

la georeferenziazione dell'informazione spaziale

fabio.lucchesi_01.2005

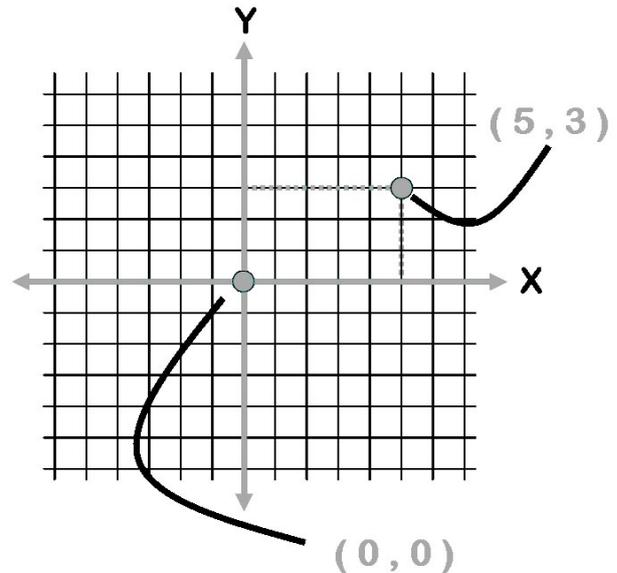
Georeferenziazione

- Un dato spaziale georeferenziato è un dato che è riferito ad una collocazione fisica sulla superficie terrestre attraverso delle coordinate relative a un sistema di riferimento geografico**

Sistemi di riferimento

- Un sistema di coordinate **bidimensionale** è definito rispetto a un piano
 - Un sistema di coordinate **tridimensionale** è definito rispetto a due piani ortogonali

- I sistemi di riferimento **geografici** estendono l'idea del sistema cartesiano alla superficie curva della Terra



fabio.lucchesi_01.2005

La mappa e la Terra

- La superficie della Terra è, approssimativamente, **sferica**

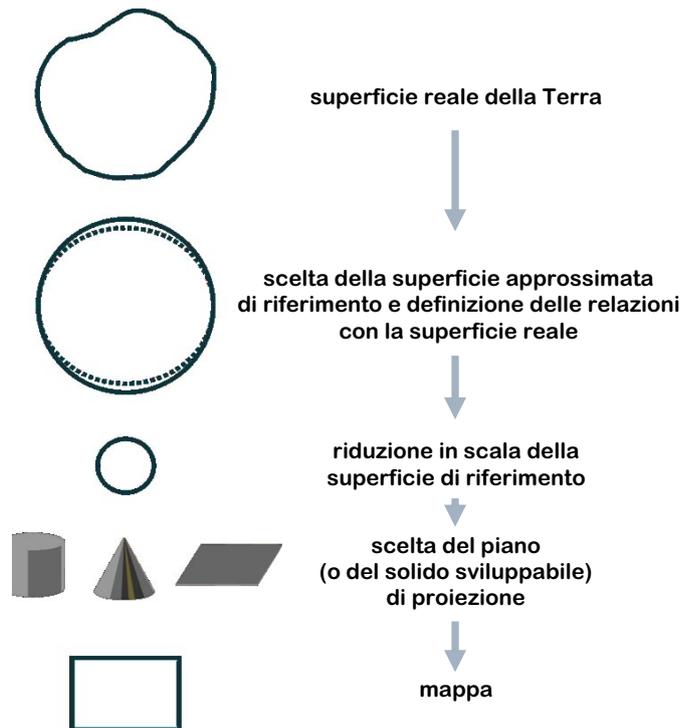
- Viceversa una **mappa** è irriducibilmente **piana**: deve dunque rappresentare lo spazio tridimensionale della superficie terrestre su una superficie bidimensionale

- La riduzione dallo spazio tridimensionale allo spazio bidimensionale non può avvenire senza una qualche **alterazione geometrica**
 - Da questo punto di vista la migliore rappresentazione della superficie terrestre è il **globo**

fabio.lucchesi_01.2005

La costruzione della mappa

- La **superficie reale della Terra** ha un andamento troppo **irregolare** per essere utilizzata come base di un sistema di coordinate
- Il processo di costruzione della mappa utilizza quindi una **superficie di riferimento**
- Naturalmente, poiché una mappa è una **rappresentazione ridotta** della superficie della Terra è necessario applicare una qualche **scala** di riduzione dimensionale
- Le superfici curve di riferimento sono infine **trasformate sul piano** della mappa attraverso un **metodo di proiezione**

