



Provincia di Cosenza
Settore Programmazione e Gestione Territoriale

“SIPITEC2 - Sistema Informativo Territoriale per la Gestione del P.T.C.P.”

Nozioni di cartografia e sistemi di riferimento



MACRO ARGOMENTI

- **Coordinate geografiche;**
 - **Proiezioni cartografiche;**
 - **Sistemi di riferimento;**
 - **La Cartografia Ufficiale in Italia;**
-

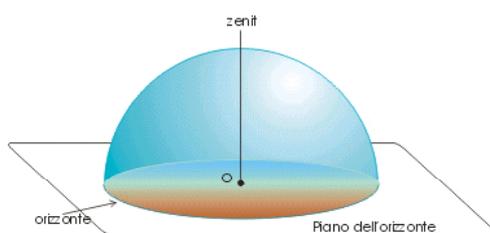
Superficie terrestre: superficie fisica della Terra;

Geoide: superficie ideale di riferimento, fisicamente definibile come superficie equipotenziale rispetto al campo gravitazionale. E' la **superficie normale in ogni punto alla direzione della verticale**, cioè alla direzione della forza di gravità (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);

Ellissoide: superficie geometrica di riferimento, definita matematicamente, approssimata al geoide;

Sistema sessagesimale: l'unità di misura è il grado sessagesimale, cioè la trecentosessantesima parte di un angolo giro. Un grado si divide in 60 primi, un primo in 60 secondi e un secondo in parti decimali. E' il sistema più usato.

Notizie utili

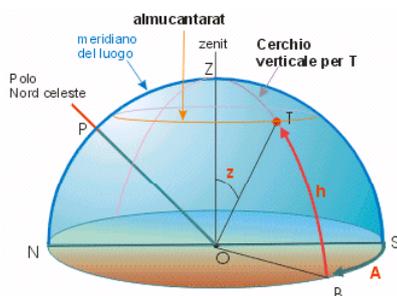


Per verticale del luogo si intende la direzione della gravità nel punto di osservazione, perpendicolare al piano orizzontale. La verticale è materializzata dalla direzione del filo a piombo.

Lo **zenit** è il punto in cui la verticale del luogo interseca la sfera celeste.

Il **nadir** è il punto diametralmente opposto allo zenit, sempre sulla sfera celeste.

Notizie utili



Sistema Azimutale: è un sistema di coordinate astronomiche in cui si sceglie come direzione fondamentale la verticale alla superficie terrestre passante per l'osservatore (OZ). I due poli sono quindi lo zenit e il nadir. Il piano fondamentale è il piano dell'orizzonte astronomico.

Azimut (A): è l'ascissa sferica di un punto sulla sfera celeste. E' l'angolo (per il punto T) formato dal piano del cerchio verticale passante per T e il meridiano astronomico. Si misura in gradi e frazioni di grado (in senso orario).

Altezza (h): è l'ordinata sferica di un punto sulla sfera celeste e cioè la sua distanza angolare dall'orizzonte misurata lungo il cerchio verticale passante per quel punto. Si esprime in gradi e frazioni di grado con valore positivo verso lo zenit e negativo verso il nadir.

Notizie utili

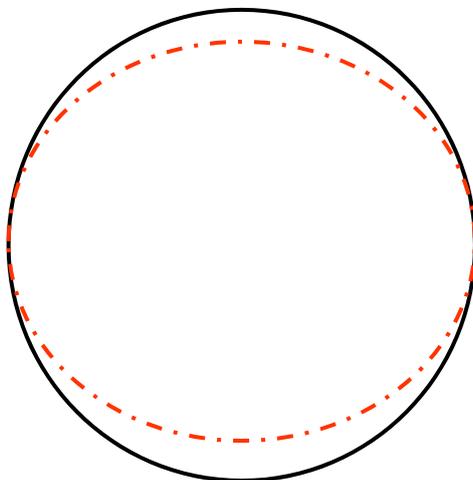
Terra:

- Raggio Equatoriale $\approx 6.378.206$ m;
- Semi-asse Polare $\approx 6.356.583$ m;
- Raggio della sfera di uguale area $= 6.370.997$ m;
- Superficie $\approx 510.900.000$ kmq;
- Schiacciamento $= 1/298,257223560$;
- Circonferenza Equatoriale $= 40.075$ km;

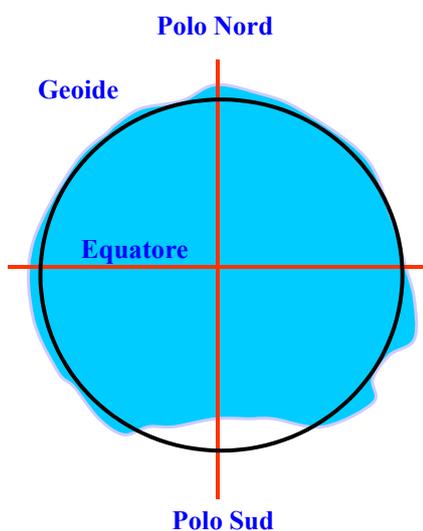
Angoli:

- 1 grado $\approx 111.111,1111..$ m;
- 1 primo $\approx 1851.851851..$ m;
- 1 secondo $\approx 30,864197$ m;

Numeri utili



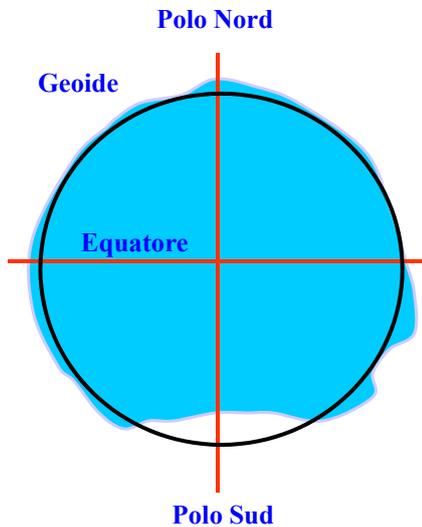
Superficie terrestre



- Il Geoide (in azzurro) è la superficie equipotenziale di gravità della Terra riferita al livello medio del mare;
- Per come è definita è tale da risultare in ogni punto della terra perpendicolare alla direzione della gravità (materializzabile mediante un filo a piombo) ;
- Il centro del geoide è il centro di massa (baricentro) della Terra;
- La forma del geoide è influenzata dalle anomalie di massa esistenti nella Terra, allo stesso modo di come è influenzata la superficie degli oceani;

Geoide

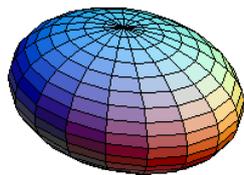
Nozioni di cartografia e sistemi di riferimento



- La sua superficie 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;
- La complessità della formulazione matematica del geoide, dovuta al fatto che in essa figurano grandezze non solo geometriche ma anche meccaniche quali la densità dei diversi punti all'interno della terra, ha portato alla definizione di altre superfici di riferimento che approssimino il geoide, ma godano di espressioni matematiche più semplici;

Geoide

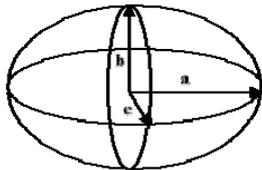
Nozioni di cartografia e sistemi di riferimento



- La sua espressione analitica è.

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1$$

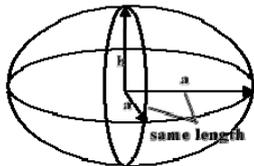
in cui **a** e **b** rappresentano rispettivamente la lunghezza dei semiassi maggiore e minore.



- La quantità.

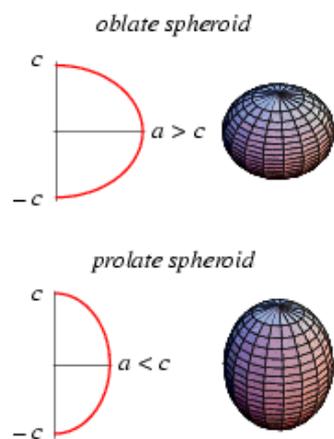
$$\alpha = \frac{a-c}{a}$$

è definita *schacciamento*.



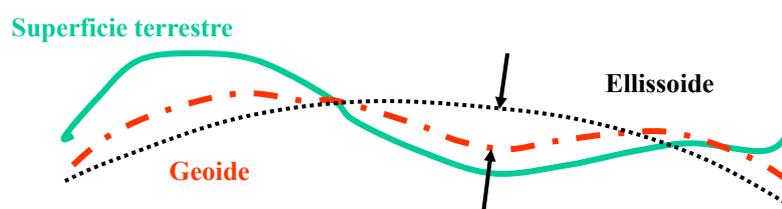
- Se due dei tre assi dell'ellissoide sono uguali (es. a e c), diventa uno **sferoide** (ellissoide di rotazione). Se tutti e tre gli assi sono uguali diventa una sfera.

Ellissoide



- Uno sferoide è un ellissoide con due semiassi maggiori uguali;
- E' caratterizzato da uno schiacciamento prossimo allo zero;
- Se a è il raggio equatoriale e c è il raggio polare:
 - $a > c$, lo sferoide è schiacciato ai poli
 - $a < c$, lo sferoide è allungato ai poli

Sferoide



Ondulazioni GEOIDICHE (scostamenti tra Geoide ed Ellissoide)

Nozioni di cartografia e sistemi di riferimento

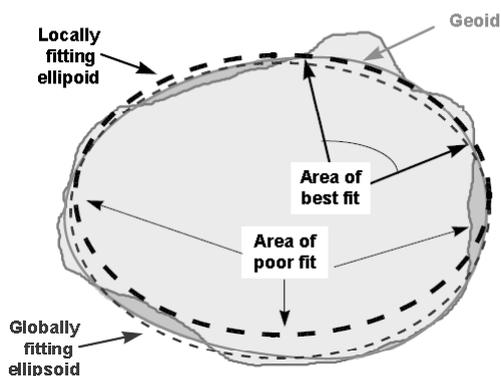
Nome	Data	Semiasse maggiore	Semiasse minore	Schiacciamento
Bessel	1841	6377397,155	6356078,96284	0.0033427731788
Clarke	1866	6378206,4	6356583,8	0.0033971305789
Hayfordl	1924	6378388	6356911,94613	0.0033670033667
New International	1967	6378157,5	6356772,2	0.003352896193
GRS80	1980	6378137	6356752,31414	0.0033528106812
WGS84	1984	6378137	6356752.31	0.0033528113303
Sfera		6370997	6370997	0

Sferoidi di riferimento

Nozioni di cartografia e sistemi di riferimento

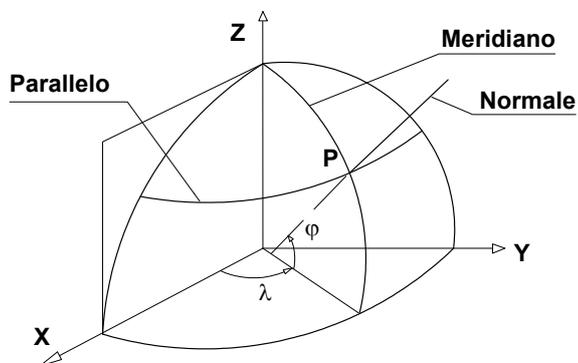
Sferoide regionale: corrisponde alla migliore rappresentazione del geode per la regione considerata (es. ED50, Monte Mario);

Sferoide globale: corrisponde alla migliore rappresentazione del geode per l'intera Terra (es. WGS84).



