

# **ConveRT\_gb**

**Software per la trasformazione di coordinate**

## **Contenuto del presente testo:**

1. Premessa
2. Caratteristiche del programma
3. Descrizione dell'interfaccia
4. Modalità di trasformazione ed esempi
5. Descrizione dei principali sistemi di riferimento in uso oggi in Italia

## **1. Premessa**

Il presente testo deriva dal manuale descrittivo che accompagna il software ConveRT, di cui questa versione “\_gb” costituisce una semplificazione per l'utilizzo specifico nel contesto applicativo più frequente: il passaggio di coordinate dal sistema Gauss-Boaga fuso Ovest al sistema UTM-ETRF2000 fuso 32.

Lo scopo dello strumento è agevolare la conversione dei dati cartografici espressi nel sistema di riferimento diffusamente utilizzato fino ad oggi (Gauss-Boaga) nel sistema di riferimento imposto dall'attuale normativa (nuovo Sistema di Riferimento Geodetico Nazionale ETRF2000, stabilito dal Decreto 10 novembre 2011 della Presidenza Del Consiglio Dei Ministri, GU n. 48 del 27/02/2012).

Per semplificare l'uso operativo, la versione “\_gb” rende disponibile una sola modalità di trasformazione di coordinate, permettendo l'utilizzo del programma senza necessità di eseguire alcuna impostazione sui sistemi di riferimento in ingresso e in uscita.

Per tale motivo, molte delle funzionalità descritte nel seguito del presente testo non sono applicabili alla versione semplificata. Per completezza di informazione tali descrizioni vengono mantenute, in carattere meno marcato (colore grigio).

Per l'esecuzione dei calcoli di trasformazione il programma utilizza i “grigliati” ufficiali dell'Istituto Geografico Militare, nella versione GK2, che sono integrati all'interno del software.

Fermo restando quanto fissato al comma 2 dell'art.4 del Decreto *(La conversione dei dati territoriali, precedentemente prodotti, ed espressi nei Sistemi di riferimento geodetico ROMA40, ED50 e ETRF89 è effettuata utilizzando i dati e le procedure messi gratuitamente a disposizione delle amministrazioni dall'Istituto Geografico Militare e, previa convenzione ai sensi del CAD, anche utilizzabili presso il Geoportale nazionale)* il CISIS (<http://www.cisis.it/> e <http://www.centrointerregionale-gis.it/>), Associazione tra le Regioni e le Province autonome costituita nel 1989 in qualità di organo tecnico della Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province Autonome per le materie Sistemi Informatici, Geografici e Statistici, ai sensi dell'Accordo quadro di collaborazione con l'IGM, sottoscritto in data 10 Dicembre 2012, ha ricevuto e distribuito alle Regioni ed alle Province Autonome i grigliati in formato GK2, messi a disposizione dall'IGM.

ConveRT\_gb viene messo a disposizione (al momento e in attesa di nuove indicazioni da parte dell'IGM) delle Amministrazioni Pubbliche che possono cederlo a terzi solo e limitatamente nell'ambito di incarichi o appalti per attività riferite alla P.A.

## 2. Caratteristiche del programma

Il programma ConveRT serve ad eseguire il passaggio di coordinate fra i sistemi ETRS89 (nelle realizzazioni ETRF89 e ETRF2000), ED50 e ROMA40, considerando anche i rispettivi sistemi cartografici (rappresentazioni UTM e Gauss-Boaga).

Per l'esecuzione dei calcoli di trasformazione il programma può utilizzare i "grigliati" IGM. Se l'utente dispone dei grigliati, è sufficiente che indichi al programma la posizione (cartella) dei relativi file (\*.GR1-2 e \*.GK1-2).

Il programma non contiene al proprio interno alcun valore dei grigliati: il reperimento dei relativi file compete all'utente. Nel caso in cui non siano presenti i grigliati nell'area relativa ai file da trasformare, ConveRT permette di eseguire il calcolo col modello approssimato (modalità "CartLab2").

È possibile trasformare le coordinate Cassini-Soldner dei sistemi catastali (Bessel su Genova) per le zone di cui si conosca il centro di emanazione. Il programma contiene i centri delle principali zone catastali presenti in Toscana, che coprono la quasi totalità del territorio regionale.

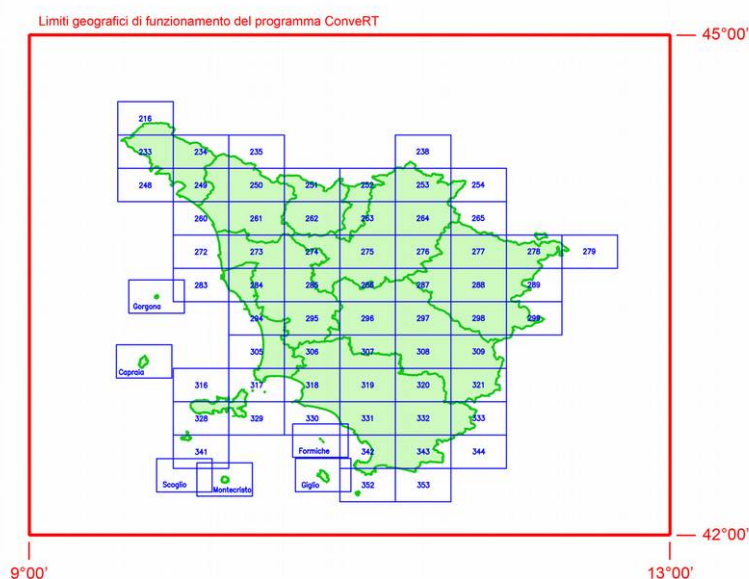
Nei calcoli di trasformazione viene considerata anche la componente altimetrica, con le opportune conversioni fra quote ellissoidiche e geoidiche.

La funzionalità delle conversioni è limitata all'area geografica della Regione Toscana, convenientemente estesa per permettere l'elaborazione di eventuali dati a cavallo del confine. I limiti geografici di funzionamento sono i seguenti:

Latitudine: da 42° 00' a 45° 00'

Longitudine: da 9° 00' a 13° 00'

Nella cartella "Limiti" installata insieme al programma sono presenti le graficizzazioni di tale area geografica, in formato DXF e shapefile, dove è visibile anche l'impronta del confine regionale.



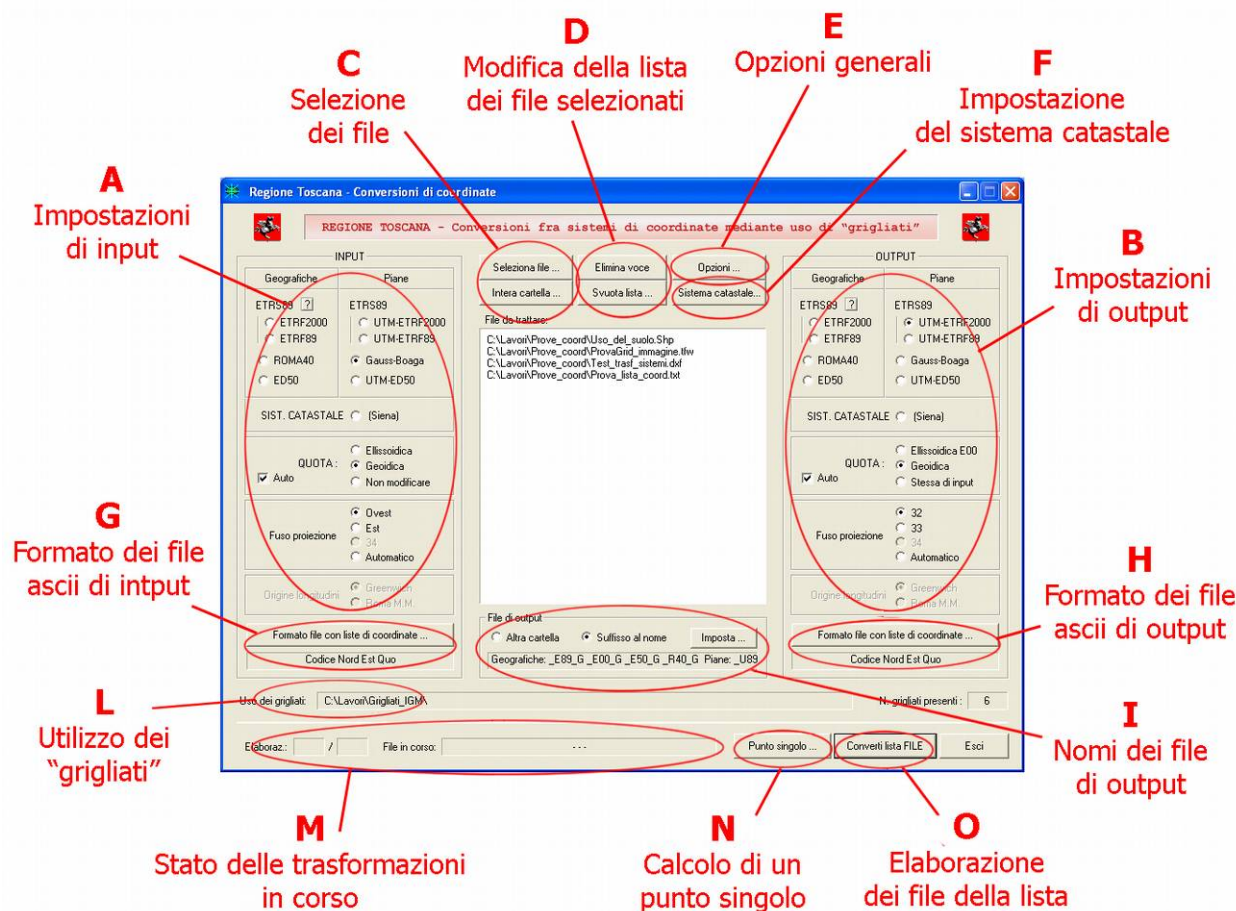
*limiti geografici del programma e grafico dei grigliati IGM*

Il programma è in grado di elaborare in modalità "batch" i file della cartografia vettoriale nei formati Shapefile e DXF, i file con le informazioni per la georeferenziazione (world file, es. TFW) e file di testo con elenchi di punti.

