

Slide
1

 **Università degli Studi di Roma “La Sapienza”**

MASTER di SECONDO LIVELLO in
SISTEMI INFORMATIVI GEOGRAFICI
Applicati alla Pianificazione e alla Progettazione del
Territorio Urbano e Rurale
a.a. 2008 – 2009

Corso di Cartografia

Andrea Danzi
an.danzi@gmail.com
<http://it.geocities.com/geodanzi>

25/02/2009 Cartografia 1

I LEZIONE

CARTOGRAFIA

Slide
2

Obiettivi del Corso

La cartografia è alla base del GIS.

1. Saper leggere le carte ... inteso non come lettura del territorio, ma come conoscenza della **struttura** della carta !
2. Capire e realizzare una cartografia **georeferita**.

25/02/2009 Cartografia 2

Slide
3

Argomenti del Corso

- I** *La Cartografia e le Carte, la Scala, la Direzione*
- II** *La Terra e la sua forma, Meridiani e Paralleli, Il DATUM, Coordinate Geografiche Lat/Lon*
- III** *Tipi e Scelta delle Proiezioni*
- IV** *Sistemi di Riferimento Cartografici, Coordinate Piane X e Y*
- V** *La Cartografia Universale e quella Italiana, i Sistemi Geodetico-cartografici di interesse Nazionale (catastale, GB-Roma40, UTM-ED50, UTM-WGS84), C.T.R. (Carta Tecnica Regionale)*
- VI** *Analisi e lettura Carte*

25/02/2009 Cartografia 3

Slide
4

Programma di Oggi

I
L
E
Z
I
O
N
E

Introduzione:
Le Carte
La Scala
La Direzione - Nord

La Terra:
La sua Forma
Meridiani e Paralleli
Coordinate Geografiche
DATUM

25/02/2009 Cartografia 4

Slide
5

I. Introduzione

Le Carte
La Scala
La Direzione - Nord

Slide
6

La Cartografia e le Carte

• **Cartografia:** arte e scienza di fare carte
- **Funzione principale delle carte:** servire come strumento di comunicazione (registrare e trasmettere) capace di fornire informazioni sui fenomeni fisici e sociali che ci sono sulla superficie terrestre.

1) di Riferimento
(topografiche):
rappresentano idrografia,
topografia, insediamenti
urbani, confini, ecc.

Carte

2) Tematiche (per fini speciali): mostrano le variazioni da luogo a luogo, indicano fenomeni, ecc.

Le carte di Riferimento sono la base delle carte Tematiche.

25/02/2009 Cartografia 6

Slide
7

Proprietà carta geografica

EQUIDISTANZA
Corrispondenza di distanze

EQUIVALENZA
Corrispondenza di aree

ISOGONIA o CONFORMITÀ

- Corrispondenza di valori angolari tra due linee
- latitudine e longitudine si incrociano ad angolo retto
- la scala è la stessa in tutte le direzioni per ogni punto della carta

25/02/2009 Cartografia 7

Slide
8

La Scala Cartografica

Terra --> globo di riferimento (sfera teorica) --> carta

Rapporto tra:

misure prese fra punti della superficie del globo di riferimento (modello in scala della Terra)

misure prese fra posizioni corrispondenti sulla Terra

La relazione tra il globo di riferimento e la carta varia da luogo a luogo a seconda della proiezione adottata, quindi **la scala della carta non è la stessa in tutti i punti.**

25/02/2009 Cartografia 8

Slide
9

Tipi di Scala

```
graph TD; A[Tipi di Scala] --> B[1) NOMINALE]; A --> C[2) AREALE]; A --> D[3) RELATIVA];
```

1) NOMINALE

2) AREALE

3) RELATIVA

25/02/2009 Cartografia 9

Slide
10

Tipi di Scala

1) Nominale

1) **Scala NOMINALE**: è la scala indicata sulla carta.

Ovunque la **superficie** di proiezione cartografica tocchi il **globo** preso come modello si stabilisce, fra i **due**, un rapporto di scala di uno ad uno (1:1).

La scala nominale della carta è quella del punto o linea di tangenza.

