

## Il filo di Arianna: come districarsi nel labirinto delle coordinate

di Petronio Malagoli,  
Giancarlo Saporito e  
Luciano Surace

Sulla terra forse ci sono più modi di definire la posizione di un punto di quelli di dire "Io ti amo". Nell'area "I love you" troviamo una quarantina di sistemi geodetici diversi, circa trenta in quella "Je t'aime", venti nella "Ich liebe dich" e almeno dieci nella "Yo te quiero".

Nella zona "Ti amo", anche escludendo forme arcaiche<sup>1</sup> o dialettali costituite dai sistemi geodetici e cartografici storici (IGM antecedente il 1940 e Catasto) o quelli utilizzati esclusivamente dai geodeti, il labirinto é abbastanza intricato.

In Italia nel rilievo o nella cartografia sono impiegati tre data diversi: ROMA 40, ED 50, WGS 84 e normalmente un solo sistema cartografico: la rappresentazione di Gauss (UTM)<sup>2</sup>.

Le coordinate riferite ad uno dei sistemi possono essere, a loro volta, di vario tipo; ci limiteremo a trattare solo quelle **geografiche**, espresse in gradi sessagesimali e quelle **piane**, espresse in metri e riferite ai due fusi che interessano il nostro territorio. La conversione tra questi due tipi di coordinate, ovviamente nell'ambito dello stesso datum, é relativamente facile e può essere eseguita con un semplice calcolatore tascabile, programmabile.

### 1. Passaggio dalle coordinate geografiche ( $\phi, \lambda$ ) alle coordinate piane (N, E)

$$\phi = \text{---}^\circ \text{---}' \text{---}'' \text{---}''' \quad (1) \quad \lambda = \text{---}^\circ \text{---}' \text{---}'' \text{---}''' \quad (2)$$

Valori angolari espressi in radianti.

*Determinazione del fuso e del relativo meridiano centrale*

| Datum   | Valore di $\lambda$   | Fuso  | meridiano centrale (3)  |
|---------|---|-------|-------------------------|
| Roma 40 | $6^\circ 27' 08,400''$ Ovest $\leq (2) \leq 0^\circ 27' 08,400''$ Ovest | OVEST | $-3^\circ 27' 08,400''$ |
| Roma 40 | $0^\circ 27' 08,400''$ Ovest $\leq (2) \leq 5^\circ 32' 51,600''$ Est   | EST   | $2^\circ 32' 51,600''$  |
| ED 50   | $6^\circ 00' 00,000''$ Est $\leq (2) \leq 12^\circ 00' 00,000''$ Est    | 32    | $9^\circ 00' 00,000''$  |
| ED 50   | $12^\circ 00' 00,000''$ Est $\leq (2) \leq 18^\circ 00' 00,000''$ Est   | 33    | $15^\circ 00' 00,000''$ |
| WGS 84  | $6^\circ 00' 00,000''$ Est $\leq (2) \leq 12^\circ 00' 00,000''$ Est    | 32    | $9^\circ 00' 00,000''$  |
| WGS 84  | $12^\circ 00' 00,000''$ Est $\leq (2) \leq 18^\circ 00' 00,000''$ Est   | 33    | $15^\circ 00' 00,000''$ |

Costanti impiegate: (relative al datum impiegato)

|                |  |  |   |
|----------------|--|--|---|
| Roma 40/ED 50: | $a = 6.378.388 \text{ m}$                                    | $b = 6.356.911,946 \text{ m}$                            | $c = \frac{a^2}{b} = 6.399.936,608 \text{ m}$ |
|                | $e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a} = 8,199188998 \cdot 10^{-2}$ | $e'^2 = \frac{e^2}{1 - e^2} = 6,768170197 \cdot 10^{-3}$ |   |
| WGS 84:        | $a = 6.378.137 \text{ m}$                                    | $b = 6.356.752,314 \text{ m}$                            | $c = \frac{a^2}{b} = 6.399.593,626 \text{ m}$ |
|                | $e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a} = 8,181919084 \cdot 10^{-2}$ | $e'^2 = \frac{e^2}{1 - e^2} = 6,739496742 \cdot 10^{-3}$ |   |