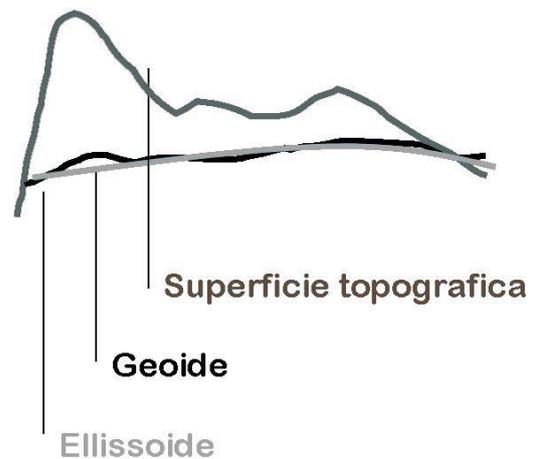


superfici di riferimento e datum

Le superfici della Terra

- I sistemi di riferimento riferiti alla superficie terrestre devono basarsi su un **modello** della dimensione e della forma della Terra
- È necessario distinguere modelli diversi
 - **Geoide**
 - **Ellissoide**

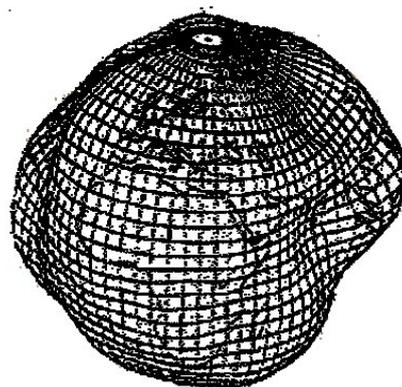
 - Si consideri che in ogni caso i modelli sono da considerare distinti rispetto alla **superficie topografica**, che è la superficie formata dal mare e dalle irregolarità delle terreno



fabio.lucchesi_01.2005

Il geoide

- Il **geoide** è un modello approssimabile alla superficie che si otterrebbe prolungando sotto le terre emerse la **superficie media del mare**
 - questa superficie è influenzata dalle variazioni di densità della Terra; le irregolarità sono pari a circa **60 metri**
- Questo modello è **troppo complesso** per essere utilizzato per definire un sistema di coordinate geografiche



Le ondulazioni del geoide sono amplificate di 15000 volte
(disegno tratto da
Richard Knippers, Geometric Aspects of Mapping)

fabio.lucchesi_01.2005

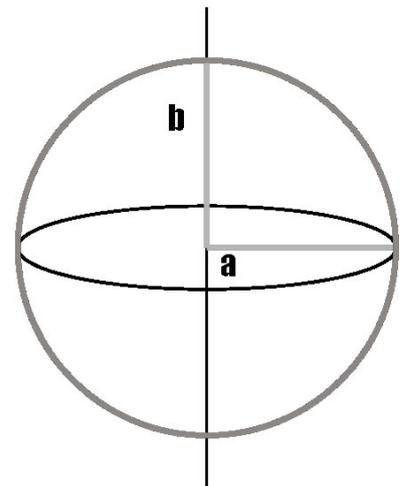
Ellissoide

- L'ellissoide è un modello che rappresenta la forma della Terra smussata delle irregolarità superficiali
- Dall'inizio dell'Ottocento sono stati definiti molti ellissoidi in funzione del perfezionamento delle rilevazioni
- Con grande generalità, il semiasse minore (N/S) è circa 1/150 più corto del semiasse maggiore (E/W)
 - Gli ellissoidi di riferimento sono identificati da un nome spesso seguito da un anno
 - Bessel 1841
 - Internazionale 1924
 - WGS 1984
 - ...

