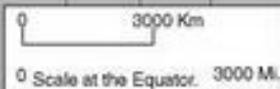


Le proiezioni cartografiche



a cura di S. Furlani

Anno accademico 2022-2023



Argomenti della lezione

Coordinate, quote ecc

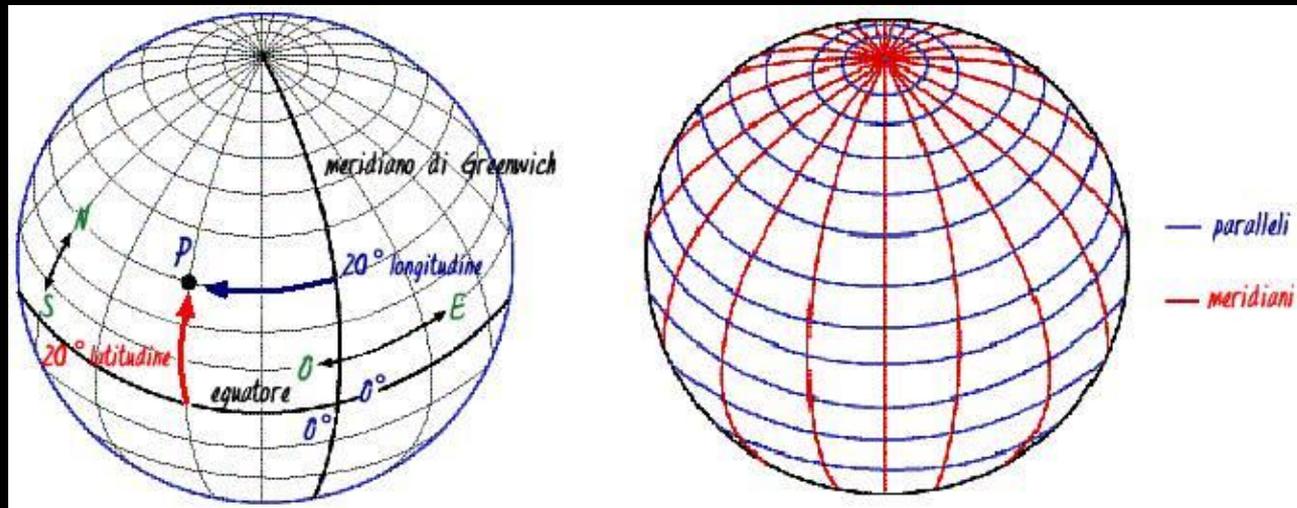
- Reticolati geografici e chilometrici
- Lettura delle carte topografiche
- Sistemi di coordinate e coordinate
- Curve di livello
- Quote e riferimenti altimetrici
- DEM e DTM

I reticolati geografici e chilometrici

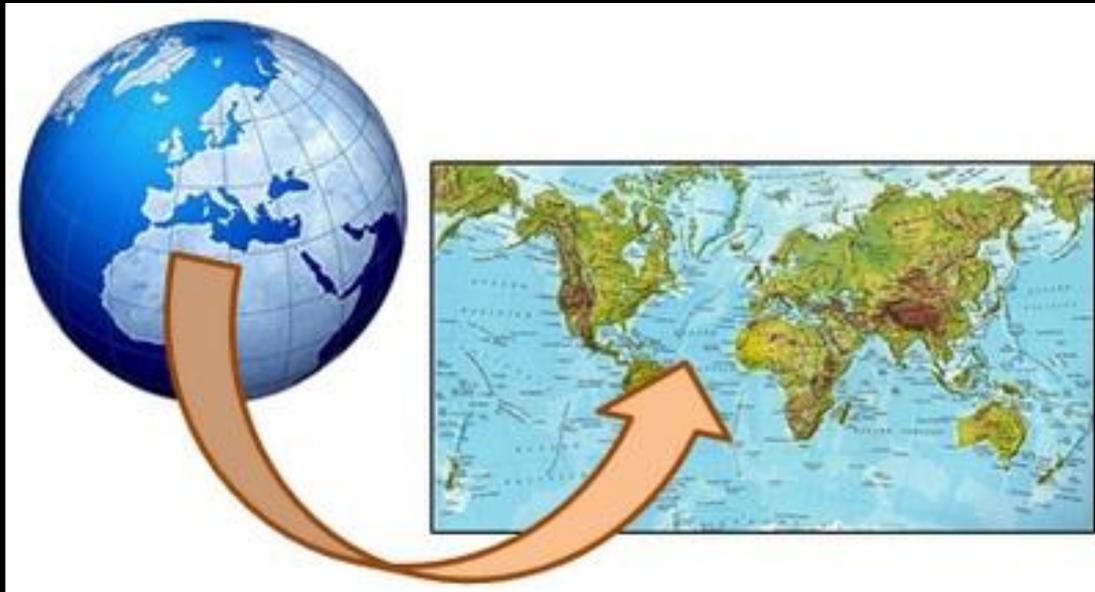
Caratteristiche e composizione dell'atmosfera

Reticolato geografico

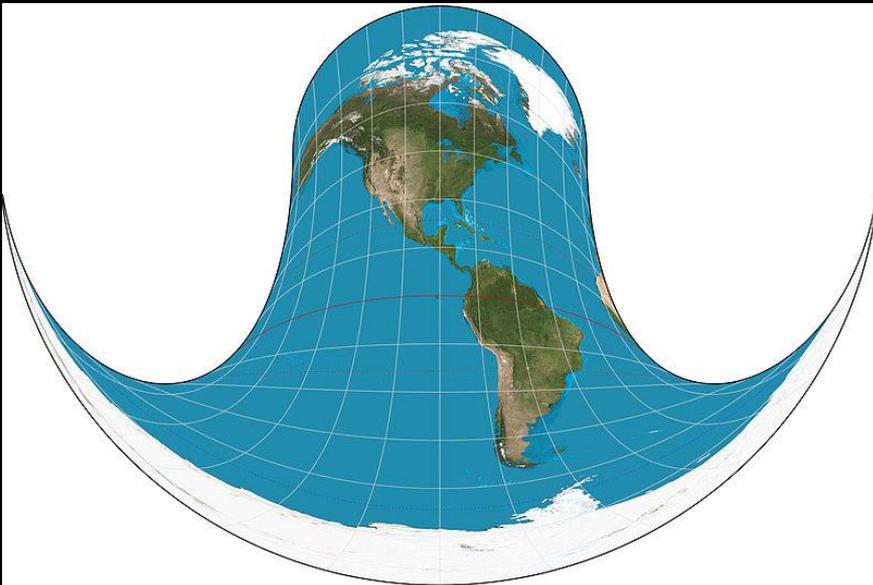
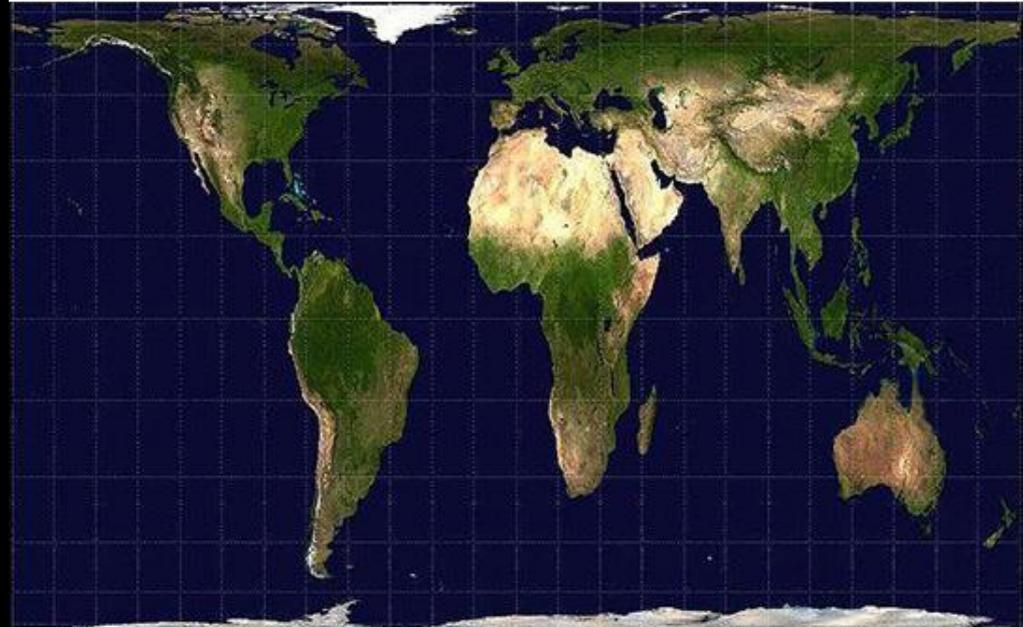
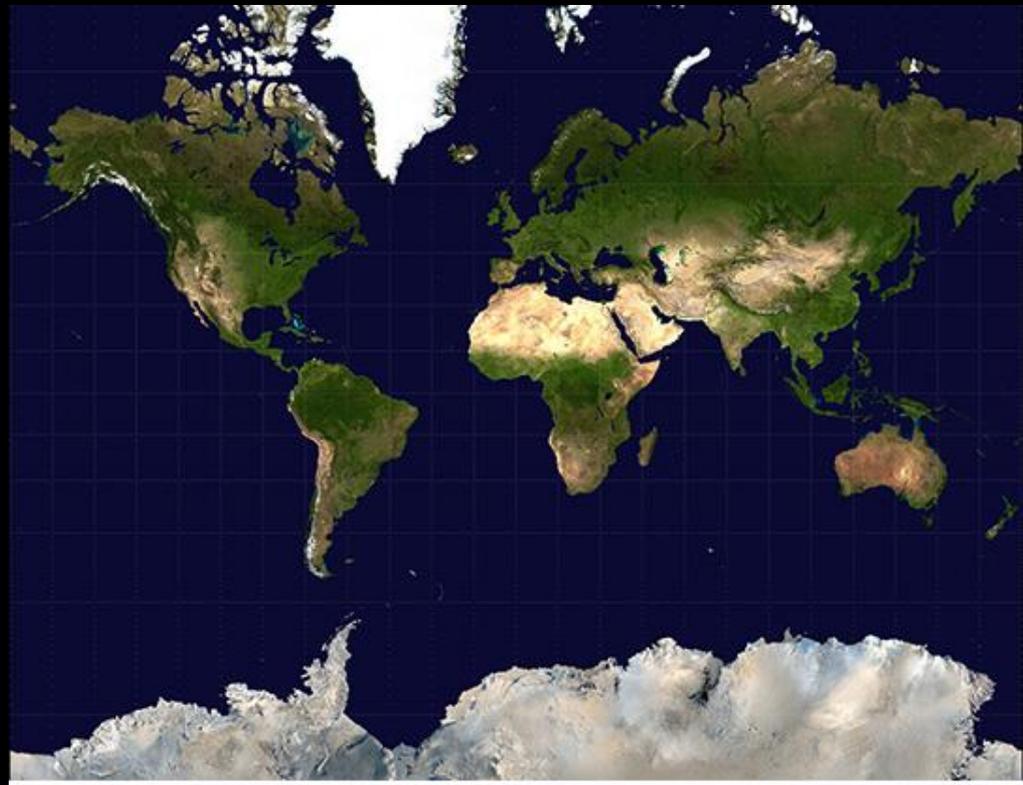
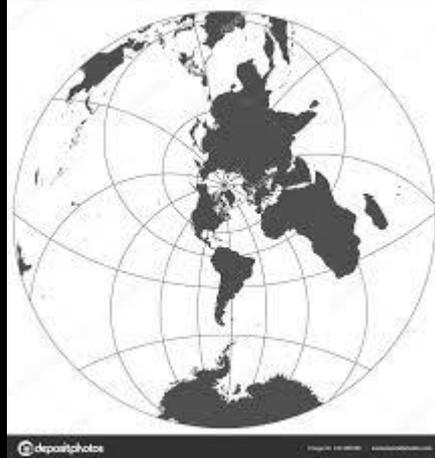
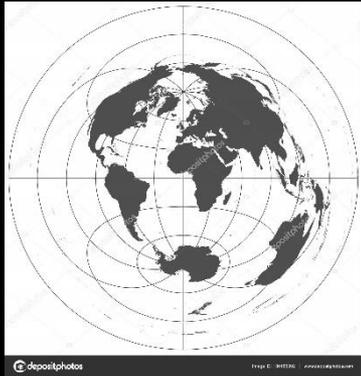
- E' un sistema convenzionale di linee immaginarie (meridiani e paralleli) tracciate sulla superficie terrestre;
- L'insieme di meridiani e paralleli forma una fitta maglia che prende il nome di **reticolato geografico**.



Proiezione cartografica



Proiezione cartografica

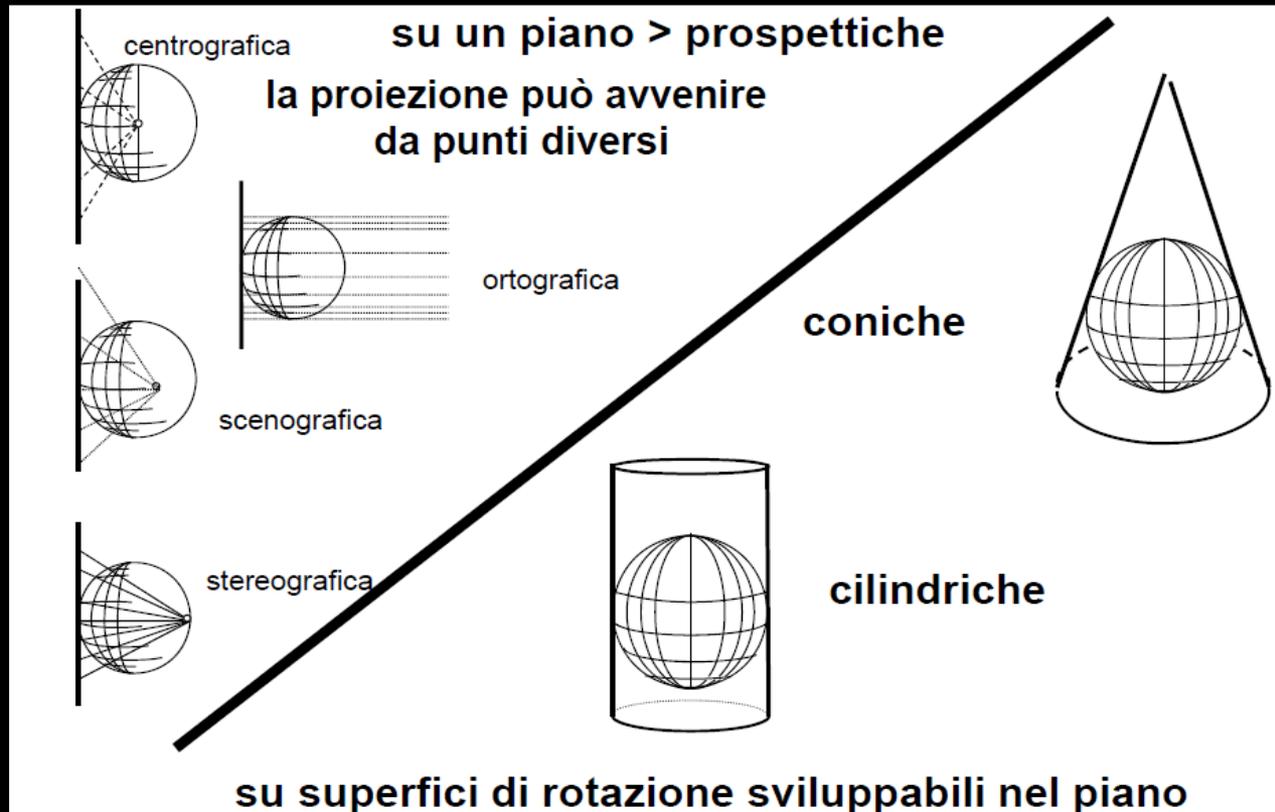




Le proiezioni cartografiche

- Si tratta di procedimenti mediante i quali la superficie terrestre viene trasformata per poterla riportare su una superficie piana
- Le proiezioni vengono realizzate con procedimenti matematici
- Si creano sempre distorsioni, errori, ecc
- Questi errori vengono minimizzati con particolari accorgimenti (es. distorsioni maggiori in aree meno importanti, ecc)
- Si ottiene una riorganizzazione dei meridiani e dei paralleli

Tipi di proiezioni



- Le trasformazioni sono di tipo geometrico o matematico o empirico da punti geografici espressi in coordinate geografiche a punti espressi in coordinate cartesiane

Proiezioni

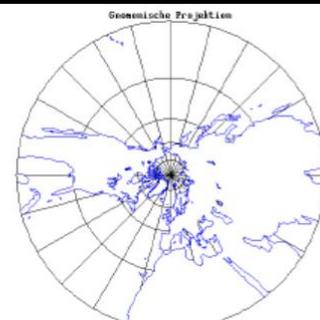
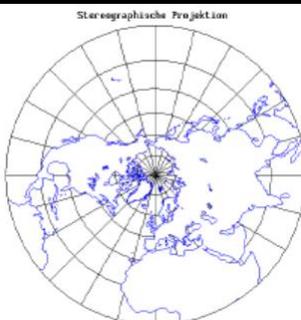
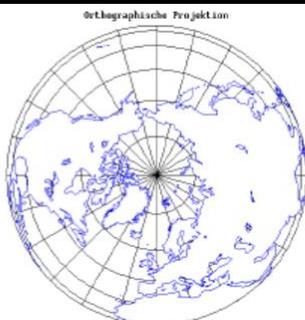
Punto di proiezione