Tipi di Sferoidi

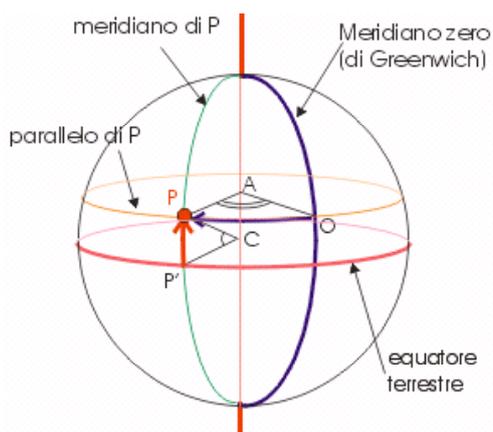
Nozioni di cartografia e sistemi di riferimento



- Latitudine geografica/geodetica (ϕ) (normale alla superficie dello sferoide);
- Longitudine geografica/geodetica (λ);

Le coordinate geografiche

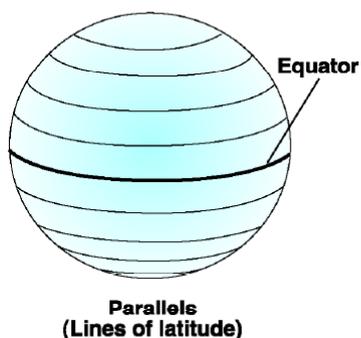
Nozioni di cartografia e sistemi di riferimento



- Latitudine e Longitudine sono rispettivamente gli angoli rispetto all'equatore e al Meridiano di Greenwich
- La latitudine geografica ϕ è la distanza angolare di un punto dall'equatore misurata lungo il meridiano che passa per quel punto;
- La longitudine geografica λ è la distanza angolare di un punto dal meridiano fondamentale, misurata sull'arco di parallelo che passa per quel punto.

Le coordinate geografiche

L'equatore (latitudine 0°) divide la Terra in due emisferi (Nord e Sud)



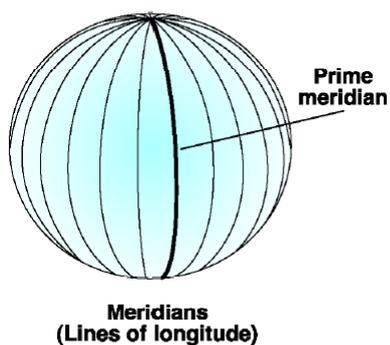
A Sud dell'equatore:

- Tropico del Capricorno (23.5° a Sud)
- Circolo Antartico (66.5° a Sud)
- Polo Sud (90° a Sud)

A Nord dell'equatore:

- Tropico del Cancro (23.5° a Nord)
- Circolo Artico (66.5° a Nord)
- Polo Nord (90° a Nord)

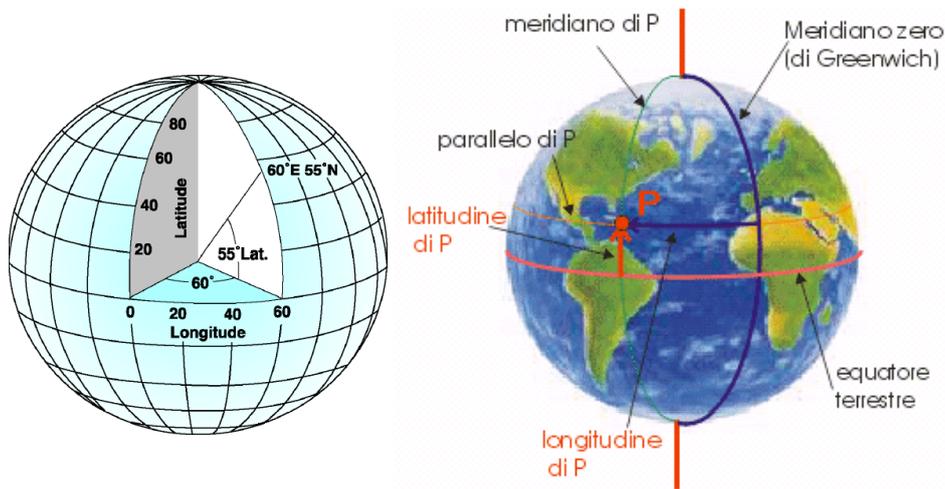
Il reticolato geografico: Paralleli



- Un meridiano è una linea a longitudine costante;
- Più genericamente, un meridiano è l'intersezione della superficie con un piano passante per l'asse di rotazione;
- International Meridian Conference (1884) stabilì come Primo meridiano (meridiano zero, meridiano origine, meridiano iniziale, o meridiano di Greenwich) la linea passante attraverso l'Osservatorio Astronomico di Greenwich nei pressi di Londra.

Il reticolato geografico: Meridiani

Nozioni di cartografia e sistemi di riferimento



Le coordinate geografiche

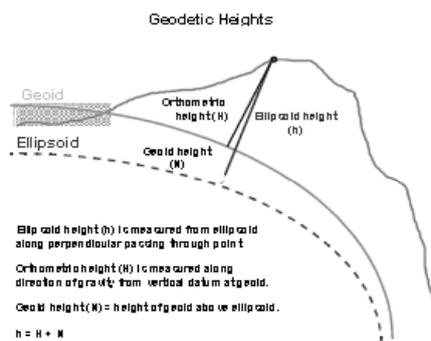
Nozioni di cartografia e sistemi di riferimento

Altezza geodetica

- **h** - altezza di un punto sopra l'ellissoide
- **H** - altezza di un punto sopra il livello medio del mare o geoide (Orthometric height)
- **N** - altezza del Geoide sopra l'ellissoide (Geoid height)

$$h = H + N$$

- GPS funzionano in WGS84, quindi danno h (altezza sopra l'ellissoide)
- Usualmente si utilizza H (s.l.m.)
- Le coordinate altimetriche vengono calcolate rispetto al Geoide, cioè la superficie equipotenziale del campo di gravità che meglio approssima il livello medio del mare;
- Calcolo on-line dell'altezza del Geoide:
http://earth-info.nga.mil/GandG/wgs84/gravitymod/wgs84_180/intptW.html



Le coordinate altimetriche

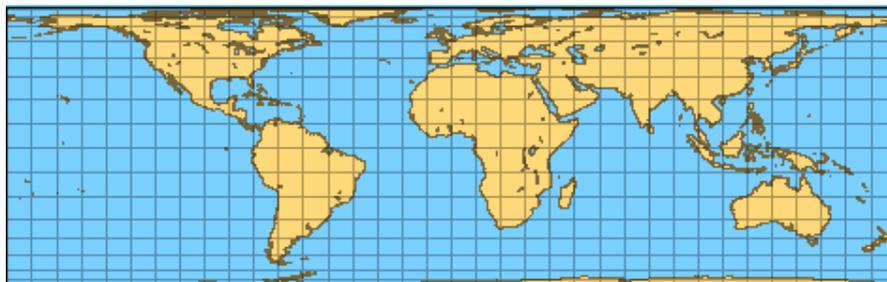
- Le metodologie che consentono di proiettare la superficie ellissoidica su un piano sono definite **proiezioni geografiche**;
- La proiezione geografica è quindi il modo con cui viene stabilita la corrispondenza biunivoca tra ogni punto dell'ellissoide ed il piano della carta;
- La corrispondenza tra le coordinate geografiche (latitudine e longitudine) e le coordinate cartografiche (coordinate piane X ed Y) viene stabilita attraverso relazioni analitiche;
- E' inevitabile introdurre delle deformazioni di distanza, di area, o di angoli quando rappresentiamo su un piano una superficie curva;
- Le proiezioni geografiche utilizzate, pur deformando le geometrie presenti sull'ellissoide, tendono a limitare le deformazioni.