$b = 6356752.3142 \text{ m}$

$a = 6378137,0 \text{ m}$

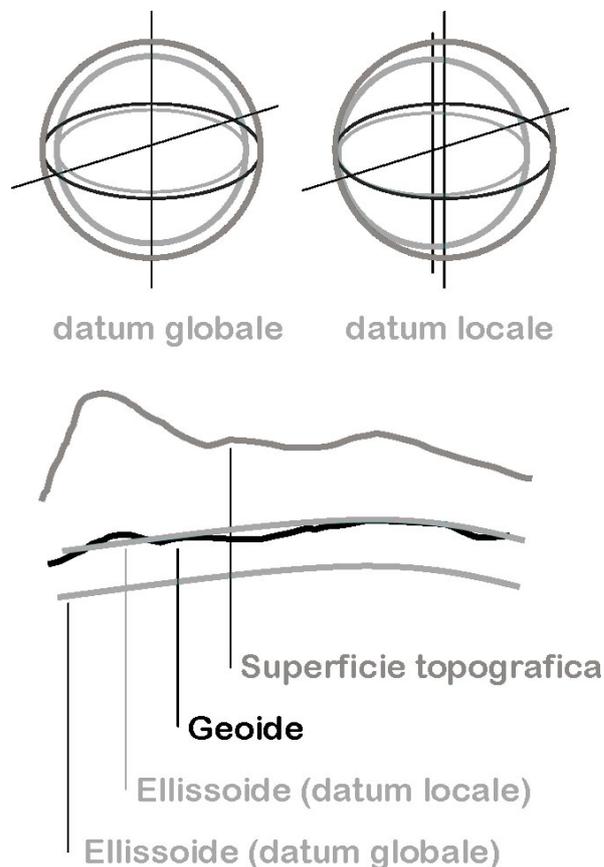
valori WGS84



fabio.lucchesi_01.2005

Datum

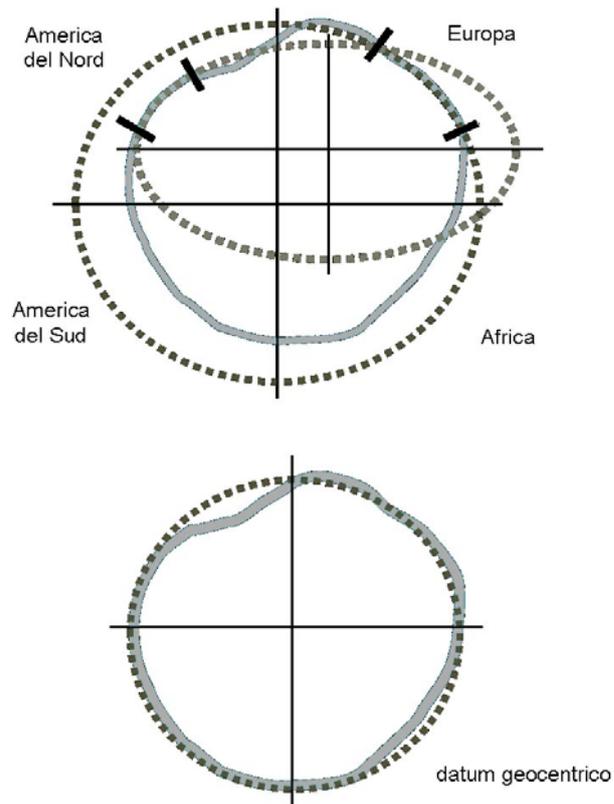
- Il datum è un parametro di trasformazione definito da due aspetti
 - l'ellissoide di riferimento scelto per approssimare la dimensione e la forma della Terra
 - l'orientamento dell'ellissoide, ossia il suo posizionamento rispetto alla superficie terrestre reale
- Possono distinguersi due specie di 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



fabio.lucchesi_01.2005

La scelta del datum

- Date le oscillazioni del geoidi, è possibile che sia opportuno avvalersi di **datum diversi** per approssimare meglio la superficie del geoidi in punti diversi del globo
- Una **variazione di datum** comporta la variazione di uno o di entrambi i seguenti parametri
 - **ellissoide di riferimento**
 - **orientamento**, ossia scelta del punto di coincidenza tra l'ellissoide di riferimento e il geoidi



fabio.lucchesi_01.2005

Esempi di datum

- **Datum locali**, che si accostano alla superficie terrestre in un punto particolare
 - **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
 - **Roma 1940 (Roma40)** 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
- **Datum globali**, che sono orientati al centro della Terra e sono utilizzati per funzionare globalmente
 - **World Geodetic System 84 (WGS 84)** usa un proprio ellissoide (WGS84); è usato dalla rete di rilevamento satellitare GPS

fabio.lucchesi_01.2005

proiezioni geografiche

fabio.lucchesi_01.2005

Metodi di proiezione

- Un metodo di **proiezione** è una funzione matematica che mette in corrispondenza biunivoca un sistema di coordinate sferiche (o sferoidali) con un sistema di coordinate planari

- Un metodo di **proiezione** è dunque un insieme di regole per restituire lo spazio tridimensionale della superficie terrestre su un piano bidimensionale