25/02/2009 Cartografia 10

Slide
11

Tipi di Scala

1) Nominale

Può essere espressa in 3 modi:

- **a parole**: es.: 10 cm sulla carta rappresentano 1 km sulla superficie terrestre
- **sotto forma rappresentativa**: è un rapporto tra la distanza tra due punti misurata sulla carta e l'effettiva distanza tra gli stessi punti misurati sulla superficie terrestre
es.: distanza tra 2 punti sulla carta 10 cm; distanza tra 2 punti sulla Terra 1 km (100.000 cm) => il loro rapporto è 10:100.000 ridotto, per comodità, a 1:10.000
- **in forma grafica**: divisione di una linea in unità ognuna delle quali rappresenta la distanza effettiva fra due punti sulla Terra

25/02/2009 Cartografia 11

Slide
12

Scala in forma grafica

The slide displays four graphical scale bars, each with alternating black and white segments. The top bar is labeled 'Kilometers' and ranges from 0 to 2,400 with major ticks every 600 units. The second bar is labeled 'Miles' and ranges from 0 to 2,600 with major ticks every 650 units. The third bar is labeled 'Meters' and ranges from 0 to 1,920 with major ticks every 480 units. The bottom bar is labeled 'Feet' and ranges from 0 to 2,200 with major ticks every 550 units.

25/02/2009 Cartografia 12

Slide
13

Fattore di Scala

Fattore di Scala = Scala nominale / Scala effettiva in un punto

Es.: scala globo 1:1.000.000

Scala carta nel punto di tangenza 1:1.000.000

Allora in quel punto il Fattore di Scala è 1.

Se la scala di un punto è ingrandita tanto che una linea sulla proiezione è lunga il doppio che sul globo => la scala della linea è = 1:500.000, il fattore di scala è 2.

Se la linea è la metà di quanto è lunga sul globo => la scala della linea è 1:2.000.000, il fattore di scala è 0,5.

Il fattore di scala è importante per la valutazione delle caratteristiche di scala della proiezione stessa.

25/02/2009

Cartografia

13

Slide
14

Tipi di Scala

2) Areale

2) Scala AREALE: è il quadrato della scala lineare.

Esprime la relazione esistente tra la misura di una superficie sulla Terra e la misura della stessa superficie sulla carta.

Es.: 1 kmq sulla Terra (1.000.000 mq) sulla carta sarà di 0,01 mq

25/02/2009

Cartografia

14

Slide
15

Tipi di Scala

3) Relativa

3) Scala RELATIVA:

carta a PICCOLA scala:
copre un'area vasta della superficie terrestre in cui si notano pochissimi dettagli
Es.: 1:1.000.000

carta a GRANDE scala:
copre una superficie relativamente piccola della Terra evidenziando i dettagli
Es.: 1:10.000

25/02/2009

Cartografia

15

Slide
16

Tipi di Scala

3) Relativa

Classificazione carte in base alla scala

- maggiori o uguali di 1:25.000 --> grande scala
- da 1:50.000 a 1:100.000 --> intermedie
- da 1:250.000 a 1:7.500.000 --> piccola scala
- le carte di città 1:2.500 --> grandissima scala
- gli atlanti 1:100.000.000 --> piccolissima scala

Piante di città: scala fino a 1:15.000 incluso

Mappe: “ “ a 1:10.000 escluso

Carte topografiche: “ “ a 1:150.000 incluso

Carte corografiche: “ “ a 1:1.000.000 incluso

Carte generali: “ oltre 1:1.000.000

25/02/2009

Cartografia

16

Slide
17

Direzione - il Nord

Quanti tipi di Nord esistono ?

3!

Nord REALE o GEOGRAFICO:

il Nord viene considerato come direzione

Nord MAGNETICO:

il Nord viene indicato con la bussola

Nord DELLA RETE o DEL RETICOLATO: è il

Nord di una retta arbitraria aggiunta alla carta che non è uguale né al Nord Reale né a quello Magnetico

25/02/2009

Cartografia

17

Slide
18

Polo Nord Magnetico

Si trova in Canada a 144 km a S del Polo Nord. Il Geological Survey of Canada afferma che il Polo Nord Magnetico si sta spostando verso l'Alaska e potrebbe raggiungere la Russia. Questo spostamento è dovuto ad una gigantesca massa di ferro fuso, che orienta a N l'ago delle bussole, situata a più di 3000 km di profondità sotto il Mar Glaciale Artico.