ORTOGRAFICA

STEREOGRAFICA

GNOMONICA (o centrografica)

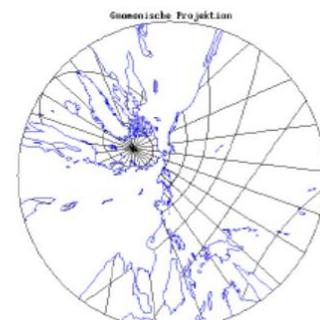
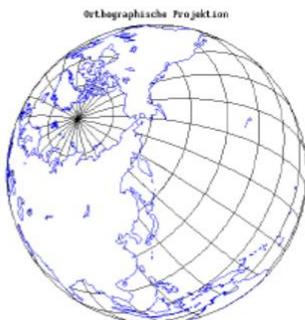
POLARE



EQUATORIALE

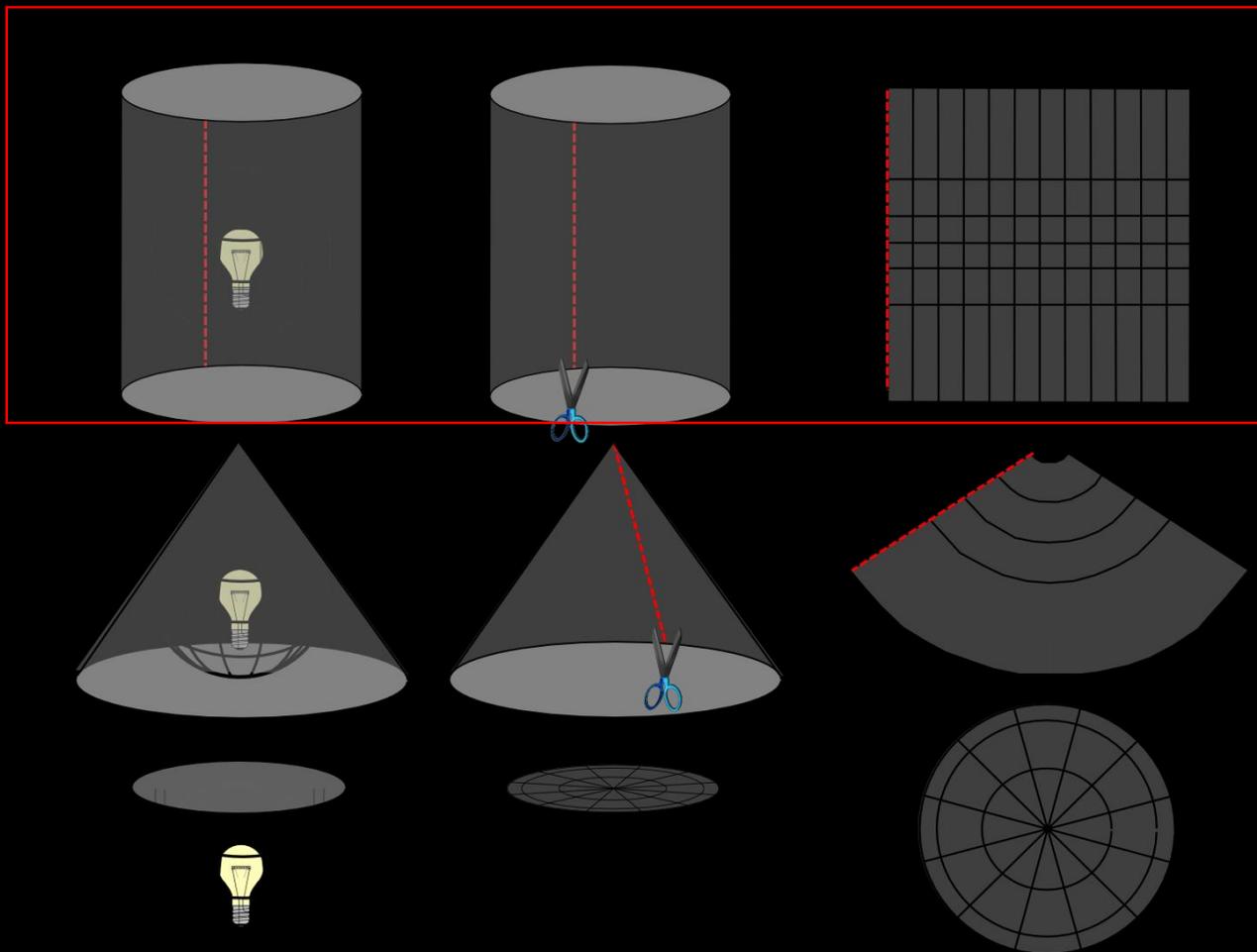


OBLIQUA

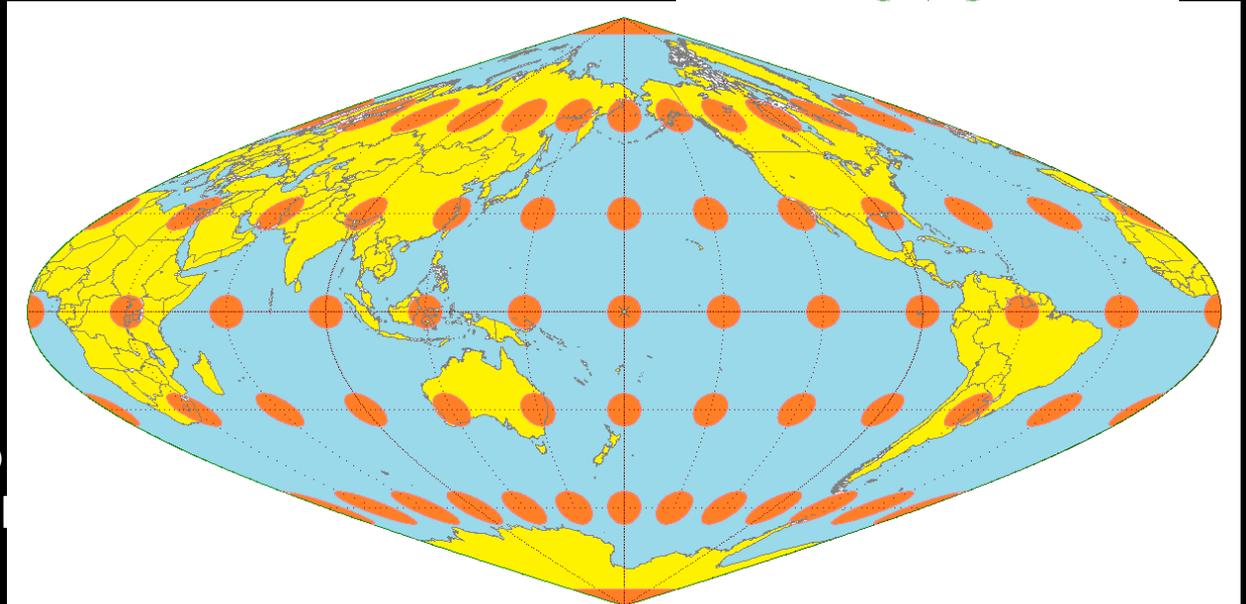
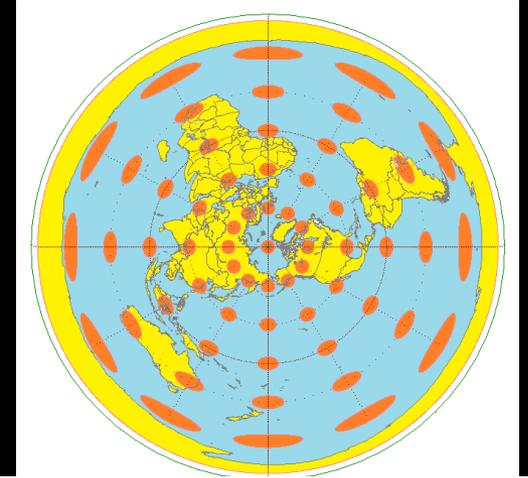
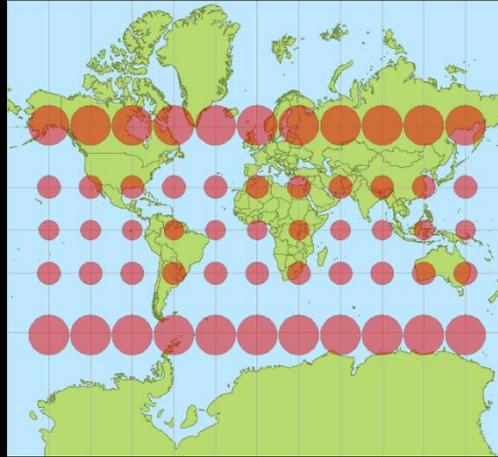
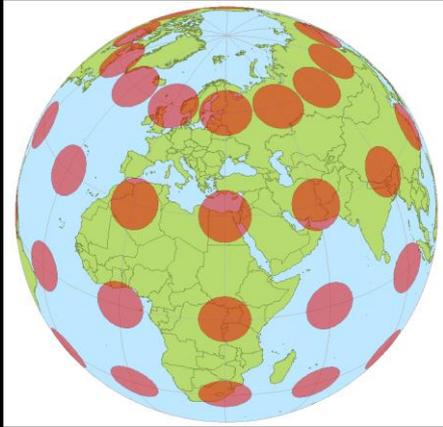


Punto di tangenza

Esempi di proiezioni cartografiche



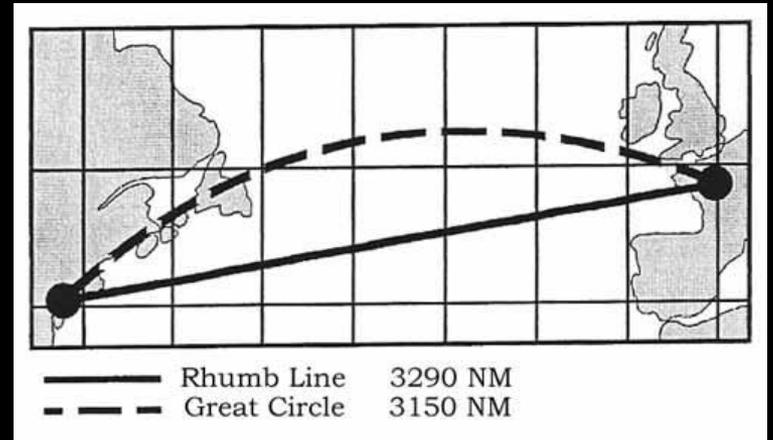
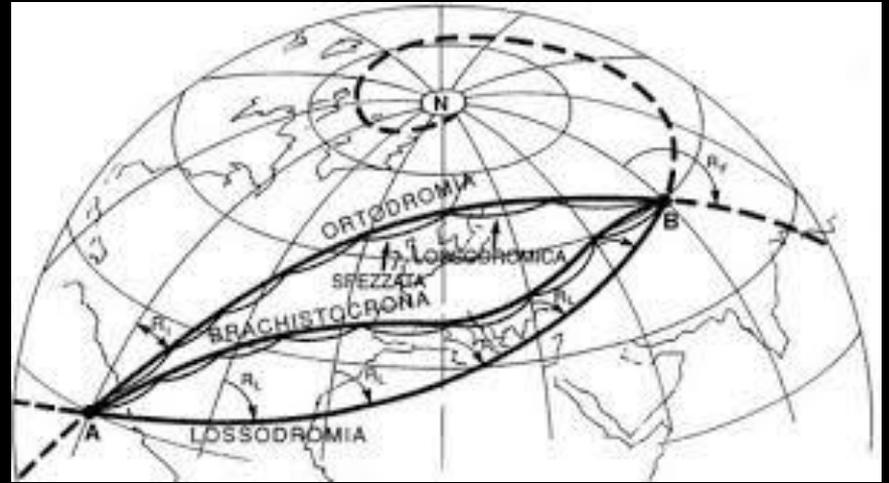
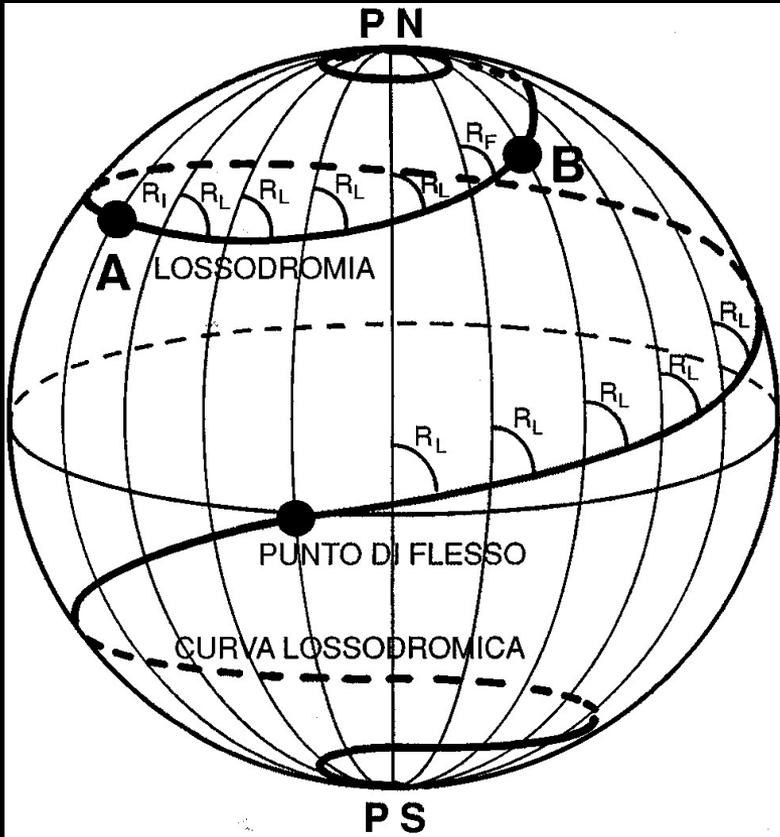
Indicatore di Tissot



E' uno strumento matematico
che mostra la distorsione locale
in una carta

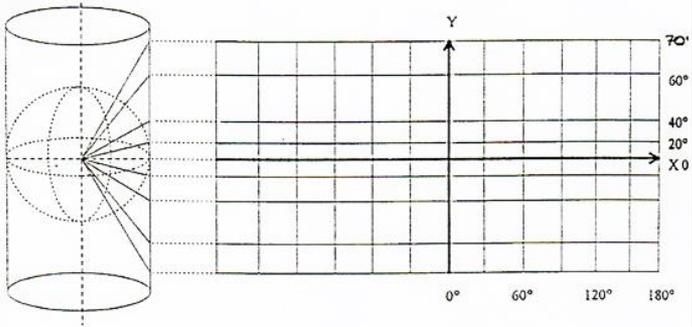
Linee lossodromiche e ortodromiche

- **Linee lossodromiche:** incontrano ogni meridiano sotto lo stesso angolo. E' una spirale logaritmica
- **Linee ortodromiche:** indicano il tragitto più corto tra due punti

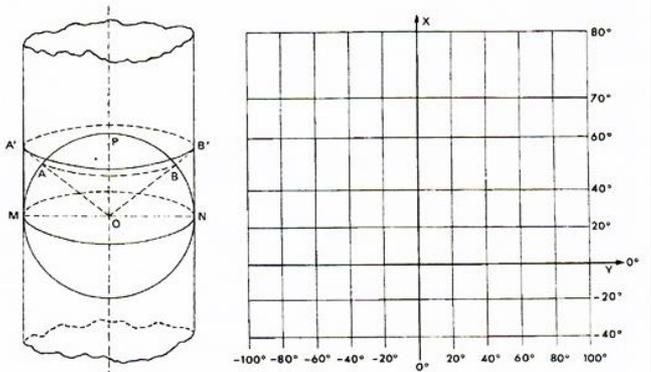


Proiezione cilindrica diretta di mercatore

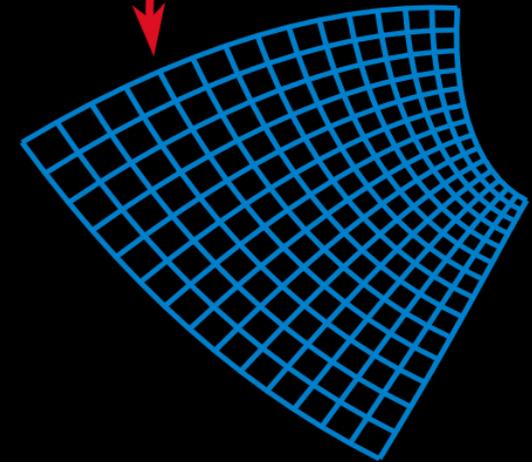
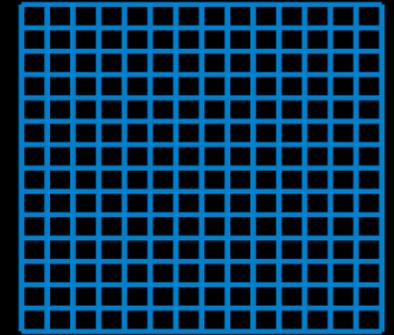
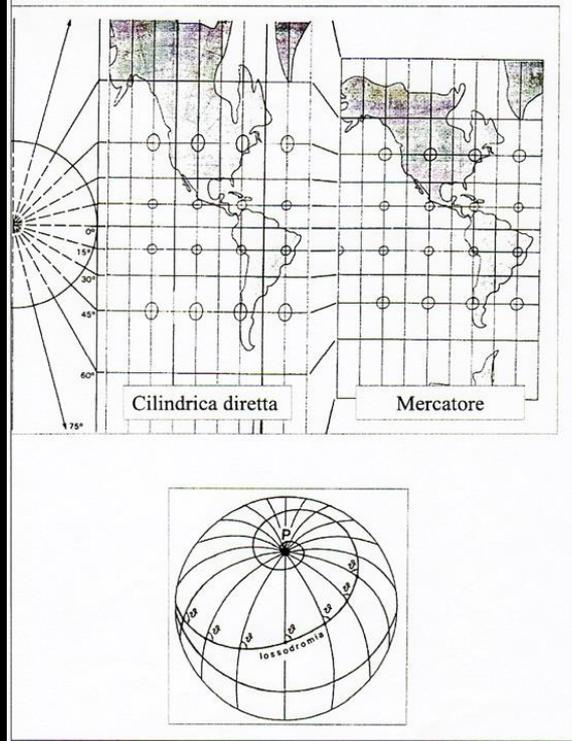
Proiezione cilindrica diretta