Formule impiegate: (valori impiegati espressi in radianti)

$$(4) = \lambda - (3)$$

Il valore (3) sarà scelto in funzione del datum e del fuso relativo a  $\lambda$ .

|   |  |  |
|---|--|--|
| $(5) = \text{arth}(\cos \varphi \cdot \text{sen}(4))$   | $(6) = \arctan \frac{\tan \varphi}{\cos(4)} - \varphi$ | $(7) = \frac{c \cdot 0,9996}{\sqrt{(1 + e^2 \cdot \cos^2 \varphi)}}$ |
| $(8) = \frac{e^2}{2} \cdot (5)^2 \cos^2 \varphi$  | $(9) = \text{sen } 2\varphi$                           | $(10) = (9) \cdot \cos^2 \varphi$                                    |
| $(11) = \varphi + \frac{(9)}{2}$  | $(12) = \frac{3 \cdot (11) + (10)}{4}$                 | $(13) = \frac{5 \cdot (12) + (10) \cdot \cos^2 \varphi}{3}$          |
| $(14) = \frac{3}{4} \cdot e^2$  | $(15) = \frac{5}{3} \cdot (14)^2$                      | $(16) = \frac{35}{27} \cdot (14)^3$                                  |
| $(17) = 0,9996 \cdot c \cdot [\varphi - (14) \cdot (11) + (15) \cdot (12) - (16) \cdot (13)]$ |  |  |

## False origini

| DATUM   | FUSO  | VALORE (18) | FUSO | VALORE (18) |
|---------|-------|-------------|------|-------------|
| Roma 40 | Ovest | 1.500.000 m | Est  | 2.520.000 m |
| ED 50   | 32    | 500.000 m   | 33   | 500.000 m   |
| WGS 84  | 32    | 500.000 m   | 33   | 500.000 m   |

Il valore (18) sarà scelto in funzione del datum e del fuso relativo a  $\lambda$ .

|  |   |
|--|---|
| $N = (6) \cdot (7) \cdot [1 + (8)] + (17)$ | $E = (5) \cdot (7) \cdot \left[1 + \frac{(8)}{3}\right] + (18)$ |
|--|---|

## 2. Passaggio dalle coordinate piane ( NE ) alle coordinate geografiche ( $\varphi, \lambda$ )

N=.....(1)

E=.....(2)

Fuso=.....

Le costanti impiegate sono quelle del programma precedente

Formule impiegate:

$$(4) = E - (3)$$

dove (3) = 18 del programma precedente



$$(5) = \frac{N}{6.366.197,724 \cdot 0,9996}$$

$$(6) = \frac{0,9996 \cdot c}{\sqrt{(1 + e'^2 \cos^2(5))}}$$

$$(7) = \frac{(4)}{(6)}$$

$$(8) = \frac{(1) - (9)}{(6)}$$

dove (9) = (17) del programma precedente calcolato sostituendo (5) a  $\phi$  in tutte le espressioni in cui compare.

$$(10) = \frac{e'^2 \cdot (7)^2}{2} \cdot \cos^2(5)$$

$$(11) = (7) \cdot \left[ 1 - \frac{(10)}{3} \right]$$

$$(12) = (8) \cdot [1 - (10)] + (5)$$

$$(13) = \arctan \frac{\sinh(11)}{\cos(12)}$$

$$(14) = \arctan[\cos(13) \cdot \tan(12)]$$

$$\phi = (5) + \left\{ 1 + e'^2 \cos^2(5) - \frac{3}{2} e'^2 \sin(5) \cos(5) \cdot [(14) - (5)] \right\} \cdot [(14) - (5)]$$

$$\lambda = (13) + (15)$$

Dove 15 = (3) del programma precedente

Esempio: Trasformazione delle coordinate ED50 di Roma Monte Mario da geografiche a piane e viceversa (fuso 33).