Una descrizione delle funzionalità del programma è contenuta anche nel successivo punto 3 del presente testo, nel quale vengono elencati i vari elementi della finestra di dialogo che costituisce l'interfaccia.

Di ogni elemento dell'interfaccia viene descritta la modalità di utilizzo da parte dell'utente e la corrispondente azione eseguita dal programma.

### 3. Descrizione dell'interfaccia



#### A e B - Impostazioni di input e output

Nella parte a sinistra dell'interfaccia sono raccolte le impostazioni da assegnare per descrivere il sistema di coordinate in ingresso; analogamente, nella parte a destra sono riportate le stesse opzioni, per indicare il sistema di coordinate richiesto in uscita.

Si tratta semplicemente di selezionare l'opzione corrispondente alla propria scelta, per indicare il sistema geodetico (ETRF2000, ETRF89, ED50, ROMA40) oppure il sistema catastale, ed eventualmente il tipo di coordinate (geografiche o piane); nel caso di coordinate piane occorre indicare il fuso, nel caso di coordinate geografiche ROMA40 l'origine delle longitudini (quella propria è Monte Mario, ma talvolta viene utilizzata Greenwich).

ETRF2000 e ETRF89 sono due realizzazioni del sistema ETRS89 (in versioni precedenti la realizzazione ETRF89 era indicata con la sigla più generale WGS84). La realizzazione ETRF89 rappresentava, fino al 2008, il Sistema Geodetico ufficialmente utilizzato; dal 1 gennaio 2009 l'IGM ha adottato la nuova realizzazione ETRF2000, ed in quest'ultima risulta oggi espressa sia la RDN (Rete Dinamica Nazionale - <http://www.igmi.org/rdn/>), che la rete statica IGM95.

Numericamente, le differenze fra le coordinate di uno stesso punto espresse nelle due realizzazioni sono dell'ordine di alcuni centimetri (si raggiungono al massimo una decina di cm in planimetria e una ventina in quota); la distinzione fra i due sistemi assume pertanto importanza più negli ambiti geodetici o topografici che per scopi cartografici o GIS.

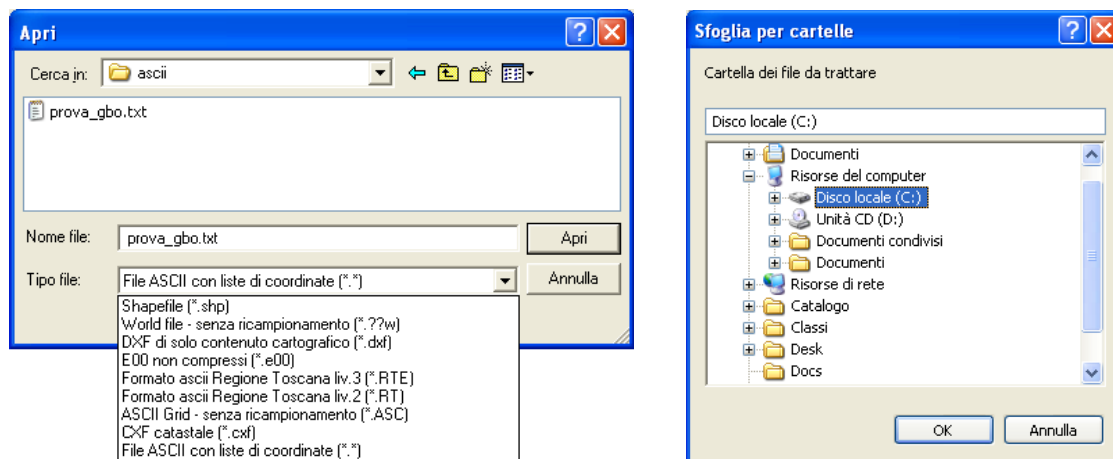
Per le trasformazioni che coinvolgono il sistema ETRF2000 è necessario che siano presenti i file dei grigliati nella versione "K" (\*.gk1 o \*.gk2).

L'unità di misura delle coordinate geografiche (angoli sessagesimali o sessadecimali) riguarda solo i file con liste di punti; la corrispondente opzione si trova quindi nella finestra "Formato dei file ascii" descritta più avanti.

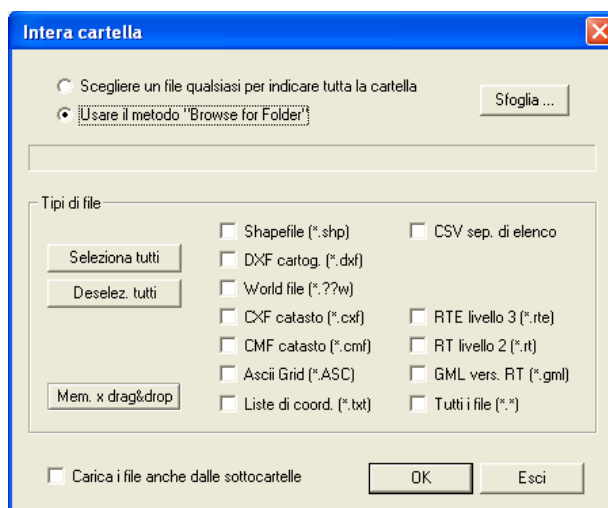
La scelta della quota fra ellissoidica e geoidica può essere eseguita dall'utente, oppure lasciata decidere al programma in base all'associazione più usuale: ellissoidica con le coordinate geografiche ETRS89 e geoidica in tutti gli altri casi.

## C - Selezione dei file

Sono presenti due modalità per la selezione dei file da trasformare: la normale selezione diretta, anche multipla, scegliendo il tipo di file fra quelli disponibili (shapefile, world file, dxf di solo contenuto cartografico, file di testo con liste di punti), oppure l'indicazione di un'intera cartella:



Nel caso di scelta di un'intera cartella, da essa vengono selezionati automaticamente tutti i file che corrispondono alle tipologie indicate nell'apposita finestra:



Tutti i file selezionati vengono elencati nella parte centrale della finestra principale del programma, dalla quale è possibile eliminare successivamente una o più voci.

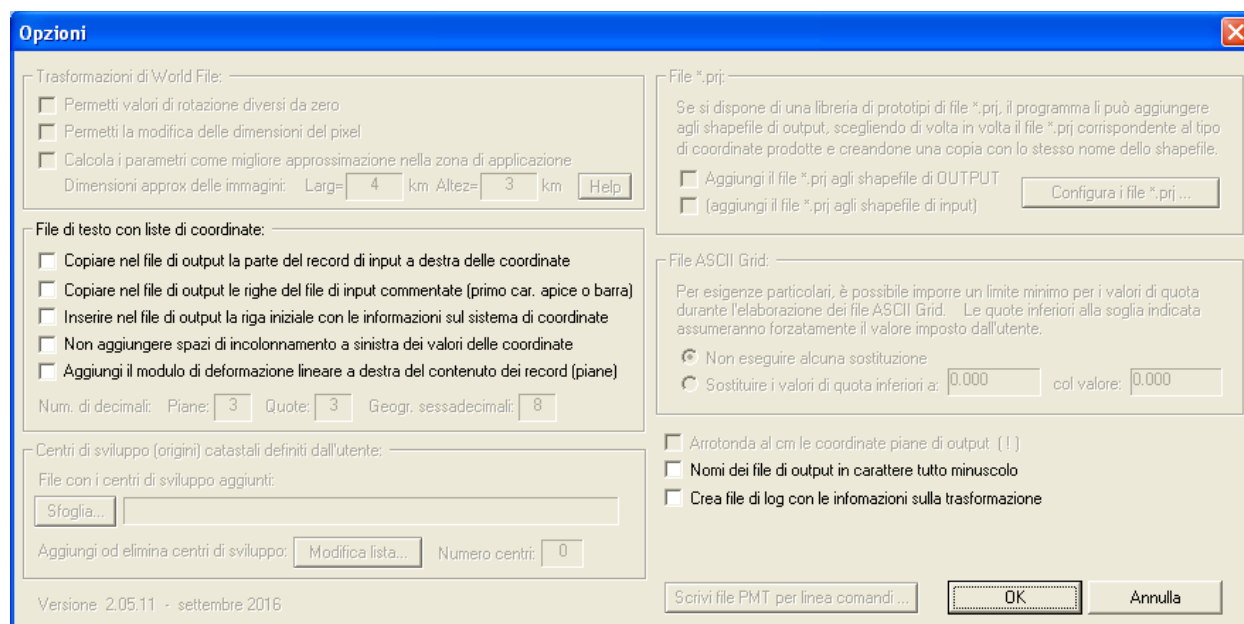
Per selezionare i file è inoltre possibile trascinarne il nome direttamente nella lista centrale, da Esplora Risorse o da altre applicazioni di Windows che consentono il "drag&drop". (Nel caso degli shapefile trascinare il solo file con estensione .shp, e non i vari .shx, .dbf ecc.).

## D - Modifica della lista dei file selezionati

I due bottoni permettono di eliminare rispettivamente una oppure tutte le voci presenti nella lista dei file da trasformare. Per lo svuotamento completo della lista è richiesta conferma.

## E - Opzioni generali

La finestra raccoglie le varie impostazioni che caratterizzano il comportamento del programma:



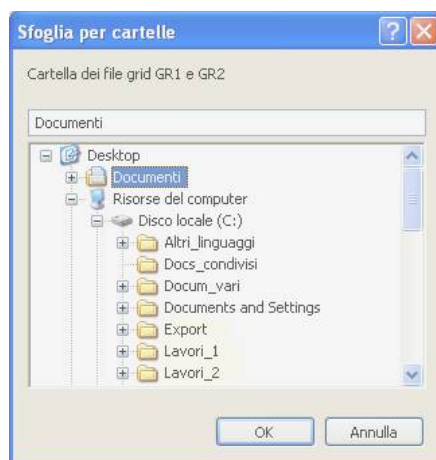
### Utilizzo dei grigliati

È possibile imporre al programma l'utilizzo dei grigliati IGM oppure della versione approssimata precaricata, o anche consentire al programma la scelta dell'una o l'altra soluzione in base alla presenza o meno dei grigliati nel punto. Quest'ultima opzione può introdurre discontinuità geometriche (submetriche) in corrispondenza dei limiti geografici delle aree coperte da grigliati.