Rappresentazione cilindrica diretta di Mercatore



Confronto fra cilindrica diretta e carta di Mercatore



Conforme e cilindrica



NOVA ET AUCTA ORBIS TERRAE DESCRIPTIO AD USUM NAUTICUM

ut abstrusa cognoscatur
et accommodata

588

NOVA ET AUCTA ORBIS TERRAE DESCRIPTIO AD USUM NAUTICUM

NOVA ET AUCTA ORBIS TERRAE DESCRIPTIO AD USUM NAUTICUM

NOVA ET AUCTA ORBIS TERRAE DESCRIPTIO AD USUM NAUTICUM

NOVA ET AUCTA ORBIS TERRAE DESCRIPTIO AD USUM NAUTICUM

NOVA ET AUCTA ORBIS TERRAE DESCRIPTIO AD USUM NAUTICUM

NOVA ET AUCTA ORBIS TERRAE DESCRIPTIO AD USUM NAUTICUM

NOVA ET AUCTA ORBIS TERRAE DESCRIPTIO AD USUM NAUTICUM

NOVA ET AUCTA ORBIS TERRAE DESCRIPTIO AD USUM NAUTICUM

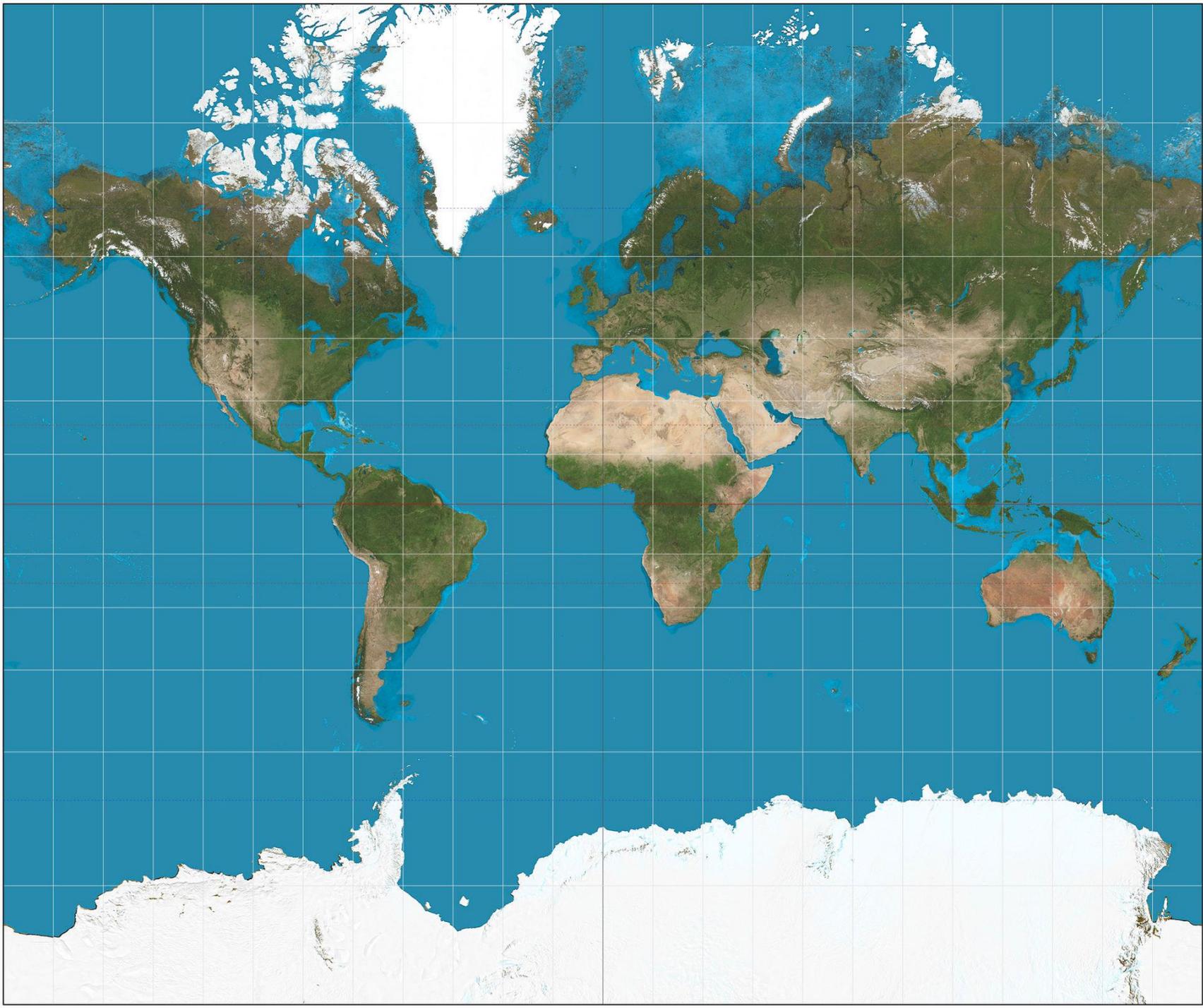
NOVA ET AUCTA ORBIS TERRAE DESCRIPTIO AD USUM NAUTICUM

NOVA ET AUCTA ORBIS TERRAE DESCRIPTIO AD USUM NAUTICUM

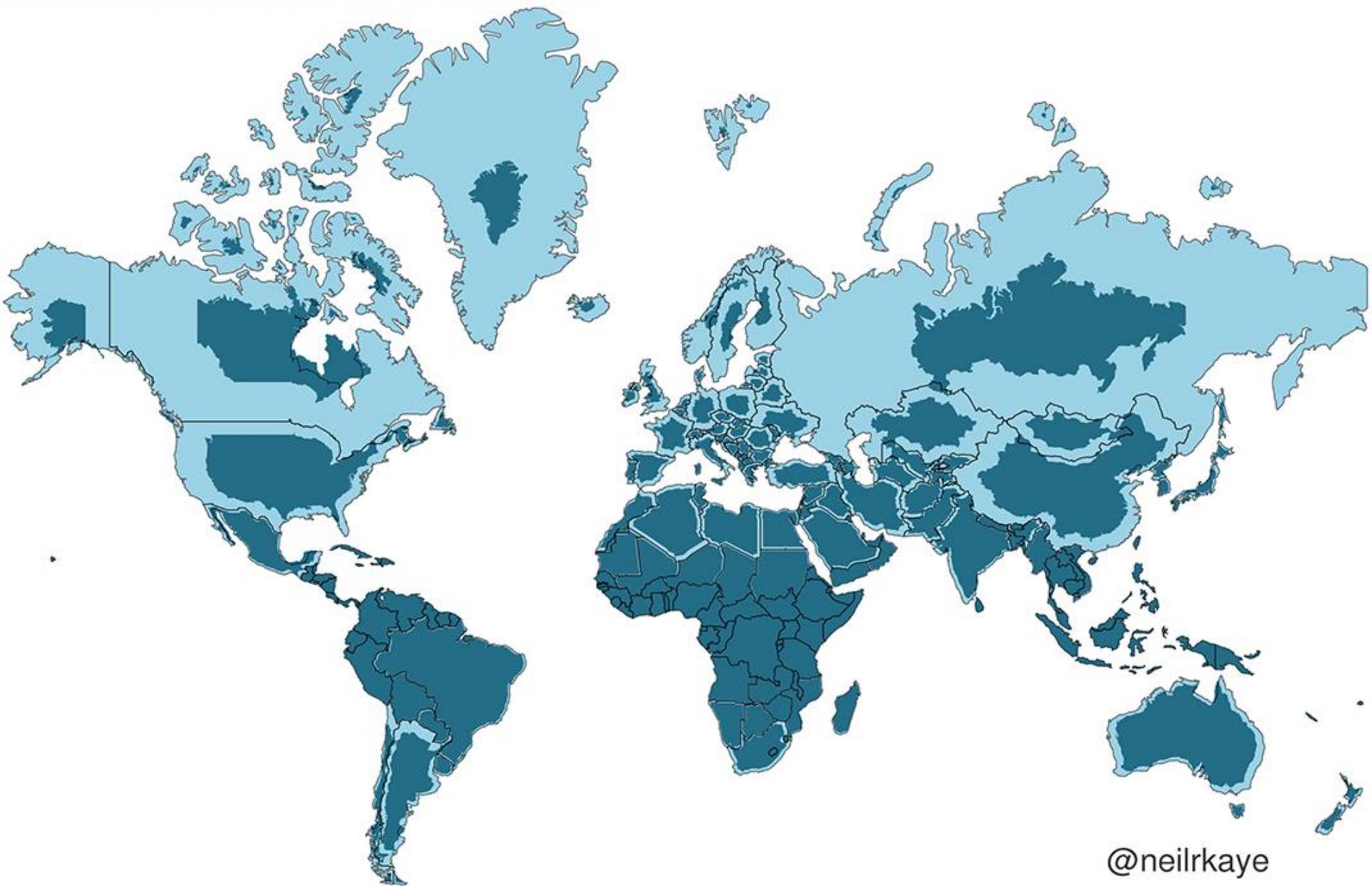
NOVA ET AUCTA ORBIS TERRAE DESCRIPTIO AD USUM NAUTICUM

Carta conforme

- In geometria, una mappa conforme, o isogonica, è data da una funzione che conserva gli angoli.
- Più formalmente, una mappa $w = f(z)$ in z_0 se conserva gli angoli orientati tra le curve passanti per z_0 , come anche la loro orientazione, cioè rimane invariato l'angolo tra le tangenti delle curve passanti per z_0 ;
- Una carta non può essere contemporaneamente conforme ed equivalente, cioè mantenere i rapporti tra le superfici



MERCATOR PROJECTION VS THE TRUE SIZE OF COUNTRIES



@neilrkaye

Carte nautiche



IL DATUM

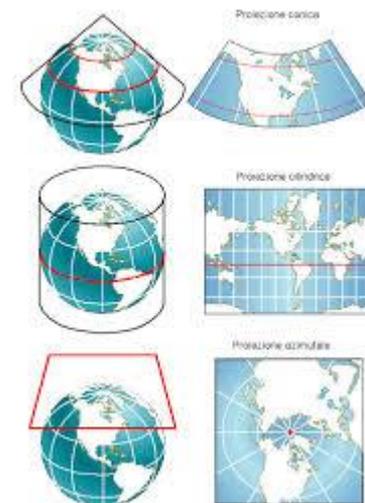
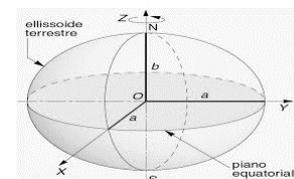
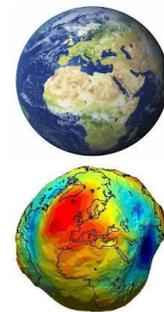
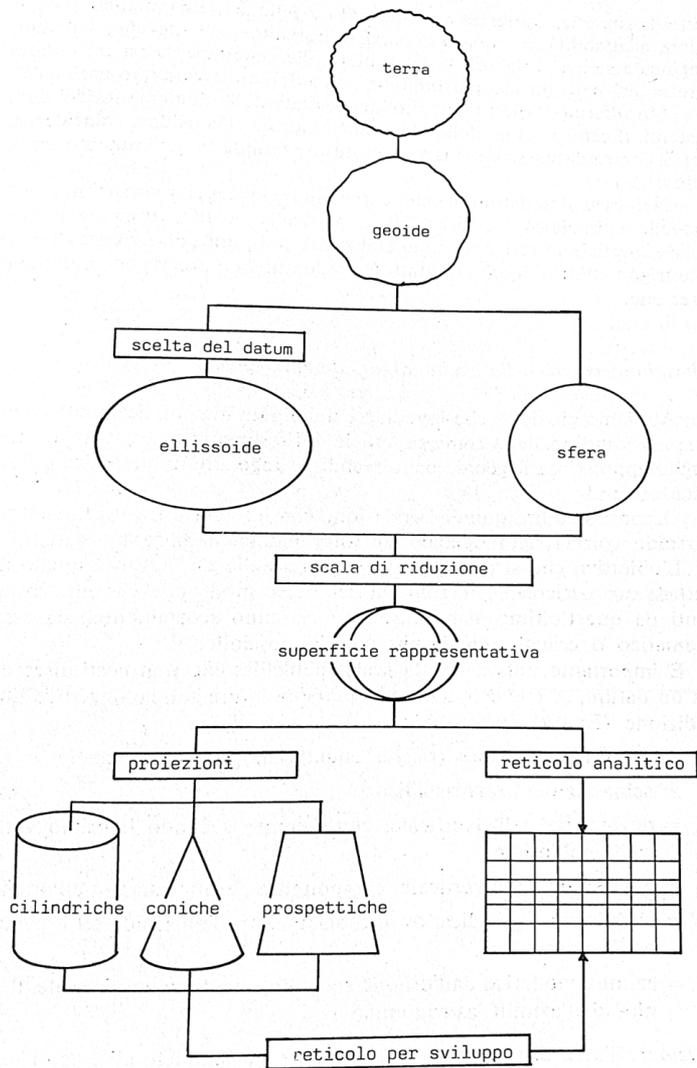
DATUM

- La realizzazione di una carta che rappresenta la superficie terrestre richiede la definizione di un Datum rispetto a cui adattare la realtà fisica che viene rappresentata;
- Il Datum consente di definire in termini matematici la posizione dei punti sulla Terra, ovvero la georeferenziazione;
- Purtroppo non è semplice perché non esiste un riferimento che possa adattarsi abbastanza bene a tutta la superficie terrestre. Sono stati individuati ellissoidi validi per aree estese (nazionali o sovranazionali);
- Solitamente vengono scelti datum che minimizzano gli errori entro le aree da cartografare

- Un datum locale è definito da:
 - Scelta di un ellissoide di riferimento di cui sono noti il raggio equatoriale ed il raggio polare;
 - orientamento dell'ellissoide in un punto (punto di orientamento, o punto di emanazione);
- Le condizioni imposte nel punto di emanazione devono individuare l'ellissoide di riferimento rispetto al geoide che la rappresenta. Queste condizioni sono:
 - 1) la normale dell'ellissoide nel punto deve essere coincidente con la verticale in un punto. **Questa condizione blocca l'inclinazione dell'ellissoide rispetto al geoide;**
 - 2) la direzione del meridiano astronomico deve essere coincidente con la direzione del meridiano ellissoidico, ovvero l'azimut della geodetica fra i due punti deve coincidere con l'azimut astronomico. **Questa condizione blocca la direzione dell'ellissoide rispetto al geoide;**
 - 3) la quota ellissoidica nel punto deve coincidere con la quota ortometrica, cioè l'ellissoide è tangente al geoide nel punto di emanazione. **Questa condizione blocca l'altezza dell'ellissoide rispetto al geoide.**



Da: Wikipedia (Datum geodetico)