25/02/2009

Cartografia

18

Slide
19

Polo Nord Magnetico

Il Polo Nord magnetico è attualmente localizzato al largo della costa occidentale dell'isola di Bathurst, nei territori canadesi del NW, circa 1.290 km a NW della baia di Hudson.

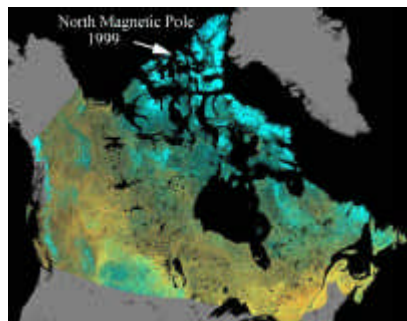


25/02/2009

19

Slide
20

Polo Nord Magnetico



25/02/2009

Cartografia

20

Slide
21

Polo Nord Magnetico

**Polo Nord Magnetico e Polo Nord Geografico
non coincidono affatto !**

Attualmente si trovano ad una distanza di **966 chilometri**. La distanza potrebbe introdurre errori anche significativi per aerei e navi. Per questo le tecniche moderne utilizzano molti altri sistemi di posizionamento come il **GPS** (Ground Positioning System), che si serve dei satelliti.

25/02/2009

Cartografia


21

Slide
22

Declinazione Magnetica

- È la differenza (α) tra il Nord Reale ed il Nord Magnetico.
- È l'angolo tra il meridiano geografico e la direzione del polo magnetico locale.

Questo angolo è diverso da luogo a luogo, varia negli anni diminuendo di circa 7'-8" l'anno e, attualmente, è occidentale.



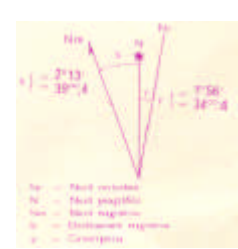
25/02/2009 Cartografia 22

Slide
23

Declinazione Magnetica

ISOGONICA: linea che unisce tutti i punti aventi la stessa declinazione magnetica.

In Europa il Nord Magnetico è a ovest di quello Geografico e l'angolo di declinazione magnetica in Italia ha un valore variabile fra 1 e 2 gradi ed è praticamente trascurabile.



