



# Cenni di cartografia

*Tipologie di cartografia e sistemi di riferimento geografico*

Corso di Sistemi Informativi Territoriali Avanzati - UD04

*prof. Giovanni Borga*

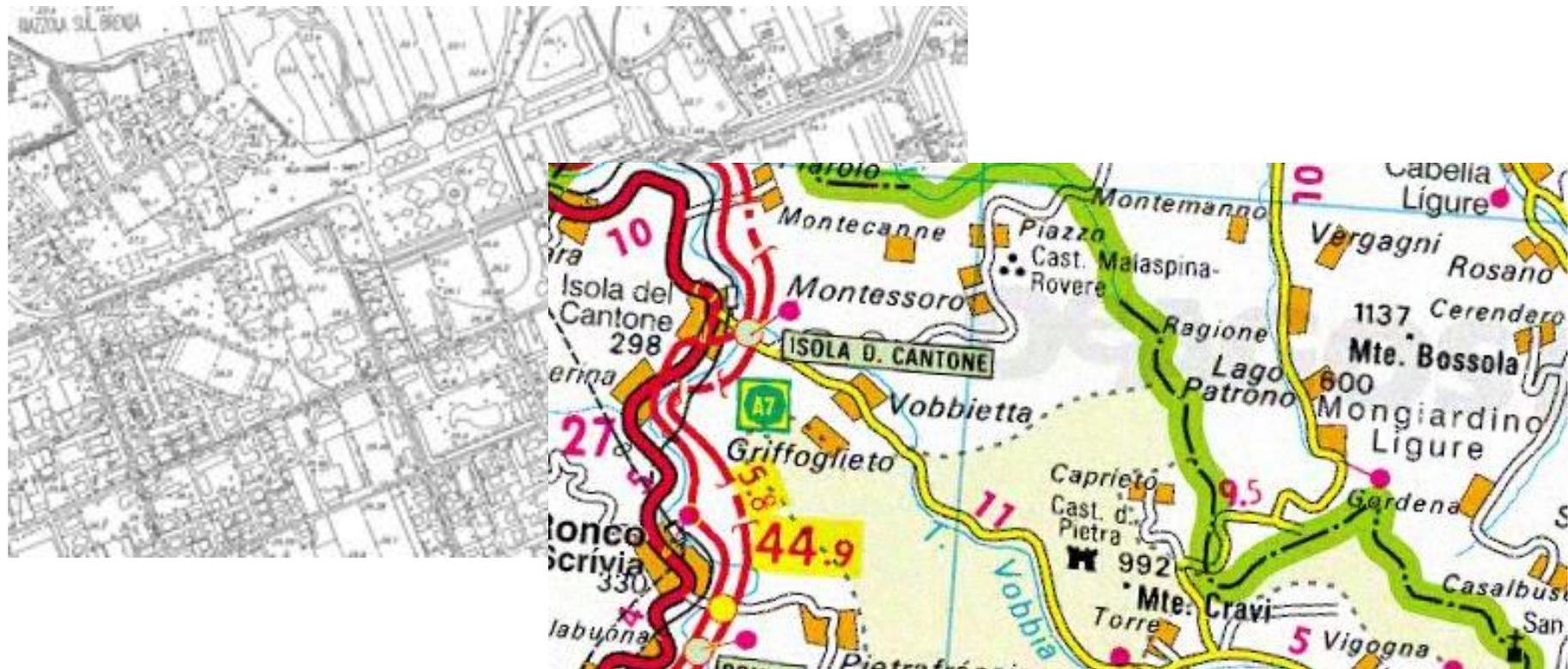
## Scopo della cartografia

Lo scopo della cartografia è di riportare graficamente sul piano, mediante opportune leggi matematiche, quanto esiste sulla superficie terrestre.

Secondo Mogorovich ci sono due tipi aspetti che caratterizzano la produzione di una cartografia, quello **razionale** e quello **applicato**:

- ❑ La **cartografia razionale** si occupa di stabilire una corrispondenza biunivoca, sotto forma di relazioni matematiche analitiche, tra i punti della superficie terrestre e gli omologhi punti sul piano.
- ❑ La **cartografia applicata** si occupa di riportare sul piano, dopo aver stabilito una scala di ragionamento, gli elementi della rappresentazione scelti per mezzo delle tecniche del disegno.