Il sistema UTM

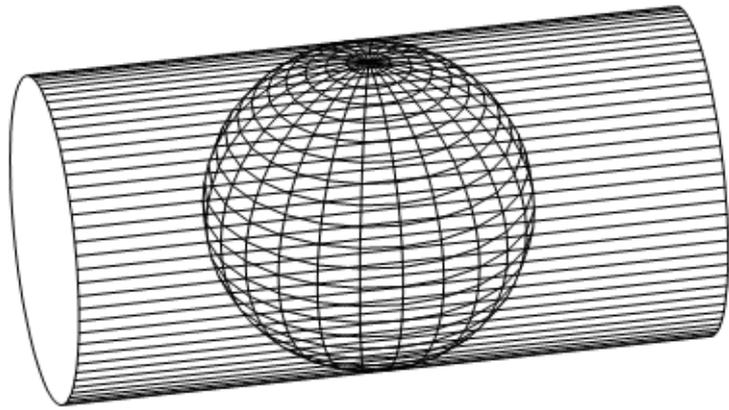
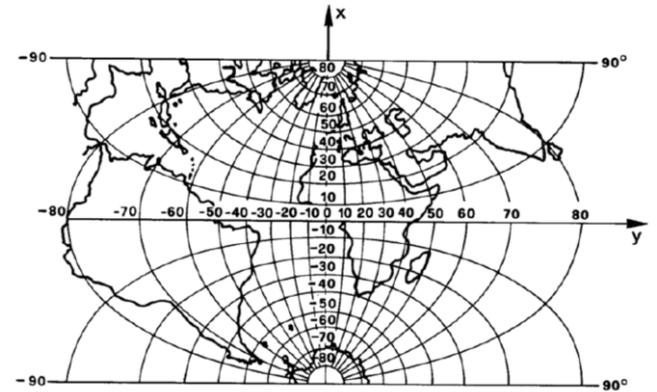
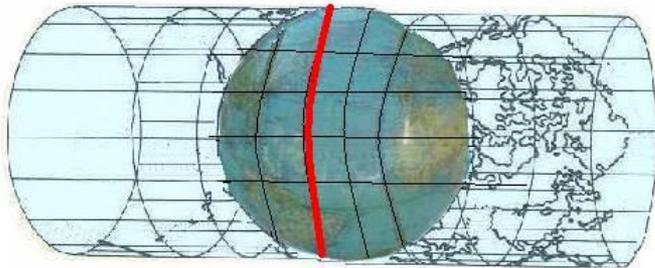
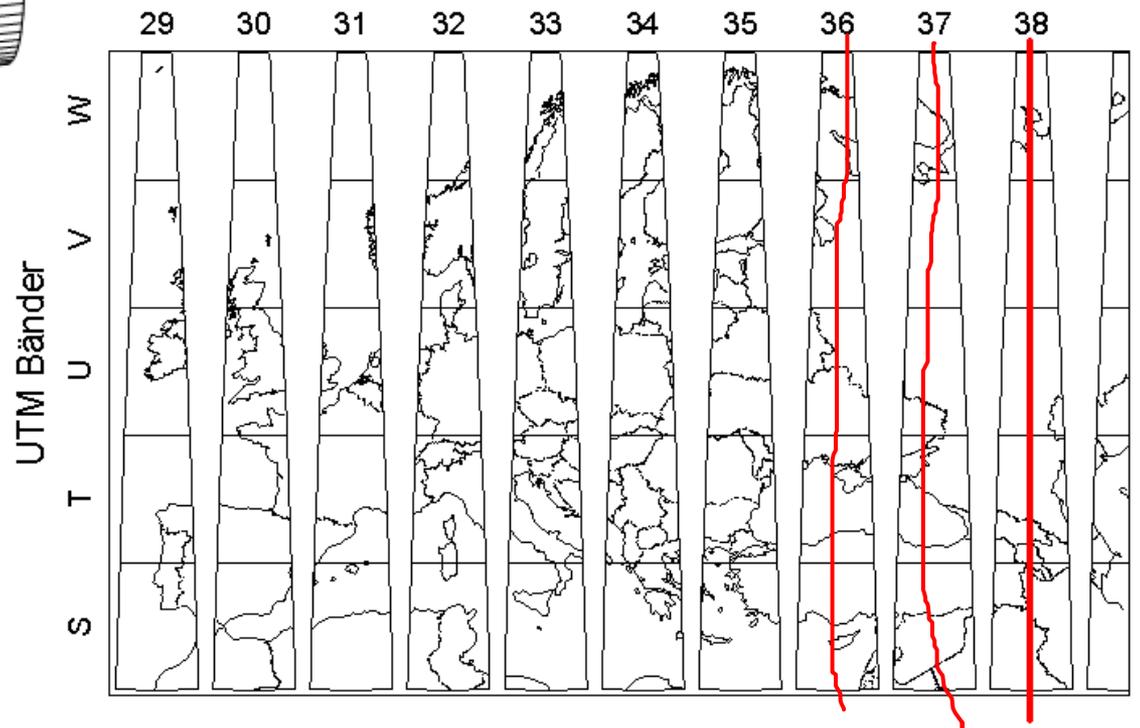


Bild 5



UTM Zonen

Bild 4



La rappresentazione UTM

- “UTM - Universal Transverse of Mercatore” è la rappresentazione usata per la realizzazione della cartografia italiana;
- E' una rappresentazione conforme (mantiene gli angoli), quindi meridiani e paralleli rimangono ortogonali;
- Gli unici elementi rettilinei sono il meridiano di tangenza e l'Equatore (assi di riferimento del fuso)

Proiezione Universale Trasversa di Mercatore

- La **proiezione Universale Trasversa di Mercatore (UTM)**, o "Proiezione Conforme di Gauss" è una proiezione derivata dalla proiezione di Mercatore, della superficie terrestre su un piano. Il sistema è basato su una griglia, un sistema cartesiano che si affianca al sistema angolare di latitudine e longitudine.
- La proiezione UTM si utilizza dal parallelo di 80° sud a quello di 80° nord. Per i poli invece viene utilizzata la Proiezione UPS (Universale Polare Stereografica).
- La Terra viene divisa in 60 fusi di 6° di longitudine ciascuno, a partire dall'antimeridiano di Greenwich in direzione Est, l'Italia è quindi compresa tra i fusi 32, 33 e 34.
- Inoltre la Terra è divisa in fasce di ampiezza di 8° di latitudine. Quindi dall'intersezione tra i fusi e le fasce si hanno delle zone.
- **L'Italia è quindi compresa nelle zone 32T, 33T, 34T e 32S, 33 S, 34S.**

La proiezione di Gauss

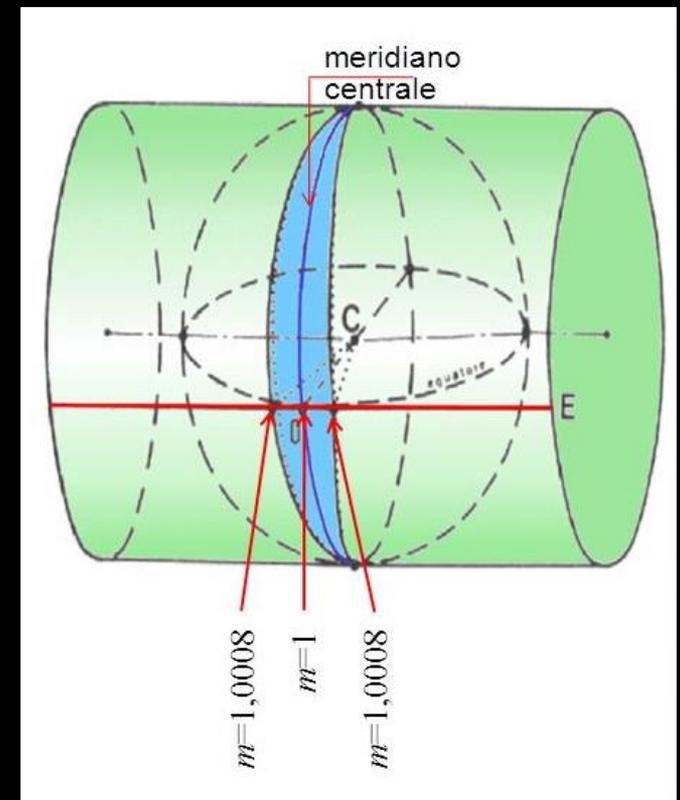
- La deformazione sulla carta di Gauss aumenta in modo quadratico con l'aumentare della **longitudine** l , dunque aumenta allontanandosi dal meridiano tangente (longitudine l_0), secondo il seguente coefficiente di deformazione lineare:

$$m=1 + 0,5(l - l_0)^2 \cos^2 f$$

- Per limitare le deformazioni, la rappresentazione è strutturata in fusi di 6° di longitudine (-3° e $+3^\circ$ rispetto al meridiano centrale di longitudine l_0)
- Ogni fuso possiede un **sistema cartografico** indipendente N,E a cui vengono riferiti i punti che gli appartengono (il territorio nazionale è compreso in 2 fusi, dunque in 12° di l)

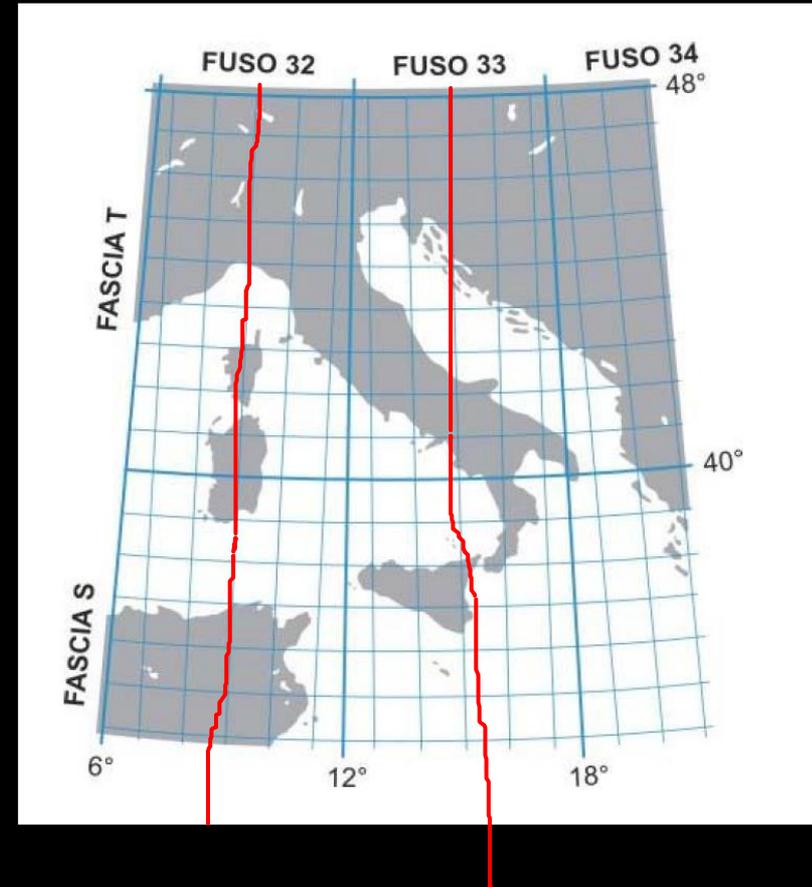
Linee di tangenza

- × Secondo lo schema di Gauss, il modulo di deformazione lineare m sarebbe 1 lungo il meridiano e 1,0008 ai bordi del fuso (def: +0,08%)
- × Questo valore è maggiore dell'errore di graficismo, quindi incompatibile con la rappresentazione
- × Per contenere le deformazioni lineari entro i limiti dell'errore di graficismo, alle coordinate di trasformazione (ottenute con le formule di Boaga) viene applicato un **coefficiente di contrazione** pari a 0,9996, quindi:
$$N^* = N \times 0,9996$$
$$E^* = E \times 0,9996 + \text{Falsa Origine}$$



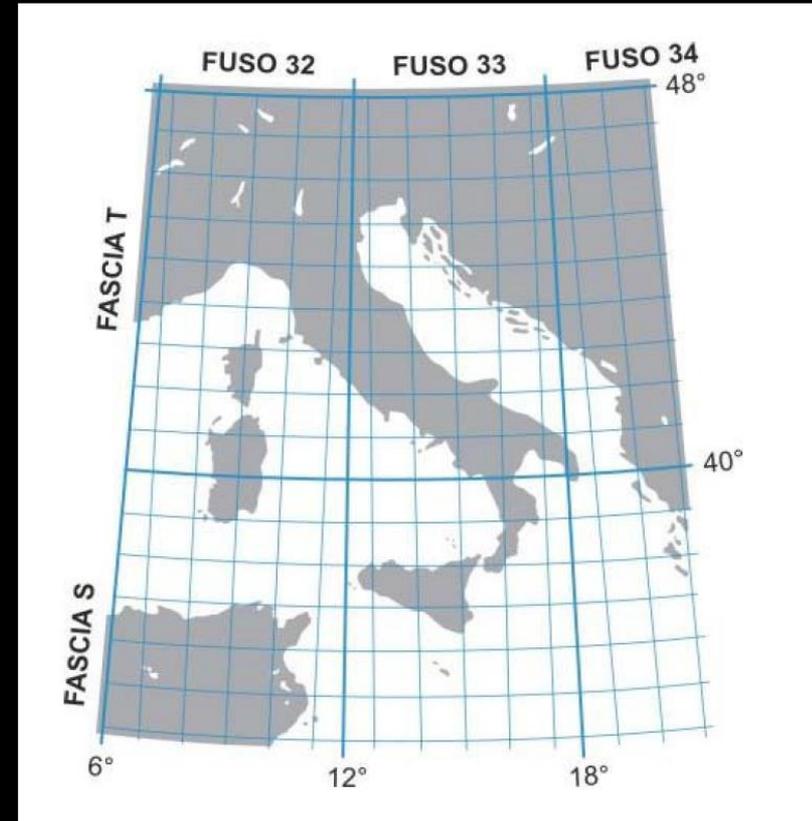
I fusi

- Sono una parte della suddivisione della superficie terrestre suddivisa secondo i meridiani, in 60 parti, in cui ogni singola parte viene denominata fuso.
 - Estensione in longitudine 6°
 - Estensione in latitudine da 80°S a 80°N
- **Italia: Fuso 32, 33, 34**



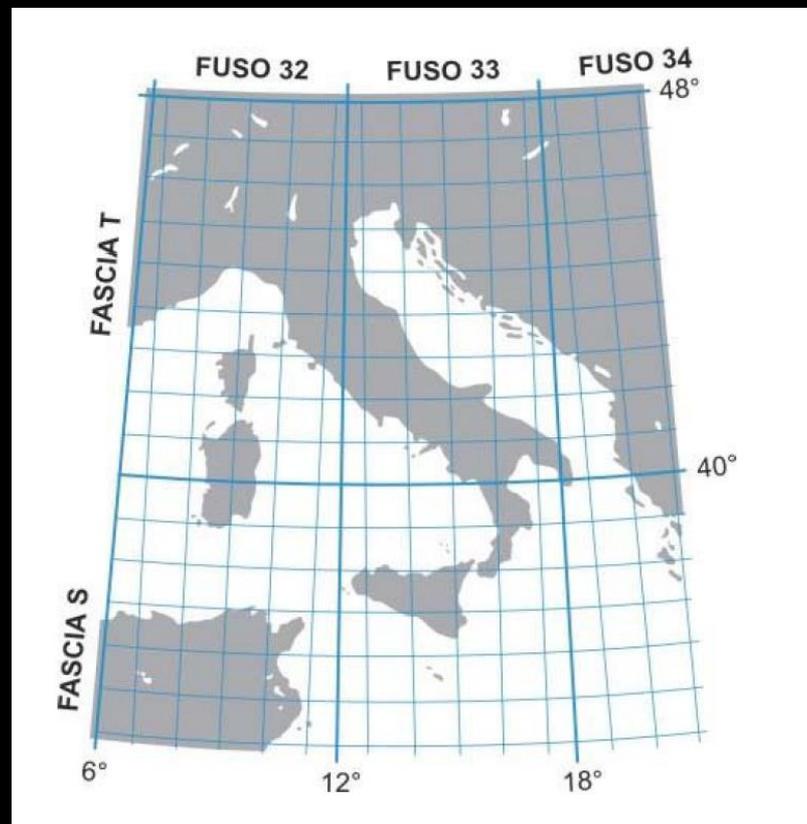
Le fasce

- Suddivisione del globo terrestre secondo i paralleli, in 20 fasce parallele all'Equatore.
 - Estensione in latitudine di 8° , da 0° a 80° N e S.
- **Italia: Fasce S, T**

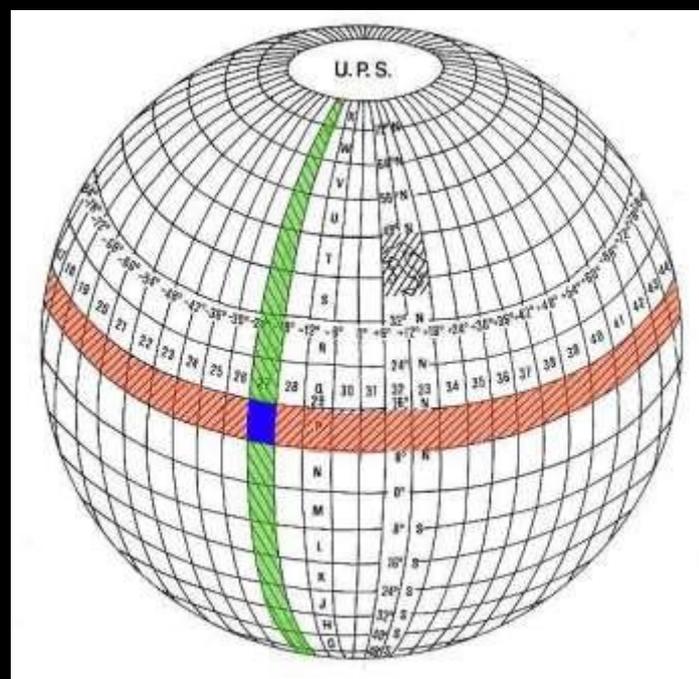
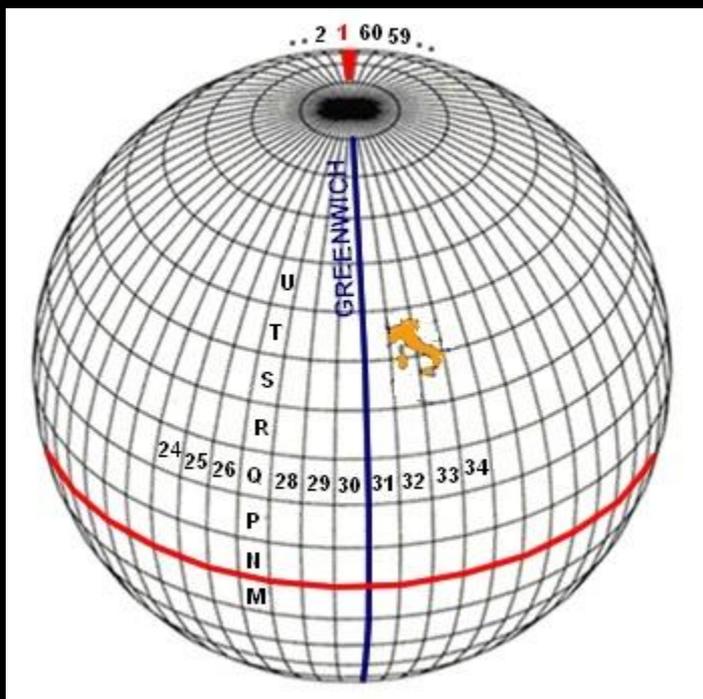


Zone

- Con l'incrocio di fusi e fasce il globo risulta diviso in 1200 aree denominate **zone**, dell'ampiezza di 6° di longitudine e 8° di latitudine ciascuna
- Ogni zona è contraddistinta da un numero indicante il fuso e una lettera indicante la fascia.
- **Italia: Zone 32S, 32T, 33S, 33T, 34S, 34T**



La Terra a fusi e fasce



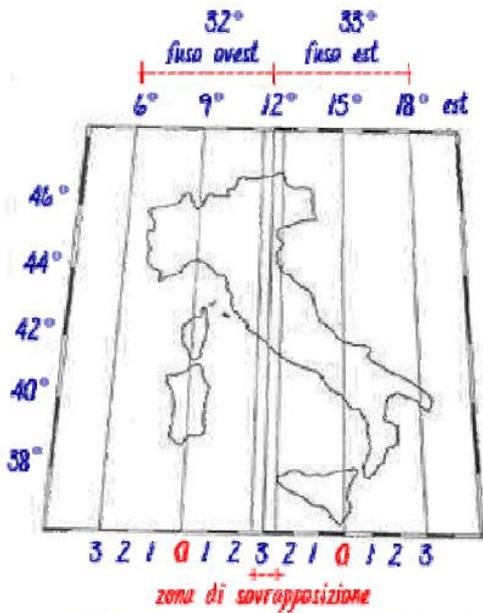
- Per evitare che punti situati ad ovest del meridiano centrale del Fuso abbiano coordinata Est negativa, al meridiano centrale stesso viene attribuito il valore convenzionale di 500 km.