25/02/2009 Cartografia 23

Slide
24

II. La Terra

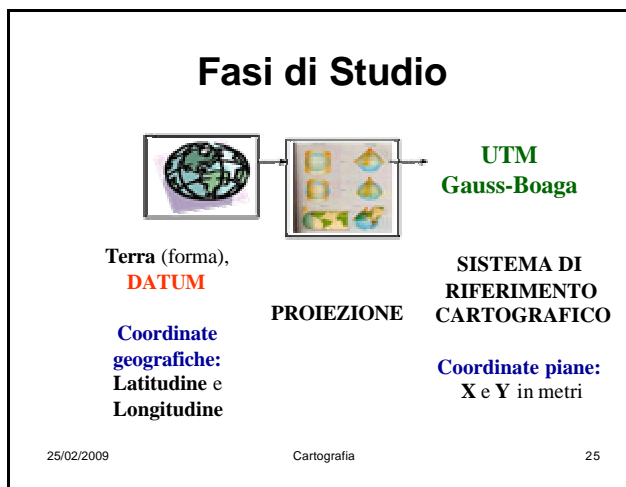
La sua Forma

Meridiani e Paralleli

Coordinate Geografiche

DATUM

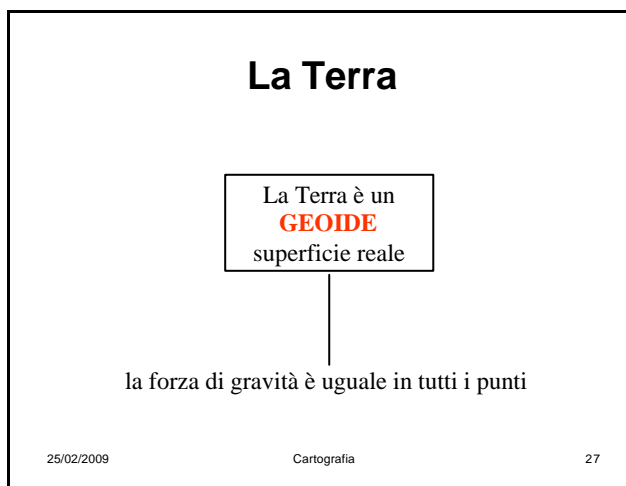
Slide
25



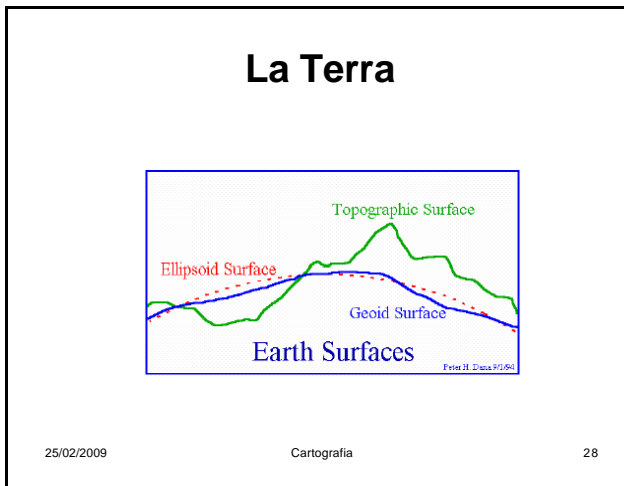
Slide
26



Slide
27



Slide
28



Slide
29

La Terra - Il Geoide

Superficie

Dinamica Reale
(i parametri cambiano continuamente)

Equipotenziale
(superficie che unisce tutti i punti aventi la stessa energia potenziale)

Ad ogni punto è associata una forza (definita da verso, direzione ed intensità); la principale è la **forza di gravità** e ad ogni forza è associata un'energia.

25/02/2009 Cartografia 29

Slide
30

La Terra

Quale è il nostro scopo?

Misurare la Terra !

Il solido che permette di misurare la Terra è l'**ELLISSOIDE**, grazie alla sua formula di calcolo della superficie

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

dove a e b sono i suoi semiassi.

Quindi

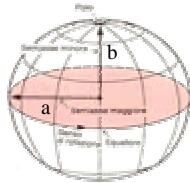
Il GEOIDE è una superficie equipotenziale reale
Lo SFEROIDE è una superficie equipotenziale teorica
L'ELLISSOIDE è una superficie matematica

25/02/2009 Cartografia 30

Slide
31

La Terra - L'Ellissoide

L'ellissoide è un'ellisse che ruota intorno al suo asse minore.



Non si può parlare di raggio terrestre, ma di **raggio equatoriale (a)** o semiasse maggiore e di **raggio polare (b)** o semiasse minore.

Raggio equatoriale (a) = ca. 6379 km
Raggio polare (b) = ca. 6357 km

25/02/2009

Cartografia

31

Slide
32

La Terra - L'Ellissoide

Tutte le misure si eseguono sull'ellissoide a partire dal suo

Schiacciamento (f): $f = (a-b)/a$

Se $f \rightarrow 0$, l'ellisse \rightarrow cerchio.

Lo scostamento tra geoidi ed ellissoide si chiama **ondulazione**.

(es.: nella Regione Piemonte assume valori dell'ordine dei 50 m.)



25/02/2009

Cartografia

32

Slide
33

Meridiani e Paralleli

Meridiani: cerchi massimi generati dall'intersezione tra un piano che passa dal centro della Terra e la superficie della Terra stessa.

Paralleli: cerchi formati dall'intersezione tra qualunque piano parallelo all'Equatore (cerchio massimo disegnato ad uguale distanza tra i Poli) con la superficie terrestre. I paralleli sono tanto più piccoli quanto maggiore è la loro distanza dall'Equatore.