Proiezioni geografiche

- **Equivalente**: risultano inalterate le aree. La forma dei continenti e le direzioni (nord, sud, est, ovest) sono distorte, ma le dimensioni relative tra i continenti sono corrette;
- **Conforme**: risultano inalterati gli angoli. La forma dei continenti e le direzioni (nord, sud, est, ovest) sono corrette, ma le dimensioni relative tra i continenti sono distorte. I navigatori e i rilevatori usano mappe conformi perché preservano le forme e le direzioni vere;
- **Equidistante**: risultano inalterate le distanze tra due punti. Le rotte aeree usano proiezioni Equidistanti;
- **Afilattica (mista)**: non risulta verificata nessuna delle precedenti condizioni, ma le deformazioni sono limitate;

Proiezioni geografiche

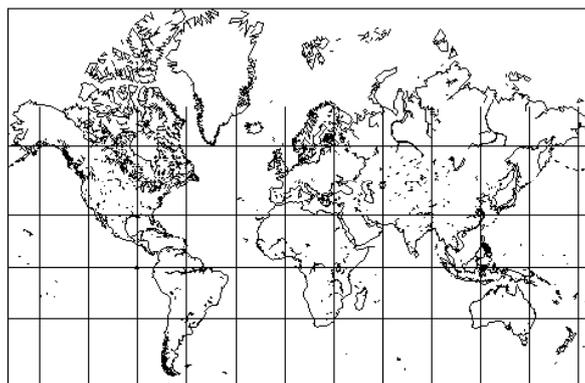
Nozioni di cartografia e sistemi di riferimento



- I rapporti tra le aree sono conservati;
- La proiezione visualizzata è stata ideata da Johann H. Lambert (1772) (in prossimità dell'equatore mantiene anche le forme ed è utilizzata nelle regioni tra i due tropici);

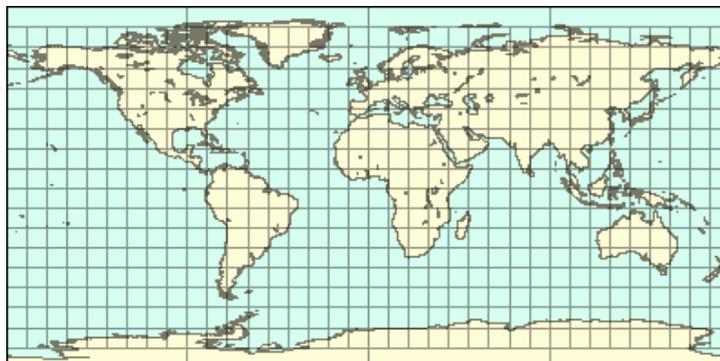
Proiezione geografica equivalente

Nozioni di cartografia e sistemi di riferimento



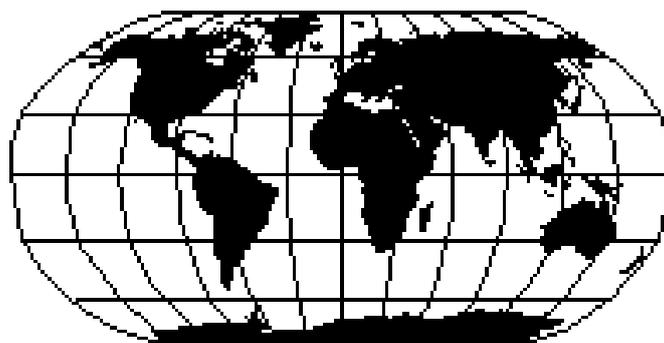
- Gli angoli sono conservati, cioè l'angolo tra due linee è uguale a quello reale. Tale caratteristica è ben evidenziata da meridiani e paralleli che si intersecano a 90° sia sulla sfera che sulla mappa;
- In un punto la scala è uguale in tutte le direzioni ma varia da punto a punto;
- Le forme sono preservate ma le aree non sono preservate;

Proiezione geografica conforme



- Conserva le distanze in ogni punto della mappa
- La proiezione cilindrica Equidistante, chiamata anche rettangolare, equi rettangolare, carta piana o piano, non è conforme e non è equivalente.
- La distanza tra i paralleli ed i meridiani resta costante;

Proiezione geografica equidistante



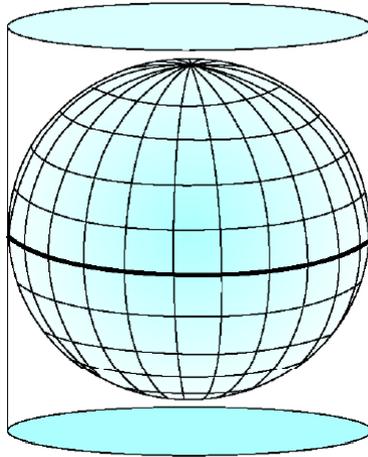
- La proiezione afillattica di Robinson distorce area, forma, e direzioni, ma le distorsioni sono limitate;

Proiezione geografica afillattica

- **Cilindriche:** proiettate su un cilindro;
- **Coniche:** proiettate su un cono;
- **Prospettiche:** (azimutali o zenitali) proiettate su un piano;

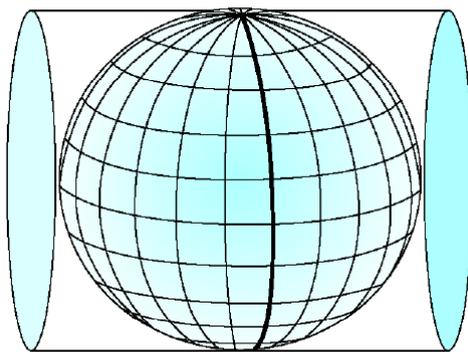
- Hanno per *quadro* un cilindro tangente o secante il globo e per *centro di proiezione* il centro del globo (*cilindrica centrale*) o il punto all'infinito in direzione perpendicolare all'asse del globo (*cilindrica ortogonale*);
- Se l'asse del cilindro coincide con quello polare si ha la *proiezione cilindrica diretta*, se giace sul piano dell'equatore si ha la *cilindrica inversa*, se è in posizione qualsiasi si ha la *cilindrica trasversa o obliqua*;

Nozioni di cartografia e sistemi di riferimento

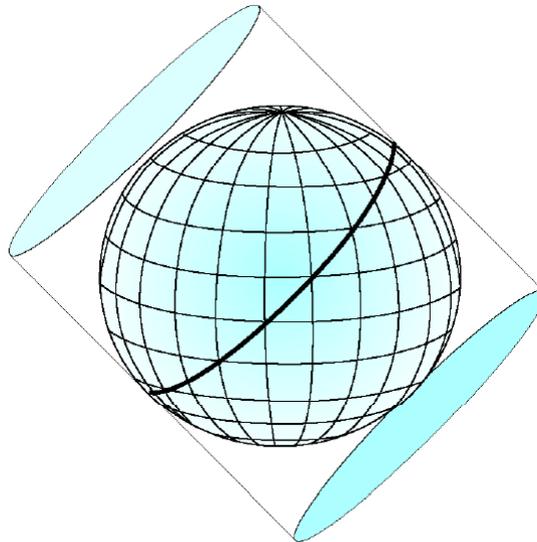


Proiezioni cilindrica diretta

Nozioni di cartografia e sistemi di riferimento



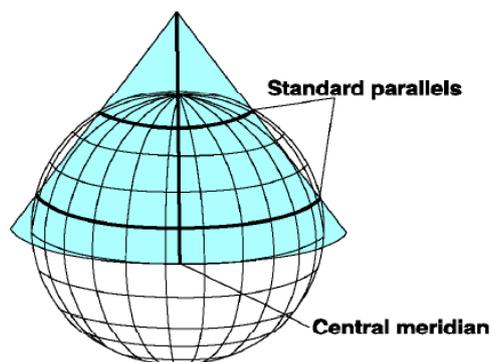
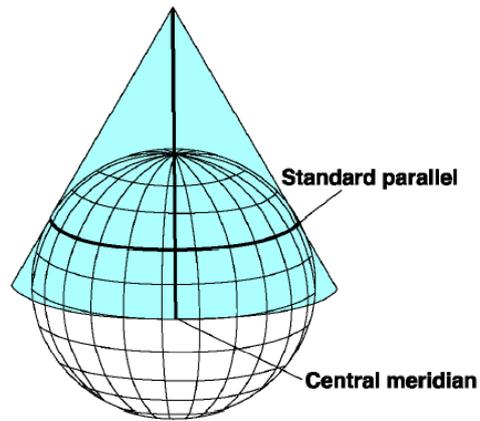
Proiezioni cilindrica inversa



Proiezioni cilindrica obliqua

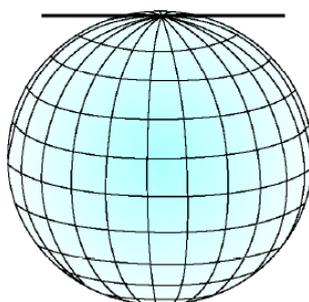
- Hanno per *quadro* un cono tangente o secante il globo e per *centro di proiezione* il centro del globo (*conica centrale*) o il punto all'infinito in direzione perpendicolare all'asse del globo (*conica ortogonale*);
- Analogamente alla proiezione cilindrica la proiezione conica si dice anche *diretta*, *inversa* ed *obliqua*;

Proiezioni coniche



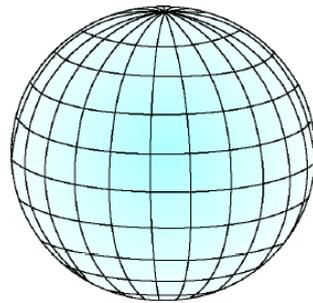
- Hanno per **quadro** il piano tangente o secante il globo e per **centro di proiezione** un punto sulla perpendicolare al quadro passante per il centro del globo;
- A seconda della posizione del quadro si distinguono in **polari** (quadro perpendicolare all'asse polare), **equatoriali** (quadro tangente all'equatore), **oblique** (quadro tangente in un punto qualsiasi);
- A seconda della posizione del centro di proiezione si distinguono in **centrografiche** o **gnomoniche** (c. di p. nel centro del globo), **stereografiche** (c. di p. sul globo), **scenografiche** (c. di p. fuori dal globo), **ortografiche** (c. di p. all'infinito);

Proiezioni prospettiche

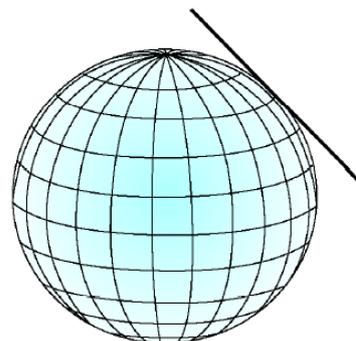


Polar

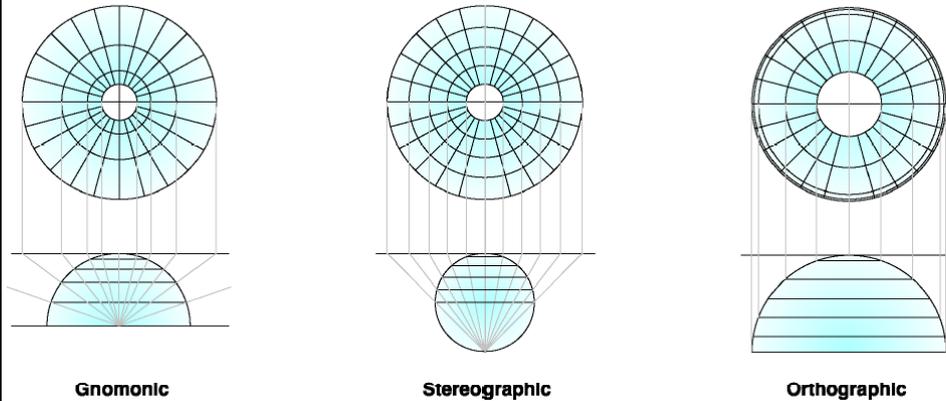
Proiezioni prospettica polare



Equatorial



Oblique



Proiezioni prospettiche: gnomoniche, stereografiche, ortografiche

- E' una proiezione *policentrica*, cioè con origini diverse per ogni porzione di area (individuata dall'intersezione di due meridiani con due paralleli);
- E' una proiezione *equivalente* ma con notevoli deformazioni angolari ai bordi delle porzioni di area;
- E' stata utilizzata per la **Carta d'Italia al 100.000 dell'I.G.M.I.**;