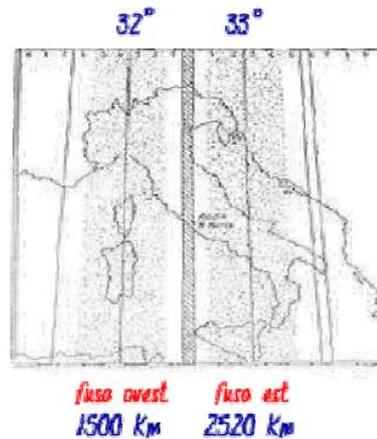
Il sistema italiano Gauss
boaga

Il sistema Gauss Boaga

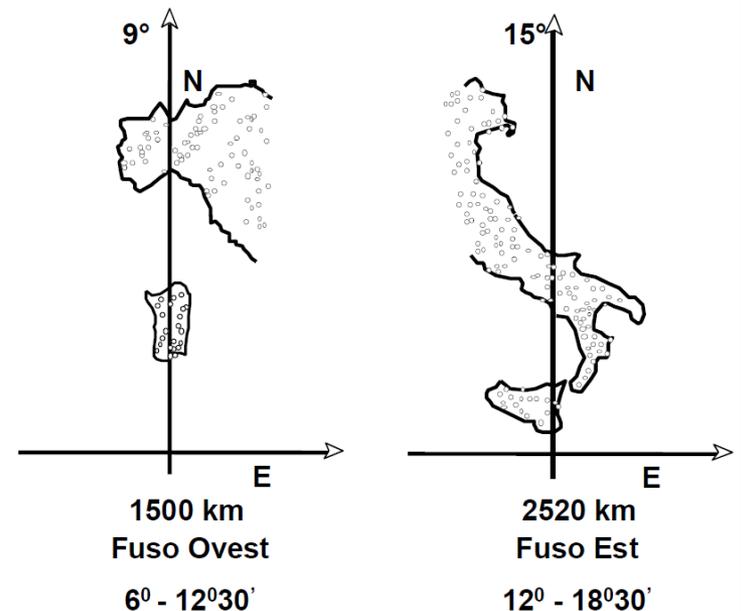
- Fuso ovest: 1500 km
- Fuso Est: 2520 km



carta d'Italia divisa nei due fusi di 6° in 6°



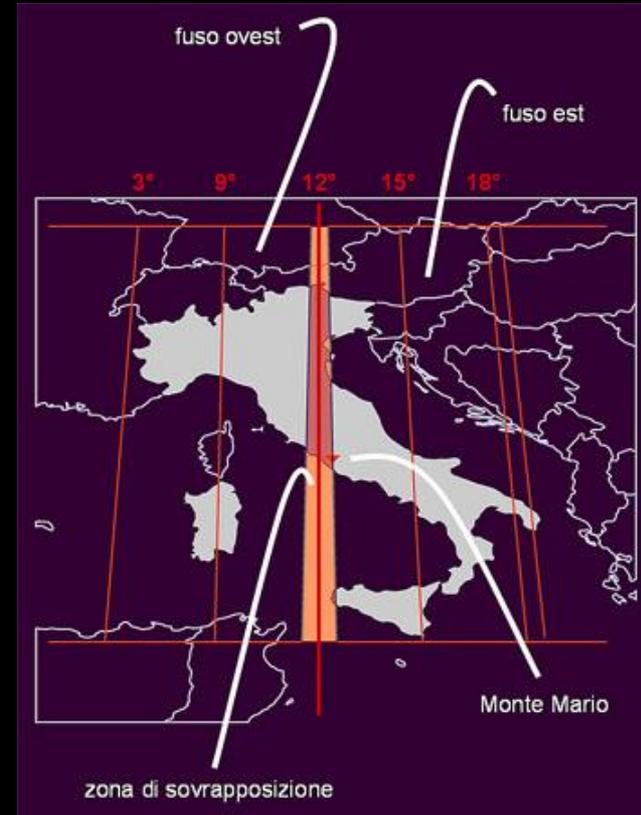
carta d'Italia con i fusi d'appartenenza



Zona di sovrapposizione

- Ciascuno dei fusi in cui è suddivisa la terra ha una propria rappresentazione, indipendente da quella degli altri;
- Ne consegue che non è possibile collegare tra loro punti appartenenti a fusi diversi, per ricavare angoli e distanze;
- Per ovviare a tale inconveniente, il reticolato chilometrico di ciascun fuso è stato prolungato sul fuso successivo per una ristretta zona di 30' di longitudine, detta zona di sovrapposizione.

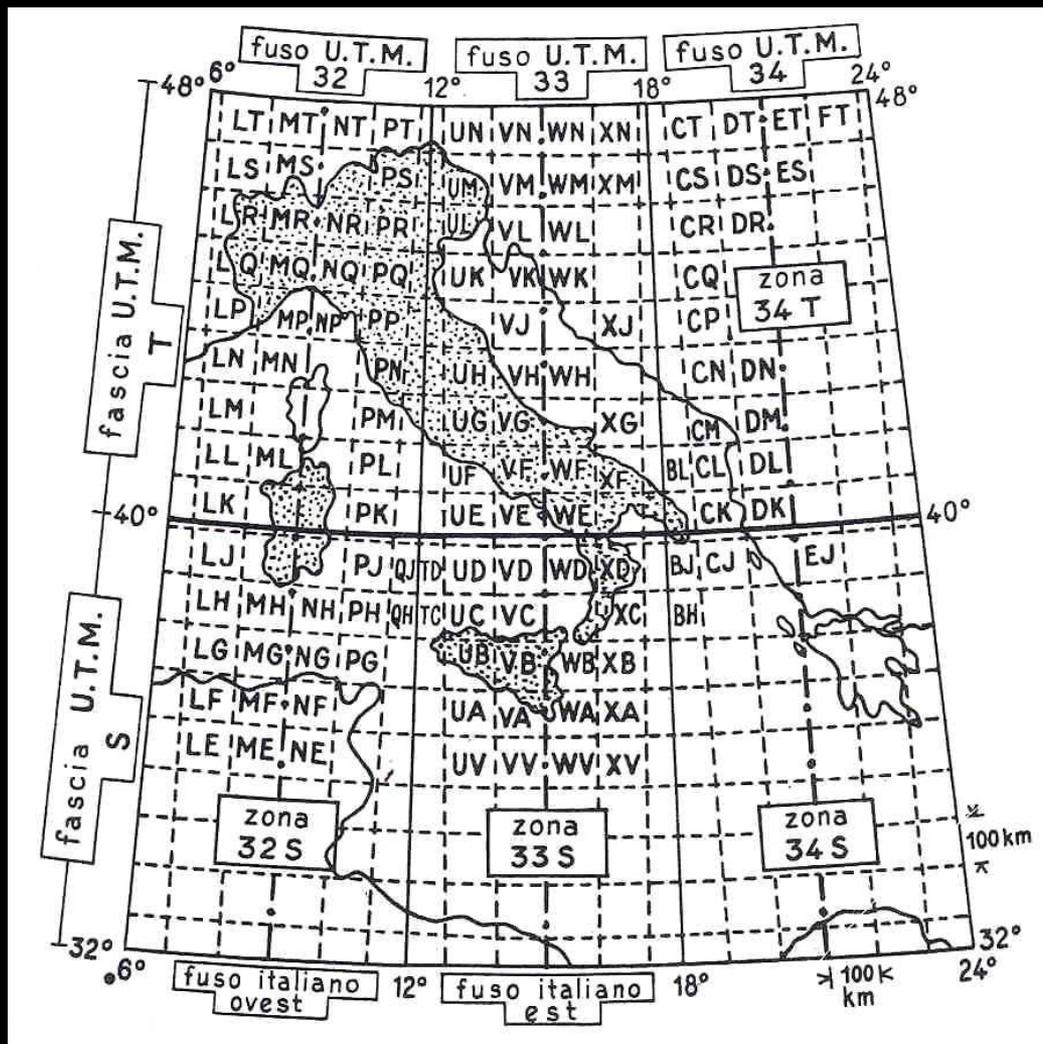
Zona di sovrapposizione



Quadrati di 100 km di lato

- Anche le zone hanno, ai fini pratici, della designazione di punti, una estensione troppo grande;
- Ciascuna zona è stata quindi suddivisa in **quadrati di 100 km di lato** mediante due fasci di rette parallele rispettivamente al meridiano centrale del fuso e all'equatore;
- Ciascun quadrato è contraddistinto da una coppia di lettere che costituisce il secondo elemento, dopo la zona, della designazione di un punto.

Denominazione dei quadrati



Reticolato chilometrico

- Il fuso viene suddiviso in numerosi elementi cartografici che non comprendono gli assi di riferimento e non consentirebbero, quindi, la misura delle coordinate dei punti;
- Per ovviare a questo inconveniente viene sovrastampato alle carte un reticolato chilometrico a maglie quadrate, ottenuto mediante fasci di rette parallele agli assi di riferimento;
- Per avere le coordinate di un punto è sufficiente assumere le coordinate che competono al vertice SO del quadretto che lo comprende e sommare ad esse le coordinate parziali riferite al quadretto stesso.

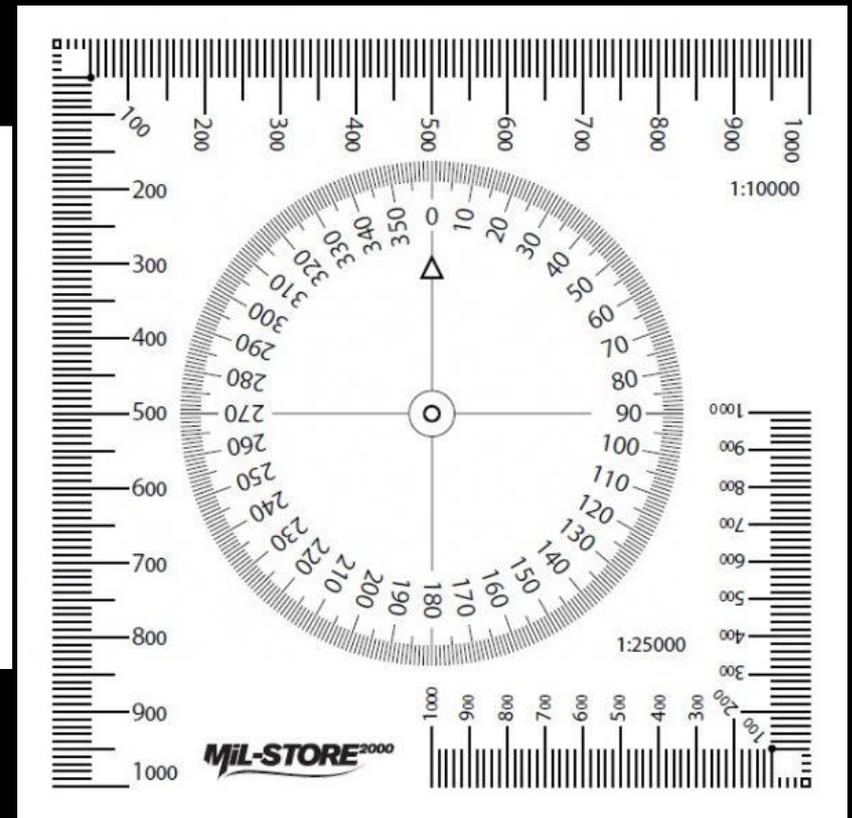
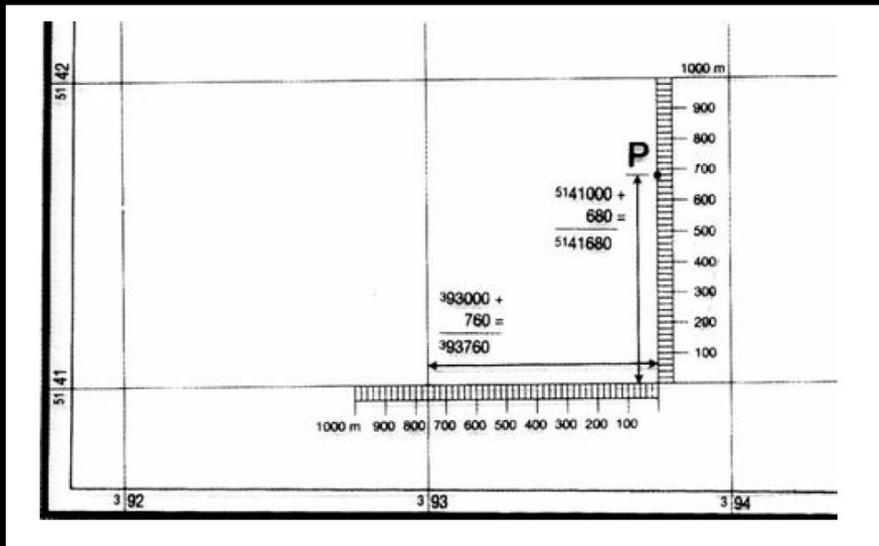
Fare il punto in carta

Le coordinate

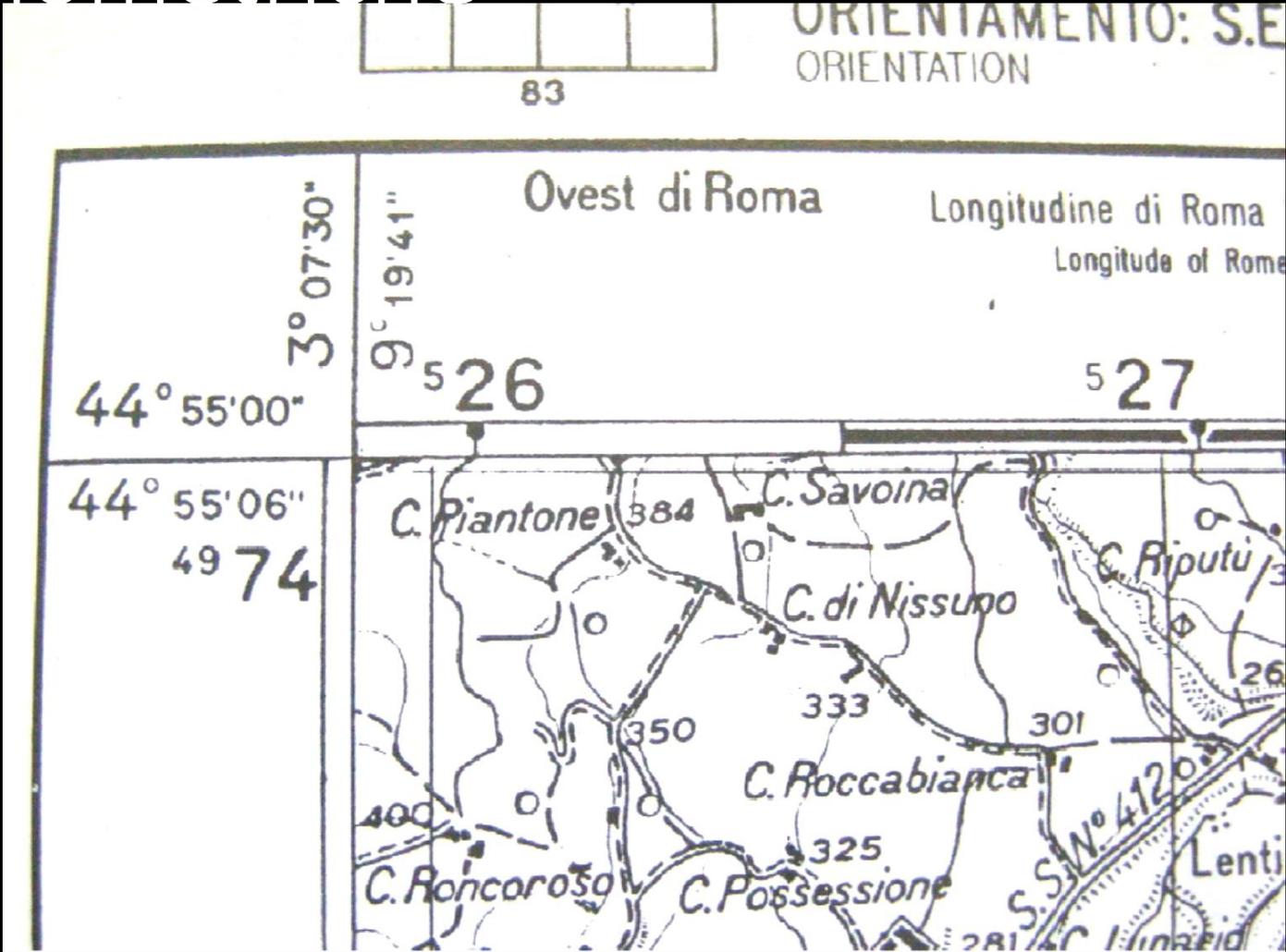
Le coordinate di un punto

- L'ubicazione di un punto è definita, nel piano della rappresentazione, mediante la misura delle distanze che lo separano dagli assi di riferimento.
- Dette distanze vengono definite coordinate chilometriche:
 - Coordinata EST: la distanza (in ascissa) del punto di riferimento del meridiano centrale del Fuso;
 - Coordinata NORD: la distanza (ordinata) che lo separa dall'equatore.