Nel caso di scelta dell'utilizzo dei grigliati IGM, è necessario indicare al programma il percorso (cartella) dove sono memorizzati i file dei grigliati.

Il programma memorizza quindi tutti i grigliati presenti nella cartella, in modo da eseguire successivamente le trasformazioni di coordinate su tutta l'area geografica coperta dall'insieme di tutti i grigliati disponibili.

Il bottone "Sfoglia..." permette appunto di selezionare la cartella contenente i file dei grigliati:



### Trasformazioni di World file

Si possono consentire o meno valori di rotazione diversi da zero nei file di georeferenziazione (ad esempio \*.tfw), nonché il ricalcolo delle dimensioni del pixel in seguito alla trasformazione di coordinate.

### File ASCII Grid

Si tratta di un particolare formato per memorizzare modelli puntuali a maglia regolare (DTM, DSM ecc.); il programma permette di “tagliare” tutti i valori inferiori ad una certa soglia, sostituendoli con un valore fisso.

### File \*.prj

È possibile indicare al programma una serie di file di tipo \*.prj, uno per ogni sistema di riferimento e tipo di coordinate, che vengono poi copiati insieme agli shapefile di output (e anche di input).

Nota: le associazioni fra sistemi di riferimento e file prj comprendono anche il sistema ETRF2000, come predisposizione per quando verranno definiti i prj specifici per tale sistema, non ancora disponibili. Per il momento, si può utilizzare lo stesso prj associato al sistema ETRF89.

### File di testo con liste di coordinate

Le opzioni indicano al programma il comportamento da tenere, nella trasformazione di file di testo con liste di coordinate, relativamente ad eventuali informazioni aggiuntive presenti nel file di input (righe commentate o elementi a destra delle coordinate nei record dei dati) oppure inserite dal programma stesso (intestazione dei file di output con indicazione del tipo di coordinate).

### Altre opzioni

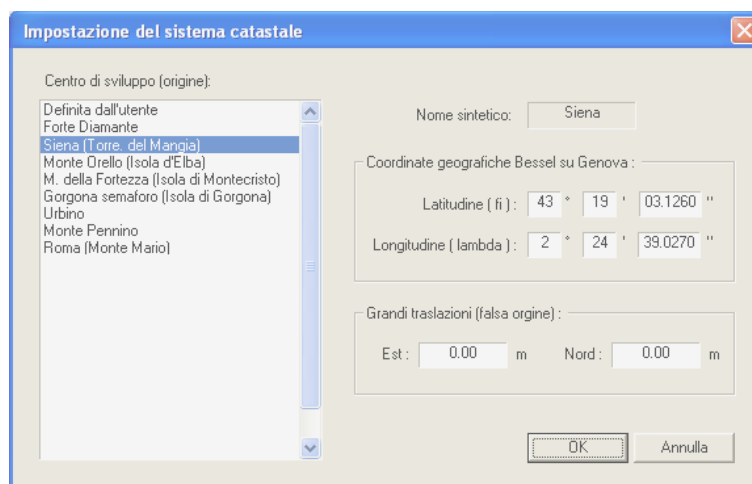
È possibile inoltre indicare al programma di utilizzare solo le lettere minuscole per i nomi dei file di output e di generare un file di “log” dove riportare le informazioni che descrivono le trasformazioni eseguite.

## **F - Impostazione del sistema catastale**

Per le trasformazioni che interessano coordinate catastali Cassini-Soldner, è necessario indicare il centro di sviluppo (origine) catastale a cui far riferimento.

Il programma contiene una lista predefinita con le coordinate dei centri di sviluppo delle principali zone catastali della Toscana, che coprono la quasi totalità del territorio regionale.

Per le trasformazioni nella restante parte del territorio occorre che l'utente disponga delle coordinate Bessel su Genova dell'origine del sistema d'assi.



È dunque possibile selezionare una delle voci presenti nella lista dei centri di sviluppo noti al programma oppure digitare le coordinate geografiche Bessel su Genova e le eventuali grandi traslazioni di una nuova origine, che viene memorizzata dal programma come “Definita dall'utente”.

Nel successivo capitolo 5 è riportata la distribuzione delle zone catastali nel territorio regionale.

## **G e H - Formato dei file ascii**

Per i file di testo che contengono liste di punti da trasformare, occorre definire il “tracciato record”, ovvero la sequenza dei dati presenti in ogni riga del file.

È possibile selezionare semplicemente i campi usualmente presenti in file di questo tipo: codifica del punto, coordinate e quota, scegliendo anche l'ordine delle componenti planimetriche e il tipo di separatore:

**Descrizione dei campi**

☒ Impostazione campi standard:

Ordine dei dati:

- ☒ Numero del punto
- ☐ Nord, Est
- ☒ Est, Nord
- ☒ Quota

Separatore fra i campi:

- ☒ Spazio o tabulazione
- ☐ Punto e virgola (;)
- ☐ Virgola (,)
- ☐ Pipe (|)

Unità di misura:

- ☒ Sessadecimali (mezzo grado = 0,50)
- ☐ Sessagesimali (mezzo grado = 0,30)

☐ Formati speciali:

[G\_GESI] {NOMEPU} {LAT\_GRA}\* {LAT\_PRI}' {LAT\_SEC}" {LON\_GRA}\* {LON\_PRI}' {LON\_SEC}" E {QUOTA\_Z}

Aggiungi ... Modifica ... Elimina ...

Esempio : P123 1456789.01 4987654.32 123.45

OK Annulla

Per formati più complessi è possibile creare dei tracciati record personalizzati, selezionando ad uno ad uno i vari elementi che compongono il singolo record. Al nuovo formato deve essere assegnato anche un nome identificativo, ovvero una sigla di riconoscimento:

**Definizione di un formato speciale**

Comporre la definizione del tracciato record nella casella sottostante, digitando esattamente i caratteri contenuti in ogni riga del file dati.

In corrispondenza di un valore numerico significativo (coordinata), scegliere l'elemento simbolico mediante il relativo bottone.

Esempio: {NOMEPU} {LAT\_GRA}\* {LAT\_PRI}' {LAT\_SEC}" N {LON\_GRA}\* {LON\_PRI}' {LON\_SEC}" E {QUOTA\_Z}

{NOMEPU} {LAT\_GRA}\*  
P00123 42\*

Nome Punto	Piana N	Piana E	Quota
{NOMEPU}	{PIANA_N}	{PIANA_E}	{QUOTA_Z}
es. P00123	es. 4567890.123	es. 345678.901	es. 1234.567
Latit. gradi *	Latit. primi '	Latit. secondi '"	Latitud. sessagesim.
{LAT_GRA}	{LAT_PRI}	{LAT_SEC}	{LAT_GES}
es. 42	es. 33	es. 44.5566	es. 42.33445566
Longit. gradi *	Longit. primi '	Longit. secondi '"	Longitud. sessagesim.
{LON_GRA}	{LON_PRI}	{LON_SEC}	{LON_GES}
es. 12	es. 34	es. 56.7890	es. 12.34567890
			Latitud. sessadecim.
			{LAT_DEC}
			es. 42.98765432
			{LON_DEC}
			es. 12.87654321

OK Annulla

## I - Nomi dei file di output

È possibile indicare al programma se i file prodotti dalle trasformazioni debbano essere memorizzati in una cartella diversa da quella dei file di input, oppure nella stessa cartella, ovviamente con un diverso nome di file:



Nel primo caso si può indicare un percorso assoluto, cioè una qualunque cartella del disco, oppure una posizione relativa, cioè una sottocartella rispetto a quella dei file di input.

Se invece di scegliere di utilizzare la stessa cartella dei file di input, il programma aggiunge un suffisso al nome dei file trasformati, tale da indicare il tipo di coordinate in essi contenute. Il suffisso può essere definito dall'utente per ognuno dei sistemi di output.

Il programma contiene una doppia impostazione predefinita per la definizione dei suffissi: i codici EPSG oppure una serie di valori convenzionali della Regione Toscana. L'una o l'altra impostazione può essere assegnata premendo il bottone "Utilizza codici EPSG" oppure il bottone "Reimposta valori predefiniti".

## L - Indicazione della presenza dei "grigliati"

Nella più generica versione ConveRT è indicata la cartella dalla quale caricare i file contenenti i grigliati. In questa specifica versione "\_gk" i grigliati sono presenti all'interno del programma.

## M - Stato delle trasformazioni

Nella parte più in basso della finestra viene riportato, durante il calcolo, il progressivo numerico di file già trattati e il nome del file in corso di trasformazione.

## N - Calcolo di un punto singolo

Il programma consente di trasformare anche un singolo punto, digitandone le coordinate direttamente da tastiera.

I sistemi di input e di output usati per il calcolo sono quelli normalmente impostati nell'interfaccia, come per l'elaborazione dei file (quadri A e B).

Viene presentata una finestra di dialogo specifica, con i campi predisposti in modo opportuno a seconda del tipo di coordinate da trattare.

Nel caso di coordinate geografiche il tipo di unità di misura angolare (sessagesimale o sessadecimale) viene selezionato direttamente nella finestra di dialogo.



**Trasforma punto singolo**

Da coordinate geografiche ROMA40 (Greenwich) a coordinate geografiche ETRF2000  
Da quota s.l.m. a quota ellissoidica

Latitudine  °  '  "   °  '  " Latitudine

Longitudine         Longitudine

Quota s.l.m.  [m]   [m] Quota ellissoidica

☒ Sessagesimali ☐ Sessadecimali ☐ Sessagesimali ☒ Sessadecimali

**Trasforma punto singolo**

Da coordinate piane Gauss-Boaga fuso Ovest a coordinate geografiche ETRF2000  
Trasformazione solo planimetrica: la quota non viene convertita

Nord  [m]   °  '  " Latitudine

Est  [m]      Longitudine

Quota  [m]   [m] Quota

☒ Sessagesimali ☐ Sessadecimali



**Trasforma punto singolo**

Da coordinate piane Gauss-Boaga fuso Ovest a coordinate piane UTM-ETRF2000 fuso 32  
Trasformazione solo planimetrica: la quota non viene convertita

Nord  [m]   [m] Nord

Est  [m]    [m] Est

Quota  [m]   [m] Quota

I due bottoni  e  sotto al bottone “Trasforma” permettono di eseguire il copia-incolla dei valori numerici, per evitare ripetute digitazioni nel caso di sequenze di calcoli diversi per uno stesso punto:



Copia i valori del risultato negli appunti, per utilizzarli successivamente



Incolla nei campi di input i valori precedentemente copiati negli appunti

## O - Elaborazione dei file della lista

È il bottone che fa partire il calcolo di trasformazione di tutti i file presenti nella lista centrale (quindi già selezionati mediante i bottoni “Seleziona file” oppure “Intera cartella” descritti al precedente punto C).

