



**GEOPORTALE NAZIONALE**



MINISTERO DELL'AMBIENTE  
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE

# **SPECIFICHE TECNICHE DEL SERVIZIO DI TRASFORMAZIONE DI COORDINATE**

Titolo	Specifiche tecniche del servizio di trasformazione di coordinate
Autore	Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare - Geoportale Nazionale
Oggetto	Servizio di conversione di coordinate del Geoportale nazionale
Argomenti	Conversione di coordinate
Parole chiave	Conversione, trasformazione, Bursa-Wolf, grigliati
Thesaurus	-
Descrizione	Il manuale descrive gli algoritmi utilizzati per il servizio di conversione di coordinate disponibile nel Geoportale Nazionale.
Responsabile pubblicazione	Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare - Geoportale Nazionale
Contributi	-
Data stesura	2013-03-08
Tipo	Documento testuale
Formato dei dati	PDF
Nome e versione del software	Acrobat Reader
Identificatore	-
Origine	-
Lingua dei dati	ITA

Riferimenti/Relazioni	-
Commenti	-
Copertura	-
Diritti	Creative Commons Attribuzione - Non commerciale - Condividi allo stesso modo 3.0 Unported License
Dimensione	-
Lingua del metadato	ITA
Responsabile del metadato	Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare - Geoportale Nazionale

## Stato del documento

	Funzione	Data
Redatto	BETA Studio s.r.l.	08/03/2013

## Revisioni del documento

N. Rev	Stesura	Modifiche	Redatto	Approvato
00	08/03/2013		08/03/2013	08/03/2013
01	10/11/2016	Pubblicazione nuovo sito Geoportale	10/11/2016	10/11/2016

## Acronimi e definizioni

Nella seguente tabella sono riportati gli acronimi e le abbreviazioni utilizzate nel documento che non sono usati comunemente o che si vogliono comunque specificare.

ACRONIMO	DESCRIZIONE
GN	Geoportale Nazionale
MATTM	Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ( <a href="http://www.minambiente.it">www.minambiente.it</a> )
SCC	Sistema Cartografico Cooperante
WCS	Web Coverage Service
WMS	Web Map Service
WFS	Web Feature Service
WCTS	Web Coordinate Transformation Service