# Cartografia applicata



## Il prodotto cartografico

Il prodotto della cartografia è una rappresentazione piana, che descrive, con un'apposita simbologia e tramite alcune convenzioni, alcuni degli oggetti presenti in una certa parte di territorio.

### Il processo che porta alla produzione di una carta include le seguenti fasi

- definizione di un **modello della terra** (un elissoide con determinate caratteristiche) che approssimi nel modo migliore la superficie terrestre con una figura esprimibile da una formula geometrica
- proiezione** della superficie dell'elissoide su un piano trovando un compromesso tra le inevitabili approssimazioni che questo processo produce
- definizione di un **sistema di riferimento**
- rilevamento** degli oggetti presenti sul territorio e **restituzione** in mappa

## La scala delle rappresentazioni cartografiche

La scala di una carta è il rapporto di riduzione tra le lunghezze tra la carta ed il terreno (1:25000 indica che ad un mm della carta corrispondono 25000 mm sul terreno, ossia 25 metri).

Si parla generalmente di

- **GRANDE SCALA** per scale 1:500, 1:1.000, 1:2.000
- **MEDIA SCALA** per scale 1:5.000, 1:10.000
- **PICCOLA SCALA** per scale 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000, ...

Oltre che essere dei rapporti di riduzione, le scale di rappresentazione sono anche «**scale di ragionamento**» in quanto strettamente connesse al tipo di utilizzo che si intende farne e al dettaglio della conoscenza necessaria alle attività.

## La scala delle rappresentazioni cartografiche

La **scala non è esattamente costante** in tutti i punti della carta, ma è riferita solo ad alcuni punti o direzioni particolari.

**Le informazioni presenti in una certa scala sono sufficienti a costruire una carta a scala più piccola.** (a meno che non si desideri introdurre nuovi temi).

Il processo di derivazione di una carta a scala più piccola comprende un'elaborazione detta «generalizzazione» finalizzata a rendere compatibili gli elementi presenti nella grande scala con gli spazi ridotti in cui è necessario riportarli. In molti casi la generalizzazione prevede dei «fuori scala» localizzati atti a rendere intellegibile l'elemento riportato.

**Le informazioni presenti in una certa scala NON sono generalmente sufficienti a costruire una carta a scala più grande.**

# La scala delle rappresentazioni cartografiche

**Molti di questi assunti cambiano fortemente di significato  
quando si parla di mappe digitali**

**Rimane però valido l'assunto sulla «scala di ragionamento»**

## Classificazione delle carte secondo la scala

- **Planisferi** quando rappresentano tutta la superficie terrestre;
- **Mappamondi** quando la rappresentazione è effettuata su una sfera;
- **Carte geografiche** o **generali** quando rappresentano una gran parte della superficie terrestre a piccolissima scala, fino ad 1:2.000.000;
- **Carte corografiche** quando la rappresentazione è a scale comprese tra 1:1.000.000 e 1:200.000;
- **Carte topografiche** quando la rappresentazione è a scale comprese tra 1:100.000 e 1:5.000;
- **Mappe** quando la rappresentazione è tra 1:4.000 e 1:1.000;
- **Piante** per scale grandissime, da 1:500 a valori maggiori;
- **Carte Tecniche Regionali**, che sono rappresentazioni specificamente finalizzate ad interventi sul territorio, in scale da 1:10.000 sino ad 1:2.000.

## Coordinate sferiche

Se si considera un modello tridimensionale della terra (in pratica l'elissoide) le coordinate di un punto si misurano in **latitudine** e **longitudine** e vengono misurate in gradi e frazioni di grado (gradi sessagesimali gg° mm' ss" o decimali gg.xxxx).

In alcuni casi le coordinate sferiche vengono anche dette coordinate geografiche in distinzione dalle coordinate piane.