Proiezione naturale o sinusoidale di Flamsteed

- Con procedimenti analoghi a quelli utilizzati dalla proiezione policentrica di Flamsteed trasforma le *coordinate geodetiche* di un punto (sull'ellissoide) nelle corrispondenti coordinate ortogonali piane;
- E' una proiezione *afilattica* per costruzione ma, per il modesto modulo di deformazione areale, si può considerare *equivalente* (se usata come carta policentrica);
- E' utilizzata dal **Catasto Italiano**;

Proiezione di Cassini-Soldner

- La **scala** rappresenta il rapporto di una lunghezza misurata sulla carta e la corrispondente lunghezza misurata sul terreno;
- Carte a **grande scala**: 1:500; 1:1000; 1:2000;
- Carte a **media scala**: 1:5000; 1:10.000;
- Carte a **piccola scala**: da 1:25.000 in poi;

Scale cartografiche

- Individuare una corrispondenza tra le coordinate geografiche di un punto sulla superficie terrestre (Latitudine, Longitudine e Quota) e le coordinate piane (X ed Y) comporta l'utilizzo di un **sistema di coordinate di riferimento**;
- La necessità di limitare le deformazioni ha spinto nella definizione di sistemi locali, validi in determinati contesti;
- Oltre che sulla scelta della proiezione l'attenzione si è concentrata su quella dell'ellissoide più appropriato. Per adattare al meglio l'ellissoide al geoide sono stati proposti diversi tipi di ellissoide, orientati opportunamente per renderli tangenti al geoide nel punto centrale del campo cartografico di interesse (**punto di emanazione**);
- Un sistema di coordinate di riferimento è quindi definito dal **DATUM**.

Sistema di Coordinate di Riferimento

- Individua il modello matematico usato per calcolare le coordinate geografiche dei singoli punti;
- È definito da un set di 8 parametri: due relativi alla forma dell'ellissoide e 6 relativi alla posizione e all'orientamento;
- Gli ellipsoidi "locali" non sono geocentrici, ma hanno il proprio centro spostato rispetto al centro di massa della Terra e sono orientati in modo differente. Di conseguenza per definire i parametri del DATUM è necessario riferirli ad un punto di riferimento detto punto di emanazione;
- Il DATUM è in pratica individuato dall'ellissoide e dal punto di emanazione.

II DATUM

- Luogo geometrico in cui la normale all'ellissoide e la verticale, intesa come linea di forza del campo gravitazionale terrestre, sono coincidenti;
- Le sue coordinate geografiche sono determinate mediante accurate osservazioni astronomiche;
- Punto di tangenza tra ellissoide e geoide;
- Allontanandosi dalla zona di tangenza ellissoide e geoide tendono a scostarsi maggiormente che nel caso datum baricentrico;
- Utilizzato per il calcolo delle coordinate geografiche di tutti i vertici della rete geodetica.

Punto di emanazione

ROMA40

- **Ellissoide:** Hayford (detto anche Internazionale 1924);
- **Punto di emanazione (orientamento):** Roma Monte Mario;

E' adottato quasi universalmente nella cartografia italiana.

DATUM di interesse per la cartografia italiana

ED 50 (European Datum 1950)

- **Ellissoide:** Hayford (detto anche Internazionale 1924);
- **Punto di emanazione (orientamento):** Postdam (Germania) in prossimità di Bonn;

E' stato adottato nel 1950 nel quadro dell'unificazione delle rappresentazioni cartografiche europee.

DATUM di interesse per la cartografia italiana

WGS84 (World Geodetic System 1984)

- **Ellissoide:** WGS84;
- **Punto di emanazione (orientamento):** Nessuno;

Non si tratta di un Datum locale, ma globale, costituito da una terna cartesiana XYZ. Il centro dell'ellissoide coincide con il centro di massa della Terra; l'asse Z è diretto verso il polo Nord; l'asse X è diretto verso il meridiano zero (Greenwich); l'asse Y completa una terna cartesiana destrorsa.

DATUM di interesse per la cartografia italiana

Catastale

- **Ellissoide:** Bessel;
- **Punto di emanazione (orientamento):** Genova;

E' stato adottato dal Catasto italiano fino al 1954, in seguito *sostituito* con in datum ROMA40.

DATUM di interesse per la cartografia italiana

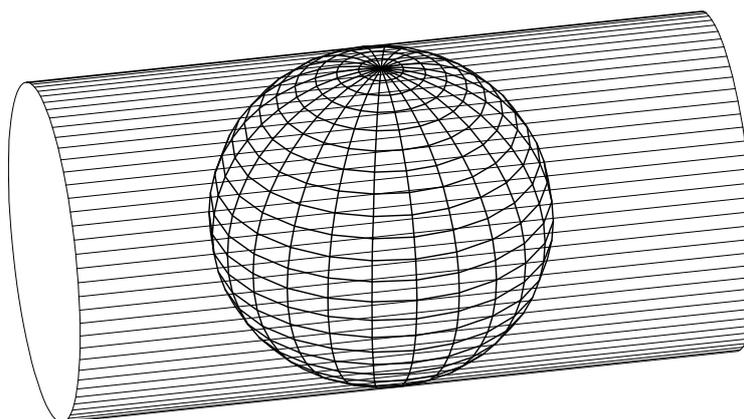
La scelta dell'ellissoide, del tipo di proiezione e di altre caratteristiche riguardanti i sistemi di coordinate, la rete di inquadramento, il taglio degli elementi cartografici e la loro eventuale correlazione in funzione della scala, dà luogo al sistema cartografico. I sistemi cartografici rilevanti sul territorio italiano sono:

- **Il Sistema Nazionale;**
- **Il Sistema UTM ED50;**
- **Il Sistema Catastale;**
- **Il Sistema WGS84/UTM;**

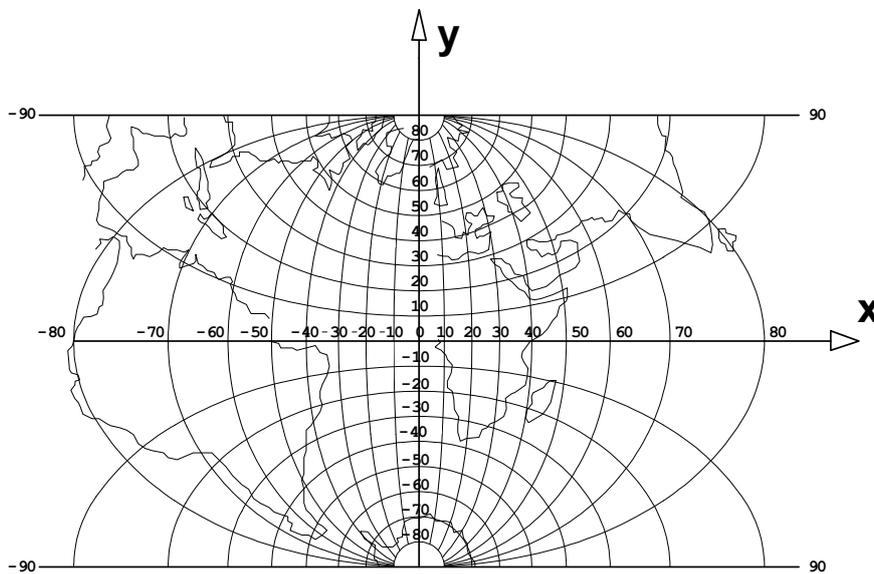
Sistemi cartografici

- Gauss ha ricavato da una **proiezione cilindrica inversa** una rappresentazione ellissoidica che conserva le distanze lungo il meridiano centrale e risulta **conforme** e pertanto gli angoli misurati sulla carta corrispondono perfettamente con i corrispondenti angoli misurati sul terreno; le lunghezze misurate sulla carta sono invece deformate rispetto a quelle misurate sulla superficie di riferimento.
- Gauss, ha proposto formule che danno le coordinate X e Y di un punto sul piano in funzione delle sue coordinate geografiche sull'ellissoide;
- Dette formule presentano una certa complessità e scarsa capacità applicativa. Il prof. Boaga, geodeta capo dell'I.G.M., ha studiato ed elaborato le formule di Gauss rendendole semplici, di facile applicazione e adatte anche al calcolo logaritmico;
- Per questo motivo tale sistema di proiezione viene chiamato: rappresentazione **Gauss-Boaga**.