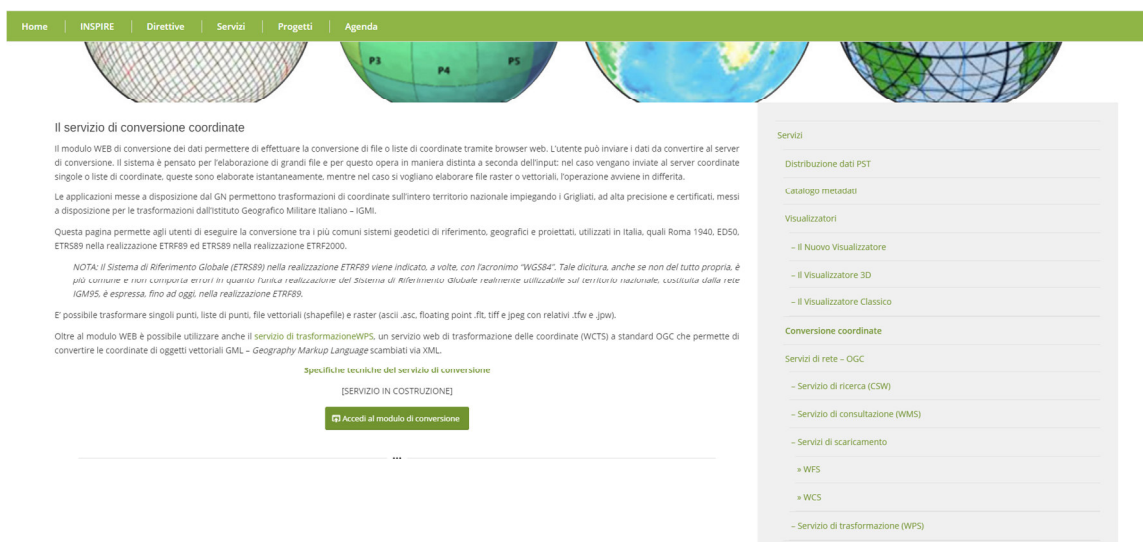
## INDICE

<b>1. Premessa</b> .....	7
<b>1.1. Scenario di inserimento dell'applicativo software</b> .....	7
<b>2. Aspetti tecnici</b> .....	10
<b>2.1. Metodologie di conversione e trasformazione</b> .....	10
<b>2.1.1. Conversione di coordinate all'interno dello stesso datum</b> .....	10
<b>2.1.2. Metodo Bursa - Wolf</b> .....	10
<b>2.1.3. Grigliati</b> .....	11
<b>2.1.3.1. Descrizione generale</b> .....	11
<b>2.1.3.2. Versione e nuovo sistema di riferimento ETRF2000</b> .....	12
<b>2.1.3.3. Algoritmi applicati</b> .....	12
<b>2.2. Formato file input/output</b> .....	16
<b>3. Bibliografia</b> .....	18

## Premessa

Il servizio di conversione coordinate è accessibile sul Geoportale Nazionale selezionando il menu a tendina “*Servizi → Conversione coordinate*” o in alternativa sfruttando una delle tre modalità di accesso rapido presenti nella schermata Home (“*Qui puoi cercare..., Qui puoi vedere..., Qui puoi costruire...*”). Attraverso la modalità di accesso rapido è possibile accedere al modulo di conversione selezionando il link presente sulla destra.

Entrambe le tipologie di accesso riconducono alla pagina dedicata al servizio di conversione coordinate dalla quale è possibile accedere al modulo di conversione come mostrato in *Figura 1*.



**Figura 1 – Servizio Conversione Coordinate.**

### 1.1. Scenario di inserimento dell'applicativo software

Le azioni messe in campo negli ultimi anni dalla Direzione per la Tutela del Territorio e delle Risorse Idriche del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, al fine di garantire una maggiore uniformità di pianificazione di bacino e una conseguente omogenea attività di prevenzione del rischio idrogeologico a scala nazionale, si sono concretizzate nella realizzazione del Portale Cartografico Nazionale (Gеоportale Nazionale - GN), del connesso Sistema Cartografico Cooperante (SCC) e del Piano Straordinario di Telerilevamento Ambientale (PST-A).

Con il primo strumento (SCC) la Direzione Generale ha inteso realizzare un sistema cartografico condiviso, omogeneo e congruente di riferimento di tutto il territorio nazionale per le problematiche di difesa del suolo, in grado di consentire a qualunque ente della Pubblica Amministrazione centrale e locale di conoscere le informazioni territoriali disponibili, poterne disporre e poterle analizzare sulla base di metodologie e strumenti condivisi.

Il Piano Straordinario di Telerilevamento Ambientale (PST-A), ricorrendo alle moderne tecnologie di acquisizione ed analisi dei dati da telerilevamento aereo e satellitare, permette di consolidare strumenti e metodi finalizzati al monitoraggio, alle attività di analisi ed eventuale mitigazione del rischio e pianificazione degli interventi ad esso correlati. Il PST-A rende infatti disponibili e condivisibili, all'intero comparto della Pubblica Amministrazione, informazioni territoriali (ottenute da processi di telerilevamento) indispensabili per la creazione di elaborati ad alto valore aggiunto finalizzati alla gestione del rischio idrogeologico.