Acquisizione delle coordinate



Coordinate geografiche e chilometriche



Le coordinate geografiche e chilometriche

- Le coordinate geografiche sono strumenti che servono a identificare univocamente la posizione di un punto sulla superficie terrestre. Esse sono la latitudine, la longitudine. Sono date in gradi sessagesimali
- Le coordinate chilometriche sono riferite ad un reticolato che da origine a quadrati di un chilometro di lato; la latitudine (in metri) è calcolata dall'equatore, la longitudine dal meridiano centrale del fuso a cui è stato dato un valore convenzionale di 500 km (i valori pertanto decrescono verso Ovest e aumentano verso Est). Nel sistema Gauss Boaga, i valori del meridiano centrale sono rispettivamente 1500 km e 2500 km.
- Per trovare un punto sulla carta o fornire le coordinate dello stesso si deve usare il coordinatometro seguendo le istruzioni contenute sul margine destro della carta.

Misurare l'altitudine

Il problema della quota in cartografia

Geoide-elissoide

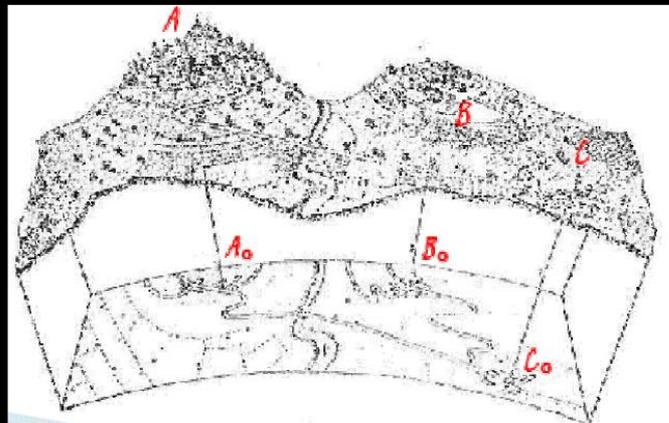
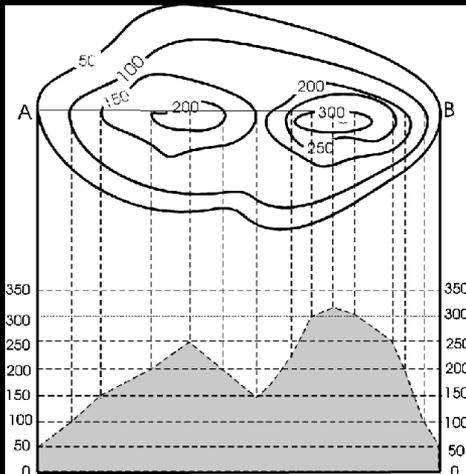


Quota ortometrica (geoidica)

- La **quota ortometrica**, detta anche **quota geoidica**, di un punto sulla superficie terrestre è definita come la lunghezza del segmento di verticale compresa fra il punto e il geoido;
- È quindi l'elevazione del punto rispetto alla superficie del livello medio del mare;
- Poiché la superficie del geoido può non coincidere localmente con quella dell'ellissoide di riferimento, la quota ortometrica può anche essere definita come la lunghezza di quell'arco di linea di forza del campo gravitazionale terrestre che passa per il punto topografico e interseca la superficie del geoido.
- Vedi anche: <https://3dmetrica.it/occhio-alla-quota/>

Curve di livello

- In cartografia, la **curva di livello**, detta anche **isoipsa** (dal greco isos=uguale e hypsos=alto) hypsos alto, è quella curva che unisce punti ad egual quota, ovvero uguale distanza verticale dal piano di riferimento al quale è stato attribuito quota zero (generalmente il livello medio del mare).
- Esse vengono adottate per rappresentare l'altimetria in una superficie piana, com'è quella di un foglio.
- L'uso delle isoipse è uno dei metodi usati in cartografia per rappresentare le tre dimensioni su un foglio bidimensionale, consentendo di farsi un'idea della morfologia del territorio.



Curva di livello

- Nelle carte topografiche dell'IGM a scala 1:25.000 (Tavolotte) le isoipse hanno colore marrone ed equidistanza di 100 m, 25 m e 5 m rispettivamente per le isoipse direttrici, ordinarie ed ausiliarie.
- In questo tipo di carte sulle isoipse non sono riportati i valori delle quote (se non nelle tavolette al confine con le altre nazioni) che devono essere ricavati analizzando i punti quotati vicini.
- Il colore delle isoipse, l'equidistanza e la presenza o meno del valore della quota varia in base al tipo di carta (topografica, corografica, ecc.), il tipo di utilizzo (militare, turistico, ecc.) e all'ente cartografico che produce le carte.

Isoipse

- La differenza di quota tra due isoipse adiacenti è detta equidistanza.
- Le isoipse con equidistanza maggiore vengono tracciate con tratto più marcato e sono dette **direttrici**,
- quelle con tratto più sottile (e più numerose) sono dette **intermedie**.
- Talora vengono riportate anche isoipse tratteggiate, aventi equidistanza ancora minore, dette **ausiliarie**.

I punti con informazioni di quota

- Punti geodetici (o caposaldi): sono costituiti da un basamento orizzontale in cemento e un cippo cilindrico leggermente appuntito in alto. Ogni caposaldo viene impiantato dall'IGM che ne determina la posizione mediante sistema GPS.
- Punti trigonometrici: Rete di punti realizzata per triangolazione o trilaterazione con strumenti trigonometrici classici. Esistono 4 ordini di punti trigonometrici
- Punti quotati: Punti sulla carta con informazioni di quota meno precisi dei precedenti.

I punti geodetici



Punti Geodetici

Sistema di Rif. Globale: Latitudine Longitudine

Limiti amm.: Regione: Provincia: Comune:

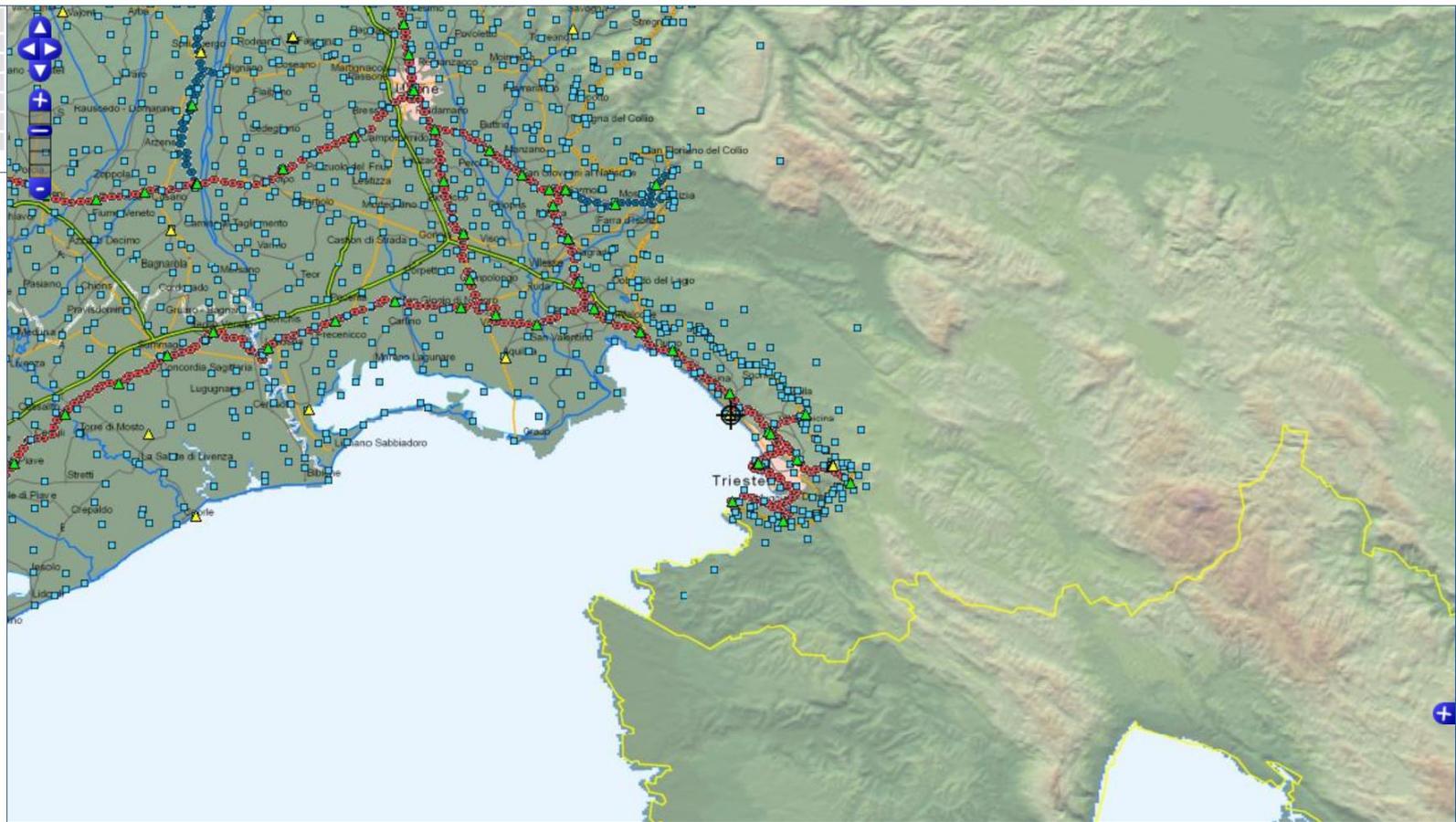
Elem. cartografico: Cartografia: Foglio:

Codice punto: Numero: (solo IGM95)

- Trigonometrici
- Capisaldi (misurati dopo il 1996)
- Capisaldi
- IGM95
- IGM95 quotato da liv.
- IGM95 raffittimento
- IGM95 raffittimento quot. da liv.

Punti geodetici presenti nell'intorno del punto cliccato

- (40A901) Castello Di Miramare ev.
- (40A901) Castello Di Miramare ev.



Es. punto geodetico

Ultimo aggiornamento db: 21/07/2016, scheda generata il 10/10/2016

[Versione PDF](#)

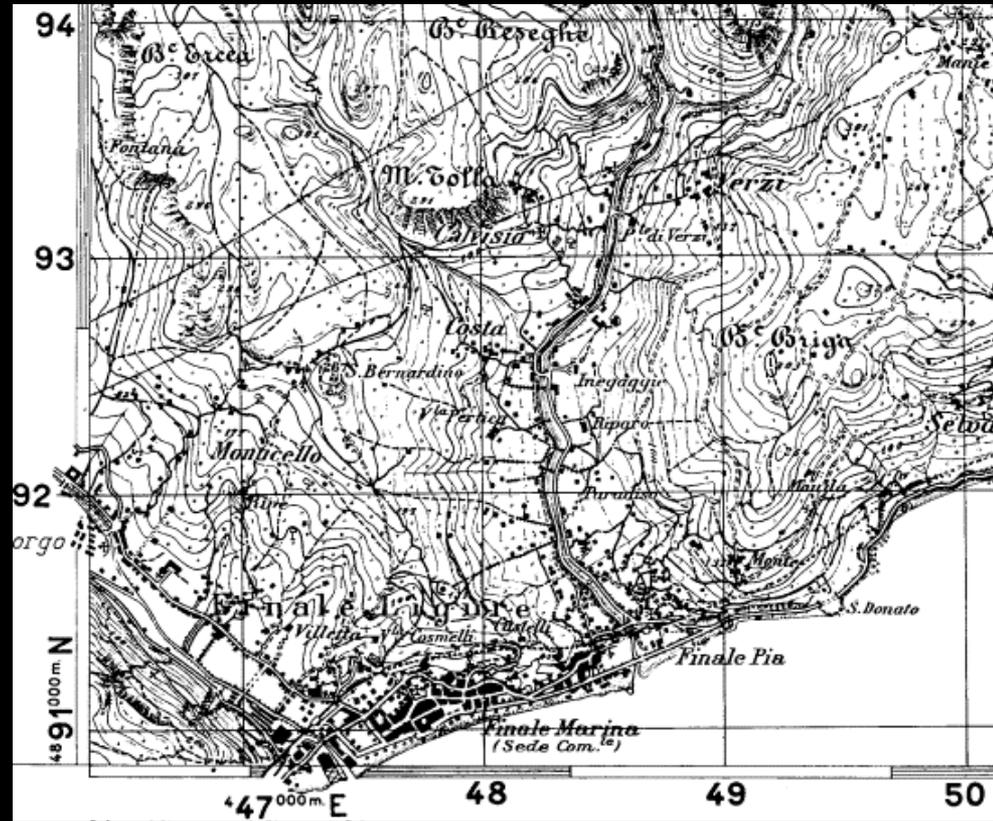
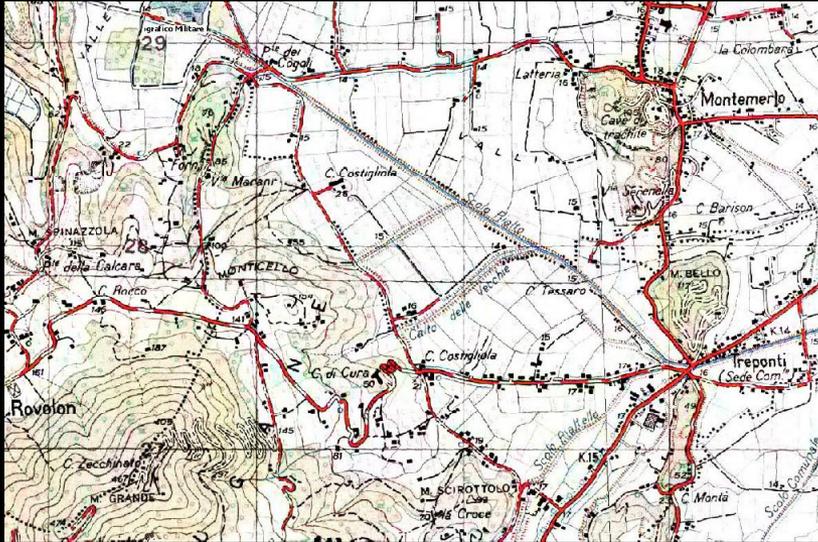
40A901 Castello Di Miramare (Sperone roccioso)

Punti associati:

