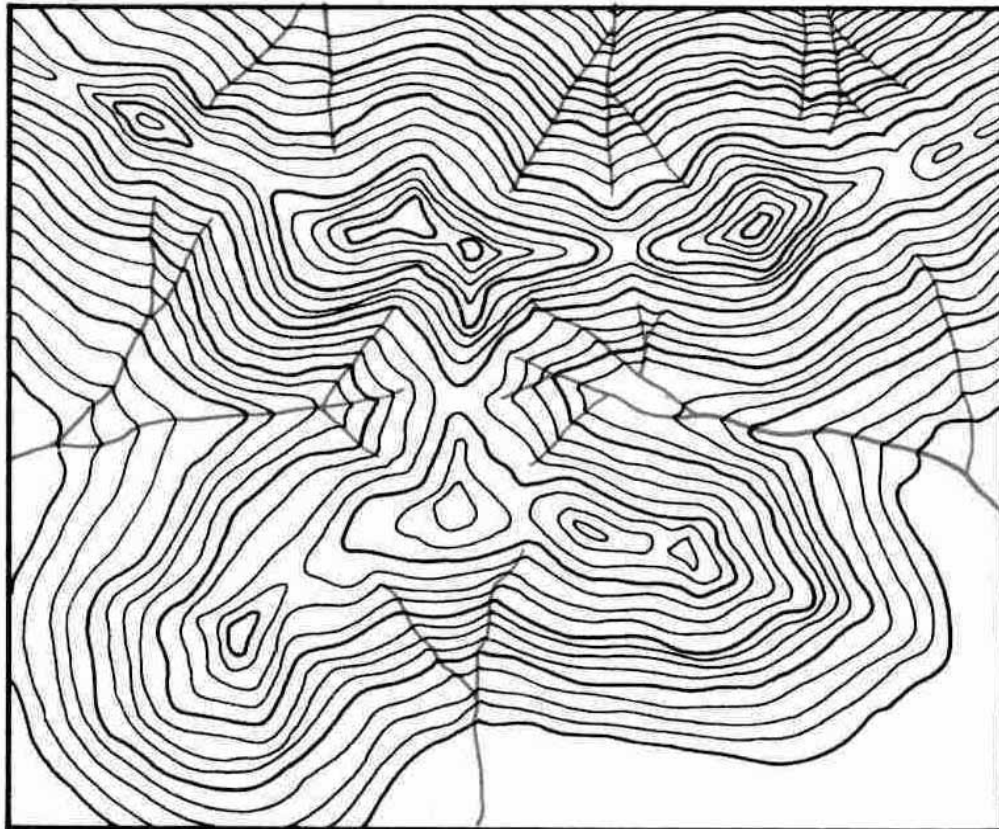


Sfumo



Tinte altimetriche

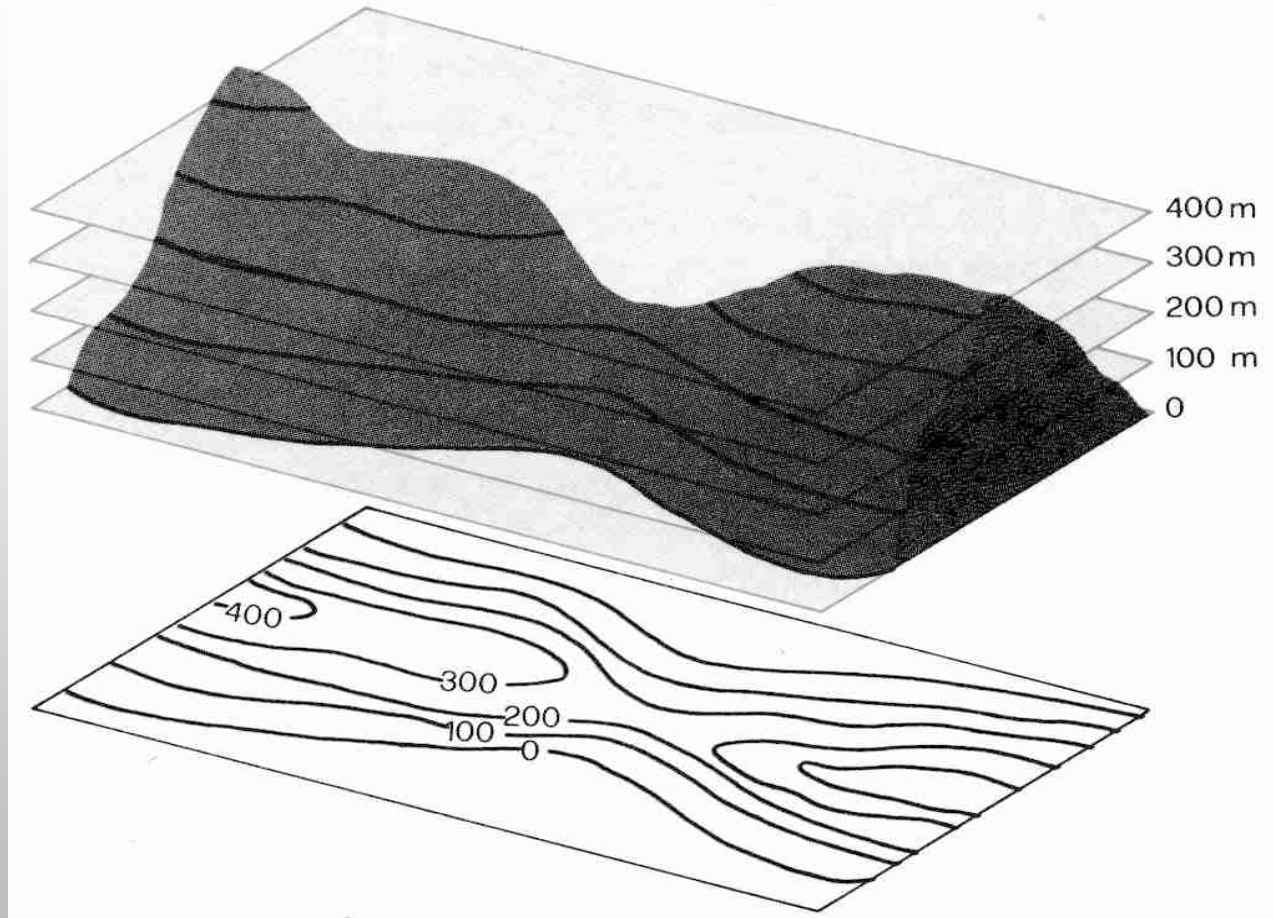
Altri sistemi sono quelli del “**tratteggio**”, talora associato con lo “**sfumo**”. Oggi uno dei più usati è il metodo delle “**tinte altimetriche**”, che consiste nel raffigurare le varie aree situate a diversa altezza con tonalità diverse; nelle carte a colori vengono usati a tal fine vari toni di color marrone, mentre le aree meno elevate, o pianeggianti, sono indicate in verde (e con il verde scuro le zone di quota inferiore al livello del mare).



Isoipse

Il sistema scientificamente più valido è comunque quello delle **isoipse o curve di livello**, che viene generalmente adottato nelle carte a grande scala (ad esempio in tutte le carte I.G.M.I. e C.T.R.)

CURVE DI LIVELLO O ISOIPSE



linea che su una superficie qualsiasi unisce tutti i punti contigui situati ad ugual quota. L'isoipsa di quota zero è quindi, evidentemente, quella che coincide con il livello medio del mare

Il dislivello tra le isoipse viene chiamato **equidistanza**, perché viene mantenuto fisso.

Ogni isoipsa rappresenta quindi il luogo dei punti situati a quota multipla dell'equidistanza, a partire dal livello del mare.