D'altro canto, l'esistente infrastruttura tecnologica comune a tutto lo scenario implementato dal MATTM assicura la condivisione, tramite servizi e funzionalità aperte e coerenti con gli standard indicati da DigitPA (oggi AgID) e INSPIRE, dei dati geotopografici di interesse ambientale e territoriale. In questo contesto, la disponibilità di strumenti comuni di analisi ed elaborazione dei dati territoriali si traduce nell'ulteriore vantaggio di poter utilizzare con sistematicità e secondo metodologie consolidate e validate i dati disponibili, permettendo in tal modo di migliorare le capacità di osservazione, controllo del territorio e prevenzione dei rischi.

L'impianto applicativo proposto nell'ambito del presente progetto si configura come potenziamento, integrazione e nuovo sviluppo delle funzionalità presenti all'interno del Sistema Web delle ARPA ed all'interno di AdB-ToolBox, finalizzato all'implementazione di sistemi e metodologie per la definizione di sistemi di riferimento, atti ad individuare la posizione di un oggetto nello spazio, nonché la conversione da un sistema all'altro anche attraverso l'utilizzo simultaneo di grigliati.

Lo sviluppo prende il nome di Sistemi Web di Riferimento e Conversioni PSCC <SRC\_PSCC>.



La direttiva europea INSPIRE (2007/2/EC) definisce l'istituzione di una infrastruttura europea per l'informazione spaziale; tale infrastruttura è basata sulle infrastrutture dei singoli Stati Membri, i quali sono tenuti ad adattare le proprie infrastrutture spaziali al fine di garantire, come principio di base, la possibilità di interscambio dei dati tramite servizi e con formati e specifiche comuni definiti come Regole di Implementazione (IR, Implementing Rules) all'interno della direttiva stessa. Tra i servizi definiti nella direttiva INSPIRE, ci sono i servizi di trasformazione (Transformation Services) che permettono di trasformare i dati esistenti in dati conformi alla direttiva; il servizio di trasformazione delle coordinate (CTS, Coordinate Transformation Service) è uno dei servizi di trasformazione geometrica elencati nella direttiva.

Poiché gran parte dei dati spaziali nazionali si basano su sistemi di riferimento differenti da quelli in uso negli altri Stati Membri, risulta necessario mettere a disposizione un CTS in grado di proiettare tali dati in sistemi di riferimento comuni, in particolare ETRS89 e WGS84.

Questo servizio di trasformazione delle coordinate sarà aggiunto alle funzionalità del Sistema Web delle Arpa come WCTS (Web Coordinate Transformation Service); l'implementazione di tale servizio sarà aderente alle IR della direttiva INSPIRE ed in particolare alle specifiche OGC (Open Geospatial Consortium) definite per i servizi di elaborazione web (WPS, Web Processing Services).



## 2. Aspetti tecnici

### 2.1. Metodologie di conversione e trasformazione

Per comprendere gli aspetti tecnici che sono descritti nel documento è necessario effettuare una distinzione tra i termini conversione e trasformazione di coordinate: consideriamo conversione il passaggio tra due sistemi di riferimento all'interno dello stesso *datum*, mentre trasformazione il cambiamento di sistema di riferimento in presenza di *datum* differenti.

Le conversioni nello strumento "Conversione di Coordinate" del Geoportale Nazionale sono realizzate attraverso l'applicazione di equazioni che calcolano la trasformazione diretta da coordinate proiettate a geografiche ed inversa da geografiche a proiettate, mentre le trasformazioni utilizzano algoritmi basati o sui grigliati IGM oppure applicando il metodo dei sette parametri Bursa - Wolf.

Nella trasformazione, la scelta dell'algoritmo da utilizzare avviene automaticamente e si basa sulla presenza o meno dei grigliati nel punto da trasformare: si utilizzano i grigliati per le coordinate ricadenti nell'area coperta dai grigliati stessi mentre il metodo Bursa-Wolf per le coordinate esterne all'area.

Le trasformazioni che presentano contemporaneamente coordinate interne ed esterne all'area dei grigliati possono essere soggette a discontinuità geometriche causate dalla diversità degli algoritmi applicati.