## 4. Modalità di trasformazione ed esempi

I calcoli eseguiti dal programma appartengono nella sostanza a due diverse tipologie: le proiezioni interne ad uno stesso sistema geodetico (da coordinate piane a geografiche e viceversa) e il passaggio fra sistemi diversi.

### 4.1. PROIEZIONI

La prima tipologia di trasformazione consiste nella rappresentazione di Gauss, utilizzata sia per il sistema cartografico Gauss-Boaga sia per l'UTM.

Il calcolo viene svolto per mezzo degli sviluppi in serie del Prof. Bonifacino, che consentono precisioni del millimetro nella trasformazione diretta (da geografiche a piane), e di  $1 \cdot 10^{-4}$  secondi sessagesimali in quella inversa (da piane a geografiche).

### 4.2. PASSAGGI FRA SISTEMI

Per eseguire invece i passaggi fra i vari sistemi, il programma è in grado di utilizzare il modello approssimato denominato "CartLab2" oppure i "grigliati" nazionali \*.GR1, \*.GR2, \*.GK1 e \*.GK2.

Il primo è già presente all'interno del programma, mentre per i grigliati IGM occorre che l'utente disponga dei relativi file; in questo caso, una volta indicata al programma la cartella che contiene i grigliati, vengono caricati automaticamente tutti quelli presenti.

L'algoritmo di calcolo per l'utilizzo dei grigliati è lo stesso implementato nel software ufficiale IGM (interpolazione bilineare), descritto nell'articolo relativo al programma "Verto" dal titolo "La trasformazione tra i sistemi di riferimento utilizzati in Italia", IGM, Bollettino di Geodesia e Scienze Affini, n. 4 2002.

I passaggi fra sistemi basati sul modello approssimato (modalità "CartLab2") sono affetti da errori assoluti stimabili come non superiori al metro in planimetria e ai due metri in quota. Tale stima è stata confermata dai test, per tutti i punti in cui è stato possibile eseguire il confronto con i dati ufficiali nazionali.

Utilizzando i grigliati IGM le trasformazioni sono invece convenzionalmente prive di errore, poiché forniscono i valori ufficiali nazionali.

### 4.3. I SISTEMI D'ASSE CATASTALI

Il passaggio di coordinate da Gauss-Boaga a Cassini-Soldner è la composizione di due contributi: il cambio di ellissoide da Hayford a Bessel e il cambio di orientamento da Monte Mario a Genova.

La conversione ha una incertezza che non supera qualche decimetro. Tale valutazione riguarda soltanto il calcolo; la bontà del risultato dipende poi in modo sostanziale dalla qualità delle coordinate del centro di sviluppo.

### 4.4. ESEMPI DI TRASFORMAZIONI

Seguono alcuni esempi di utilizzo del programma, che illustrano le operazioni da compiere per la trasformazione di coordinate all'interno dello stesso sistema geodetico, oppure per il passaggio fra sistemi diversi.

Come prima operazione, comune a tutti gli esempi, occorre verificare che siano disponibili i file dei "grigliati", la cui presenza è indicata da un valore non nullo nella casella "N. grigliati presenti" in basso a destra nella finestra di dialogo principale. Altrimenti è necessario compiere una delle seguenti azioni:

- selezionare la cartella che contiene i file dei grigliati, usando l'apposito bottone "Imposta cartella grigliati" posto allo stesso livello, ma sulla sinistra;
- impostare la modalità "AUTO" ("Usa i grigliati utente dove ci sono, altrimenti la versione CartLab2") nella prima cornice della finestra di dialogo "Opzioni...", alla quale si accede tramite l'omonimo bottone posto nella parte alta della finestra di dialogo principale

Le due soluzioni sono ovviamente alternative, e provocano un diverso comportamento del programma durante i passaggi di coordinate fra sistemi diversi.

#### 4.4.1. Elaborazione di un file di testo con una lista di punti per la trasformazione di coordinate da geografiche ETRF2000 espresse in gradi sessagesimali a coordinate piane UTM<sub>ETRF2000</sub>, con passaggio di quota da ellissoidica a geoidica

Esempio del contenuto del file di input:

```
punto1  43.47370123  11.13204567  86.789
punto2  43.46365432  11.14567890  100.123
...
```

Nota: i valori sessagesimali sono espressi nella forma gg.ppssdddd, cioè come si scriverebbero in una normale calcolatrice: ad esempio le coordinate del primo punto rappresentano i valori 43°47'37.0123" e 11°13'20.4567"

Nella parte sinistra della finestra di dialogo principale (input) selezionare:

- il sistema geodetico di riferimento "ETRF2000", sotto alla colonna "Geografiche";
- il tipo di quota "Ellissoidica", oppure attivare l'opzione "Auto".

Trattandosi di un file di testo con una lista di coordinate, occorre impostare il formato del file (tracciato record). Premere il bottone "Formato file con liste di coordinate" posto sotto alla scelta del sistema nella cornice di input; si apre la finestra di dialogo per la descrizione dei campi presenti nel file, nella quale:

- selezionare la casella "Numero del punto", poiché tale dato esiste nel file di input;
- scegliere l'ordine in cui sono scritte le coordinate, quindi "Lat Lon";
- selezionare la casella "Quota", poiché tale dato esiste nel file di input e lo si vuole elaborare;
- scegliere il tipo di separatore usato nel file di input, quindi "Spazio o tabulazione";
- indicare la corretta unità di misura degli angoli, quindi "Sessagesimali".

Nella parte destra della finestra di dialogo principale (output) selezionare:

- il sistema geodetico di riferimento "UTM-ETRF2000", sotto alla colonna "Piane";
- il tipo di quota "Geoidica", oppure attivare l'opzione "Auto";
- il fuso desiderato, oppure "Automatico" per avere le coordinate piane nel fuso d'appartenenza.

Essendo anche l'output un file di testo con una lista di coordinate, è possibile impostare il relativo formato (tracciato record), analogamente a quanto visto per il file di input. Premere il bottone "Formato file con liste di coordinate" posto sotto alla scelta del sistema nella cornice di output, e nella finestra di dialogo per la descrizione dei campi impostare il formato desiderato, che può anche differire da quello di input.

Attraverso il bottone "Seleziona file" posto nella parte alta della finestra di dialogo principale scegliere il file da trattare, che comparirà nel riquadro centrale (oppure trascinarvi direttamente il file).

Indicare la modalità di assegnazione del nome al file di output (nella cornice sotto al riquadro con la lista dei file), se mediante apposizione di un suffisso che indichi il tipo di coordinate oppure mediante utilizzo dello stesso nome del file di input, in una diversa cartella.

Premere il bottone "Converti lista FILE" per eseguire il calcolo.

Il programma avverte con un messaggio l'avvenuta trasformazione.

Contenuto del file di output risultante dall'esempio (fuso 32):

```
punto1  678793.286  4851350.792  41.655
punto2  680996.857  4849543.364  54.907
...
```

#### **4.4.2. Elaborazione di un gruppo di shapefile per il passaggio fra sistemi di riferimento diversi: da coordinate geografiche ROMA40 espresse in gradi sessadecimali a coordinate piane UTM<sub>ETRF2000</sub>, senza trasformazione di quota**

Nella parte sinistra della finestra di dialogo principale (input) selezionare:

- il sistema geodetico di riferimento “ROMA40”, sotto alla colonna “Geografiche”;
- l’opzione “Non modificare” relativa alla quota (nelle opzioni di output a destra si seleziona automaticamente la voce “Stessa di input”);
- l’origine della longitudine (Monte Mario oppure Greenwich) nella quale sono espressi i dati da trasformare.

Trattandosi di shapefile, quindi file di tipo cartografico, l’unità di misura delle coordinate geografiche viene assunta automaticamente come sessadecimale.

Nella parte destra della finestra di dialogo principale (output) selezionare:

- il sistema geodetico di riferimento “UTM-ETRF2000”, sotto alla colonna “Piane”;
- il fuso desiderato, oppure “Automatico” per avere le coordinate piane nel fuso d’appartenenza.

Attraverso il bottone “Seleziona file” posto nella parte alta della finestra di dialogo principale scegliere il gruppo di shapefile da trattare, che verranno elencati nel riquadro centrale (oppure trascinarvi direttamente i file).

Indicare la modalità di assegnazione del nome al file di output (nella cornice sotto al riquadro con la lista dei file), se mediante apposizione di un suffisso che indichi il tipo di coordinate oppure mediante utilizzo dello stesso nome del file di input, in una diversa cartella.

Premere il bottone “Converti lista FILE” per eseguire le trasformazioni.

#### **4.4.3. Elaborazione di un’intera cartella di world file (TFW) per la trasformazione di coordinate da Gauss-Boaga a UTM<sub>ETRF2000</sub>, senza trasformazione di quota**

Nella parte sinistra della finestra di dialogo principale (input) selezionare:

- il sistema cartografico di riferimento “Gauss-Boaga”, sotto alla colonna “Piane”;
- l’opzione “Non modificare” relativa alla quota (nelle opzioni di output a destra si seleziona automaticamente la voce “Stessa di input”);
- il fuso a cui sono riferiti i dati da trasformare, oppure la voce “Automatico”.

Nella parte destra della finestra di dialogo principale (output) selezionare:

- il sistema geodetico di riferimento “UTM-ETRF2000”, sotto alla colonna “Piane”
- il fuso desiderato, oppure “Automatico” per avere le coordinate piane nel fuso d’appartenenza.

Premere il bottone “Intera cartella” posto nella parte alta della finestra di dialogo principale, attivare la voce “World file (\*.??w)” e indicare mediante il bottone “Sfoglia” la cartella contenente i file da trasformare, che verranno elencati nel riquadro centrale.