| ELISS.<br>Costanti | INTERNAZIONALE<br>Valori | WGS 84<br>valori | BESSEL<br>Valori |
|--------------------|--------------------------|------------------|------------------|
| a                  | 6378388                  | 6378137          | 6377397,155      |
| b                  | 6356911,946              | 6356752,314      | 6356078,963      |
| f                  | 0,003367003              | 0,003352811      | 0,003342773      |
| c                  | 6399936,608              | 6399593,626      | 6398786,848      |
| e                  | 0,08199189               | 0,081819191      | 0,081696831      |
| e^2                | 0,00672267               | 0,00669438       | 0,00667437       |
| e'                 | 0,08226889               | 0,082094438      | 0,08197084       |
| e'^2               | 0,00676817               | 0,006739497      | 0,006719219      |

| DA GEOGRAFICHE A PIANE |                  |              | DA PIANE A GEOGRAFICHE |           |                  |              |
|------------------------|------------------|--------------|------------------------|-----------|------------------|--------------|
| N°Formula              | Coordinate ED 50 | Valori       | N°Formula              | Rif.Prec. | Coordinate ED 50 | Valori       |
| 1                      | 41° 55'31,487"   | 0,731736497  | 1                      |           | 4.644.714,65     | N            |
| 2                      | 12° 27'10,933"   | 0,217346496  | 2                      |           | 288.803,20       | E            |
| 3                      | 15° 00'00,000"   | 0,261799388  | 3                      | 18        |                  | 500,000      |
| 4                      |                  | -0,044452892 | 4                      |           |                  | -211,197     |
| 5                      |                  | -0,033074794 | 5                      |           |                  | 0,729882024  |
| 6                      |                  | 0,00049136   | 6                      |           |                  | 6385386,378  |
| 7                      |                  | 6385426,063  | 7                      |           |                  | -0,033075023 |
| 8                      |                  | 2,04927E-06  | 8                      |           |                  | 0,002338912  |
| 9                      |                  | 0,994246377  | 9                      | 9         |                  | 0,993842247  |



| DA GEOGRAFICHE A PIANE |                  |             | DA PIANE A GEOGRAFICHE |           |                  |              |
|------------------------|------------------|-------------|------------------------|-----------|------------------|--------------|
| N°Formula              | Coordinate ED 50 | Valori      | N°Formula              | Rif.Prec. | Coordinate ED 50 | Valori       |
| 10                     |                  | 0,550373742 |                        | 10        |                  | 0,551982112  |
| 11                     |                  | 1,228859685 |                        | 11        |                  | 1,226803147  |
| 12                     |                  | 1,0592382   |                        | 12        |                  | 1,058097888  |
| 13                     |                  | 1,866951726 |                        | 13        |                  | 1,865687163  |
| 14                     |                  | 0,005076128 |                        | 14        |                  | 0,005076128  |
| 15                     |                  | 4,29451E-05 |                        | 15        |                  | 4,29451E-05  |
| 16                     |                  | 1,69552E-07 |                        | 16        |                  | 1,69552E-07  |
| 17                     |                  | 4641577,087 | 9                      | 17        |                  | 4629779,796  |
| 18                     |                  | 500.000     | 10                     |           |                  | 2,05612E-06  |
|                        |                  |             | 11                     |           |                  | -0,033075    |
|                        |                  |             | 12                     |           |                  | 0,732220931  |
|                        |                  |             | 13                     |           |                  | -0,044452892 |
|                        |                  |             | 14                     |           |                  | 0,731729571  |
|                        |                  |             | 15                     | 3         |                  | 0,261799388  |
| N                      | 4.644.714,64     |             | $\varphi$              |           | 41°55'31.487"    | 0,731736499  |
| E                      | 288.803,20       |             | $\lambda$              |           | 12°27'10.933"    | 0,217346496  |