#### 2.1.1. Conversione di coordinate all'interno dello stesso datum

La conversione di coordinate aventi lo stesso *datum* (ad esempio il passaggio dal sistema ETRS89 fuso 32 a ETRS89 fuso 33) è effettuata con operazioni geometrico-matematiche che non causano perdite di precisione nel risultato finale se non per gli arrotondamenti di calcolo (a livello millimetrico).

#### 2.1.2. Metodo Bursa - Wolf

Il metodo Bursa-Wolf utilizza una trasformazione a sette parametri applicata alle coordinate geocentriche:



$$\begin{pmatrix} X_T \\ Y_T \\ Z_T \end{pmatrix} = M * \begin{pmatrix} 1 & -R_Z & +R_Y \\ +R_Z & 1 & -R_X \\ -R_Y & +R_X & 1 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} X_S \\ Y_S \\ Z_S \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} dX \\ dY \\ dZ \end{pmatrix}$$

Dove:

- $X_T, Y_T, Z_T$  sono le coordinate geocentriche del punto nel sistema di riferimento finale;
- $X_S, Y_S, Z_S$  sono le coordinate geocentriche del punto nel sistema di riferimento iniziale;
- $dX, dY, dZ$  sono i fattori di traslazione tra i centri dei due ellipsoidi;
- $R_X, R_Y, R_Z$  sono i parametri di rotazione dal sistema di partenza a quello di arrivo in funzione delle tre rotazioni intorno agli assi;
- $M$  è il fattore di scala, che tiene conto delle differenze di scala che caratterizzano due diversi *datum*.  $M = (1 + dS \cdot 10)^{-6}$  dove  $dS$  è il fattore di scala espresso in parti per milione. (OGP, 2012 e Guarnieri, 2013).

### 2.1.3. Grigliati

Il metodo di trasformazione con i grigliati dell'IGM si basa su matrici di punti che contengono le differenze di latitudine e longitudine fra i vari sistemi di riferimento per tutto il territorio nazionale senza discontinuità (Cartlab3).

Tramite i grigliati si possono eseguire trasformazioni fra i sistemi ROMA40, ED50, ed ETRS89/WGS84 in tutte le possibili combinazioni ottenendo i valori necessari per mezzo di una interpolazione bilineare eseguita fra i valori della griglia (Ronci, 2007).

#### 2.1.3.1. Descrizione generale

Un grigliato può essere suddiviso in tre parti: una contenente le correzioni di latitudine e longitudine per il passaggio da ED50 a Roma40, una contenente le correzioni di latitudine e longitudine per la trasformazione da Roma40 a WGS84/ETRF89 e l'ultima parte che contiene i valori georeferenziati in coordinate WGS84/ETRF89 per il calcolo dell'ondulazione.

I dati sono organizzati in griglie 6x6 a maglia quasi quadrata che si estende anche fuori dai confini nazionali.

I grigliati consentono oltre alla trasformazione delle coordinate planimetriche, anche la trasformazione di altezze ellissoidiche in quote ortometriche (Barzagni et al., 2007).

### **2.1.3.2. Versione e nuovo sistema di riferimento ETRF2000**

Il 10 novembre 2011 è stato ufficializzato con DPCM il nuovo sistema di riferimento denominato ETRF2000 (2008.0) «In realtà non si tratta di un vero cambio di Sistema ma un cambio di realizzazione nell'ambito dello stesso Sistema: da ETRF89 e ETRF2000...» (Carlucci et al., 2012).

I grigliati IGM più recenti, in formato GK contengono, in aggiunta ai parametri riportati nel paragrafo 2.1.3.1, le correzioni per il passaggio dalla realizzazione ETRF89 alla realizzazione ETRF2000.

Rispetto ai grigliati in formato GR (GR1 e GR2) planimetricamente contengono due settori in più ( $\Delta\Phi$ ,  $\Delta j$ ) per passare dalla realizzazione ETRF89 a ETRF2000 ed altimetricamente contengono un settore in più ( $\Delta h$ ) per passare da quote ellissoidiche a quote ellissoidiche ETRF2000 (Maseroli, 2009).