Le coordinate sferiche non danno idea delle dimensioni degli elementi in mappa:  
all'equatore, ad esempio

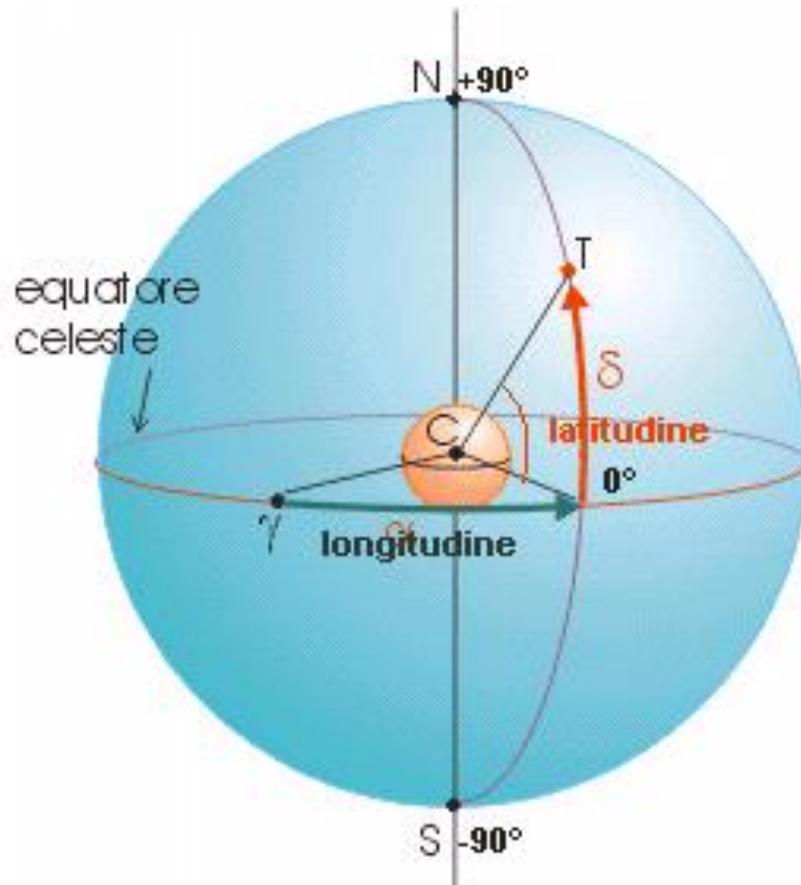
- *Un secondo d'arco [ 00° 00' 01" ] corrisponde a circa 30 m*
- *Un decimillesimo di grado [ 00.0001 ] corrisponde a circa 11 m*
- *Un centomillesimo di grado [ 00.00001 ] corrisponde a circa 1 m*

Tali dimensioni metriche ovviamente si riducono al variare della latitudine.

## Longitudine e latitudine

La **latitudine** è la distanza angolare di un punto dall'equatore « $\varphi$ »

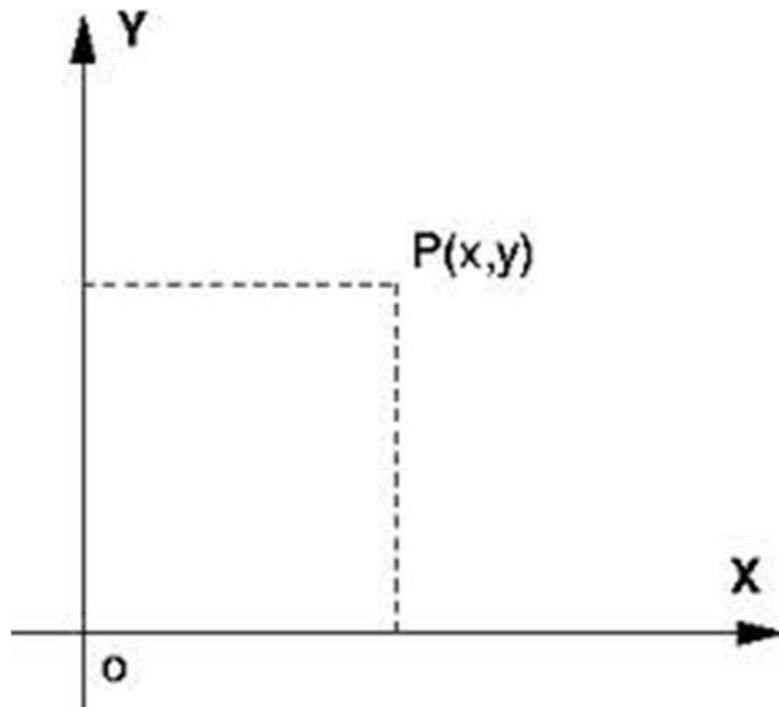
La **longitudine** è la distanza angolare di un punto, misurata tra il meridiano che passa per quel punto e un meridiano di riferimento « $\lambda$ »



## Coordinate piane

Se si considera un modello «piano» della terra (o meglio di una parte di essa) e si definisce su tale piano un sistema di assi ortogonali  $(x,y)$ , le coordinate di un punto, e di conseguenza le coordinate dell'oggetto corrispondente sul terreno, sono la distanza del punto dall'asse delle  $y$  (coordinata  $x$ ) e la distanza del punto dall'asse delle  $x$  (coordinata  $y$ ).