Forme di distorsione

- In termini geometrici lo sferoide terrestre è una forma **non sviluppabile**: vale a dire che comunque la superficie dello sferoide sia divisa, non può essere distesa su un piano
- Quindi, **tutte le proiezioni sono affette da distorsioni**
- I sistemi di proiezione differiscono nel modo in cui riescono a preservare alcune fondamentali proprietà spaziali:
 - Aree
 - Angoli
 - Distanze

fabio.lucchesi_01.2005

La scelta del metodo di proiezione

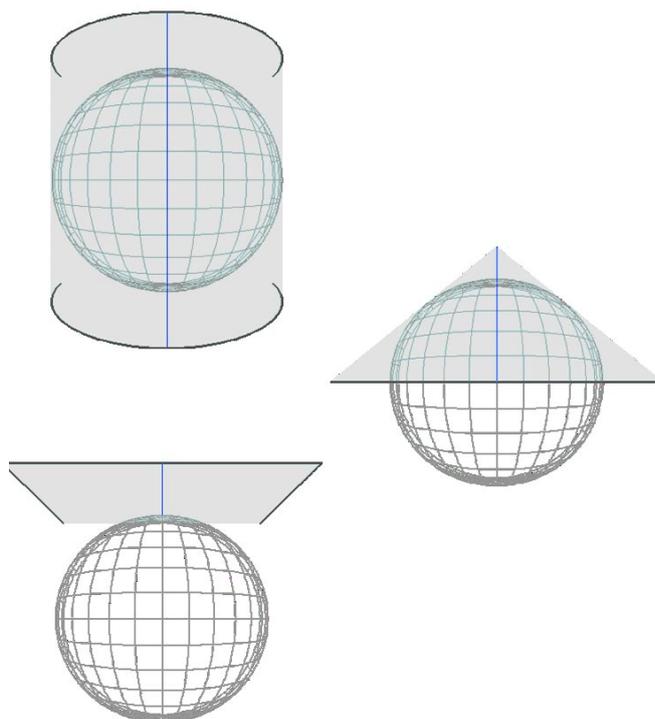
- Poiché nessuna proiezione è indenne da distorsioni** (p.e. una proiezione che conserva le aree non può conservare al tempo stesso gli angoli), quale tipo di distorsione possa essere tollerato, e quindi quale tecnica di proiezione debba essere scelta, dipende dallo **scopo** che si intende ottenere con la rappresentazione, rispetto ad alcuni parametri
 - **proprietà della carta** (p.e. il mantenimento del parallelismo tra le deformate dei paralleli sul piano)
 - **estensione dell'area da rappresentare**
 - **quantità ed estensione delle deformazioni ammissibili**
 - Una proiezione che mantiene i rapporti angolari si dice **conforme (conformal)**
 - Una proiezione che mantiene i rapporti areali si dice **equivalente (equal area)**

fabio.lucchesi_01.2005

Tipi di proiezione in base a superfici di proiezione

- Per produrre una mappa sul piano, la rete fondamentale di meridiani e paralleli deve essere proiettata su una **superficie sviluppabile sul piano**

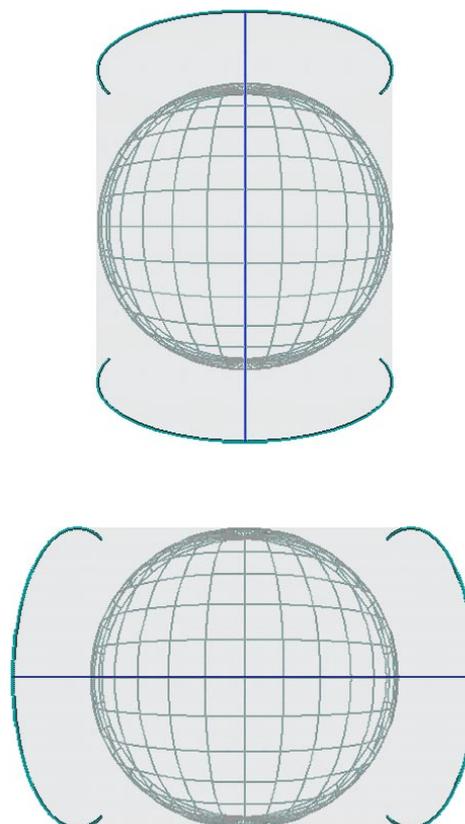
- Le tre più comuni superfici sviluppabili sono il **cilindro**, il **cono** e, evidentemente, il **piano** (tangente o meno)