### **2.1.3.3. Algoritmi applicati**

Tutti i grigliati distribuiti dall'IGM (gr1, gr2, .gk1, .gk2 e .gk3) hanno la stessa organizzazione dei dati: per ogni trasformazione sono riportati 36 valori di correzione per la latitudine e 36 valori per la longitudine (*Figura 2*). Per ogni blocco di correzione i dati sono organizzati in griglie 6x6 in modo che il primo dei 36 record abbia come coordinate di riferimento quelle del grigliato e gli altri valori di scostamento siano disposti di seguito per formare i nodi della griglia con passo 7.50' in longitudine e 5' in latitudine. La disposizione delle correzioni all'interno della griglia procede per righe: da sinistra verso destra e dal basso verso l'alto (*Figura 3 e Figura 4*).

"ED50-ROMA40"		
2002"		
1	6.05905	}
2	6.05303	
3	6.04568	
4	6.03816	
5	6.03188	
...	...	
35	6.01865	}
36	6.01732	
1	2.50263	}
2	2.50081	
3	2.50559	
4	2.51556	
5	2.52993	
...	...	
35	2.56254	}
36	2.57697	

**Figura 2** - Struttura dati di un grigliato IGM per la trasformazione Roma40-ED50.

...	...	...	...	<b>6.01865</b>	<b>6.01732</b>
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
<b>6.05905</b>	<b>6.05303</b>	<b>6.04568</b>	<b>6.03816</b>	<b>6.03188</b>	...

...	...	...	...	<b>2.56254</b>	<b>2.57697</b>
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
<b>2.50263</b>	<b>2.50081</b>	<b>2.50559</b>	<b>2.51556</b>	<b>2.52993</b>	...

**Figura 3** - Visualizzazione in tabelle delle griglie 6x6 della latitudine (in alto) e della longitudine (in basso) con la disposizione degli scostamenti per un grigliato IGM.

Le coordinate riportate nel file del grigliato fanno riferimento all'angolo in basso a sinistra della griglia 6x6.

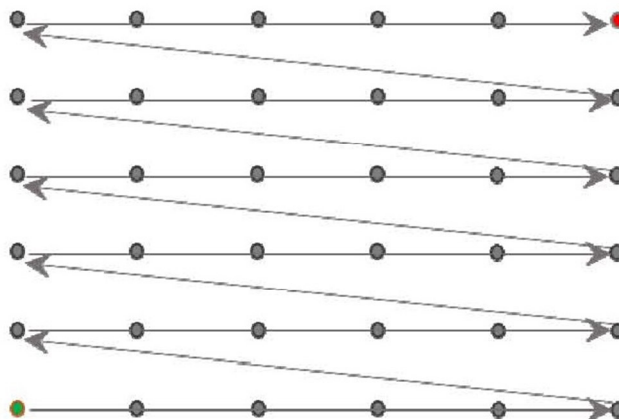


Figura 4 - Progressione dei dati in un grigliato IGM.

Tra grigliati adiacenti è presente la sovrapposizione delle ultime 3 o 4 colonne (in alcuni casi tale numero cala a 2) lungo la longitudine e delle ultime 3 righe lungo la latitudine come rappresentato in Figura 5 (Ronci, 2007).

...	...	...	-0.76195	-0.73937	-0.71727	...	...	...
...	...	...	-0.77504	-0.75288	-0.73132	...	...	...
...	...	...	0.78282	0.76091	0.73972	...	...	...
-0.85403	-0.83139	-0.80951	-0.78717	-0.76519	-0.74406	...	...	...
-0.85874	-0.83539	-0.81319	-0.79001	-0.76752	-0.74608	...	...	...
-0.86474	-0.84193	-0.81777	-0.79311	-0.76974	-0.74798	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...