**L'unità di misura più utilizzata per le coordinate piane sono i metri.**



## **Dalla forma della terra ad un ellissoide**

Nel tempo sono stati utilizzati diversi modelli per descrivere nel modo più efficace la forma della Terra.

**Le coordinate dello stesso punto sono espresse da numeri diversi, in relazione all'ellissoide utilizzato e al Sistema di Riferimento Geografico ad esso associato.**

## Da coordinate sferiche a coordinate piane

**Ovvero trasferimento di punti dall'elissoide a un sistema di coordinate piane.**

Per passare dall'elissoide ad un sistema di coordinate piane occorre «proiettare» la superficie dell'elissoide su un piano.

*Intuitivamente è come appoggiare un foglio di carta sulla superficie elissoidica e trasportare i punti dell'elissoide sul foglio cercando di deformare il meno possibile le forme presenti sull'elissoide.*

*È facilmente intuibile che ci saranno comunque deformazioni e che queste saranno tanto maggiori quanto più ci si allontana dalla zona di tangenza.*

*Ci sono diversi modi di «proiettare» la superficie dell'elissoide su un piano, cioè di «appoggiare» il foglio di carta sulla superficie elissoidica.*

# Proiezione azimutale



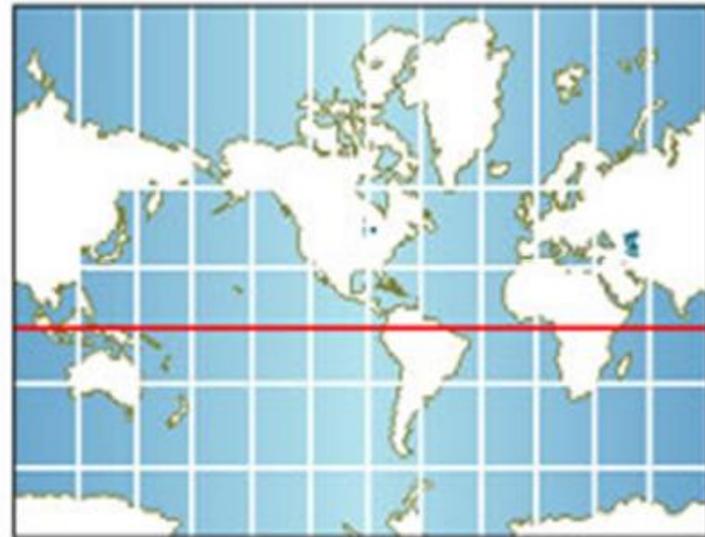
Proiezione azimutale



# Proiezione cilindrica



Proiezione cilindrica



# Proiezione conica



Proiezione conica



## **3D = 2D + 1D**

La determinazione delle posizioni è stata tradizionalmente scissa in due componenti:

**verticale e orizzontale**

Ciò ha implicato che nel contesto classico sono definiti due sistemi di riferimento geodetico, uno per la parte planimetrica e uno per le quote.

## La superficie di riferimento

La superficie fisica della Terra è molto vicina alla **superficie matematica** di un ellissoide di rotazione, cioè un ellissoide biassiale:

- ❑ di forma e dimensioni assegnate attraverso **due** parametri
- ❑ di posizione spaziale definita attraverso **sei** parametri

Una superficie di riferimento deve avere due caratteristiche:

- ❑ essere **matematicamente trattabile**
- ❑ essere **fisicamente individuabile** con facilità

## La Posizione

La posizione geografica di un punto sulla Terra può essere definita come la sua **posizione relativa alla superficie di riferimento**, utilizzata in sostituzione della reale forma della Terra, per mezzo di una coppia di coordinate curvilinee come la latitudine e la longitudine e dell'altezza sopra la superficie di riferimento.