Indicare la modalità di assegnazione del nome al file di output (nella cornice sotto al riquadro con la lista dei file), se mediante apposizione di un suffisso che indichi il tipo di coordinate oppure mediante utilizzo dello stesso nome del file di input, in una diversa cartella.

Mediante il bottone “Opzioni”, posto in alto nella parte centrale della finestra, indicare al programma il comportamento da tenere nella trasformazione dei file TFW: se calcolare i valori di rotazione accettando che i file di destinazione contengano valori angolari non nulli e se permettere o meno la modifica dei valori delle dimensioni del pixel.

Premere il bottone “Converti lista FILE” per eseguire le trasformazioni.

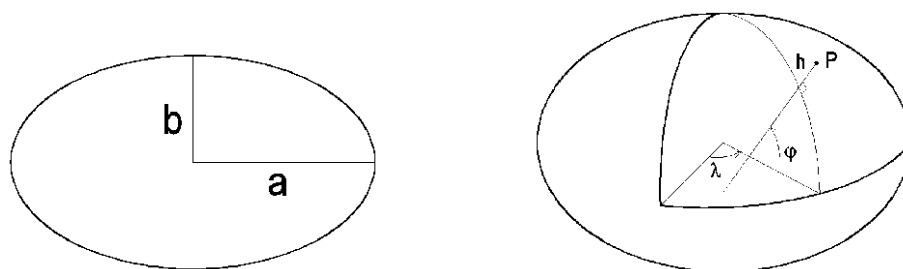
## 5. Descrizione dei principali sistemi di riferimento in uso oggi in Italia

### 5.1. SUPERFICI DI RIFERIMENTO E COORDINATE

La forma 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

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.



*Parametri dell'ellissoide e coordinate geografiche*

La determinazione delle posizioni è stata tradizionalmente scissa in due componenti: verticale e orizzontale. Ciò ha implicato che nel contesto classico siano definiti due sistemi distinti di riferimento geodetico.

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

Le prime due hanno una definizione puramente geometrica e sono alternative, la terza ha una definizione fisica ed è associata alle altre per la determinazione più utilizzata delle quote.

Un *datum* planimetrico è quindi il modello matematico della Terra che usiamo per definire le coordinate geografiche dei punti.

Un *datum* planimetrico è un set di 8 parametri: due di forma dell'ellissoide e sei di posizione e di orientamento, come spiegato nel seguito.

Come verrà meglio specificato più avanti, ad un *datum* planimetrico occorre aggiungere una rete compensata di punti, estesa sull'area di interesse, che lo materializza.

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

### 5.2. DEFINIZIONE DI SISTEMA GEODETICO - CARTOGRAFICO

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

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

#### 5.2.1. Definizione del sistema planimetrico (locale oppure globale)

Il sistema geodetico di riferimento planimetrico locale è definito mediante:

- forma dell'ellissoide
- orientamento dell'ellissoide

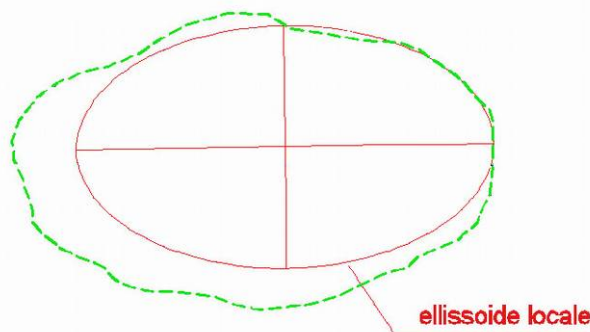
### Forma dell'ellissoide

Viene assegnata mediante la dimensione dei due semiassi ( $a$ ,  $b$ ) oppure mediante il semiasse maggiore ( $a$ ) più un valore che esprime le proporzioni dell'ellisse (schacciamento  $f = (a-b) / a$  oppure eccentricità  $e = \sqrt{(a^2 - b^2)} / a$ )

### Orientamento dell'ellissoide

È il posizionamento spaziale dell'ellissoide, scelto in modo da approssimare al meglio la forma della terra nella zona di interesse (ad esempio l'Italia). Viene espresso tramite:

- scelta del punto di emanazione (generalmente centrale rispetto alla zona di interesse)
- determinazione di latitudine e longitudine astronomica e della quota geoidica del punto
- in corrispondenza di tale punto, imposizione che:
  - la latitudine e la longitudine ellissoidiche siano uguali a quelle astronomiche
  - la quota ellissoidica sia uguale alla quota geoidica
  - la normale ellissoidica coincida con la normale geoidica
- orientamento dell'asse di rotazione dell'ellissoide al Nord astronomico (azimut astronomico)
- scelta del meridiano origine delle longitudini

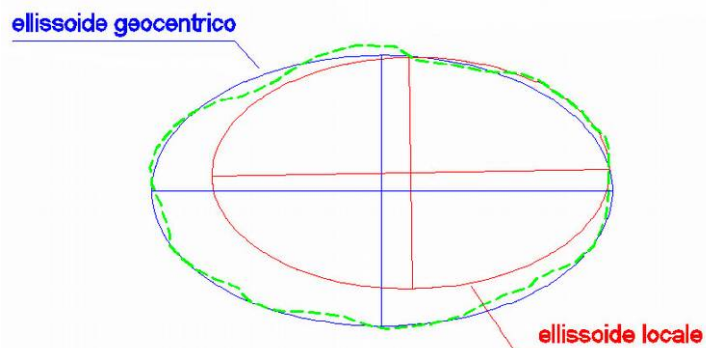


*Adattamento locale dell'ellissoide*

Il sistema di riferimento planimetrico *globale* è invece definito come:

un sistema terrestre convenzionale (CTS) costituito da un sistema cartesiano geocentrico ( $O, X, Y, Z$ ) con l'origine nel centro di massa della Terra e la terna destrorsa degli assi orientata secondo parametri convenzionali (es. polo nord convenzionale e meridiano di Greenwich, definiti dal BIH al 1984.0)

Ad esso viene poi associato un ellissoide geocentrico globale:



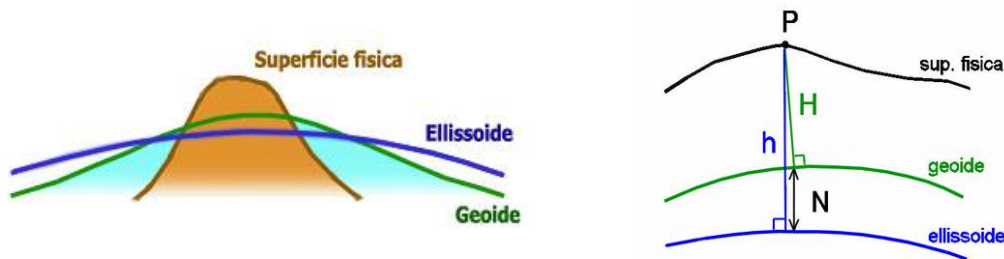
### 5.2.2. Definizione del sistema altimetrico (geoide locale)

Il *datum* altimetrico è la superficie zero a cui sono riferite le quote.

Si introduce quindi il concetto di “geoide”, definito come superficie equipotenziale del campo di gravità. Può essere pensato come la superficie del mare (media delle maree) estesa idealmente anche al di sotto della terraferma.

Come riferimento altimetrico occorre uno “zero” convenzionale; esso viene definito mediante:

- scelta del sito
- misure mareografiche
- definizione del periodo temporale di misura
- materializzazione del “livello medio del mare”



*Quota geoidica e quota ellissoidica*

Occorre sottolineare come la quota s.l.m. (detta anche “geoidica”, o a volte “ortometrica”) di un punto non corrisponda alla quota ellissoidica, che è invece la distanza del punto dalla superficie ellissoidica di riferimento.

I rilevamenti eseguiti mediante GPS forniscono la quota ellissoidica dei punti; per questo motivo ha assunto grande rilevanza la conoscenza della cosiddetta “ondulazione geoidica”, cioè della differenza, in ogni punto, fra la quota ellissoidica e quella geoidica.

Tale grandezza non è costante su tutto il territorio, ma varia in base alle caratteristiche fisiche (gravitazionali) della superficie terrestre.

La sua conoscenza è puntuale, ottenuta essenzialmente mediante misure di gravità. Dalle misure puntuali è stato costruito un modello che possiamo immaginare come una superficie di interpolazione, in grado di fornire, per ogni posizione planimetrica, lo scostamento fra ellissoide e geoide.

Nella prassi comune, alle coordinate cartografiche è sempre associata la quota geoidica. Anche alle coordinate geografiche nei sistemi ROMA40 ed ED50 (vedi seguito) è di norma associata la quota geoidica, perché le quote ellissoidiche di tali sistemi non sono né facilmente determinabili né di grande utilità. Le coordinate geografiche ETRS89 si accompagnano invece normalmente alla quota ellissoidica, che viene fornita dalle determinazioni GPS.

### 5.2.3. Sistema cartografico associato

Una volta definito il sistema geodetico di riferimento plano-altimetrico, il problema della georeferenziazione delle informazioni territoriali sarebbe definitivamente risolto.

Esigenze di rappresentazione del territorio su carta (“cartografia”) hanno però generato la necessità di definire delle “proiezioni” della superficie tridimensionale di riferimento (ellissoide) su superfici che possano essere rese piane, pur nella consapevolezza che tale processo comporta necessariamente una deformazione.

La maggior parte della cartografia a grande scala utilizza la rappresentazione conforme di Gauss, detta anche di Mercatore trasversa. Essa presenta deformazioni lineari variabili da punto a punto, valutabili attraverso un parametro detto “modulo di deformazione lineare”.

Lungo il meridiano su cui si sceglie di centrare la rappresentazione si ha l’isometria, ovvero l’assenza di deformazioni; allontanandosi da tale meridiano le deformazioni crescono progressivamente.

Tali deformazioni sono tutte nel senso della dilatazione; per contenerne il valore massimo viene imposto un fattore di scala inferiore ad uno sul meridiano centrale, in modo che una parte della rappresentazione deformi nel senso della contrazione.

Il modulo di deformazione caratteristico della cartografia diventa così la risultante di due componenti: il modulo di deformazione vero e proprio della rappresentazione e il fattore di contrazione imposto.