25/02/2009

Cartografia

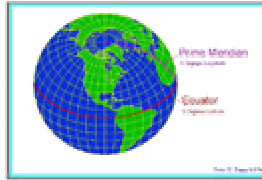
33

Slide
34

Primo Meridiano di Greenwich

Il **meridiano** è la linea virtuale della superficie terrestre che unisce tutti i punti che hanno lo stesso mezzogiorno; mentre l'**antimeridiano** unisce tutti quelli aventi la stessa mezzanotte. La curva completa è il **circolo meridiano**.

Il **Primo Meridiano** o Meridiano Fondamentale è quello di **Greenwich** (istituito nel 1884). Alla longitudine di Greenwich è assegnato il $n^{\circ} 0$ ed aumenta di 1° da E verso W fino a 180° .



25/02/2009

Cartografia

34

Slide
35

Caratteristiche Paralleli

- Il parallelo 0 è all'Equatore
- L'Equatore è il cerchio maggiore completo
- Gli altri sono cerchi minori completi
- Sono equispaziati tra Equatore e Poli, quindi equidistanti
- Sono paralleli tra loro
- Sono uguali a coppie opposte nei due emisferi

25/02/2009

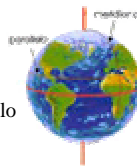
Cartografia

35

Slide
36

Caratteristiche Meridiani

- Per i Poli passano infiniti meridiani
- Sono metà di cerchi massimi tra polo e polo
- Sono tutti uguali di forma e dimensioni
- Sono linee N-S
- Sono distanti al massimo all'Equatore e convergono ai Poli



25/02/2009

Cartografia

36

Slide
37

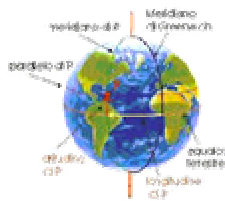
Caratteristiche Comuni

- Paralleli e meridiani generano il **reticolato geografico** che permette di identificare la posizione assoluta di un punto
- Paralleli e meridiani si intersecano ad **angolo retto**
- Il numero di paralleli e meridiani è infinito. Si usa prendere in considerazione quelli che distano di 1° l'uno dall'altro
- Per ogni punto della superficie terrestre passa un solo meridiano ed un solo parallelo (**parallelo del luogo** e **meridiano del luogo**)
- Ciascun **parallelo** è un insieme di punti sulla superficie terrestre che hanno uguale **latitudine** e ciascun **meridiano** è un insieme di punti con uguale **longitudine**

37

Slide
38

Latitudine e Longitudine




La **latitudine** geografica è la distanza angolare di un punto (P) dall'Equatore misurata lungo il Meridiano che passa per quel punto.

La **longitudine** geografica di un punto (P) è la distanza angolare tra il meridiano del punto ed il Meridiano fondamentale (di Greenwich). È positiva a ovest e negativa a est di Greenwich.

38

Slide
39

longitudine geografica

La **longitudine geografica** è la distanza angolare di un punto dal *meridiano fondamentale*, misurata sull'arco di *parallelo* che passa per quel punto. Essa corrisponde all'angolo compreso tra il piano del *meridiano del punto* e il piano del *meridiano fondamentale*. Nella figura si tratta dell'angolo PAO dove A è un punto appartenente al piano del parallelo di P. 

longitudine

OVEST $\xrightarrow{\quad 0^\circ \quad}$ **EST**

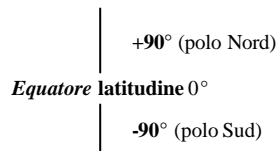
$+180^\circ$ *meridiano fondamentale* -180°

39

Slide
40

latitudine geografica

La **latitudine geografica** è la distanza angolare di un punto dall'Equatore misurata lungo il meridiano che passa per quel punto. Essa corrisponde all'angolo compreso tra la verticale del punto ed il piano dell'Equatore. Nel disegno si tratta dell'angolo PCP' dove C è il centro della Terra.



