

Il problema della discontinuità fra fusi cartografici: una soluzione pensata per la Regione Veneto utilizzabile anche in altre realtà

V. Achilli, M. Fabris, A. Menin, G. Targa (*)
M. De Gennaro, P. Milan, U. Trivelloni, A. Zampieri (**)
L. Baroni, R. Maseroli (***)

(*) Laboratorio di Rilevamento e Geomatica – DICEA, Università di Padova, Via Marzolo, 9 – 35131 Padova,
Tel: 049-8275581, Fax: 049-8275582, e-mail: andrea.menin@unipd.it

(**) Regione del Veneto – Unità di progetto Sistema informativo territoriale e cartografia

(***) Istituto Geografico Militare, Firenze

Riassunto

Il recente decreto ministeriale che impone alle Pubbliche Amministrazioni l'adozione del sistema Geodetico ETRS89, nella realizzazione ETRF2000, comporta l'utilizzo del relativo sistema cartografico TM. Il Veneto è tra le regioni che ricadono nella zona di sovrapposizione tra i fusi 32 e 33 di tale sistema, ed è quindi direttamente investito dal problema della discontinuità cartografica che rende molto difficile la correlazione tra i dati territoriali appartenenti ai due differenti fusi.

Un esame della situazione attuale mostra come nessuno dei sistemi cartografici attualmente in uso in Italia risolva il problema della continuità mantenendo i valori delle deformazioni a livelli accettabili. Nella presente nota si propone l'utilizzo di un sistema cartografico ad hoc, denominato FUSO12, basato su un unico fuso con meridiano centrale posto a 12 gradi longitudine Est. Un'attenta analisi delle deformazioni, sia lineari che areali, mostra come FUSO12, pur non potendo essere considerato la soluzione definitiva, risolva il problema della continuità, essendo nel contempo caratterizzato da valori di deformazione compatibili con l'attendibilità grafica non solo della cartografia tecnica, ma anche delle carte a grande scala (1:1000).

Abstract

The recent Italian ministerial decree, which requires for the Public Administrations the use of the ETRS89 geodetic system, in the ETRF2000 realization, needed the use of its TM cartographic system. The Veneto belong to the regions that are located on the overlap area between the 32 and 33 zones and, for this reason, is directly involved by the cartographic discontinuity problem that make difficult the correlation between the spatial data belonging to the two different areas.

Actually, no italian cartographic system solved the problem of continuity keeping the values of the deformations to an acceptable level. In this paper an appropriate cartographic system, called "Fuso 12" is used, based on a single zone with central meridian located at 12 degrees. A deformation analysis, both superficial and linear, show how Fuso 12, even if it is not the final solution, solves the problem of continuity, because it is characterized by deformation values compatible with the graphic reliability of the topographic cartography and also with large-scale maps (1:1000).

1. Introduzione

Al fine di favorire lo scambio di informazioni geografiche fra Enti Pubblici, il decreto ministeriale del 10 novembre 2011 stabilisce, per la prima volta in Italia, l'adozione ufficiale di un Sistema Geodetico a livello nazionale. Il Riferimento scelto è il Sistema Globale ETRS89 adottato dall'Europa, nella realizzazione ETRF2000 all'epoca 2008.0, che la Pubblica Amministrazione dovrà obbligatoriamente utilizzare per tutte le attività di georeferenziazione, dalla gestione delle reti di stazioni permanenti GNSS, alle tante forme oggi possibili di raccolta e memorizzazione dei dati territoriali.

Il sistema cartografico associato all'ETRS89 è il TM (Trasversa di Mercatore) che utilizza la rappresentazione conforme di Gauss su più fusi di 6 gradi di ampiezza in longitudine, dei quali, come noto, 3 sono necessari a coprire il territorio italiano: 32, 33 e 34(parte). Questa rappresentazione risulta discontinua, proprio a causa della suddivisione in fusi, e non consente pertanto la realizzazione di una base geometrica omogenea dell'intero territorio italiano, utile per un'efficace correlazione delle informazioni geografiche a livello nazionale. Proprio per sopperire a tale esigenza l'IGM ha introdotto, nei primi anni 2000, un nuovo sistema cartografico, denominato "Fuso Italia", sempre associato al Riferimento Geodetico ETRS89, che consente di proiettare tutta l'Italia su un unico piano cartografico senza soluzioni di continuità (Cima, Maseroli, Surace, 2003). Fuso Italia utilizza ancora la rappresentazione conforme di Gauss ma con un unico fuso di ampiezza pari a 12 gradi, con il meridiano centrale posto a 12 gradi di longitudine Est da Greenwich. Questa soluzione, valida per certe applicazioni a media e a piccola scala, non soddisfa però le esigenze della cartografia a grande scala, prodotta oggi in gran parte dalle Regioni, poiché, per minimizzare le deformazioni a livello dell'intero territorio nazionale, il meridiano centrale (12°) è caratterizzato da un fattore di scala pari 0.9985, che porta a deformazioni dell'ordine di 150 cm/km, quantità intollerabile alle scale tipiche della carta tecnica o superiori.