fabio.lucchesi_01.2005

Proiezioni cilindriche

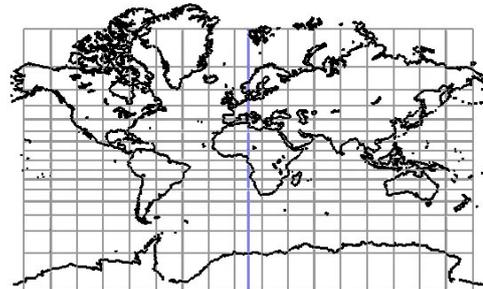
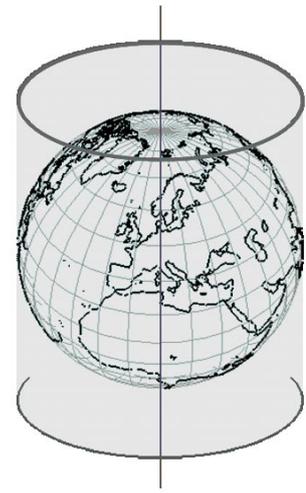
- Le **proiezioni cilindriche** sono create disponendo un cilindro intorno al globo
- Il cilindro è **verticale** nella **proiezione cilindrica diretta** ed è **orizzontale** nella **proiezione cilindrica inversa**
- Il cilindro è **tagliato** lungo un meridiano (o un parallelo) e aperto per produrre un piano



fabio.lucchesi_01.2005

La proiezione di Mercatore (1569)

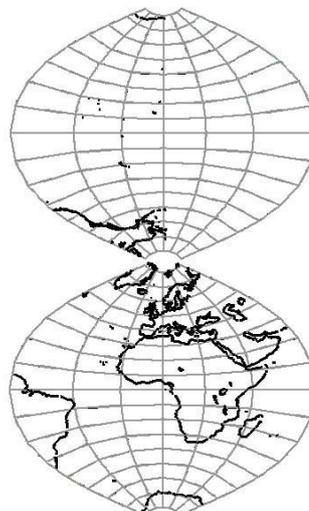
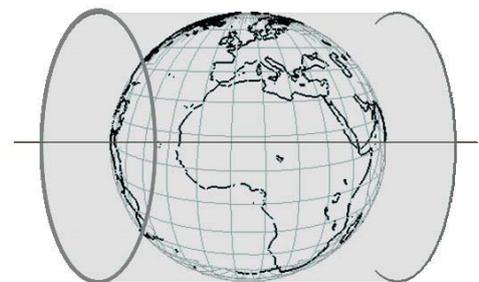
- **La proiezione di Mercatore è derivata dalla proiezione cilindrica diretta**
 - A differenza della proiezione cilindrica diretta la proiezione di Gauss è **conforme**, ossia capace di conservare le misure degli angoli nella trasformazione dalla superficie ellissoidica alla superficie piana



fabio.lucchesi_01.2005

La proiezione di Gauss (1820)

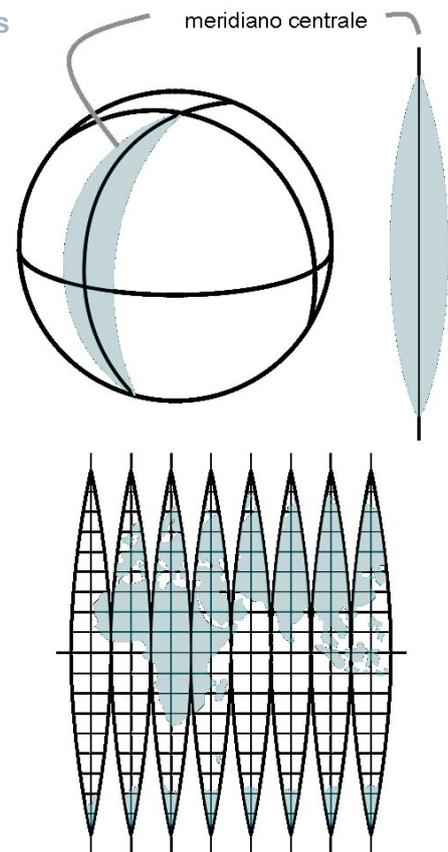
- **La proiezione di Gauss è una proiezione conforme derivata dalla proiezione cilindrica inversa**
 - Si consideri che, soprattutto nella terminologia anglosassone, la proiezione di Gauss è anche definita **proiezione inversa di Mercatore**