Nelle carte dell'I.G.M. l'equidistanza è di solito di 25 m nelle carte in scala di 1:25.000, di 50 o di 100 m nelle carte di scala minore (l'equidistanza è comunque sempre indicata in calce alla carta stessa).

Nelle carte in scala 1:25.000 quelle che rappresentano quote multiple di 100 m, le cosiddette **isoipse direttrici**, sono di spessore maggiore delle altre; talora, per mettere in evidenza dislivelli molto lievi del terreno, vengono inoltre disegnate delle isoipse tratteggiate, dette **isoipse ausiliarie**, la cui equidistanza generalmente è di soli 5 m.

SIMBOLI RELATIVI ALL'OROGRAFIA

Morene e detriti

Pareti rocciose in genere

Creste

Costoni

Scarpate

Terrazzi

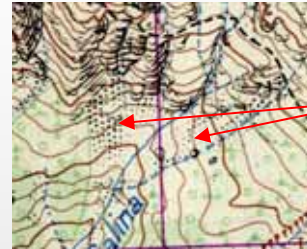
Selle

Doline

Calanchi

Frane

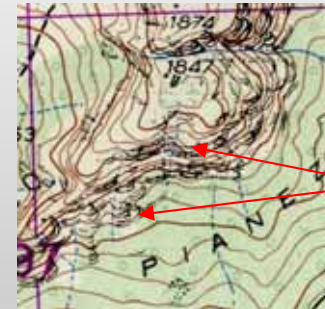
Colate laviche ecc.



DETRITO



CALANCHI



ROCCE
ESPOSTE



SCARPATA

SIMBOLI RELATIVI ALL'IDROGRAFIA CONTINENTALE

Ghiacciai

Sorgenti

Corsi d'acqua

Cascate

Laghi

Paludi ecc.



LAGO



CORSO D'ACQUA



PALUDI

Nelle carte a colori di solito si usa a questo proposito il colore azzurro.

SIMBOLI RELATIVI ALL'IDROGRAFIA MARINA

Coste sabbiose

Banchi

Secche

Barre

Canali nelle lagune



COSTA
SABBIOSA



CANALI NELLE
PALUDI

Spesso vengono indicate le profondità marine (o dei laghi) con **quote subacquee** o con **isobate**, che non sono altro che curve di livello del fondo marino; nelle carte a colori esse sono tracciate in blu.

Molto in uso il metodo di rendere maggiori profondità con tonalità più intense dei colori blu e azzurro.

SIMBOLI RELATIVI ALLA VEGETAZIONE

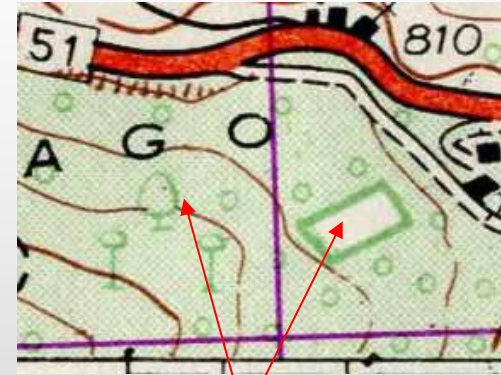
Boschi radi

Boschi fitti

Limiti naturali ed artificiali dei boschi

Macchie

Praterie



BOSCO FITTO E
RADURA

Sono spesso precisate anche le specie più frequenti di alberi, e l'eventuale presenza di sottoboschi.

Nelle carte a colori viene generalmente usato per questi simboli il colore verde.

SIMBOLI RELATIVI AGLI ELEMENTI DEL PAESAGGIO UMANO

Edifici

Vie di comunicazione di diversa importanza

Ponti

Manufatti in genere

Vegetazione coltivata (generalmente resa anch'essa in verde nelle carte a colori)

Canali irrigui (azzurri nelle carte a colori)

Limiti amministrativi (confini di stato, regione, provincia, comune).