Per contenere le deformazioni entro limiti giudicati accettabili è inoltre stato scelto di limitare l'utilizzo della rappresentazione entro 3 gradi di longitudine dal meridiano centrale. Ciò significa un campo di validità di 6 gradi di longitudine, chiamato "fuso".

Infine, per evitare che le coordinate assumano valori negativi viene ad esse sommata una costante, detta "falsa origine".

Riepilogando, la rappresentazione di Gauss consente e richiede la scelta di cinque parametri (o condizioni di applicazione): la longitudine del meridiano centrale, l'ampiezza del fuso, il fattore di scala sul meridiano centrale (detto impropriamente fattore di contrazione), le due false origini per le coordinate piane (Nord e Est).

## 5.2.4. Realizzazione del sistema

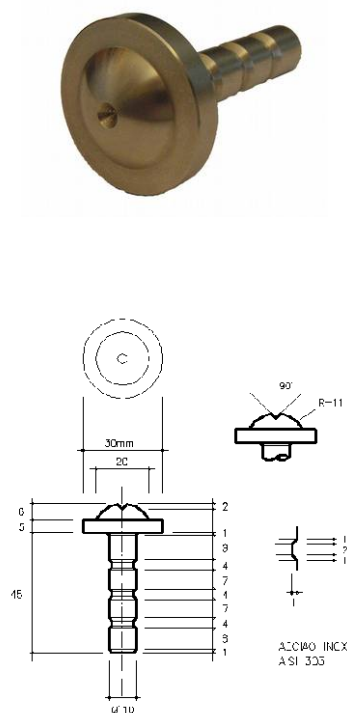
Un sistema geodetico rimane una definizione astratta non utilizzabile nella pratica fino a che non viene "realizzato", cioè concretizzato in una serie di punti fisici realmente esistenti sul territorio.

È su tali punti che si potranno appoggiare le attività di misura per l'inquadramento nel sistema di tutto ciò che ad esso si deve riferire (cartografia, rilevamenti ecc.).


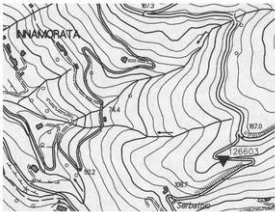
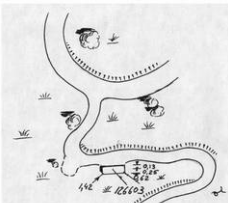


I punti fisici che realizzano il sistema devono essere facilmente individuabili sul territorio ed avere carattere di stabilità e durabilità.

Essi sono contraddistinti mediante un codice identificativo univoco, e descritti nel dettaglio in appositi documenti usualmente detti "monografie".

Quando per le misurazioni topografiche si usavano prevalentemente strumentazioni ottiche i punti venivano scelti con caratteristiche di elevata visibilità (es. sommità di campanili, croci montane ecc.); oggi che la strumentazione di misura più utilizzata è quella GPS, generalmente i punti vengono materializzati mediante centrini metallici murati su manufatti stabili e duraturi, possibilmente raggiungibili con autovettura.



Esempio di centrino

Regione Toscana - Rete geodetica di raffittimento a 7 km della rete fondamentale IGM95					
Tipologia: GPS	Numero: 126603	Nome: Innamorata			
Descrizione: Centrino cementato su muro di sostegno a valle di un tombino sulla strada interpodereale, in località Innamorata (Isola d'Elba). Da Capoliveri, seguire la strada a sud verso Punta Rossa; 800 metri dopo Capanna di Gustavo imboccare strada bianca a destra.					
Impianto: aprile 2004	Revisione: -	Sez. CTR 10k: 329050			
Stralcio CTR:		Schizzo monografico:			
					
Fotografia:		Grafico degli ostacoli alla ricezione satellitare o altra immagine:			
					
Coordinate piane fuso 32 - Ovest (Nord, Est):		Coordinate piane fuso 33 - Est (Nord, Est):			
UTM <sub>WGS84</sub> :		UTM <sub>WGS84</sub> :			
UTM <sub>ED50</sub> :		UTM <sub>ED50</sub> :			
Gauss-Boaga:		Gauss-Boaga:			
Coordinate geografiche (latitudine, longitudine):		Quota ellissoidica: Quota s.l.m.:			
WGS84:		Piano di paragone:			
ED50:					
ROMA40:		Collegamento altimetrico e dislivello:			
Coordinate catastali (X=nord, Y=est):		CS = Q <sub>GPS</sub> -Q <sub>CS</sub> =			
X =		Y =			
Centro di sviluppo del sistema catastale: Monte Orello di coord. Bessel su Genova: 42° 46' 46.193" 1° 23' 58.545"					
Note:					
Ditta esecutrice: Esempio rielaborato sulla base di monografia esistente					

Esempio di monografia

### 5.3. PRINCIPALI SISTEMI DI RIFERIMENTO IN USO OGGI IN ITALIA

Oggi in Italia convivono vari sistemi di riferimento geodetici, contemporaneamente utilizzati - per lo più in modo non ancora organizzato ed armonico - per rappresentare tutto il patrimonio dei dati territoriali.

Si pensi ad esempio alle carte tecniche regionali numeriche, molte delle quali sono memorizzate in coordinate Gauss-Boaga anche se inquadrare in un taglio geografico ED50, intanto che è in corso uno sforzo a livello istituzionale per tentare delle relazioni topologiche con le cartografie catastali, che sono espresse per lo più in coordinate Cassini-Soldner ellissoide di Bessel; tutto ciò mentre l'avvento del GPS ha reso assolutamente attuale e indispensabile il sistema ETRS89...

Nell'attesa che si consolidi l'auspicata scelta di un unico sistema a cui riferire tutte le informazioni geografiche, occorre imparare a districarsi fra i vari sistemi attualmente in uso.

I principali sistemi geodetici di riferimento sono i seguenti:

- ROMA40
- ED50
- ETRS89 (ETRF89 e ETRF2000)

*Nota: prima della comparsa della realizzazione ETRF2000, spesso veniva utilizzato l'acronimo WGS84 per riferirsi al sistema ETRS89 nella realizzazione ETRF89.*

Occorre inoltre citare il sistema utilizzato dal Catasto (ellissoide di Bessel orientamento Genova).

Ad ogni sistema geodetico è associato un sistema piano definito da una rappresentazione cartografica e da alcune condizioni al contorno. I sistemi piani associati ai sistemi geodetici sopra elencati sono, rispettivamente, i seguenti:

- Gauss-Boaga
- UTM-ED50
- UTM-ETRF89 e UTM-ETRF2000

Il sistema piano catastale utilizza la rappresentazione cartografica Cassini-Soldner.

#### 5.3.1. Sistemi geodetici

##### 5.3.1.1. Il sistema ROMA40

È il sistema geodetico nazionale, introdotto subito dopo la seconda guerra mondiale, ancora ufficialmente adottato. È costituito dall'ellissoide di Hayford (detto anche ellissoide Internazionale) caratterizzato dai seguenti parametri:

semiasse maggiore	$a = 6\,378\,388$
schacciamento	$f = 1/297$

L'orientamento dell'ellissoide è imposto sulla verticale del punto Roma Monte Mario identificato dai seguenti valori astronomici (definizione 1940):

latitudine	$41^{\circ} 55' 25.510''$
longitudine	$0^{\circ} (12^{\circ} 27' 08.400'' \text{ Est da Greenwich})$
azimut su Monte Soratte	$6^{\circ} 35' 00.88''$

Le longitudini sono normalmente contate dal meridiano di Roma Monte Mario che costituisce l'origine propria del sistema. In certi casi può risultare utile riferire le longitudini a Greenwich; tale modifica costituisce soltanto una traslazione del meridiano di riferimento e si ottiene sommando la costante  $12^{\circ} 27' 08.400''$ .

Il sistema Roma40 è il riferimento per la rete geodetica nazionale "classica" dell'IGM costituita da circa 20.000 vertici. A scopo cartografico è stato utilizzato fino agli anni '60; ad esso è riferita la Carta d'Italia al 100.000 ed il suo sottomultiplo al 25.000. Molte regioni usano tale sistema per la memorizzazione dei file della propria carta tecnica numerica.

##### 5.3.1.2. Il sistema ED50

È il sistema geodetico europeo, introdotto negli anni '60 allo scopo di unificare la cartografia di tutto il continente. Anch'esso, come Roma40, è costituito dall'ellissoide di Hayford, orientato in modo tale da costituire un buon riferimento per tutta l'Europa (orientamento medio europeo definizione 1950). Le coordinate del punto Roma Monte Mario assumono in questo sistema i seguenti valori:

latitudine	$41^{\circ} 55' 31.487''$
longitudine	$12^{\circ} 27' 10.930'' \text{ Est da Greenwich}$

Le longitudini sono contate dal meridiano di Greenwich.

Il sistema ED50 è utilizzato in Italia a soli fini cartografici. In esso è inquadrata (taglio) la quasi totalità della cartografia oggi prodotta: la carta d'Italia al 50000 e tutti i suoi sottomultipli 25000, 10000 e 5000; le prime due realizzate dall'IGM, le altre costituenti la Carta Tecnica Regionale.

### 5.3.1.3. Il sistema ITRS89 (da cui il sistema ETRS89, nelle realizzazioni ETRF89 e ETRF2000)

È un sistema terrestre convenzionale (CTS) costituito da un sistema cartesiano geocentrico (O, X, Y, Z) con l'origine coincidente con il centro di massa della Terra, l'asse Z passante per il polo Nord convenzionale definito dal BIH al 1984.0, l'asse X passante per il meridiano di Greenwich definito dal BIH al 1984.0 e l'asse Y tale da formare una terna destrorsa.

La versione europea dell'ITRS è costituita dal sistema ETRS89, definito sul terreno da una rete di punti distribuiti sull'intero continente; le coordinate di tali punti dipendono dalla realizzazione (ETRFxx, dove xx è l'anno dell'istituzione).

Ad esso è associato l'ellissoide GRS80, caratterizzato dai seguenti parametri:

semiasse maggiore	$a = 6\,378\,137$
schacciamento	$f = 1/298.257222101$

Le longitudini sono contate dal meridiano di Greenwich.

Il sistema è stato introdotto anche in Italia in seguito all'affermarsi delle tecnologie di rilievo satellitare GPS. In tale sistema sono state realizzate le moderne reti geodetiche dell'IGM: sia la rete denominata IGM95 sia la Rete Dinamica Nazionale (RDN).