fabio.lucchesi_01.2005

Rappresentazione per fusi della proiezione di Gauss

- Nella proiezione inversa di Mercatore le **deformazioni** sono limitate in prossimità del **meridiano centrale**
- La proiezione inversa di Mercatore diventa **universale** facendo ruotare il cilindro **orizzontale** di una misura **angolare costante** e proiettando ogni fuso in modo indipendente
 - Si consideri che due mappe contigue, ma appartenenti a due fusi adiacenti non possono essere giustapposte a registro sul loro bordo comune



fabio.lucchesi_01.2005

sistemi di coordinate

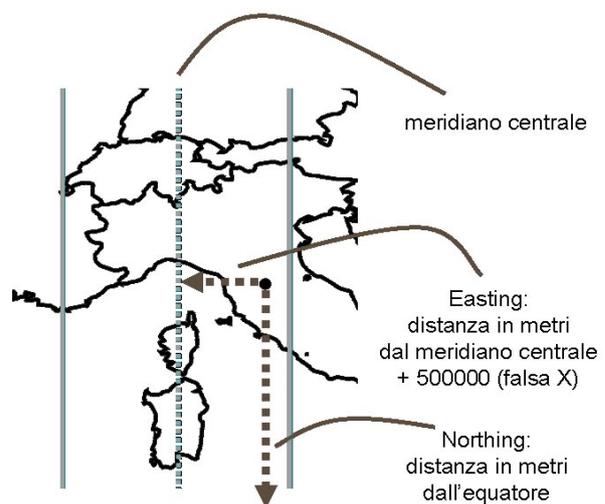
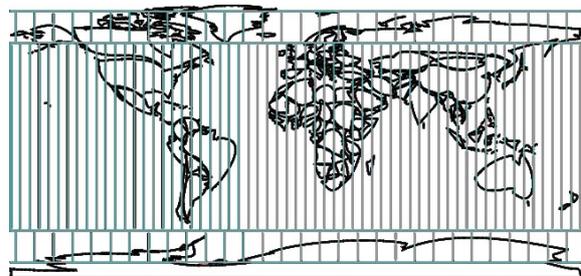
fabio.lucchesi_01.2005

- Un metodo di proiezione deve essere associato a un sistema di coordinate, ossia a una griglia regolare collocata su una proiezione per misurare posizioni, distanze e aree rispetto a un sistema di riferimento

fabio.lucchesi_01.2005

Universal Transverse Mercator (UTM)

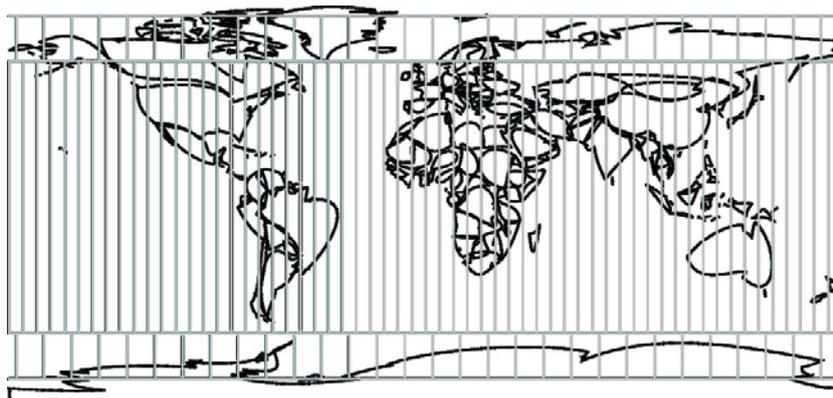
- Sistema di coordinate globali, proiettato
 - Il sistema UTM è proiettato secondo la proiezione di Gauss e definisce la posizione attraverso due coordinate metriche
 - La Terra è divisa in 60 zone (o fusi) ciascuno esteso per 6° in latitudine; ciascuna zona è proiettata indipendentemente ed ha un meridiano centrale
 - La posizione è individuata in metri: la coordinata X (**Easting**) misura la distanza dal meridiano centrale; la coordinata Y (**Northing**) misura la distanza dall'equatore; e tuttavia
 - per non avere coordinate x negative, è considerata una **falsa X** (false easting) di 500000 m
 - per lo stesso motivo, nell'emisfero meridionale è considerata una **falsa Y** (false northing) di 10000000 m



fabio.lucchesi_01.2005

L'Italia nei fusi Universal Transverse Mercator (UTM)