Costanti dei tre ellissoidi in uso in Italia

Il punto si trova vicino al 12° meridiano che separa il fuso 32 dal fuso 33, le coordinate piane possono perciò essere calcolate anche sul fuso 32 ed assumono i seguenti valori:

N = 4 647 345.94 E = 786 337.93 (F32)

L'esempio è stato realizzato con il programma Excel per Windows ma potrebbe essere impostato anche su un calcolatore tascabile, dotato delle normali funzioni matematiche, comprese quelle trigonometriche.

Se qualche lettore dimostrerà di saper risolvere le trasformazioni manualmente con il solo ausilio di carta, penna e calamaio (è consentito l'uso della biro), riceverà in premio tre numeri della rivista. I solutori in grado di giungere agli stessi risultati mentalmente saranno premiati con un abbonamento "a vita".

Nei prossimi numeri cercheremo di districarci nella parte più complessa del labirinto: la trasformazione di coordinate da un datum all'altro.

---

1- Arcaiche, ma non ancora sostituite con altre ufficiali dello Stato, sono le circa 700 tavolette IGM riferite all'elissoide di Bessel orientato a Genova e tutte le mappe catastali non ancora informatizzate.

2- La proiezione diretta di Mercatore viene utilizzata dall'IIM per le carte nautiche, la conica di Lambert dall'IGM e dal CIGA per carte al 500.000.

---

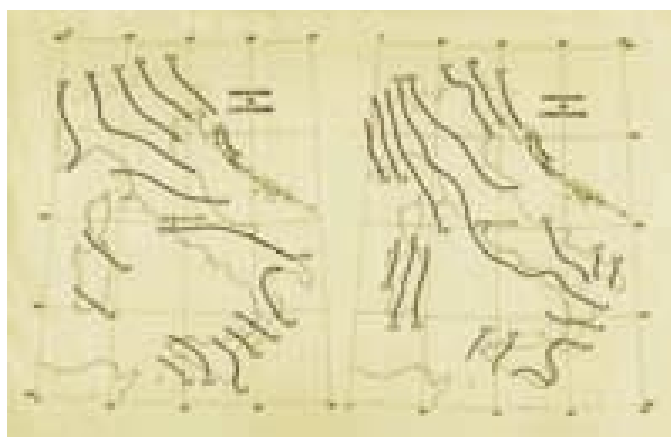
Il problema relativo alle trasformazioni di coordinate da un datum all'altro presenta alcune difficoltà di trattazione per la diversa impostazione data dai vari specialisti del settore.

Il geodeta procede con estremo rigore all'elaborazione di dati attinenti i singoli punti che costituiscono i nodi di una rete. Al topografo interessano solo alcuni vertici ben determinati per inquadrare correttamente il nuovo rilievo. Il cartografo deve individuare algoritmi applicabili ad aree anche molto estese e tali da garantire una precisione che sia anche solo leggermente superiore all'errore grafico alla scala di rappresentazione. Le esigenze dell'operatore GIS invece non sono facilmente individuabili per la vastità dei campi applicativi, per l'eterogeneità dei dati a disposizione ma soprattutto per la diversa importanza che la collocazione degli oggetti assume nella soluzione dei problemi. Basti pensare alla differenza di precisione necessaria per la gestione dei passi carrai e quella dei pascoli montani.