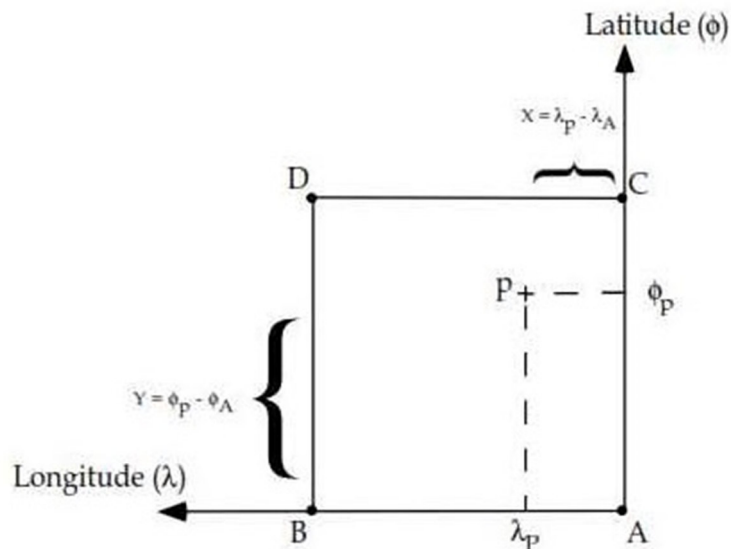
Grigliato A Grigliato B Grigliato C

Figura 5 - Sovrapposizione di correzioni di longitudine tra grigliati adiacenti. La stessa disposizione è presente nelle correzioni di latitudine.

Dalla mosaicatura delle griglie si ottengono un grigliato per la latitudine ed uno per la longitudine che avranno tra loro lo stesso numero di righe e di colonne, ma righe e colonne dipenderanno dal numero di grigliati IGM di partenza e dalla loro posizione nello spazio.

Gli scostamenti per un punto qualsiasi ricadente all'interno del grigliato sono ricavati mediante interpolazione bilineare dagli scostamenti dei quattro nodi più vicini al punto stesso.

La *Figura 6* mostra come le informazioni delle correzioni di trasformazione, disposte in una griglia, possono essere utilizzate per determinare i parametri di correzione al punto “*p*”. I fattori di correzione sono calcolati a partire dai valori presenti ai quattro nodi della griglia (A, B, C e D).



**Figura 6** - Interpolazione bilineare (Mitchell & Collier, 2000).

L’equazione per calcolare la correzione in latitudine nel punto “*p*” è:

$$\delta\varphi_p = a_0 + a_1X + a_2Y + a_3XY$$

dove:

$$a_0 = \delta\varphi_A$$

$$a_1 = \delta\varphi_B - \delta\varphi_A$$

$$a_2 = \delta\varphi_D - \delta\varphi_A$$

$$a_3 = \delta\varphi_A - \delta\varphi_C - \delta\varphi_B - \delta\varphi_D$$

$\delta\varphi_A$ ,  $\delta\varphi_B$ ,  $\delta\varphi_C$  e  $\delta\varphi_D$  sono le correzioni di latitudine dai punti A al D.

Per calcolare il valore di correzione per la longitudine nel punto “*p*” ( $\delta\lambda_p$ ) i termini  $\delta\varphi$  devono essere sostituiti con il corrispondente  $\delta\lambda$  della griglia.

Per trasformazioni che interessano il sistema di riferimento ETRS89 alla nuova realizzazione ETRF2000 si eseguono due trasformazioni: una dal sistema di riferimento di input al sistema ETRS89 con realizzazione ETRF89 e sulle coordinate ottenute viene eseguita una nuova trasformazione dalla realizzazione ETRF89 alla ETRF2000, per entrambe le trasformazioni si applicano i metodi sopra descritti.