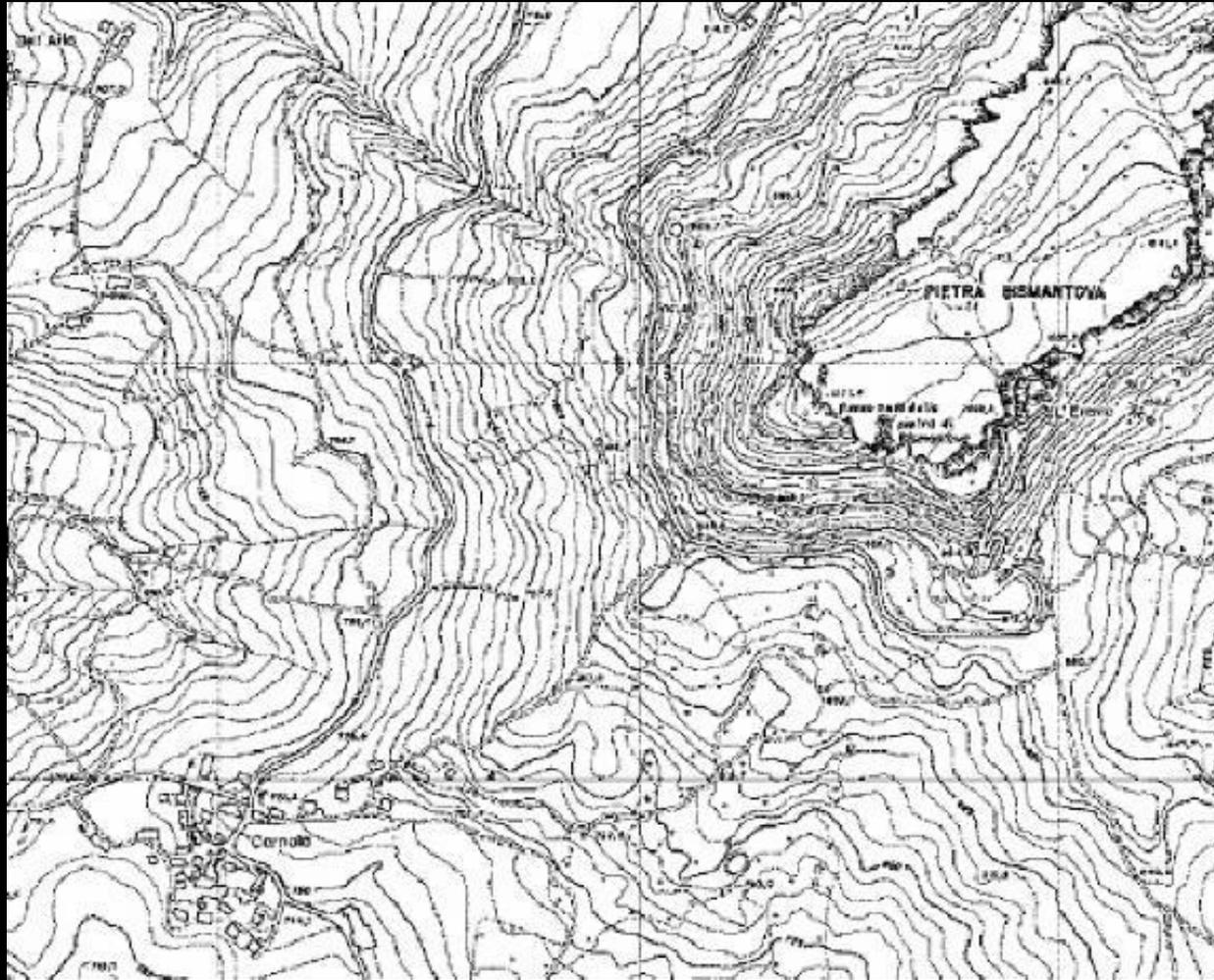
[40A901 Castello Di Miramare \(Ass. 1 - Muro a retta\)](#)

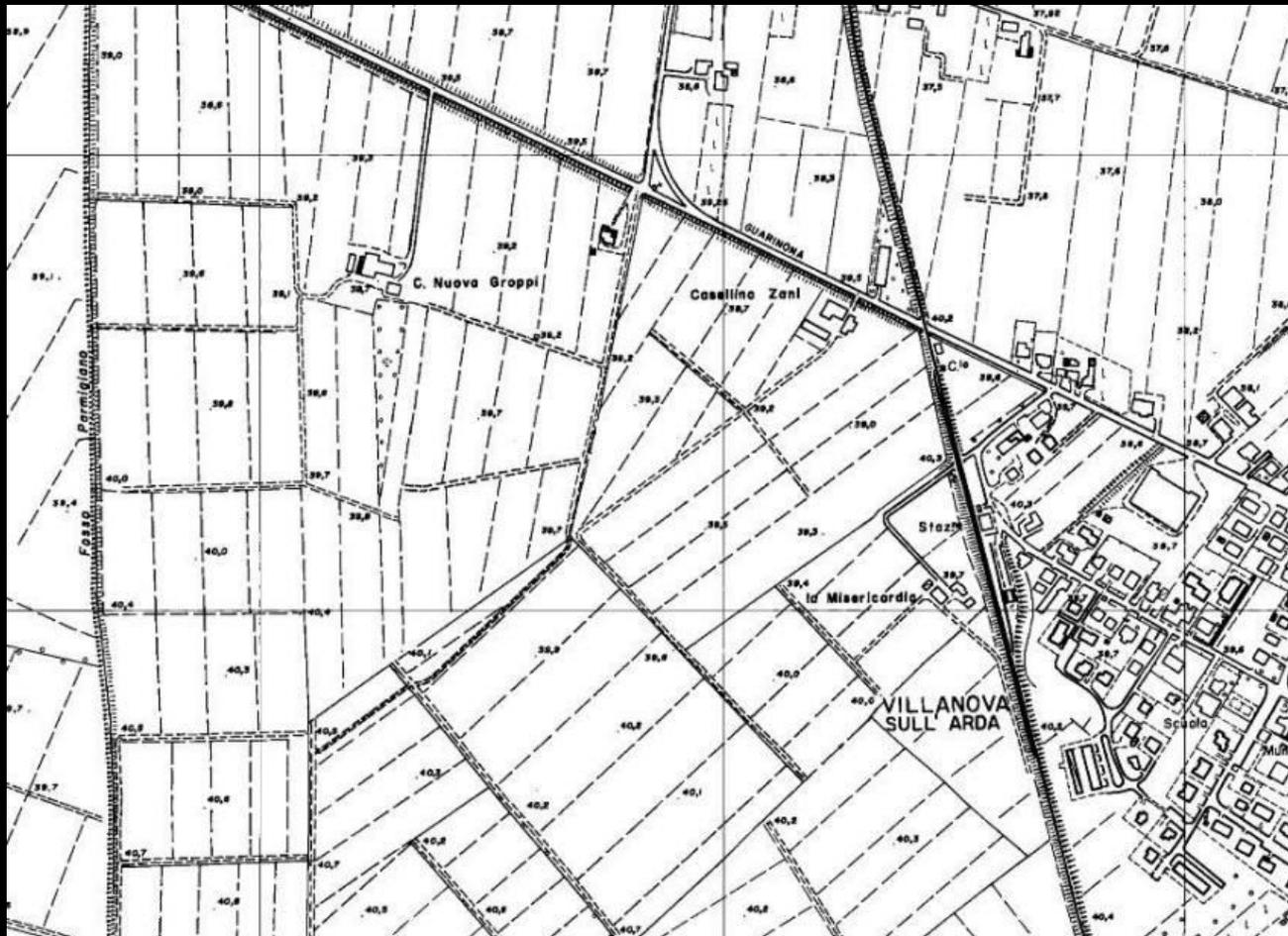
Cartografia:	Serie 25: 110 sez IV Aurisina, Serie 25V: 40a ISO Poggioreale del Carso																																										
Localizzazione:	Nazione: Italia Regione: Friuli-Venezia Giulia Provincia: Trieste Comune: Trieste Carabinieri: Grignano																																										
Coordinate:	<i>Attenzione: Le coordinate geografiche sono in gradi sessagesimali approssimate al secondo. Le coordinate piane e le quote sono espresse in metri con cifre significative fino al decimetro.</i> <table border="0"><tr><td>ROMA40</td><td></td><td>ETRF2000</td><td>Quote</td></tr><tr><td>ϕ:</td><td>45° 42' 02"</td><td>ϕ:</td><td>45° 42' 04"</td><td>s.l.m.:</td><td>10</td></tr><tr><td>λ:</td><td>01° 16' 00"</td><td>λ:</td><td>13° 43' 08"</td><td>ellissoidica:</td><td>50</td></tr><tr><td>F.O.</td><td>N:</td><td>F. 32</td><td>N:</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>E:</td><td></td><td>E:</td><td></td><td></td></tr><tr><td>F.E.</td><td>N: 5061660</td><td>F. 33</td><td>N: 5061640</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>E: 2421140</td><td></td><td>E: 400270</td><td></td><td></td></tr></table> <i>Coordinate determinate nell'anno 1996</i>			ROMA40		ETRF2000	Quote	ϕ :	45° 42' 02"	ϕ :	45° 42' 04"	s.l.m.:	10	λ :	01° 16' 00"	λ :	13° 43' 08"	ellissoidica:	50	F.O.	N:	F. 32	N:				E:		E:			F.E.	N: 5061660	F. 33	N: 5061640				E: 2421140		E: 400270		
ROMA40		ETRF2000	Quote																																								
ϕ :	45° 42' 02"	ϕ :	45° 42' 04"	s.l.m.:	10																																						
λ :	01° 16' 00"	λ :	13° 43' 08"	ellissoidica:	50																																						
F.O.	N:	F. 32	N:																																								
	E:		E:																																								
F.E.	N: 5061660	F. 33	N: 5061640																																								
	E: 2421140		E: 400270																																								
Materializzazione:	Centrino di tipo "GPS C" fissato alla sommità di un blocco roccioso che si erge fra la strada che conduce al Castello ed il mare. Riferimenti: quattro picchetti metallici.																																										
Accesso:	Dalla "Strada Costiera" S.S.14 deviare seguendo l'indicazione per il Castello di Miramare; il vertice è quasi antistante la Stazione dei Carabinieri e prospiciente il parcheggio degli autobus.																																										
Informazioni ausiliare:	Per ogni eventuale informazione rivolgersi a: Riserva Naturale Marina di Miramare, Viale Miramare 349 - 34014 Trieste (tel. e fax 040-224147). Alla data dell'ultima ricognizione, l'accesso al punto risulta difficoltoso in quanto lo sperone roccioso su cui è materializzato il contrassegno è stato protetto da una recinzione metallica.																																										
Categoria del punto:	Rete primaria di inquadramento (IGM95)																																										
Quota s.l.m.:	Con quota derivata dal modello del geode (ITALGEO2005)																																										
Produttore:	IGM																																										
Segnalizzato:	il 20/05/1993																																										
Ultima ricognizione:	il 22/04/2009																																										
Collegamenti:																																											
Immagini:	 Monografia Cartografia Foto 1 Foto 2 (Clicca sulle immagini per ingrandire)																																										

Curve di livello su tavolette IGM



Curve di livello e punti quotati da CTR





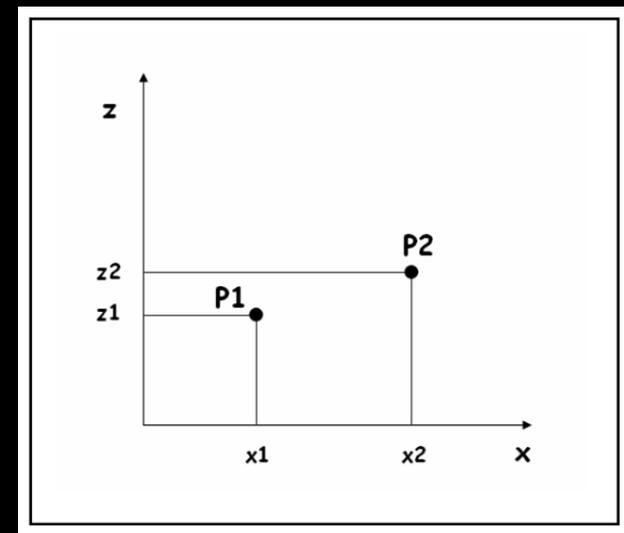
Quote, pendenze

Calcolo della pendenza

- La pendenza tra due punti è definita come il rapporto tra la differenza di quota e la distanza intercorrente tra i due punti
- Dati i due punti P1 e P2 nella figura a lato, siano x_1 e x_2 le coordinate sull'asse delle ascisse per i due punti e z_1 e z_2 le rispettive quote. La pendenza è data da
- $P = (z_2 - z_1) / (x_2 - x_1)$

La pendenza può essere espressa in percentuale ($P * 100$) o come angolo ($\arctan(P)$).

Si noti che una pendenza del 100% corrisponde ad un angolo di 45° .



Calcolo della quota compresa tra due isoipse

CALCOLO DELLA QUOTA DI UN PUNTO COMPRESO FRA DUE CURVE DI LIVELLO

MS 13/12/2010

$$\frac{20 \text{ mt}}{260 \text{ mt}} = \frac{\Delta}{150 \text{ mt}}$$

$$\Delta = \frac{150 \times 20}{260 \text{ mt}} = 11,53$$

$$q_p = 1400 + 11,53 = 1411,53 \text{ mt}$$

Quota (P) = differenza di quota tra isoipse / distanza tra isoipse * distanza del punto dalla isoipse

- $AA' = 250 \text{ m}$

- $AP = 30 \text{ m}$

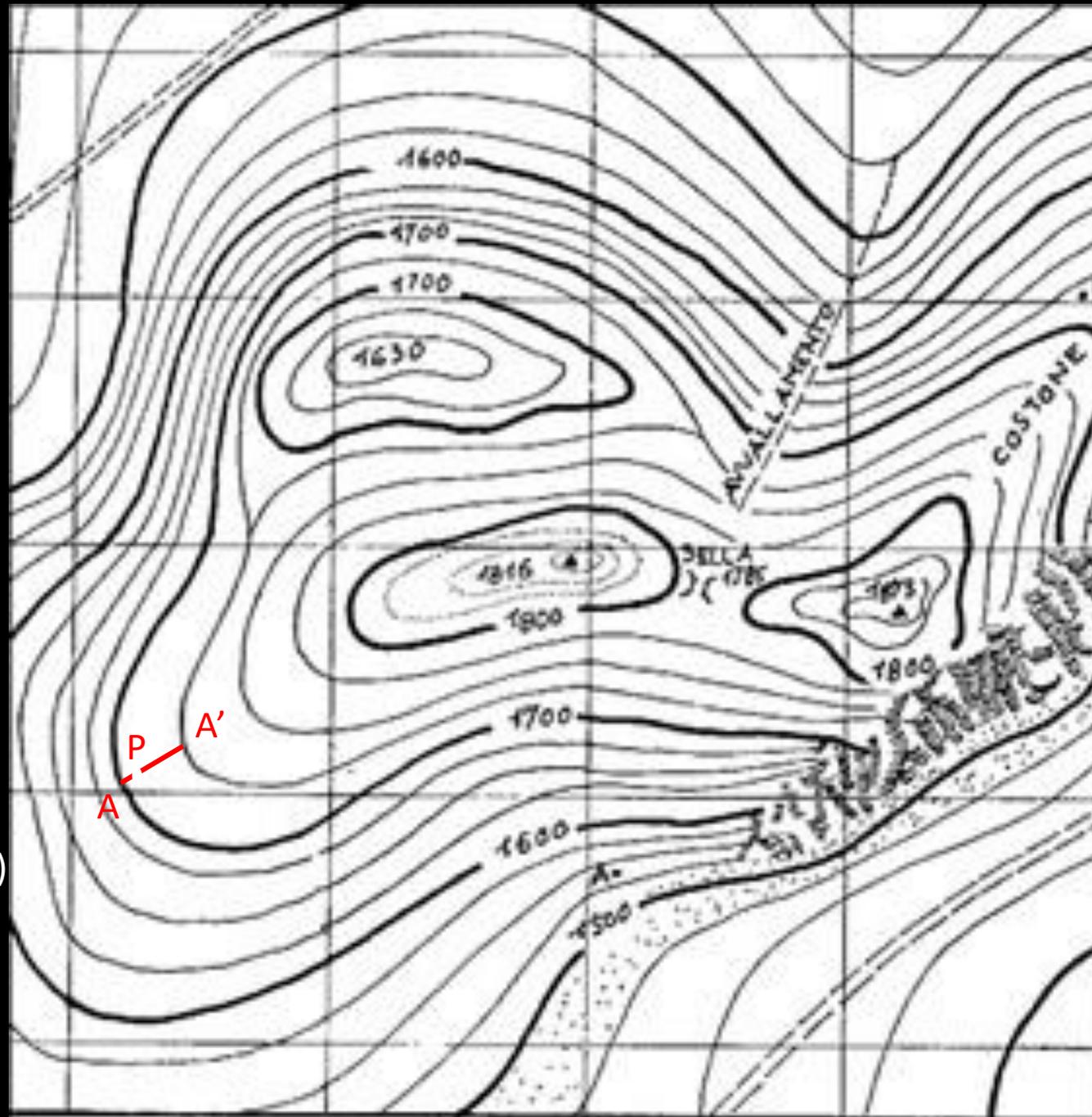
- Quota $A' = ?$

- Quota $A = ?$

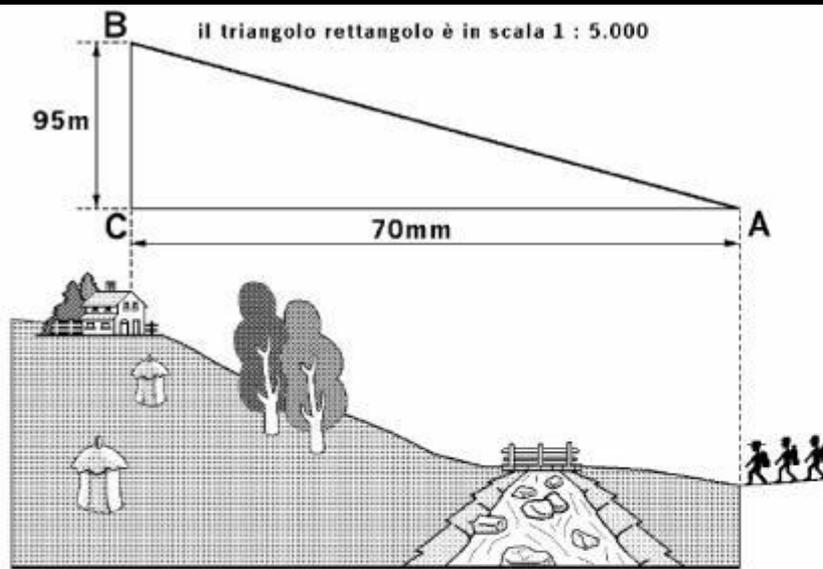
- $dAA' = ?$

- Qual è la quota di P?

- Quota $P = (AP \times dAA' / AA')$



Calcolo DELLA distanza REALE



AC = Distanza planimetrica o naturale:
Misurare la distanza tra A e B in millimetri, moltiplicarla per la scala numerica della carta e trasformarla in metri.