### 3. Trasformazione di coordinate tra data diversi

Se la trasformazione é riferita ad una rappresentazione a media scala, possono essere usate le Isolinee delle differenze di longitudine e latitudine. Ecco alcuni esempi:

Roma 40 ↔ ED 50

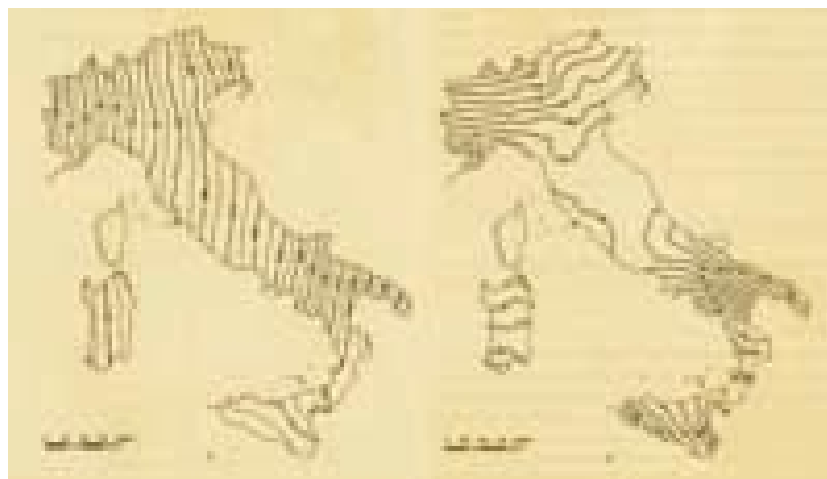


Da "Appunti di Cartografia" di Piero Bencini IGM 1976. Isolinee ED 50 - Roma 40

|   |   |
|---|---|
| $\varphi \text{ ED 50} = \varphi \text{ Roma 40} + \text{valore ricavato dalla figura}$ | $\varphi \text{ Roma 40} = \varphi \text{ ED 50} - \text{valore ricavato dalla figura}$ |
| $\lambda \text{ ED 50} = \lambda \text{ Roma 40} + \text{valore ricavato dalla figura}$ | $\lambda \text{ Roma 40} = \lambda \text{ ED 50} - \text{valore ricavato dalla figura}$ |

L'equidistanza di 0,1" equivale a circa 3 metri in latitudine e circa 2,5 metri in longitudine sul terreno e rispettivamente 0,12 e 0,10 millimetri su una carta **1:25.000**.

Roma 40 ↔ WGS 84



L'equidistanza di 0,02" in latitudine equivale a circa 0,60 metri e di 0,05" in longitudine a circa 1,25 metri sul terreno, rispettivamente pari a 0,06 millimetri e 0,125 millimetri su una carta **1:10.000**.

$$\begin{aligned} \varphi \text{ WGS 84} &= \varphi \text{ Roma 40} - \text{valore ricavato dalla figura} & \varphi \text{ Roma 40} &= \varphi \text{ WGS 84} + \text{valore ricavato dalla figura} \\ \lambda \text{ WGS 84} &= \lambda \text{ Roma 40} - \text{valore ricavato dalla figura}^* & \lambda \text{ Roma 40} &= \lambda \text{ WGS 84} + \text{valore ricavato dalla figura}^* \end{aligned}$$

*\* Attenzione all'inversione del segno del valore delle isotransitive relative alla penisola salentina*

\* Attenzione all'inversione del segno del valore delle isotransitive relative alla penisola salentina

Per le trasformazioni Roma 40  $\leftrightarrow$  ED 50, una maggior precisione può essere ottenuta utilizzando le tabelle delle **Costanti additive** relative ai centri di tutte le tavolette 1:25.000 prodotte dall' IGM:

Foglio 51 Fuso Est

Costanti additive per la trasformazione delle coordinate dal sistema geodetico-cartografico nazionale (Roma '40 - Gauss-Boaga) al sistema ED 50 -UTM

| Tavoletta |    | $\Delta N$ | $\Delta E$ | $\Delta \varphi$ | $\Delta \lambda$ |    |       |
|-----------|----|------------|------------|------------------|------------------|----|-------|
|           |    | m          | m          | "                | o                | '  | "     |
| 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: Per ottenere le coordinate E.D.1950 del punto n° 051187 che si trova nella tavoletta II NE e denominato Venezia San Marco si procede nel seguente modo:

|                                  | N             | E             | $\varphi$        | $\lambda$        |
|----------------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|
| Coordinate del sistema nazionale | 5 034 633, 13 | 2 311 870, 72 | 45° 26' 00", 149 | -0° 06' 47", 087 |
| Costanti di trasformazione       | 171, 8        | -2 019 935, 4 | 5", 63           | 12° 27' 11", 12  |
| Coordinate nel sistema E.D. 1950 | 5 034 804, 9  | 291 935, 3    | 45° 26' 05", 78  | 12° 20' 24", 03  |

Le coordinate piane, espresse al decimetro, corrisponderebbero ad una precisione di 0,1 millimetro su una mappa 1:1000, quindi ampiamente esuberante rispetto all'errore di graficismo. In realtà questa precisione è solo nominale e per cautelarsi da improprie applicazioni è opportuno assumere che le costanti di trasformazione garantiscano una precisione submetrica, non molto sub...

Per carte 1:5.000 possono essere utilizzati i Tabulati dei valori delle **coordinate piane ED 50 dei vertici** delle tavolette IGM:

| (Fuso 33)  |                   |                   |                   |                   |                   |
|------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|            | Longitudine       |                   |                   |                   |                   |
|            | -0.30.00          | -0.22.30          | -0.15.00          | -0.07.30          | 00.00.00          |
| Latitudine |                   |                   |                   |                   |                   |
| 45.40.00   | 5061799<br>262655 | 5061435<br>272392 | 5061087<br>282129 | 5060754<br>291867 | 5060437<br>301604 |
| 45.35.00   | 5052541<br>262303 | 5052177<br>272054 | 5051829<br>281806 | 5051496<br>291558 | 5051179<br>301309 |
| 45.30.00   | 5043283<br>261951 | 5042919<br>271717 | 5042571<br>281483 | 5042238<br>291249 | 5041921<br>301015 |
| 45.25.00   | 5034025<br>261599 | 5033662<br>271380 | 5033313<br>281160 | 5032981<br>290941 | 5032663<br>300722 |
| 45.20.00   | 5024767<br>261248 | 5024404<br>271043 | 5024056<br>280838 | 5023723<br>290633 | 5023405<br>300428 |

La precisione, in questo caso é di 0,2 millimetri, valore che in cartografia viene considerato "Errore grafico" con sufficiente concordanza almeno in Europa (gli USA assumono il valore di 0,3 mm).

Per chi desidera effettuare le trasformazioni con un calcolatore, anche di modeste capacità, suggeriamo la formula di Molodensky abbreviata. La precisione é circa di 0,1" (3 m)

$\varphi_1, \lambda_1$  Coordinate geografiche che si intendono trasformare

$\varphi, \lambda$  Nuove coordinate geografiche

$$\varphi = \varphi_1 - [(\Delta x \cdot \sin \varphi_1 \cdot \cos \lambda_1 + \Delta y \cdot \sin \varphi_1 \cdot \sin \lambda_1 - \Delta z \cdot \cos \varphi_1) \cdot (1 + e_1^2 - 3 \eta^2) - (\Delta s \cdot \sin \varphi_1 \cdot \cos \varphi_1) \cdot (1 + e_1^2 - 3 \eta^2)] \cdot (1 / a_1)$$

$$\lambda = \lambda_1 - [(\Delta x \cdot \sin \lambda_1 - \Delta y \cdot \cos \lambda_1) \cdot (1 - \eta^2) \cdot \sec \varphi_1] \cdot (1 / a_1)$$