## 5.3.2. Sistemi cartografici associati

### 5.3.2.1. Gauss-Boaga

È associato al sistema geodetico di riferimento Roma40 ed adotta la rappresentazione conforme di Gauss.

Il sistema Gauss-Boaga si compone di 2 fusi di 6 gradi, definiti allo scopo di coprire il solo territorio nazionale e denominati OVEST ed EST.

I due fusi hanno un fattore di scala sul meridiano centrale pari a 0.9996 e sono caratterizzati dalle condizioni al contorno di seguito descritte.

Fuso	Longitudine del meridiano centrale da Roma M.M.	Falsa origine est in metri
OVEST	-3° 27' 08.400"	1 500 000
EST	2° 32' 51.600"	2 520 000

### 5.3.2.2. U.T.M.

L'UTM (Universal Transverse Mercator) è il sistema cartografico associato sia all'ED50 sia al WGS84.

Anch'esso adotta la rappresentazione conforme di Gauss ma considera l'intero globo dividendolo in 60 fusi di 6 gradi ciascuno. I fusi sono numerati da 1 a 60 verso est a partire da l'antimeridiano di Greenwich.

L'intero territorio nazionale risulta compreso fra 3 fusi: 32, 33 e 34.

Il fattore di scala sul meridiano centrale è per tutti i fusi pari a 0.9996.

Di seguito sono descritte le condizioni al contorno dei 3 fusi riguardanti l'Italia.

Fuso	Longitudine del meridiano centrale da Greenwich	Falsa origine est in metri
32	9°	500 000
33	15°	500 000
34	21°	500 000

### 5.3.3. Realizzazioni

#### 5.3.3.1. Realizzazione del sistema ROMA40

Rete di Triangolazione fondamentale di primo ordine, dimensionata su otto basi (calcolo 1908-1919) e reti di raffittimento (figura nel seguito).

#### 5.3.3.2. Realizzazione del sistema ED50

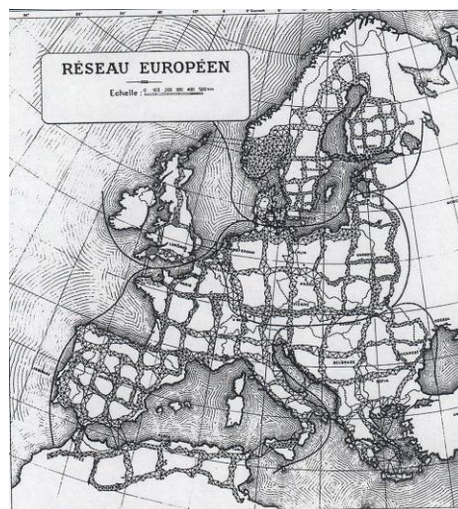
Non ha una propria realizzazione; si basa su una rete di inquadramento consistente nell'unione delle reti nazionali di I ordine dei paesi europei.

Il calcolo di compensazione è stato eseguito nel 1950 dall'A.M.S. (Army Map Service)

La compensazione ED50 può essere usata per taluni scopi pratici, soprattutto di tipo cartografico, ma non per quelli geodetici, né operativi né tantomeno scientifici.



*Rete geodetica fondamentale  
sistema ROMA40*



*Reti fondamentali partecipanti  
alla compensazione ED50*

#### 5.3.3.3. Realizzazioni del sistema ETRS89

Rete EUREF89

Raffittimento italiano:

- Rete IGM95
- Rete Dinamica Nazionale



*Rete EUREF*



*Rete IGM95*

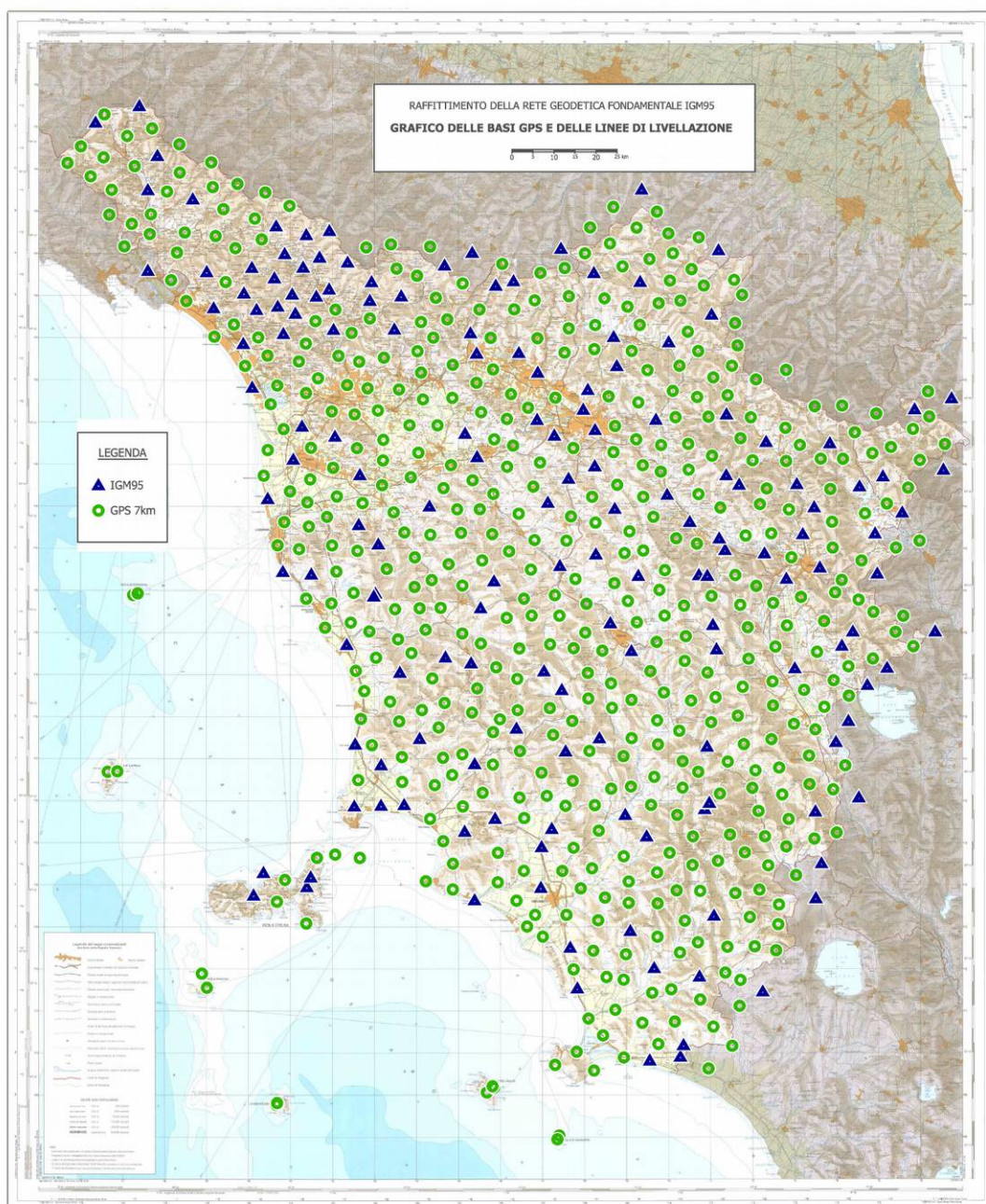


*Rete Dinamica Nazionale*



Raffittimento regionale:

- Rete GPS “7km”



*Rete di raffittimento regionale a 7km*

## 5.4. LE COORDINATE CATASTALI

### 5.4.1. Il sistema geodetico

È l'antico sistema geodetico nazionale, adottato dall'IGM fino alla seconda guerra mondiale ed ereditato dal Catasto all'epoca dell'impianto delle mappe.

È costituito dall'ellissoide di Bessel (1841) avente i seguenti parametri:

semiasse maggiore	$a = 6\,377\,397.155$ ,
schacciamento	$f = 1/299.1528128$ .

L'orientamento dell'ellissoide è imposto sulla verticale del punto Genova IIM (Istituto Idrografico della Marina) identificato dai seguenti valori astronomici (definizione 1902):

latitudine 44° 25' 08.235",  
longitudine 0°,  
azimut su Monte del Telegrafo 117° 31' 08.91".

Le longitudini sono contate dal meridiano di Genova IIM.