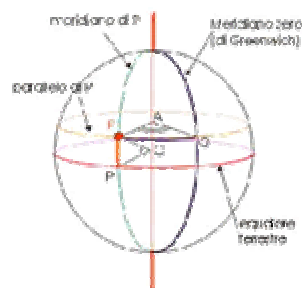
25/02/2009

Cartografia

40

Slide
41

Latitudine e Longitudine geografica



25/02/2009

Cartografia

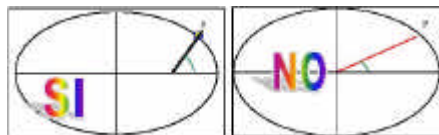
41

Slide
42

latitudine geografica

Quindi la latitudine di un punto P sulla Terra è l'angolo formato dalla normale all'ellissoide passante per il punto P ed il piano contenente l'Equatore dell'ellissoide considerato.

La latitudine, perciò, **non è l'angolo** tra la linea che passa per P e il centro dell'ellissoide!



25/02/2009

Cartografia

42

Slide
43

DATUM - che cos'è ?

Le differenti forme geometriche utilizzate per cartografare aree del mondo vengono chiamate ellissoidi.

Un **DATUM** è un **ELLISSOIDE DI RIFERIMENTO**, con un preciso orientamento nello spazio, costituito da parametri di identificazione.

La latitudine e la longitudine di un punto su una carta dipendono dalla forma matematica (ellissoide) utilizzata per rappresentare la Terra.

DATUM differenti possono anche avere origini e rotazioni diverse che influenzano la rappresentazione numerica di una posizione sulla carta.

25/02/2009

Cartografia

43

Slide
44

DATUM

I cartografi rappresentano un territorio attraverso ellissoidi di riferimento (**DATUM**) roteati in modo tale da approssimare il più possibile i contorni fisici del territorio stesso.

Il sistema usato per riportare su un piano la superficie della Terra è la **proiezione**.

Il **DATUM** è anche il modello matematico che mette in relazione le varie proiezioni.

In Italia l'IGM usa il sistema di proiezione **UTM** con il **DATUM Europa1950**, le unità G.P.S. usano il **WGS84** (World Geodetic System).

Il **DATUM** influenza le posizioni di Latitudine/Longitudine ed i sistemi di reticolo locali (UTM, British National Grid, ecc.).

25/02/2009

Cartografia

44

Slide
45

DATUM

La scelta di un DATUM risulta fondamentale per il calcolo delle coordinate geografiche.

Quindi è **ESTREMAMENTE ERRATO** parlare di latitudine e longitudine senza aver prima definito il **DATUM**, perché esso **DEFINISCE I PARAMETRI DELL'ELLISSOIDE**, ovvero:

- Dimensioni del semiasse maggiore
- Dimensioni del semiasse minore
- Schiacciamento polare
- Orientamento e Azimut

25/02/2009

Cartografia

45

Slide
46

Azimut - che cos'è ?

Non è una direzione, ma un **angolo**. L'azimut di un certo oggetto, ad es.: una casa, rispetto alla posizione di un osservatore, è l'angolo fra la linea della direzione Nord e la linea che va dalla sua posizione alla casa. L'azimut si misura in gradi (in senso orario): azimut 0° vuol dire che l'oggetto si trova esattamente a Nord rispetto all'osservatore, azimut 90° che si trova ad Est, azimut 180° che si trova a Sud e così via.

Per misurare l'azimut sulla carta topografica occorre il goniometro.



25/02/2009

Cartografia

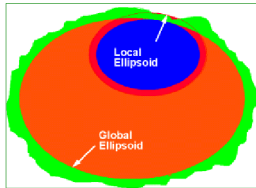
46

Slide
47

DATUM locale e globale

DATUM LOCALE parte da un punto di riferimento in cui c'è perfetta tangenza tra Terra “vera” ed ellissoide di riferimento (per l'Italia è Monte Mario - Roma).

DATUM GLOBALE WGS84 in cui l'ellissoide va bene un po' ovunque (il riferimento è Greenwich).