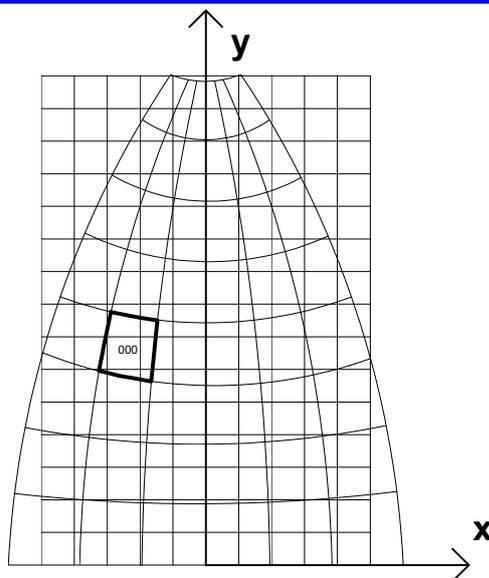
La proiezione conforme di Gauss-Boaga



La proiezione conforme di Gauss-Boaga



La proiezione conforme di Gauss-Boaga

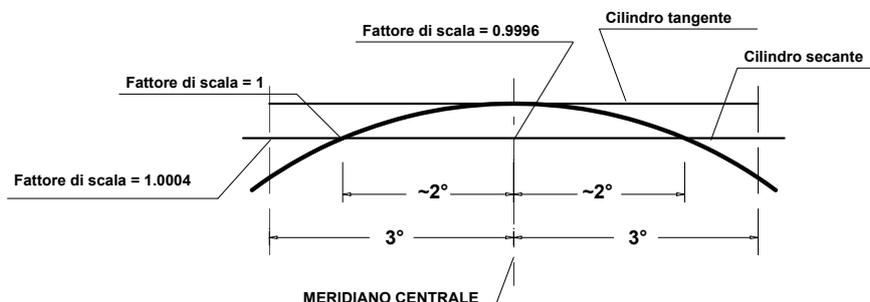


La proiezione conforme di Gauss-Boaga

- Nell'ambito di un fuso la deformazione lineare raggiunge il valore massimo sui meridiani marginali del fuso: il modulo di deformazione lineare, definito come rapporto tra un elemento lineare infinitesimo sulla carta ed il corrispondente elemento misurato sull'ellissoide, raggiunge il valore di 1.0008, il che significa che considerando due punti ad una distanza di 1000 m sull'ellissoide si trova sulla carta una distanza pari a 1000.80 m.
- Per limitare questa deformazione il Prof. Boaga ha introdotto un fattore di contrazione pari a 0.9996, ovvero si riduce tutta la rappresentazione di 4/10.000. Si ha pertanto un modulo di deformazione lineare di 0.9996 sul meridiano centrale e di 1.0004 sui meridiani marginali. In tale modo la deformazione relativa non supera il valore di 4/10.000;

La proiezione conforme di Gauss-Boaga

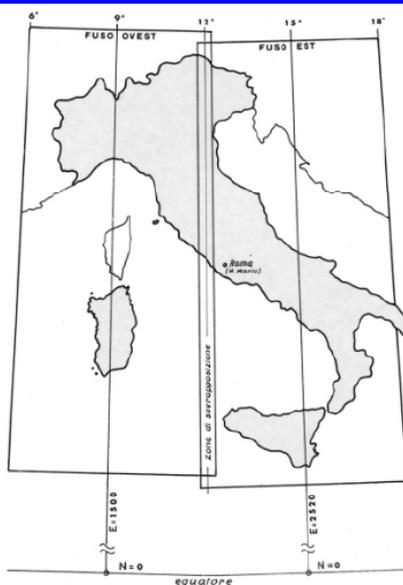
- Dal punto di vista geometrico, l'applicazione del fattore di contrazione corrisponde ad utilizzare un cilindro non più tangente bensì leggermente più piccolo, e quindi secante, rispetto all'ellissoide.
- Si noti inoltre che le coordinate dei vertici trigonometrici riportate nei cataloghi ufficiali sono già comprensive di tale riduzione.



La proiezione conforme di Gauss-Boaga

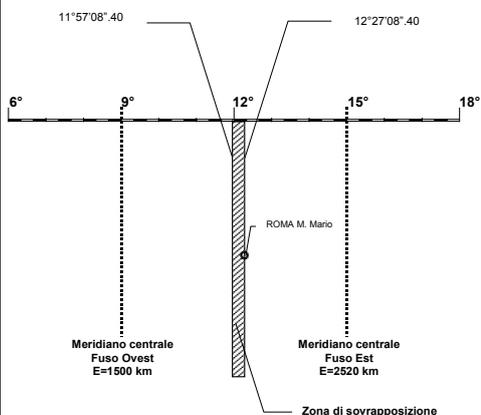
- Il Sistema Nazionale Gauss-Boaga utilizza quindi la proiezione conforme di Gauss e prevede unicamente l'utilizzo di due fusi, denominati fuso **OVEST** e fuso **EST** (coincidenti rispettivamente con i fusi 32 e 33 del sistema U.T.M.) ed aventi rispettivamente i meridiani posti a 9° e a 15° ad Est di Greenwich come meridiani centrali;
- Per il territorio italiano, che si estende tra i 6° e i $18^\circ 30'$ di longitudine est da Greenwich, si sono utilizzati due fusi (EST ed OVEST) ciascuno di ampiezza 6° ;

Il Sistema Nazionale Gauss-Boaga



Il Sistema Nazionale Gauss-Boaga

Nozioni di cartografia e sistemi di riferimento



- Il **Fuso Ovest** (meridiano centrale 9°) va dal meridiano di 6° fino al meridiano di Roma-Monte Mario (long = 12°27'08,40" E.G. riferita all'ellissoide di Bessel);
- Il **Fuso Est** (meridiano centrale 15°) va dal meridiano 11° 57' 08" E.G. al meridiano 18° 30' E.G.. Si crea una zona di sovrapposizione con il primo fuso al fine di eliminare le difficoltà relative a punti ricadenti sul limite dei due fusi. Il Fuso Est è stato esteso ad oriente per altri 30' per coprire la parte della Penisola Salentina che avrebbe bisogno di un terzo fuso;

Il Sistema Nazionale Gauss-Boaga

Nozioni di cartografia e sistemi di riferimento

- **Punto di emanazione** (cioè il luogo geometrico in cui la normale all'ellissoide e la verticale, intesa come linea di forza del campo gravitazionale terrestre, sono coincidenti) per il calcolo delle coordinate geografiche di tutti i vertici della rete geodetica italiana fu assunto il vertice di Roma Monte Mario (sistema Roma40), al quale, in seguito ad accurate osservazioni astronomiche, erano state attribuite le seguenti coordinate geografiche:
 - $\phi = 41^{\circ}55'25,51''$
 - $\lambda = 12^{\circ}27'08,40''$ E.G.
- **Proiezione**: Conforme di GAUSS;

Il Sistema Nazionale Gauss-Boaga

- **Ellissoide**: Hayford (Internazionale 1924).
 - Semiasse equatoriale (a) = 6378388 m;
 - Semiasse polare (b) = 6356911,946 m;
 - Schiacciamento (1/f) = 1/297,0;
- **Reticolato chilometrico**: Il reticolato costituito da meridiani e paralleli è sostituito con un reticolato chilometrico che fornisce il sistema di riferimento per determinare ascisse e ordinate dei punti in un sistema piano. Il sistema di assi cartesiani è costituito dal meridiano centrale di ogni fuso e dall'equatore.

Il Sistema Nazionale Gauss-Boaga

- **Falsa origine**: Allo scopo di eliminare l'uso dei numeri negativi per le ascisse dei punti posti ad Ovest dei rispettivi meridiani centrali, si è ricorso allo spostamento fittizio dell'origine delle ascisse istituendo una falsa origine per entrambi i fusi attribuendo ai punti sul meridiano centrale del fuso Ovest un valore convenzionale di X pari a 1500 km, ed a quelli sul meridiano centrale del fuso Est un valore di X pari a 2520 km.

Le coordinate E (Est) e N (Nord), sono definite da:

- $N = Y$ (per entrambi i fusi)
- $E = X + 1500$ (per il fuso Ovest)
- $E = X + 2520$ (per il fuso Est)

In tal modo la prima cifra della coordinata Est corrisponde sempre al numero del fuso: 1 per il fuso Ovest e 2 per il fuso Est.

Il Sistema Nazionale Gauss-Boaga

- Nella rappresentazione di GAUSS-BOAGA il reticolato geografico (meridiani e paralleli) e chilometrico non risultano paralleli. Infatti in ogni fuso soltanto il meridiano centrale coincide esattamente con l'asse delle ascisse mentre procedendo verso il margine le linee del reticolato chilometrico (tutte parallele all'asse delle ascisse) formano angoli crescenti con i meridiani (all'aumentare della latitudine diminuisce la lunghezza dei paralleli);
- Le carte sono tagliate secondo il reticolato geografico, quindi non hanno forma rettangolare.

- Redazione di una carta conforme;
- Inquadramento di un reticolo cartesiano;
- Deformazioni accettabili anche se aumentano man mano che ci si allontana dal meridiano di tangenza;

- Nel 1950 in seguito ad una convenzione fra le Nazioni dell'Europa Occidentale, si sono uniformate le reti geodetiche dei vari Stati (**E.D.**= European Datum);
- Il sistema adottato è stato l'**U.T.M.** (Universal Trasverse Mercator). E' una **proiezione cilindrica inversa** da cui si è ricavata una rappresentazione conforme con le formule di Gauss;

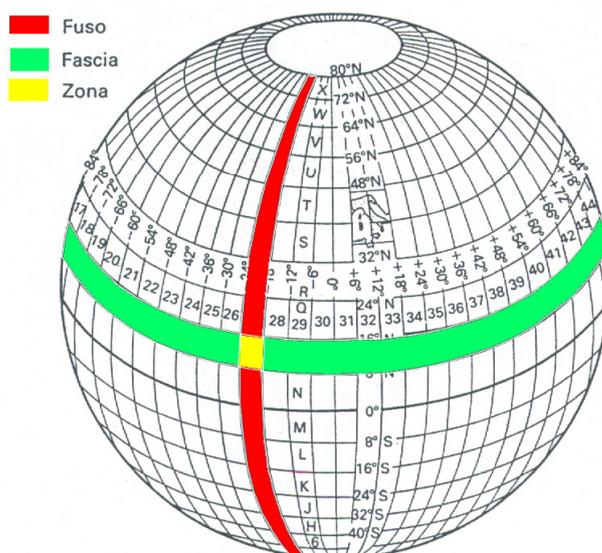
Il Sistema U.T.M. E.D.50

- Al fine di limitare le deformazioni, il globo terrestre è stato diviso in fusi di 6° di longitudine per un totale di 60 fusi;
- La latitudine di ogni fuso è limitata ai paralleli 80° Nord e 80° Sud. Per le calotte polari (entrambe di 10° di latitudine) si utilizza la Proiezione stereografica Polare (U.P.S.);
- I fusi sono numerati da occidente ad oriente. Il fuso numero 1 non risulta lungo il meridiano di Greenwich ma dal lato opposto del globo;