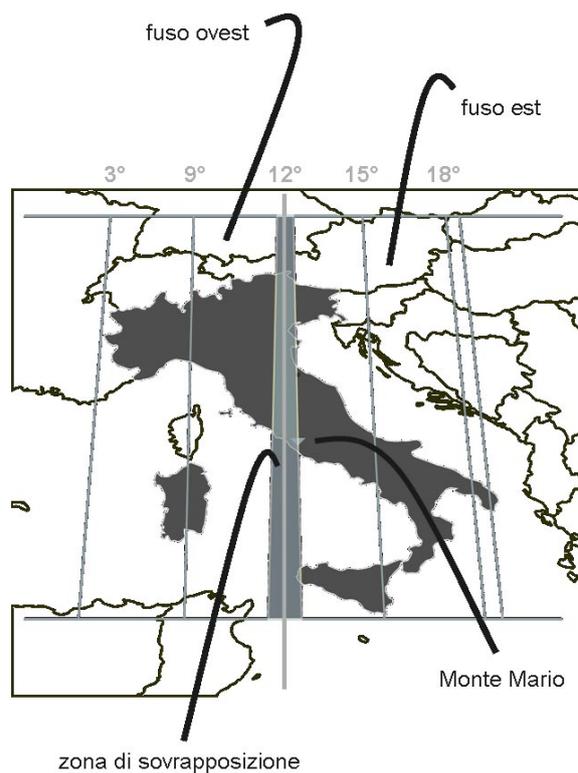
- Il territorio italiano è contenuto nei fusi UTM 32 nord e 33 nord
 - il fuso 32 è compreso tra il meridiano 6° e il meridiano 12° (meridiano centrale 9°)
 - il fuso 33 è compreso tra il meridiano 12° e il meridiano 18° (meridiano centrale 15°)



fabio.lucchesi_01.2005

Sistema di coordinate Gauss-Boaga

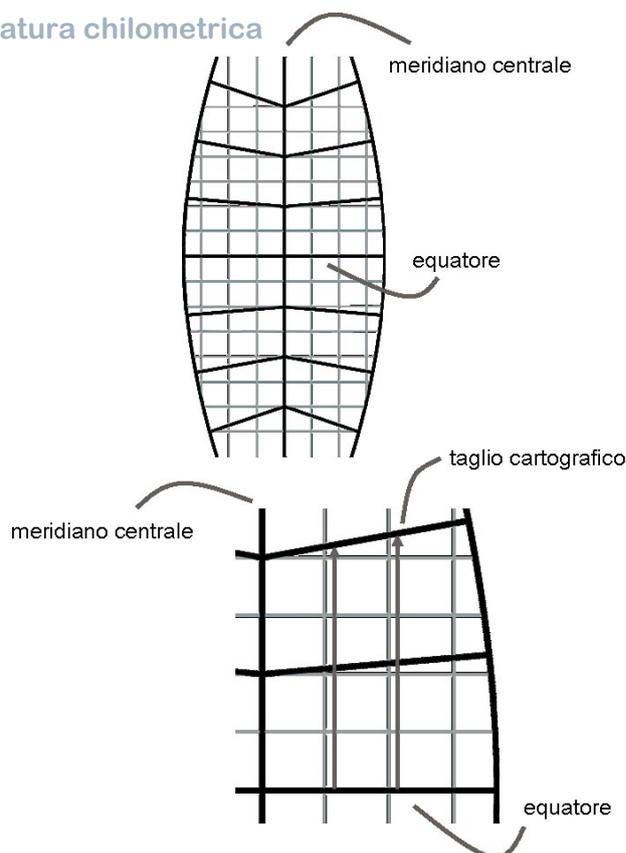
- Sistema di coordinate locali, proiettato, in uso in Italia
 - Il sistema Gauss-Boaga è proiettato secondo la proiezione di Gauss, con orientamento a Monte Mario (Roma)
 - Giovanni Boaga è il nome del geodeta capo dell'IGM che formalizzò il sistema
 - L'Italia è divisa in due fusi (ovest e est) con una zona di sovrapposizione
 - Le coordinate di Gauss-Boaga piane sono espresse in metri; per la latitudine (**northing**, dimensione Y) il riferimento è l'equatore, per la longitudine (**easting**, dimensione X) è il meridiano centrale del fuso Ovest del sistema nazionale. Per evitare di avere coordinate con valori numerici negativi e, si è adottata la soluzione di assegnare una **falsa x** di 1500000 m