Dove  $\Delta$  assume i seguenti valori:

|        |   |        |                      |                     |                      |
|--------|---|--------|----------------------|---------------------|----------------------|
| WGS 84 | ⇒ | ED 50  | $\Delta x = 87,51$   | $\Delta y = 96,61$  | $\Delta z = 124,18$  |
| ED 50  | ⇒ | WGS84  | $\Delta x = -87,51$  | $\Delta y = -96,61$ | $\Delta z = -124,18$ |
| WGS 84 | ⇒ | R 40   | $\Delta x = 220,42$  | $\Delta y = 66,18$  | $\Delta z = -13,04$  |
| R 40   | ⇒ | WGS 84 | $\Delta x = -220,42$ | $\Delta y = -66,18$ | $\Delta z = 13,04$   |
| ED 50  | ⇒ | R 40   | $\Delta x = 132,91$  | $\Delta y = -30,42$ | $\Delta z = -137,21$ |
| R 40   | ⇒ | ED 50  | $\Delta x = -132,91$ | $\Delta y = 30,42$  | $\Delta z = 137,21$  |

A titolo di esempio nella seguente tabella elaborata, con il programma Excel per Windows, vengono trasformate le coordinate geografiche di Monte Mario da ED 50 a WGS 84

|                  | X             | Y             | Z             | S             |           |
|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------|
| WGS 84-ED50      | 87            | 98            | 121           | 182,1319583   |           |
| ED 50-WGS 84     | -87           | -98           | -121          | -182,1177568  |           |
| WGS 84-R 40      | 49,23         | 8,33          | -62,54        | 182,1319583   |           |
| R 40-WGS 84      | -49,23        | -8,33         | 62,54         | -182,1177568  |           |
|                  |               |               |               |               |           |
|                  | Roma 40       | ED 50         | WGS 84        |               |           |
| Latitud. M.Mario | 41°55'25,51"  | 41°55'31,487" | 41°55'27,851" |               |           |
| Longit. M.Mario  | 0+12°27'08,4" | 12°27'10,93"  | 12°27'07,658" |               |           |
|                  | a             | b             | e^2           | f             |           |
| R 40- Ed 50      | 6378388       | 6356911,946   | 0,00672267    | 0,003367003   |           |
| WGS 84           | 6378137       | 6356752,314   | 0,00669438    | 0,003352811   |           |
|                  |               |               |               |               |           |
| <b>Da ED 50</b>  | Sessagesi.    | Sessadeci.    | Radiani       |               |           |
| Latitudine       | 41,5531487    | 41,92541306   | 0,731736498   |               |           |
| Longitudine      | 12,2710933    | 12,45303694   | 0,217346497   |               |           |
|                  | sen           | cos           | Sec           | $\eta$        |           |
| Latitudine       | 0,668162623   | 0,744015262   | 1,344058451   | 0,001500639   |           |
| Longitudine      | 0,215639311   | 0,976473086   |               |               |           |
| <b>a WGS 84</b>  | Sessagesi.    | Sessadeci.    | Radiani       |               |           |
| Latitudine       | 41,55279279   | 41,92442443   | 0,731719243   | 41°55'27,928" | E=+0,077" |
| Longitudine      | 12,27075941   | 12,45210949   | 0,217330309   | 12°27'07,594" | E=-0,064" |

Una maggior precisione può essere ottenuta utilizzando la formula di Molodensky standard:

$$\Delta \varphi' = \{ -\Delta x \sin \varphi \cos \lambda - \Delta y \sin \varphi \sin \lambda + \Delta z \cos \varphi + \Delta a (R_N e^2 \sin \varphi \cos \varphi) / a + \Delta f [R_M (a/b) + R_N (b/a)] \sin \varphi \cos \varphi \} \cdot [(R_M + H) \sin 1"]^{-1}$$

$$\Delta \lambda' = [-\Delta x \sin \lambda + \Delta y \cos \lambda] \cdot [(R_N + H) \cos \varphi \sin 1"]^{-1}$$