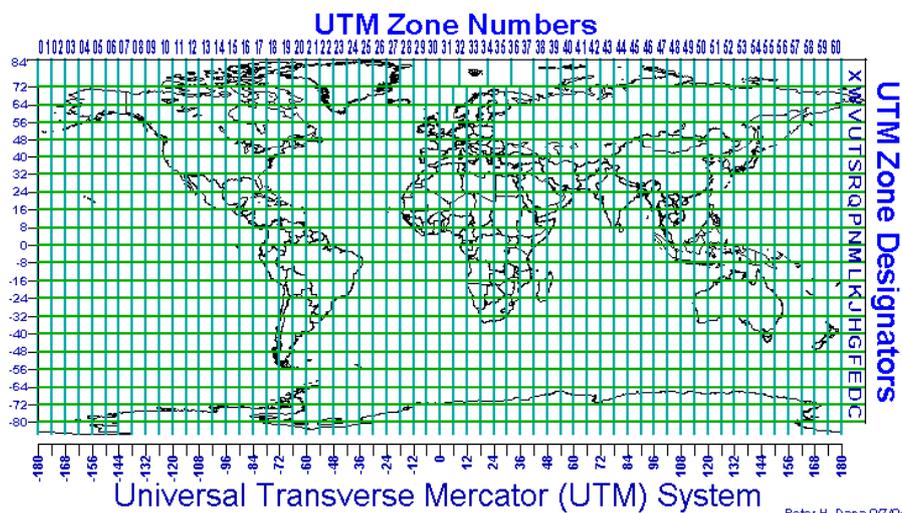
Il Sistema U.T.M. E.D.50

- L'Italia è compresa tra i fusi **32** e **33**, ad eccezione della penisola Salentina che cade nel fuso **34**;
- Il globo terrestre è stato suddiviso anche in **fasce** parallele (dieci nell'emisfero Nord e dieci nell'emisfero Sud) generate da paralleli distanziati di 8° a partire dall'equatore fino alle latitudini 80° Nord e 80° Sud. Le fasce parallele sono individuate da lettere dell'alfabeto;
- L'intersezione dei **fusi** e delle **fasce** genera delle aree ($20 \times 60 = 1200$) ciascuna delle quali ha ampiezza di 6° in longitudine e 8° in latitudine. Tali aree si chiamano **zone**;
- Ogni zona è individuata dal numero che indica il fuso e dalla lettera che indica la fascia;

Il Sistema U.T.M. E.D.50



Il Sistema U.T.M. E.D.50

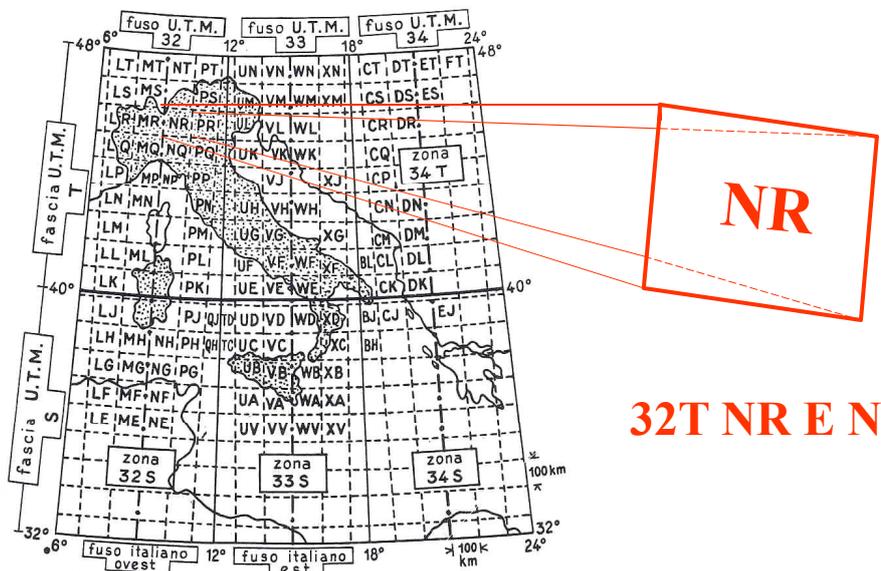


Il Sistema U.T.M. E.D.50

- L'Italia è compresa nelle zone **32^T**, **33^T**, **32^S** e **33^S**;
- L'estrema parte orientale della Puglia appartiene alle zone **34^T** e **34^S**;
- Le zone, tuttavia, hanno un'estensione troppo grande per poter identificare agevolmente un punto. A tal fine sono state divise tracciando delle rette parallele all'equatore ed altre parallele al meridiano centrale del fuso, tutte distanziate di 100 km. Si realizza quindi un **reticolato a maglie quadrate di 100 km di lato**;
- Ciascun quadrato è identificato da due lettere di cui la prima indica la **colonna** e la seconda indica la **riga**;

Il Sistema U.T.M. E.D.50

Nozioni di cartografia e sistemi di riferimento



Il Sistema U.T.M. E.D.50

Nozioni di cartografia e sistemi di riferimento

- I quadrati di 100 km di lato, a loro volta, sono divisi in quadrati minori, di 10 km di lato sui fogli al 100.000, oppure di 1 km di lato sulle tavolette al 25.000 e sui quadranti al 50.000.

Il Sistema U.T.M. E.D.50

- **Punto di emanazione** (cioè il luogo geometrico in cui la normale all'ellissoide e la verticale, intesa come linea di forza del campo gravitazionale terrestre, sono coincidenti) fu assunto un vertice centrale rispetto alla globalità delle reti geodetiche nazionali, situato a Postdam nei pressi di Bonn (Germania);
- **Proiezione**: Conforme di GAUSS;
- **Ellissoide**: Hayford (Internazionale 1924).
 - Semiasse equatoriale (a) = 6378388 m;
 - Semiasse polare (b) = 6356911,946 m;
 - Schiacciamento (1/f) = 1/297,0;

Il Sistema U.T.M. E.D.50

- **Reticolato chilometrico**: Il reticolato costituito da meridiani e paralleli è sostituito con un reticolato chilometrico che fornisce il sistema di riferimento per determinare ascisse e ordinate dei punti in un sistema piano. Il sistema di assi cartesiani è costituito dal meridiano centrale di ogni fuso e dall'equatore.
- **Falsa origine**: Allo scopo di eliminare l'uso dei numeri negativi per le ascisse dei punti posti ad Ovest dei rispettivi meridiani centrali, si è ricorso allo spostamento fittizio dell'origine delle ascisse istituendo una falsa origine per entrambi i fusi attribuendo ai punti sul meridiano centrale un valore convenzionale di X pari a 500 km.
Le coordinate E (Est) e N (Nord), sono definite da:
 - $N = Y$ (per entrambi i fusi)
 - $E = X + 500$ (per entrambi i fusi).

Il Sistema U.T.M. E.D.50

Elementi in comune

- Elissoide di riferimento (Elissoide internazionale di Hayford);
- Proiezione: Conforme di Gauss;
- Assi cartesiani (X e Y): equatore e stessi meridiani;

Elementi non in comune

- Punto di emanazione del sistema: M.Mario per Roma40 e Potsdam per ED50;
- Meridiano fondamentale (0° di longitudine): M. Mario per Roma 40 e Greenwich per ED50;
- False origini: +1500 Km per il fuso Ovest (Roma 40) e +2520 Km per il fuso Est (Roma 40); +500 Km per i fusi 32 e 33 (ED 50)

U.T.M. E.D.50 vs GAUSS-BOAGA (ROMA40)

- Il sistema nazionale Gauss-Boaga e il sistema U.T.M. pur se riferite alla stessa proiezione (conforme di Gauss) non coincidono esattamente;
- Il punto di emanazione (definito anche punto di tangenza elissoide-geoide) si trova Roma Monte Mario per il Sistema GAUSS-BOAGA e a Potsdam (vicino Bonn) per ED 50.
- La diversa collocazione del punto di emanazione provoca degli sfasamenti irregolari tra i due sistemi con differenze tra le coordinate superiori ai **100 - 200 m.**

U.T.M. E.D.50 vs GAUSS-BOAGA (ROMA40)

Nozioni di cartografia e sistemi di riferimento

- La cartografia catastale rappresenta un patrimonio immenso, costato oltre un secolo di lavoro (la Legge n. 3682 del 1 marzo 1886);
- La cartografia catastale è l'unica cartografia a grande scala che ricopre l'intero territorio nazionale;
- La finalità principale del rilievo catastale del territorio è stata la costituzione di un inventario planimetrico particellare uniforme, fondato sulla misura e sulla stima, con funzioni fiscali e tributarie;
- Tale inventario è **Geometrico e Particellare**: cioè realizzato mediante rilevamento topografico planimetrico delle singole particelle;
- Il **Catasto Italiano** non è probatorio;
- L'elemento cartografico di base del catasto è la **mappa**, solitamente prodotta in scala 1:2000;

Il Sistema Catastale

Nozioni di cartografia e sistemi di riferimento

- Sono redatti alla scala 1:1000 (allegati) i centri abitati e le relative zone di espansione e le porzioni inferiori a 20 are (1 ara = 100 m²) e alla scala 1:500 le porzioni di territorio nelle quali l'area media delle particelle è inferiore a 3 are;
- Viceversa per le zone montuose a proprietà poco divisa e per le quali si presume non possano avvenire cambiamenti rilevanti per quanto riguarda il particellamento si adottano rappresentazioni alla scala 1:4000 (area media delle particelle non inferiore a 5 ettari; 1 ettaro = 10.000 m²).
- Il territorio nazionale è coperto con oltre 310.000 fogli di mappa avente, in media una superficie di 100 ha.
- In ciascun foglio sono contenute mediamente circa 200 particelle;
- Per tutto il territorio nazionale sono quindi descritte geometricamente circa 60.000.000 di particelle;

Il Sistema Catastale

- Le mappe catastali sono prodotte utilizzando la proiezione di **Cassini - Soldner**. Questo sistema di proiezione è esclusivamente planimetrico e **afilattico**, cioè riduce al minimo tutte e tre le tipologie di deformazione tipiche dei sistemi proiettivi (aree, angoli e distanze);
- La proiezione **Cassini - Soldner** pone la scelta del centro di sviluppo in posizione pressochè baricentrica rispetto alla zona da cartografare, per evitare deformazioni geometriche incompatibili con le finalità metriche preposte. Circostanza, che non ha consentito purtroppo di realizzare un sistema cartografico catastale esteso a tutto il territorio nazionale ed omogeneo;
- Il Catasto italiano ha ufficialmente adottato il sistema nazionale "Monte Mario 1940 - Gauss-Boaga" da vari anni (Legge del 1941), ma non in tutte le zone si è passati effettivamente a tale sistema;

Il Sistema Catastale

- La rappresentazione cartografica di Cassini-Soldner ha quindi richiesto la necessità di suddividere il territorio nazionale in varie zone, riferita ciascuna ad un proprio centro di sviluppo. Per cui, la reale estensione di ciascuno dei sistemi risultanti, finisce di norma per non superare un massimo di 70 km dall'origine in longitudine, ed un massimo di 100 km in latitudine;
- La gran parte del territorio delle province italiane è rimasta così suddivisa in 31 diversi sistemi di grande estensione; mentre la parte rimanente è stata invece suddivisa in circa 800 altri diversi sistemi di minore estensione;
- Per $x_{max} = 70$ km il modulo di deformazione superficiale non supera il valore 1,00005 ed inoltre, lungo il meridiano centrale è sia equivalente che conforme.