I grigliati IGM hanno un intorno di circa 10 km da ciascuno dei vertici IGM95 e sono corrispondenti alla superficie di ciascuno dei fogli della carta d'Italia alla scala 1:50000. È possibile verificare se la coordinata o il file ricade nell'area coperta dai grigliati controllando il sito sotto indicato (Guarnieri A., 2013):

[http://www.igmi.org/prodotti/cartografia/carte\\_topografiche/quadro\\_25\\_50/index.html](http://www.igmi.org/prodotti/cartografia/carte_topografiche/quadro_25_50/index.html)

## 2.2. Formato file input/output

Con lo strumento “*Conversione di Coordinate*” è possibile convertire e trasformare singoli punti o liste di punti digitandoli direttamente nell'apposito form della pagina, oppure file contenenti dati vettoriali e raster.

Attualmente i formati dati supportati sono i seguenti:

- File vettoriali: “*Shapefile*” (.shp, .shx, .dbf);
- File raster grid: “*ESRI Ascii Grid*” (.asc), “*ESRI Floating Point Grid*” (.flt), .file di testo con lista di coordinate xyz;
- File raster immagine: “*TIFF*” (.tif con world file .tfw), “*JPG*” (.jpg con world file .jgw).

Le immagini “*GeoTIFF*” non sono supportate, ma sono trattate come normali immagini “*TIFF*” e pertanto devono essere accompagnate dal loro world file, analogamente alle altre immagini raster.

I file di output inviati tramite mail all'utente hanno lo stesso formato dei file di input.





### 3. Bibliografia

Barzagni R., Carrion D, Testaverde A., Tornatore V. (2007). Trasformazioni di Datum per applicazioni cartografiche: aspetti teorici e pratici. Bollettino A.I.C 129-130-131: 101-113.

Carlucci R, Maseroli R., Petrosino G. (2012). L'adozione del nuovo sistema di riferimento geodetico italiano. Geomedia 2: 6-10.

Collier P. (2002). Development of Australia's National GDA94 Transformation grids. Department of geomatics – The University of Melbourne.  
[\[http://www.icsm.gov.au/gda/natgrids.pdf\]](http://www.icsm.gov.au/gda/natgrids.pdf)

Guarnieri A. (2013). Slide del corso intensivo GPS: impiego della tecnologia GPS nel rilievo del territorio. Centro interdipartimentale di fotogrammetria, Telerilevamento e Sistemi Informativi Territoriali dell'Università di Padova. 20-22 febbraio 2013.

Junkins D.R., Farley S.A. (1995). NTV2 National Transformation Version2. Developer's Guide. [\[ftp://ftp.gouv.nc/sig/ESRI/ntv2/NTv2DeveloperGuide.pdf\]](ftp://ftp.gouv.nc/sig/ESRI/ntv2/NTv2DeveloperGuide.pdf)

Manuale Cartlab 3.

Mitchell D.J., Collier P.A. (2000). GDAit (GDA94 InTerpolation) software documentation. Version2.0.  
[\[http://www.dse.vic.gov.au/\\_data/assets/pdf\\_file/0014/104450/GDAit\\_Software\\_Doc\\_V206.pdf\]](http://www.dse.vic.gov.au/_data/assets/pdf_file/0014/104450/GDAit_Software_Doc_V206.pdf)

OGP – International Association of Oil & Gas Producers (2012). Coordinate Conversions and Transformations including Formulas. Geomatics Guidance Note number 7, part 2: 120-121. [\[http://www.epsg.org/\]](http://www.epsg.org/)

Maseroli R (2009). La rete dinamica nazionale: integrazione dei servizi e delle reti a livello nazionale.  
[\[http://www2.ogs.trieste.it/gps-rtk/documenti/Presentazioni%202009/Maseroli.pdf\]](http://www2.ogs.trieste.it/gps-rtk/documenti/Presentazioni%202009/Maseroli.pdf)

Ronci E. (2007). Tesi di dottorato: Dallo statico al network RTK: l'evoluzione del rilievo satellitare. Alma Mater Studiorum – Università di Bologna. Ciclo XIX.