fabio.lucchesi_01.2005

Relazioni tra Nord geografico e quadrettatura chilometrica

- Ciascun **fuso** nella proiezione inversa di Mercatore (o di Gauss) è ripartito in una **griglia metrica ortogonale**
- Di norma, il **taglio cartografico** non si appoggia sulla griglia metrica, ma sulle deformate di **meridiani e paralleli**
- Le **deformazioni intrinseche** al metodo di proiezione non permettono il **parallelismo** tra la griglia proiettata e le deformate di meridiani e paralleli
 - Si noti che in **Toscana**, collocata ad **ovest del meridiano centrale** (sia nel fuso 32 UTM, sia nel fuso W Gauss-Boaga) le coordinate metriche dei vertici destri del taglio cartografico sono sempre superiori a quelle dei vertici sinistri



fabio.lucchesi_01.2005

Alcuni sistemi di coordinate in uso nel mondo

paese	sistema
Internazionale	UTM basato su WGS84 (proiezione Mercatore inversa, datum WGS84)
Europa	UTM basato su ED50 (proiezione Mercatore inversa, datum ED50) UTM basato su ETRF89 (proiezione Mercatore inversa, datum ETRF89)
Australia	Australian Map Grid (AMG84) basato su AGD84 (proiezione Mercatore inversa, datum AGD84)
Francia	Lambert 93 (RGF93) (proiezione Lambert conica conforme, datum GCS NTF)
Germania	DHDN (proiezione Mercatore inversa, datum Deutsche Hauptdreiecksnetz)
Gran Bretagna	British National Grid (BNG) basato su OSGB36 (proiezione Mercatore inversa, datum OSGB36)
Italia	Gauss-Boaga basato su Roma40 (proiezione Mercatore inversa, datum Roma40)
Olanda	Rijksdriehoekstelse (RD) basato su AMERSFOORT (proiezione Double Stereographic, datum AMERSFOORT)
Stati Uniti	UTM basato su NAD83 (proiezione Mercatore inversa, datum North American 1983) SPCS (State Plane Coordinate System) basato su NAD83 (proiezione Mercatore inversa, datum North American 1983)
Svizzera	Swiss Grid basato su CH1903 (proiezione Rosenmund cilindrica obliqua, datum CH1903)

fabio.lucchesi_01.2005

Sistemi di coordinate utilizzati in Italia: IGM

- Fino al 1941 le carte prodotte dall'Istituto Geografico Militare sono state basate sull'ellissoide di Bessel orientato a Roma Monte Mario; la proiezione adottata fu quella equivalente (o naturale) di Flamsteed**

- Dal 1948 è stata utilizzato il sistema di coordinate Gauss-Boaga, proiezione di Gauss riferita all'ellissoide internazionale Hayford orientato a Monte Mario**
 - L'IGM ha abbandonato questo sistema dall'inizio degli anni '80; si consideri che questo sistema è tuttavia ancora in uso per la produzione di carte tecniche, p.e. la CTR Toscana

- A partire dagli anni '80 la produzione cartografica IGM si appoggia a un sistema di riferimento europeo, basato su sistema di coordinate internazionale UTM riferito a datum ED50**
 - Si consideri che le carte continuano a riportare anche il reticolato Gauss-Boaga

fabio.lucchesi_01.2005

Sistemi di coordinate utilizzati in Italia: catasto

- Il sistema di coordinate utilizzate nella produzione delle carte catastali si è basato originariamente sulla proiezione Cassini – Soldner riferita all'ellissoide di Bessel 1841 orientato a Genova Monte Telegrafo**
 - Si consideri tuttavia che alcune zone del territorio italiano hanno orientamenti diversi: Roma o Castanea delle Furie (Messina)

- Per garantire la corretta riproduzione delle aree, le carte catastali originarie risultano suddivise in una grande quantità di sistemi di riferimento locali (oltre 800)**

- La cartografia catastale è attualmente in corso di conversione nel sistema di coordinate Gauss - Boaga**



fabio.lucchesi_01.2005

Conversioni tra sistemi di coordinate

- Attraverso algoritmi di calcolo, anche gestiti da apposite applicazioni informatiche, è possibile **trasformare coordinate da un sistema di riferimento a un altro**
- Si consideri tuttavia che quando la trasformazione deve tener conto di un **cambiamento di datum i risultati possono risentire di approssimazioni non sempre accettabili**
 - Si consideri che per utilizzare un dato geografico in un progetto è essenziale conoscere il sistema di coordinate adottato