**In questo senso si parla talvolta di posizionamento a (2+1) dimensioni.**

## **Sfera, ellissoide, geoide**

Le superfici di riferimento più spesso utilizzate sono la sfera, l'ellissoide biassiale ed il geoide (superficie equipotenziale del campo gravitazionale della Terra).

**Sfera e ellissoide hanno una definizione puramente geometrica e sono alternative.**

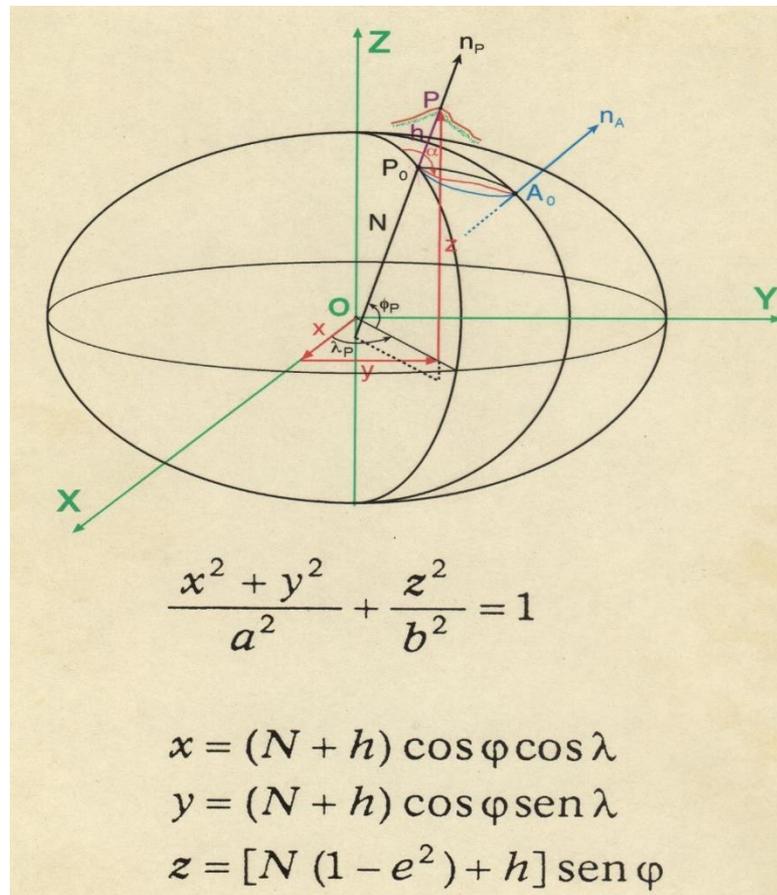
**Il geoide ha una definizione fisica ed è associata alle altre per la determinazione delle quote.**