Il Sistema Catastale

- Le **mappe** si realizzano su fogli con dimensioni di circa 1,00 x 0,70 m e numerati progressivamente per ogni Comune.
- Su ogni foglio è disponibile sui bordi una parametratura mediante tratti la cui distanza corrisponde a 100 m;
- Nella cartografia sono rappresentati i seguenti tematismi informativi:
 - a) vertici di riferimento rappresentati dalla maglia dei punti fiduciali;
 - b) particelle rappresentative dei possessi o proprietà dei terreni, nonché della potenzialità produttiva del suolo;
 - c) particelle rappresentative dei fabbricati e delle eventuali loro aree pertinenziali;
 - d) tessuto connettivo pubblico o di uso pubblico costituito dalla rete e dalle infrastrutture viarie e fluviali, con relativa toponomastica;
 - e) particolari topografici anche di non specifico interesse catastale e altre informazioni, che permettono una migliore lettura della cartografia, quali le proprietà pubbliche, i limiti amministrativi, le aree soggette a vincolo o servitù di varia natura.

Il Sistema Catastale

- **Punto di emanazione** (cioè il luogo geometrico in cui la normale all'ellissoide e la verticale, intesa come linea di forza del campo gravitazionale terrestre, sono coincidenti) a Genova (Osservatorio dell'Istituto Idrografico della Marina, definizione 1902);
- **Proiezione**: Cassini-Soldner (**afilattica** per costruzione ma, per il modesto modulo di deformazione areale, in pratica **equivalente**);
- **Ellissoide**: Bessel (1841).
 - Semiasse equatoriale (a) = 637737,15 m;
 - Semiasse polare (b) = 6356078,962 m;
 - Schiacciamento (1/f) = 1/299,1528128;

Il Sistema Catastale

- **Definizione:** È costituito da una terna cartesiana **OXYZ** con origine nel centro di massa convenzionale della Terra ed asse **Z** diretto secondo l'asse di rotazione terrestre convenzionale. Alla terna è associato un ellissoide con centro nell'origine ed assi coincidenti con quelli della terna stessa (ellissoide geocentrico);
- **Ellissoide:** WGS84
 - Semiasse equatoriale (a) = 6378137 m;
 - Schiacciamento ($1/f$) = 1/298,257223563;
- **Proiezione:** Al sistema WGS84 non è associato ufficialmente alcun sistema cartografico, anche se è sempre più frequente l'adozione, già attuata dall'I.G.M.I., della UTM con inquadramento WGS84 (in analogia all'UTM-ED50), denominato UTM-WGS84.

Il Sistema WGS84/UTM

In base alla Legge 2 febbraio 1960 N.68, sono organi cartografici dello Stato:

- **Istituto Geografico Militare (IGMI);**
- **Istituto Idrografico della Marina:** si occupa di rilievi batimetrici e oceanici, rilievi geodetici lungo le coste, produce carte nautiche necessarie per la navigazione;
- Sezione Fotocarta dello Stato Maggiore dell'Aeronautica, diventato **Centro di Informazioni Geotopografiche dell'Aeronautica (CIGA);**
- **Servizio Geologico,** che così come il CIGA, non esegue rilievi topografici, e utilizza carte dell'IGMI riportando su queste solo le informazioni relative al rilievo geologico e gravimetrico (o alla navigazione aerea);
- Amministrazione del Catasto e dei Servizi Tecnici Erariali (ora **Dipartimento del Territorio**), che rileva mappe alle scale da 1:5000 a 1:500 partendo dalla rete trigonometrica dell'IGMI, per scopi fiscali (dipende dal Ministero delle Finanze).

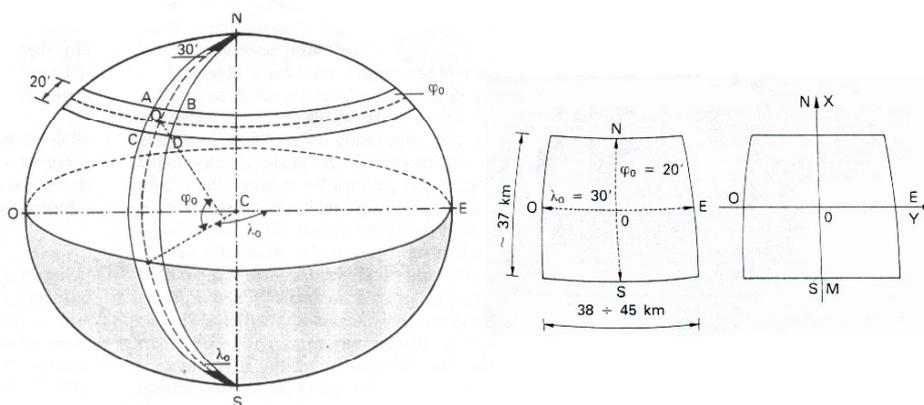
La Cartografia Ufficiale Italiana

Nozioni di cartografia e sistemi di riferimento

- Con una Legge del 1875 veniva stabilita la realizzazione della **Carta Fondamentale d'Italia in scala 1:100.000**. Essa, completata nel 1900, fornisce di tutto il territorio nazionale una rappresentazione grafica completa, planimetrica ed altimetrica;
- Per la compilazione della carta l'I.G.M.I. ha adottato la proiezione **equivalente** di Flamsteed, detta anche sinusoidale o naturale o policentrica (cioè con origine diversa per ogni foglio);
- Poiché nella rappresentazione di Flamsteed le deformazioni aumentano man mano che ci si allontana dal meridiano centrale della zona di interesse, è stato assunto come asse delle ordinate il meridiano centrale di fusi molto stretti ($30'$ di longitudine) e i vari fogli sono stati ottenuti intersecando i fusi con paralleli aventi differenza di latitudine di $20'$ (reticolato geografico);
- Ad ogni elemento corrisponde sul piano un trapezio isoscele il cui centro è assunto come origine del sistema di assi cartesiani al quale vanno riferiti i punti del trapezio;
- Tali assi sono orientati secondo le direzioni del meridiano centrale e del parallelo centrale dell'elemento;

La cartografia nazionale dell'I.G.M.I.

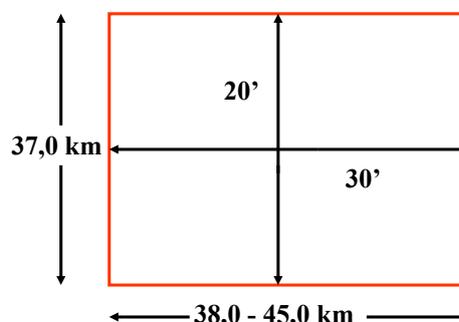
Nozioni di cartografia e sistemi di riferimento



La cartografia nazionale dell'I.G.M.I.

Nozioni di cartografia e sistemi di riferimento

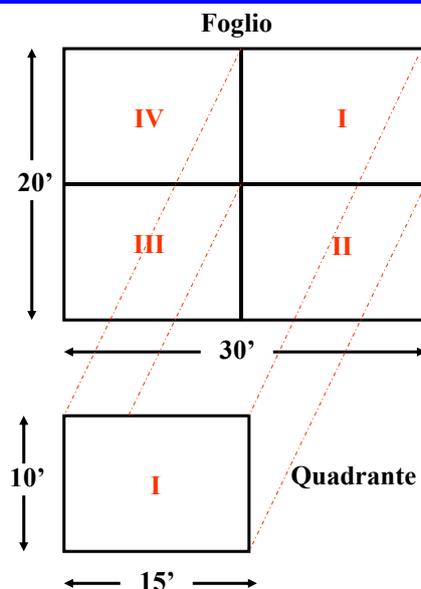
- La larghezza di un foglio rappresenta un massimo di **45 km** di territorio nazionale nei fogli dell'Italia meridionale e un minimo di **38 km** in quelli dell'Italia Settentrionale;
- L'altezza di un foglio rappresenta invece un territorio costante di **37 km**;
- Ogni foglio rappresenta quindi una superficie di circa **1600 kmq** (Sicilia) o di **1400 kmq** (Alto Adige);
- I fogli ricoprenti l'intero territorio nazionale sono **277** e vengono numerati progressivamente da sinistra verso destra e dall'alto verso il basso;



La cartografia nazionale dell'I.G.M.I.

Nozioni di cartografia e sistemi di riferimento

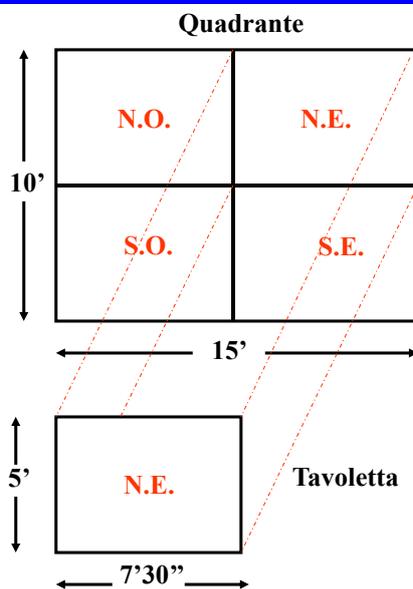
- I **Quadranti** (scala 1:50.000) hanno le stesse dimensioni dei fogli e, in ciascun foglio, vengono individuati con i numeri romani I, II, III, IV procedendo in senso orario a partire dal quadrante in alto a destra;
- La superficie di un quadrante è quindi la quarta parte (375 kmq circa) di quella rappresentata nel foglio in cui è compreso;
- Il quadrante si estende per **15'** di longitudine e **10'** di latitudine.