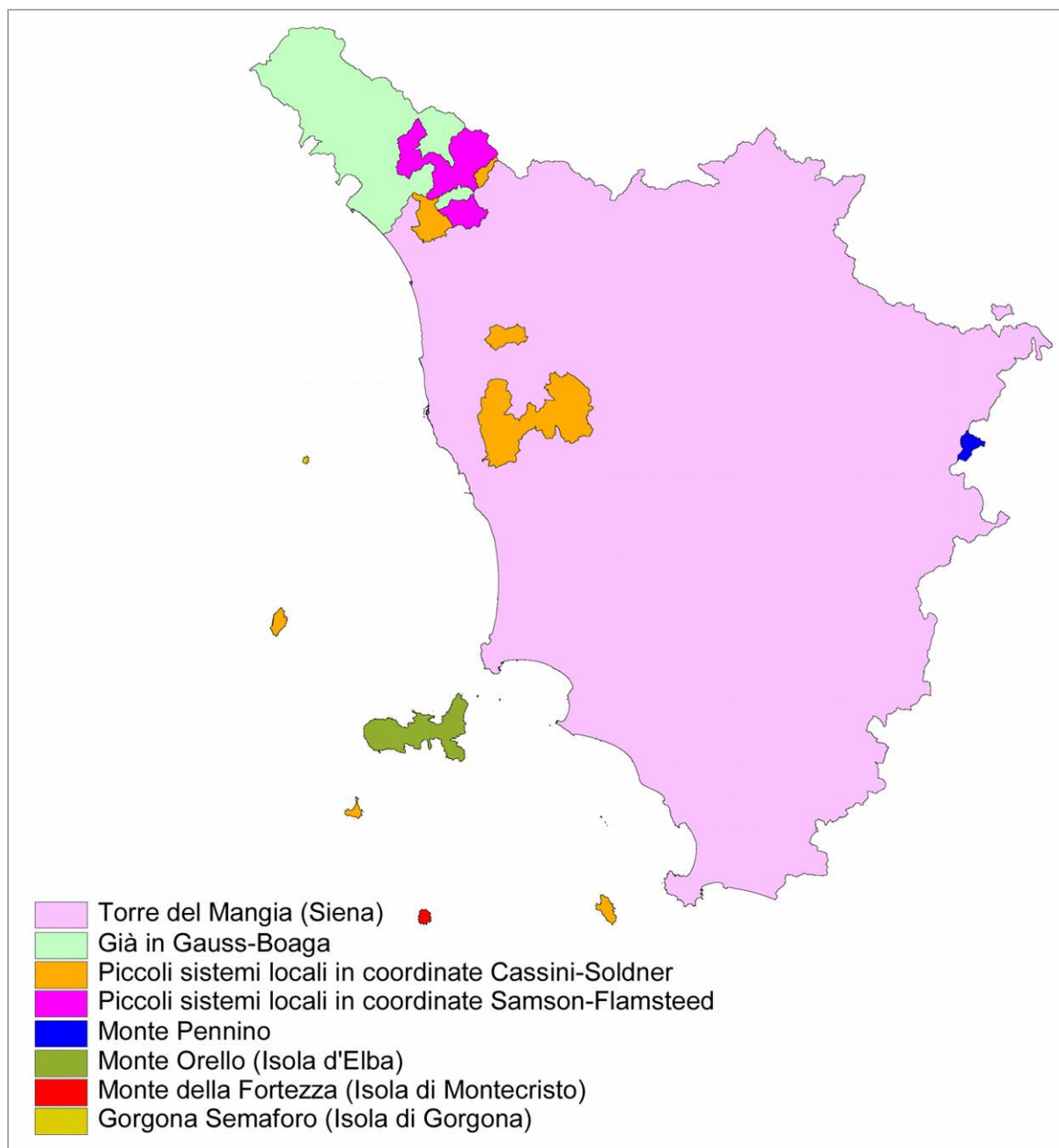
#### 5.4.2. I sistemi piani

I sistemi piani catastali utilizzano la rappresentazione cartografica Cassini-Soldner.

Ogni sistema è caratterizzato da un proprio "centro di sviluppo" (spesso indicato col termine di "origine catastale"), e copre una certa area geografica, detta "zona".

Sul territorio nazionale sono presenti moltissimi sistemi catastali, alcuni di grande estensione (decine di km) ed alcuni di piccola estensione (un solo comune, o addirittura un singolo foglio di mappa).

Nella Regione Toscana la situazione dei sistemi catastali è la seguente:



*Distribuzione dei sistemi catastali nella Regione Toscana*

## 5.5. TRASFORMAZIONE DI COORDINATE DA UN SISTEMA AD UN ALTRO

Vista la natura delle reti che realizzano i sistemi geodetici, si comprende come il passaggio fra sistemi geodetici diversi non sia un calcolo matematico basato solo su considerazioni relative alla geometria dell'ellissoide, ma occorra tenere conto delle deformazioni delle reti geodetiche conseguenti alle compensazioni "storiche".

Purtroppo, come ci si può immaginare, la distribuzione delle deformazioni non segue una legge matematica che possa essere modellata con una semplice formula.

La trasformazione tra due *datum* può essere calcolata solo quando vi siano sufficienti misure che legano alcuni (molti) punti nei due sistemi; si tratta quindi di generare un modello delle deformazioni mediante interpolazione fra tali punti noti.

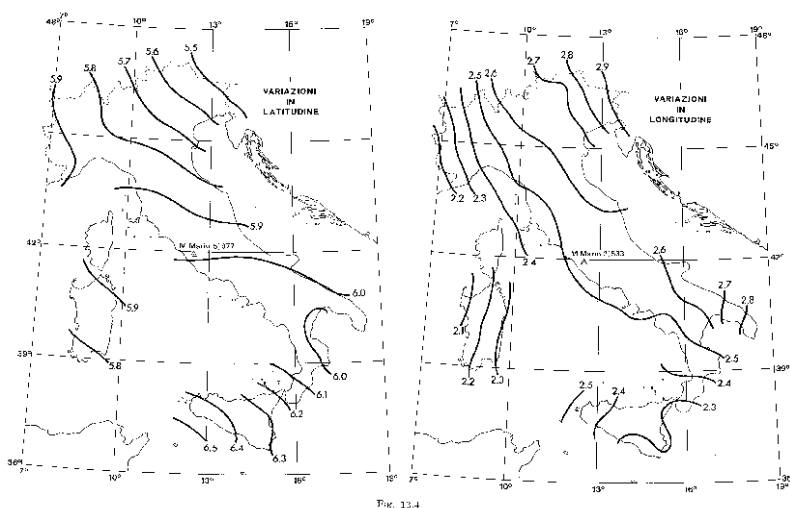
### 5.5.1. Soluzioni approssimate

Storicamente sono state ricercate soluzioni semplificate che permettessero di eseguire le trasformazioni, sebbene con una certa approssimazione nella precisione dei risultati:

- costanti additive (lista delle differenze di coordinate per ogni tavoletta 1:25000)
- linee isotransitive (interpolazione grafica fra curve che rappresentano uguali differenze di latitudine e longitudine fra i due sistemi)
- algoritmi polinomiali

Tavoletta		$\Delta N$	$\Delta E$	$\Delta \varphi$	$\Delta \lambda$		
		m	m	"	"	"	"
I	NE	171.5	-2019935.2	5.62	12	27	11.13
I	SE	171.7	-2019935.3	5.63	12	27	11.12
I	SO	171.8	-2019935.3	5.64	12	27	11.11
I	NO	171.6	-2019935.2	5.63	12	27	11.12
II	NE	171.8	-2019935.4	5.63	12	27	11.12
II	SE	172.0	-2019935.5	5.64	12	27	11.09
II	SO	172.5	-2019935.5	5.66	12	27	11.09
II	NO	172.1	-2019935.4	5.64	12	27	11.10
III	NE	172.6	-2019935.3	5.66	12	27	11.09
III	SE	173.0	-2019935.4	5.68	12	27	11.09
III	SO	173.2	-2019935.4	5.69	12	27	11.07
III	NO	172.9	-2019935.3	5.68	12	27	11.08
IV	NE	171.8	-2019935.2	5.64	12	27	11.11
IV	SE	172.2	-2019935.3	5.65	12	27	11.10
IV	SO	172.6	-2019935.3	5.67	12	27	11.09
IV	NO	172.2	-2019935.2	5.65	12	27	11.09

Esempio di costanti di transito fra coordinate UTM-ED50 e Gauss-Boaga (fuso Est)





### 5.5.2. Il metodo attuale

Fino a pochi anni fa per il passaggio fra i sistemi in uso in Italia (WGS84 - ROMA40 - ED50) l'IGM utilizzava il metodo della rototraslazione spaziale (a 7 parametri), fornendo un diverso set di parametri per ogni punto della rete IGM95; approssimativamente l'area di validità di ogni set di parametri aveva dunque un raggio di una decina di chilometri. Tale soluzione garantisce buone precisioni, ma ha il difetto non trascurabile di frammentare il calcolo, generando delle discontinuità ai limiti di passaggio fra aree adiacenti.

Oggi il metodo di trasformazione fra sistemi adottato dall'IGM si basa invece su delle matrici di punti che contengono le differenze di latitudine e longitudine fra i vari sistemi per tutto il territorio nazionale, senza discontinuità.

Dal punto di vista della precisione, utilizzare i valori IGM è la soluzione più rigorosa. Trattandosi del riferimento ufficiale, essi sono privi di errore per definizione.

Occorre acquistare presso l'IGM i file con i "grigliati", ovvero le matrici di trasformazione, che vengono vendute per porzioni di territorio corrispondenti ai fogli 1:50000.

Si tratta di file ascii il cui nome corrisponde al numero del foglio 1:50000, mentre l'estensione del file è .GR1, .GR2, .GK1 o .GK2.

## 5.6. BIBLIOGRAFIA

Birardi G. (1972), "Il sistema di riferimento geodetico 1967", *Bollettino di Geodesia e Scienze Affini*, n. 2 – 1972, Firenze, IGM

Inghilleri G. (1974), "Topografia Generale", Torino, ed. UTET

Bencini P. (1978), "Appunti di Cartografia", Firenze, ed. IGM

Maseroli R. (1995), "Il sistema di riferimento WGS84", *Bollettino di Geodesia e Scienze Affini*, n. 2 – 1995, Firenze, IGM

Surace L. (1997), "La nuova rete geodetica nazionale IGM95: risultati e prospettive di utilizzazione", *Bollettino di Geodesia e Scienze Affini*, n. 3 – 1997, Firenze, IGM

Surace L. (1998), "La georeferenziazione delle informazioni territoriali", *Bollettino di Geodesia e Scienze Affini*, n. 2 – 1998, Firenze, IGM

NIMA - National Imagery and Mapping Agency (2000), "Department of Defense World Geodetic System 1984", *Technical Report 8350.2*, third ed.

Fici R., Surace L. (2002), "Dialogo di un venditore di coordinate e di un passeggero", *Bollettino SIFET*, n. 1 – 2002

Donatelli D., Maseroli R., Pierozzi M. (2002), "Le trasformazioni tra i sistemi di riferimento utilizzati in Italia", *Bollettino di Geodesia e Scienze Affini*, n. 4 – 2002, Firenze, IGM

Maseroli R., Nicolodi S. (2002), "Alcuni metodi per il passaggio dal sistema WGS84 ai sistemi geodetici locali", *Bollettino dell'ASIT*, n. 32 – 2002

Radicioni F., Stoppini A. (2002), "Georeferenziazione delle informazioni territoriali ed evoluzione delle reti geodetiche", *Atti della V Conferenza Nazionale ASITA*

Burchietti G., Cima V., Maseroli R., Surace L. (2003), "Geocoding of geological information for GIS implementation: the problem of global and local datums and its solution", *Proceedings of the 4<sup>th</sup> European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information Systems*, Bologna, 17 -20 June 2003

Cima V., Maseroli R., Surace L. (2003), "Il processo di georeferenziazione dal telerilevamento ai GIS", *Atti della VII Conferenza Nazionale ASITA*