## Sfera, ellissoide, geoida

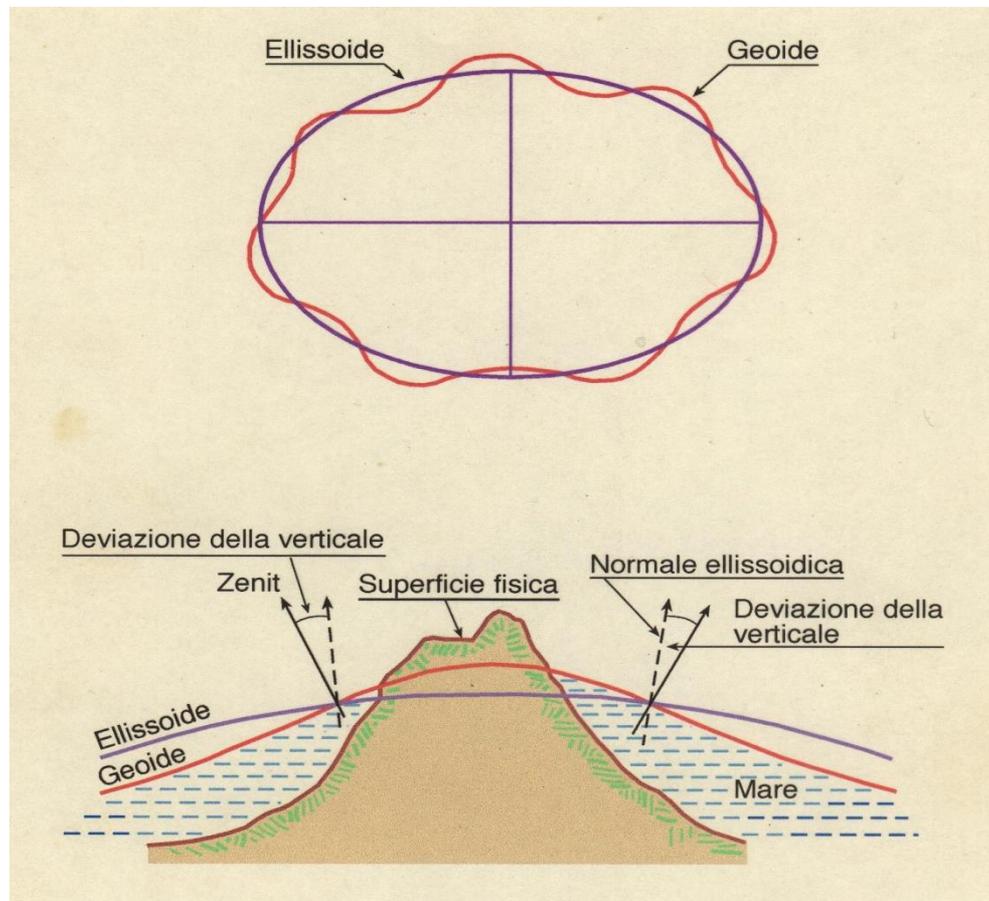
E' corretto e necessario distinguere tra coordinate sferiche, ellissoidiche e geoidiche, a seconda che siano utilizzate rispettivamente la sfera, l'ellissoide o la superficie geoidica come superfici di riferimento.

Le coordinate ellissoidiche sono anche dette geodetiche, mentre le geoidiche sono le coordinate astronomiche.

# Ellissoide



# Geoide



# Datum

**Un datum planimetrico è il modello matematico** della terra che usiamo per calcolare le coordinate geografiche dei punti

Un datum planimetrico è un set di 8 parametri:

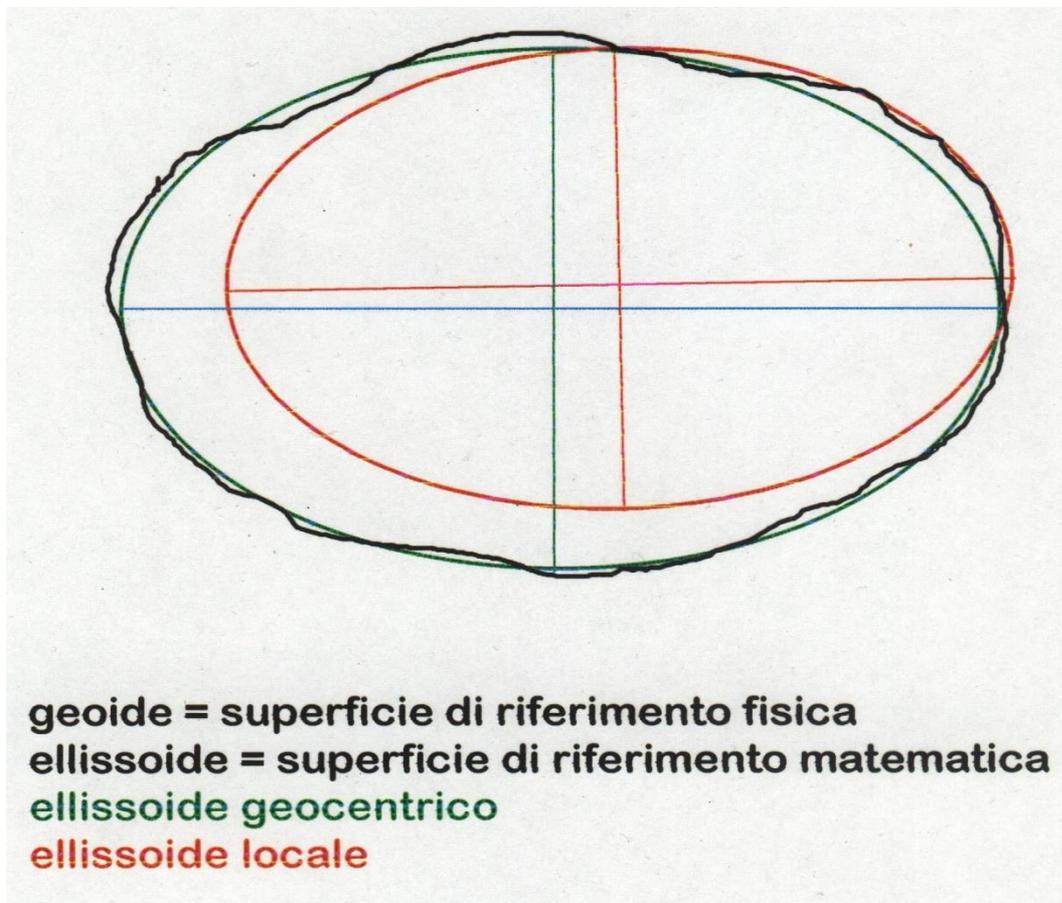
- ❑ due di **forma** dell'ellissoide ( $a$ ,  $e$ )
- ❑ tre di **posizione**
- ❑ tre di **orientamento**