CB = Dislivello:
Dalla lettura delle isoipse ricavare in metri la differenza di altezza tra A e B.

AB = Distanza reale.
Per ricavarla occorre applicare il Teorema di Pitagora.

$$AB = \sqrt{AC^2 + CB^2}$$

AB = distanza reale.

$$AC = 70\text{mm} \times "5.000" = 350.000\text{mm}$$

$$= 350.000\text{mm} : 1.000 = 350\text{m}$$

$$CB = 95\text{ m}$$

$$AB = \sqrt{350^2 + 95^2} =$$

$$\sqrt{122.500 + 9.025} =$$

$$\sqrt{131525} = 362,66\text{m}$$

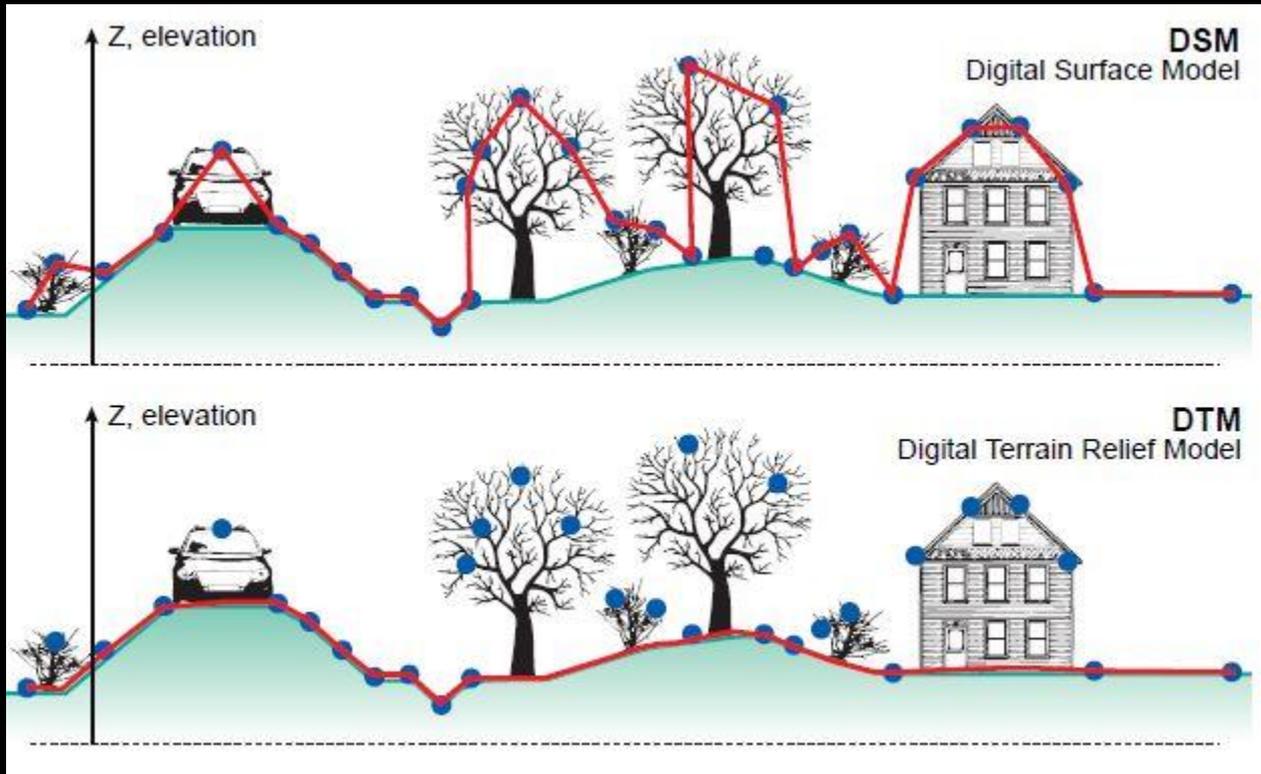
La distanza reale così calcolata non tiene conto dell'andamento effettivo del terreno.

Per renderla più precisa occorre costruire tanti triangoli quante sono le variazioni sensibili del terreno e sommare le ipotenuse ricavate.

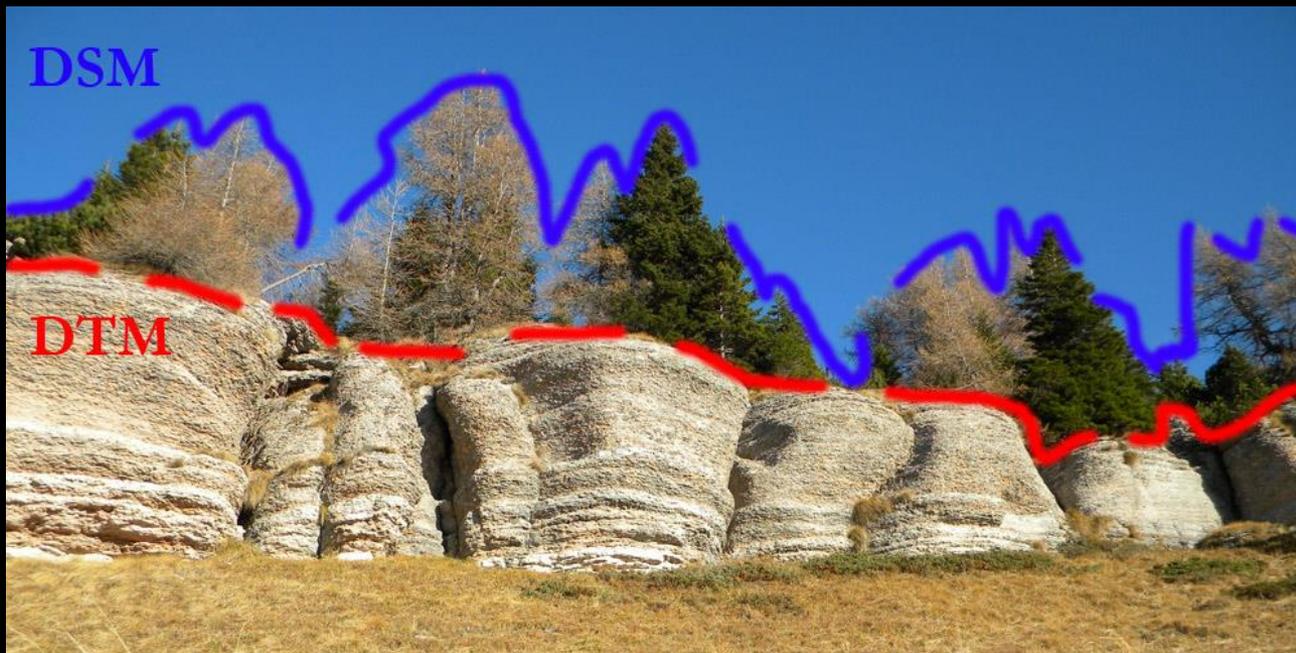
Modelli tridimensionali del terreno

DEM, DTM, DSM

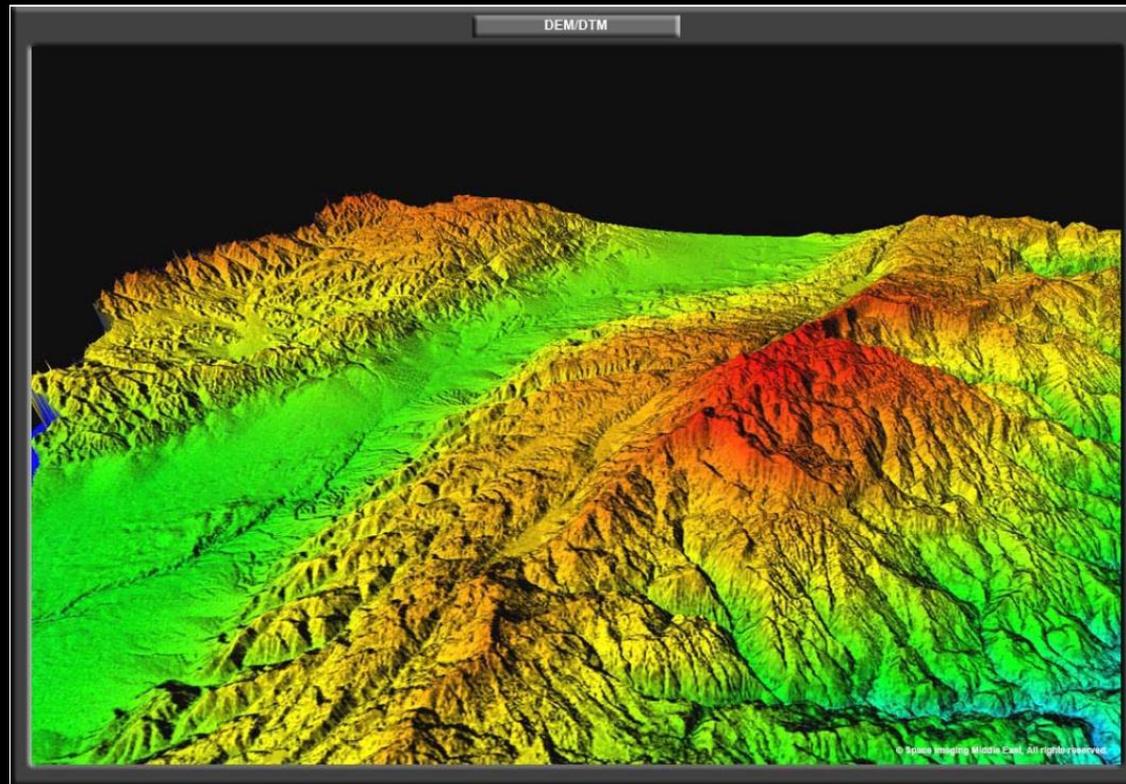
- Sono superfici statistiche, in questo caso un rappresentazione della distribuzione dei valori di quota
- Il **DEM**, o **Digital Elevation Model**, è la rappresentazione della distribuzione delle quote di un territorio, o di un'altra superficie, in formato digitale (x,y -> z)
- Il **DTM**, o **Digital Terrain Model**, rappresenta l'andamento della superficie del suolo senza gli elementi antropici e vegetazionali.
- Il **DSM**, o **Digital Surface Model**, è il modello che descrive l'andamento della superficie terrestre con gli oggetti che ci stanno sopra



DSM e DTM



DTM – Digital TERRAIN Model



DTM



Spatial analysis

- I DEM sono utili in diversi studi sul territorio, attraverso un processo che viene definito *spatial analysis*
- La *spatial analysis* rappresenta la culminazione di ogni ricerca in ambito GIS (*Geographic Information System*) e si divide in:
 - surface analysis (analisi delle superfici geografiche),
 - spatial overlay (il processo di sovrapposizione di strati di dati geografici che coprono la stessa area di studio per studiare relazioni tra loro),
 - contiguity analysis (analisi degli spazi contigui),
 - linear analysis (analisi degli elementi lineari),
 - raster analysis (analisi delle immagini raster)

Ortofoto

Un **ortofoto** è un risultato dell'aquisizione di immagini da drone a supporto delle attività topografiche e di rilievo. Si tratta di un'immagine che è stata geometricamente corretta (ortorettificata) e georeferenziata in modo tale che la rappresentazione della fotografia si unifichi (equivalente ad una carta geografica)

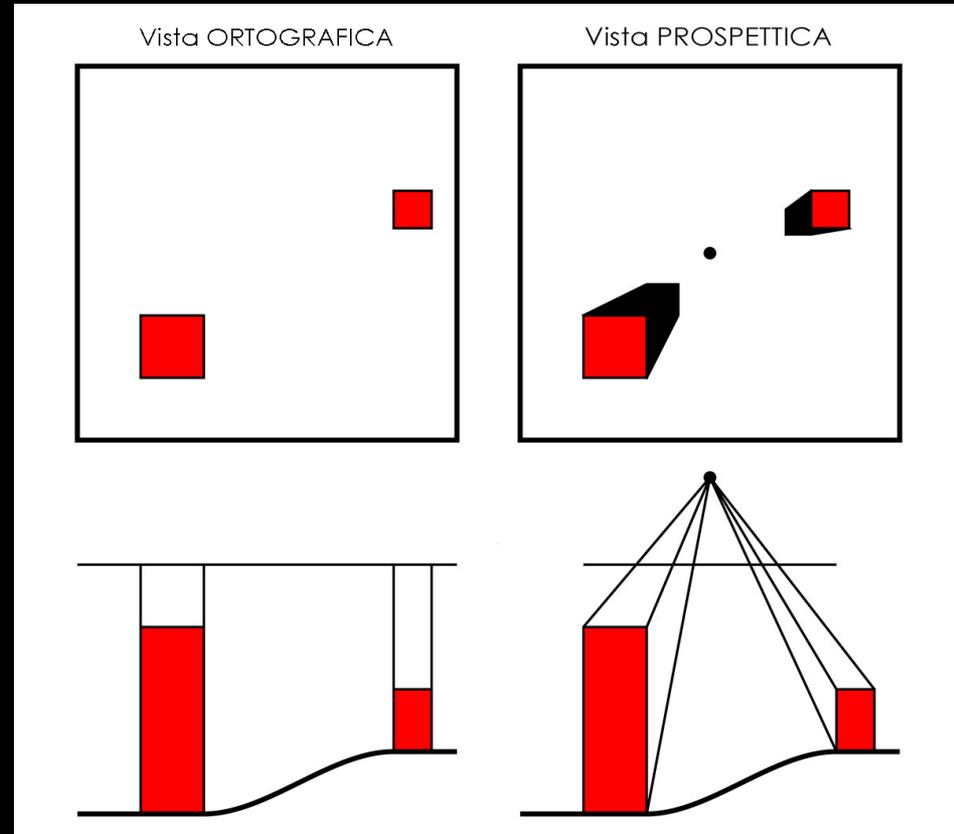


Immagine angolata (45°)

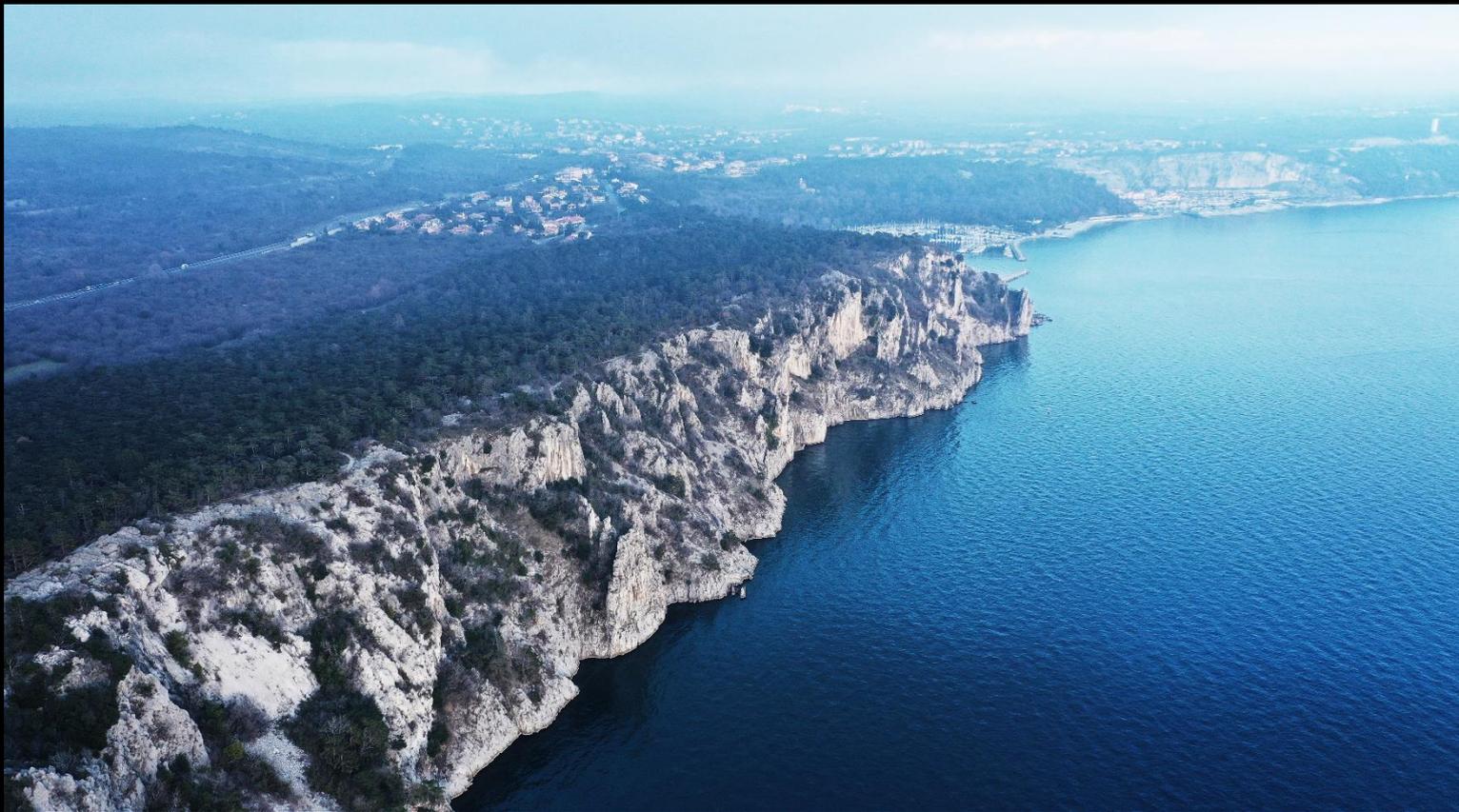


Immagine zenitale



Ortorettificazione