$$\Delta H'_m = \Delta x \cos \varphi \cos \lambda + \Delta y \cos \varphi \sin \lambda + \Delta z \sin \varphi - \Delta a (a/R_N) + \Delta f (b/a) R_N \sin^2 \varphi$$



|  |  |                      |   |
|--|--|----------------------|---|
| dove:                                    |  |                      |   |
| $\varphi, \lambda, H$                    | =coordinate riferite al datum da trasformare,  | $b$                  | =Semiasse minore dell'ellissoide del datum da trasformare,  |
| $\varphi$                                | =Latitudine (Positiva a Nord dell'equatore, negativa a Sud),                             | $b/a$                | = $1 - f$ ,   |
| $\lambda$                                | =Longitudine (Positiva, conteggiata a Est del meridiano zero fino a $360^\circ$ ),       | $f$                  | =Schiacciamento dell'ellissoide del datum da trasformare,   |
| $H$                                      | =Quota ellissoidica. Distanza di un punto dall'ellissoide, misurata sulla sua verticale, | $\Delta a, \Delta f$ | =Differenza tra i valori riferiti all'ellissoide del datum da trasformare e quello del nuovo datum, |
| $H$                                      | = $N + h$ ,  | $e$                  | =Eccentricità prima dell'ellissoide del datum da trasformare,                                       |
| $N$                                      | =Distanza tra ellissoide e geoida (positiva o negativa),                                 | $e^2$                | = $2f - f^2$ Eccentricità seconda, del datum da trasformare,  |
| $h$                                      | =Quota geoidica. Altezza di un punto sul geoida (positiva o negativa),                   | $R_N$                | = $a/(1 - e^2 \sin^2 \varphi)^{1/2}$ Raggio di curvatura della sezione normale del primo verticale, |
| $\Delta\varphi, \Delta\lambda, \Delta H$ | =Correzioni da apportare alle coordinate da trasformare,                                 | $R_M$                | = $a(1 - e^2)/(1 - e^2 \sin^2 \varphi)^{3/2}$ Raggio di curvatura della sezione normale meridiana.  |
| $\Delta x, \Delta y, \Delta z$           | =Parametri correttivi,   |                      |   |
| $a$                                      | =Semiasse maggiore dell'ellissoide del datum da trasformare,                             |                      |   |

Per chi volesse approfondire l'argomento, si suggerisce la consultazione dell'articolo di M. Pierozzi pubblicato sul Bollettino di Geodesia e Scienze Affini n° 1/1989.

Le trasformazioni da o in Roma 40 sono complesse per le variazioni dei parametri di trasformazione da punto a punto. Si consiglia perciò di chiedere alla Direzione Geodetica dell'IGM via di Novoli 93 - 50127 Firenze, i valori assegnati al vertice della nuova rete IGM95 più vicino alla zona di interesse.

**Petronio Malagoli:** è Generale del Genio Aeronautico in Ausiliaria. Dopo anni di attività in tutte le discipline interessate all'osservazione, analisi e rappresentazione del territorio, si dedica prevalentemente alla formazione del personale. Tel. e Fax 059/442468 Email: petronio@sirnet.it

**Giancarlo Saporito:** Tenente Colonnello dell'Aeronautica Militare, si occupa dal 1977 di tutte le discipline relative al rilievo e alla rappresentazione del territorio. Riveste l'incarico di capo Ufficio Studi e Programmi del Centro Informazioni Geotopografiche Aeronautiche ( CIGA ). Tel. e Fax 06/86209758

**Luciano Surace:** Laureato in ingegneria civile presso il Politecnico di Torino. Dottore di ricerca in scienze geodetiche e topografiche. Già docente di topografia presso la facoltà d'Ingegneria dell'Università di Perugia. Attualmente Direttore geodetico dell'IGM. Delegato nazionale presso l'Organizzazione Europea di Studi Fotogrammetrici Sperimentali. Tel. 055/2775441 Fax. 055/4179091