# Datum

Con uno stesso datum (sistema di riferimento) si possono usare molti sistemi di coordinate: le **trasformazioni tra sistemi di coordinate** sono sempre puramente matematiche e non richiedono l'introduzione di misure.

La **trasformazione tra due datum** può essere calcolata solo quando vi siano sufficienti misure che legano punti nei due sistemi.

## Datum Locale e Globale



**geoid** = superficie di riferimento fisica  
**ellissoide** = superficie di riferimento matematica  
**ellissoide geocentrico**  
**ellissoide locale**

# Datum Locale

## Orientamento dell'ellissoide locale

- ❑ scelta del punto di emanazione
- ❑ determinazione di latitudine e longitudine astronomica e della quota geoidica  $H$
- ❑ allineamento della normale ellissoidica con la normale geoidica
- ❑ orientamento dell'asse di rotazione dell'ellissoide al Nord astronomico (azimut astronomico)
- ❑ scelta del meridiano origine delle longitudini

# Datum locale

## Definizione del Geoide locale

- ❑ Scelta del sito
- ❑ Misure mareografiche
- ❑ Definizione del periodo temporale di misura
- ❑ Materializzazione del “livello medio del mare”

## I sistemi geodetico-cartografici

Per utilizzare compiutamente un sistema geodetico-cartografico, è necessario precisare quali siano:

- ❑ il sistema geodetico di riferimento (**datum**)
- ❑ le misure ed i calcoli di **compensazione** della rete di inquadramento che lo realizzano
- ❑ la rappresentazione cartografica (**proiezione**) adottata e le condizioni di applicazione

## Associare ad una carta un Sistema di Riferimento

1. La scelta di un **elissoide**;
2. L'**orientamento** dell'elissoide;
3. La **proiezione** utilizzata (tipo e zona);
4. Il sistema di **coordinate** adottato.

**L'insieme dei primi 2 parametri si chiama Datum  
insieme agli altri 2 costituisce descrizione completa del sistema di riferimento**

## Codici EPSG

L “EPSG Geodetic Parameter Dataset” documenta in modo completo e strutturato una grande quantità di sistemi di riferimento di tutto il mondo e i relativi codici sono riconosciuti dai principali Software GIS.

L “EPSG Geodetic Parameter Dataset” è gestito dal Geodesy Subcommittee of OGP (international association of Oil and Gas Producers) ed è accessibile liberamente.

<http://www.epsg-registry.org>

## Codici EPSG

**4265:** Monte Mario geografico  
**3003:** Monte Mario – Italia zona 1  
**3004:** Monte Mario – Italia zona 2

**4230:** ED50 geografico  
**23032:** ED50 / UTM zona 32N  
**23033:** ED50 / UTM zona 33N

**4326:** WGS84 geografico  
**32632:** WGS 84 / UTM zona 32N  
**32633:** WGS 84 / UTM zona 33N

*Roma40: Sistema geodetico Italiano 1940  
Monte Mario: punto di riferimento del  
Sistema Roma40*

*ED50: European Datum 1950*

*UTM: Proiezione Universale Trasversa di  
Mercatore*

*WGS84: World Geodetic System 1984*