La cartografia nazionale dell'I.G.M.I.

Nozioni di cartografia e sistemi di riferimento

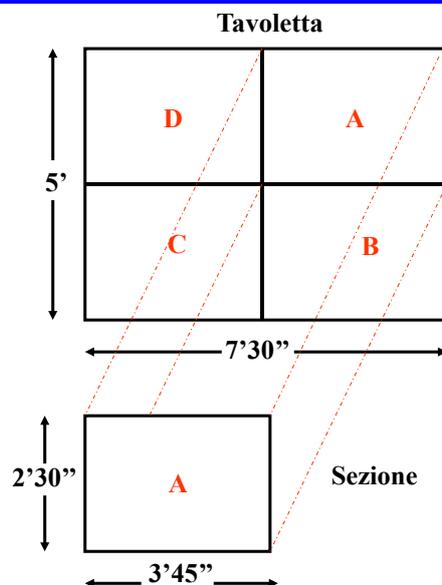
- Le **Tavolette** (scala 1:25.000) hanno le stesse dimensioni dei fogli e, in ciascun quadrante, vengono individuati con i punti cardinali;
- La superficie di una tavoletta è quindi la quarta parte di quella rappresentata nel quadrante e la sedicesima parte (100 kmq circa) di quella rappresentata nel foglio in cui è compresa;
- La tavoletta si estende per 7'30" di longitudine e 5' di latitudine.



La cartografia nazionale dell'I.G.M.I.

Nozioni di cartografia e sistemi di riferimento

- Per alcune regioni d'Italia (Calabria) sono state realizzate le **sezioni** (scala 1:10.000) che hanno dimensioni leggermente maggiori delle tavolette e rappresentano la quarta parte del territorio raffigurato in essa;
- Ciascuna tavoletta comprende 4 sezioni che vengono individuate con le lettere A, B, C, D;
- La sezione si estende per 3'45" di longitudine e 2'30" di latitudine.



La cartografia nazionale dell'I.G.M.I.

Nozioni di cartografia e sistemi di riferimento

		N.O.	N.E.
	IV		I
		S.O.	S.E.
			II
D	A		
C	B		

La cartografia nazionale dell'I.G.M.I.

Nozioni di cartografia e sistemi di riferimento

- Il territorio compreso in un foglio al 100.000 è quindi rappresentato in quattro quadranti al 50.000, in sedici tavolette al 25.000 e in sessantaquattro sezioni al 10.000;
- Come già detto, per la compilazione della carta l'I.G.M.I. ha adottato la proiezione **equivalente** di Flamsteed. Di conseguenza sono presenti deformazioni lineari ed angolari. Le prime risultano quasi sempre di entità trascurabile. Le seconde aumentano procedendo dal centro alla periferia della carta e raggiungendo valori massimi di 5' ai margini dei fogli al 100.000;
- Tuttavia l'inconveniente maggiore, comune a tutte le proiezioni con più origini, è costituito dal fatto che i punti appartenenti a fogli diversi non sono legati da alcuna relazione;
- Per ovviare a questo inconveniente nel 1940 l'I.G.M. decise di cambiare tipo di proiezione passando da quella di Flamsteed a quella **conforme** di Gauss;

La cartografia nazionale dell'I.G.M.I.

Nozioni di cartografia e sistemi di riferimento

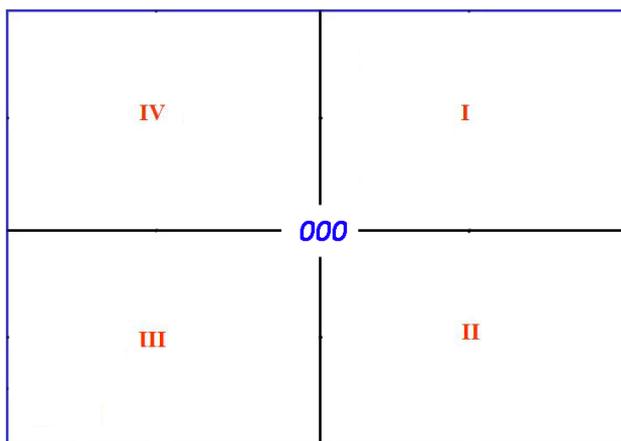
- Con l'unificazione del sistema di riferimento geodetico, European Datum 1950 (ED 50), l'Istituto Geografico Militare ha istituito a partire dal 1964 una nuova "**Carta topografica d'Italia alla scala di 1:50.000**", introducendo modificazioni al predetto taglio geografico per facilitarne l'inserimento nella cartografia europea unificata. Questa nuova carta si compone a sua volta di 636 fogli di forma trapezia, delimitati ciascuno da due archi di meridiano dell'ampiezza di 20' in latitudine e da due archi di parallelo dell'ampiezza di 12' in longitudine, comprendenti un'area territoriale media di 620 kmq circa;
- Tale nuova carta é inquadrata nel sistema ED 50 e rappresentata nel sistema U.T.M. con fusi di 6° a partire dall'antimeridiano di Greenwich. In relazione a tale carta l'I.G.M.I. ha poi provveduto anche alla formazione di una nuova "**Carta topografica d'Italia alla scala 1:25.000**", costituita da **2298** elementi delle dimensioni di 10' in longitudine e di 6' in latitudine, comprendenti un'area media di circa 150 kmq. Carta, questa, destinata a sostituire nel tempo la vecchia cartografia ufficiale alla stessa scala.

La cartografia nazionale dell'I.G.M.I.

Nozioni di cartografia e sistemi di riferimento

Fogli: 20' x 12'
1:50.000

Sezioni: 10' x 6'
1:25.000



La cartografia nazionale dell'I.G.M.I.

Nozioni di cartografia e sistemi di riferimento

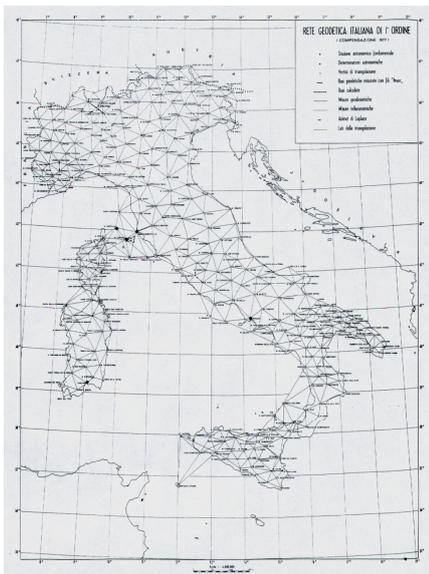
- Sulla nuova cartografia I.G.M.I. è riportato il reticolato chilometrico riferito al sistema U.T.M. ED50 ma anche gli elementi per ricostruire il reticolato di Gauss – Boaga;
- Il sistema nazionale Gauss-Boaga (Roma40), è indicato al margine della cornice di ciascuna carta con simbologia differente per la designazione del reticolato del fuso Ovest e del fuso Est:



- Sul margine della carta sono inoltre riportate le coordinate Gauss-Boaga dei vertici della carta stessa.

La cartografia nazionale dell'I.G.M.I.

Nozioni di cartografia e sistemi di riferimento



- La triangolazione del **I° Ordine** dell'I.G.M.I. (seconda metà del secolo scorso) costituisce la **Rete Geodetica Nazionale**. Essa ricopre l'intero territorio nazionale con delle maglie triangolari (lunghezza media dei lati pari a 50 km) i cui vertici sono i **punti trigonometrici**;
- La rete del **II° Ordine** (lunghezza media dei lati pari a 25 km) unisce i punti baricentri dei triangoli del I° Ordine;
- La rete del **III° Ordine** è anch'essa a maglie triangolari con una lunghezza media dei lati di 10-15 km;
- La rete del **IV° Ordine** ha densità tale che, nel raggio di 5 km ne ricade sempre almeno uno e costituiscono la maggior parte dei punti trigonometrici.

Rete Geodetica dell'I.G.M.I.

Nozioni di cartografia e sistemi di riferimento

- Identifica al tempo stesso la *precisione* ed il *dettaglio* delle informazioni acquisite ed è correlata al rapporto di scala;
- Si ammette che l'occhio umano non sia in grado di discernere adeguatamente sulla carta dettagli di ampiezza inferiore a **0,2-0,3 mm** grafici;
- Questo valore è assunto come *risoluzione della carta* ovvero la dimensione minima che deve avere un oggetto o un suo dettaglio per poter essere rappresentato a una determinata scala;
- Da ciò dipende la *tolleranza planimetrica* ovvero lo scostamento massimo, rapportato alla scala della carta, fra le posizioni planimetriche di un generico punto e la sua corretta posizione sul terreno. Secondo le norme italiane è fissato a **0,4 mm** grafici;

Accuratezza delle carte

Nozioni di cartografia e sistemi di riferimento

Scala	Risoluzione (m)	Tolleranza(m)	1 cm =
1.000	0,2	0,4	10 m
2.000	0,4	0,8	20 m
5.000	1,0	2,0	50 m
10.000	2,0	4,0	100 m
50.000	10,0	20,0	500 m
100.000	20,0	40,0	1 Km
1.000.000	200,0	400,0	10 Km

Accuratezza delle carte

Nozioni di cartografia e sistemi di riferimento

- L'esatta comprensione del parametro accuratezza porta a **rifiutare**, in quanto errati, gli **ingrandimenti** delle carte ed a tollerare, entro limiti contenuti, le riduzioni;
- Infatti gli ingrandimenti avrebbero il risultato di aumentare la **scala** senza migliorarne l'**accuratezza**.

Accuratezza delle carte



Provincia di Cosenza

Settore Programmazione e Gestione Territoriale

“SIPITEC2 - Sistema Informativo Territoriale per la Gestione del P.T.C.P.”

CORSO DI FORMAZIONE PER GLI UTENTI PROVINCIALI

Nozioni di cartografia e sistemi di riferimento

Grazie.



www.epsilon-italia.it