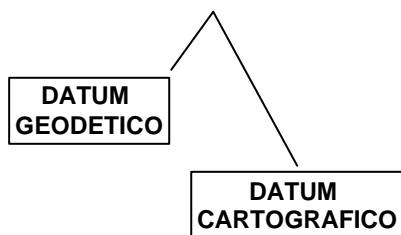
25/02/2009

Cartografia

47

Slide
48

Tipi di DATUM



25/02/2009

Cartografia

48

Slide
49

DATUM Geodetico

Assunto un sistema di riferimento cartesiano ortogonale di assi X , Y , Z ed origine O situata esattamente o approssimativamente nel centro della Terra, si dice **DATUM GEODETTICO** l'insieme delle informazioni che definiscono in modo univoco:

**FORMA
POSIZIONE
ASSETTO
della Terra.**

25/02/2009

Cartografia

49

Slide
50

DATUM Geodetico

Il **DATUM GEODETTICO** è un ellissoide con uno specifico orientamento definito da **8 parametri indipendenti**:

- **2 parametri di forma** (dati generalmente dal semiasse maggiore a e dall'eccentricità e o, in alternativa, dal semiasse minore b)
- **3 parametri di posizione** (coordinate del centro)
- **3 parametri di assetto** (angoli di direzione)

25/02/2009

Cartografia

50

Slide
51

DATUM Cartografico

Assunto un sistema di riferimento cartesiano ortogonale locale di assi X , Y , Z ed origine O situata sulla superficie ellissoidica, si definisce **DATUM CARTOGRAFICO** l'insieme delle informazioni che fissano in modo univoco:

**POSIZIONE e
ASSETTO
del sistema di
rappresentazione
cartografico adottato.**

25/02/2009

Cartografia

51

Slide
52

DATUM Cartografico

Un **DATUM CARTOGRAFICO** è fissato in modo univoco da **6 parametri** indipendenti:

- **3 parametri di posizione** (coordinate del centro del sistema cartografico)
- **3 parametri di assetto** (angoli di direzione del sistema cartografico)

Per passare da un DATUM all'altro occorrono **7 parametri**: 3 traslazioni, 3 rotazioni e 1 fattore di scala.

25/02/2009

Cartografia

52

Slide
53

Esempi di DATUM

WGS84 (World Geodetic System 1984): DATUM geodetico/geocentrico per le misure GPS su tutta la superficie terrestre.

Roma40 (o **SI40, Sistema Italiano 1940**): DATUM geodetico/cartografico per la cartografia ufficiale italiana dell'IGMI, realizzata mediante la rappresentazione di Gauss-Boaga.

ED50 (European DATUM 1950): DATUM geodetico/cartografico europeo per la cartografia internazionale con rappresentazione UTM.

GE02 (Genova 1902): DATUM geodetico per la cartografia catastale italiana con rappresentazione Cassini-Soldner.

25/02/2009

Cartografia

53

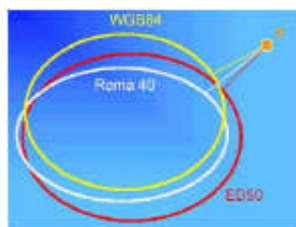
Slide
54

3 DATUM principali

ROMA40 (DATUM locale per l'Italia)

ED50 (DATUM locale per l'Europa)

WGS84 (DATUM Mondiale)



25/02/2009

Cartografia

54

Slide
55

Roma40

Il DATUM utilizzato in Italia (spesso ancora oggi) è il Roma40. Questo è un **DATUM LOCALE**, ovvero rende minimo lo scostamento tra ellissoide e geoide solo in Italia. L'ellissoide utilizzato è l'**Internazionale di Hayford** orientato a Monte Mario e con azimut su Monte Soratte.



25/02/2009

Cartografia

55

Slide
56

ED50 - European DATUM 1950

Questo DATUM fu introdotto dagli Stati Uniti dopo la II Guerra Mondiale per uniformare la cartografia europea utilizzando un solo ellissoide: l'ellissoide **Internazionale di Hayford**. Fino ad allora, infatti, ogni nazione utilizzava un proprio DATUM piazzando l'ellissoide al centro della nazione in modo da diminuire localmente lo scostamento dal geoide.

Oggi l'ellissoide ha orientamento medio europeo a **Potsdam, Berlino**.



25/02/2009

Cart

56

Slide
57

WGS84

Il desiderio di uniformare i DATUM di tutta la Terra è stato successivamente esaudito dall'applicazione del DATUM WGS84. L'ellissoide utilizzato ha lo stesso nome del DATUM (**WGS84**) ed è **geocentrico**, ovvero ha come origine il centro della Terra.



2

Cartografia

57