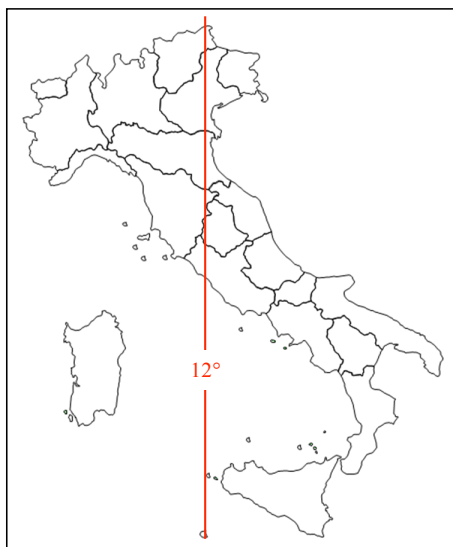


Figura 1. Posizione del meridiano 12° rispetto alle Regioni italiane.

Tali deformazioni massime caratterizzano proprio le zone prossime al meridiano centrale che segna la linea di confine fra i fusi 32 e 33, dove sono più sentite le problematiche legate alla soluzione di continuità. Le Regioni italiane penalizzate da tale situazione sono infatti tutte quelle attraversate dal meridiano 12°: Trentino Alto Adige, Veneto, Emilia Romagna, Toscana, Umbria e Lazio. Fra queste il Trentino Alto Adige, la Toscana e l'Umbria hanno la quasi totalità del loro territorio in un solo fuso, che può quindi coprire l'intera superficie regionale con una estensione di piccola entità, adottabile senza grandi difficoltà. La situazione più critica è quella della Regione Veneto, che risulta praticamente divisa a metà dal meridiano 12°, e che ha fino ad oggi ottenuto l'uniformità della carta tecnica estendendo il fuso 32 a coprire tutta l'ampiezza del territorio regionale. Tale soluzione non può però essere considerata ottimale a causa del repentino aumento delle deformazioni cartografiche che si registra avvicinandosi al limite Est del territorio regionale, dove si giunge a valori prossimi a 90 cm/km.

2. Considerazioni generali

In quel che segue verrà presentata una soluzione alla mancanza di continuità nella cartografia, ispirata in parte a “Fuso Italia”, che risolve il problema istituendo un nuovo sistema cartografico basato su un unico fuso con caratteristiche studiate ad hoc, progettato per la Regione Veneto ma estendibile anche alle altre Regioni che si trovano in analoga situazione. Il nuovo sistema, per il quale si è pensato al nome “FUSO12”, consente di ottenere la rappresentazione del territorio del Veneto priva di soluzione di continuità, contenendo al contempo le deformazioni entro valori sicuramente accettabili anche per la cartografia a grande scala, e può pertanto essere considerato una buona soluzione “classica” del problema.

Va comunque considerato che il metodo proposto, certamente più razionale rispetto alla semplice estensione del fuso 32, risolve le problematiche regionali introducendo nuove discontinuità con i territori limitrofi, e non rappresenta quindi una soluzione definitiva, ma semplicemente sposta il problema ad un livello maggiore. FUSO12 presenta inoltre tutte le problematiche derivanti dall’incompatibilità con gli standard conosciuti e condivisi, inconveniente questo insito nel fatto di definire un sistema ad hoc.

Considerando le possibilità offerte attualmente dalle tecnologie informatiche, ed il loro prevedibile incremento in tempi brevi, è opportuno considerare la soluzione prospettata come provvisoria, o meglio parziale, se pensata all’interno di un sistema informativo più performante sul quale si può iniziare oggi a ragionare in termini concreti. Nulla vieta, infatti, di ipotizzare una infrastruttura dati nella quale le informazioni geografiche siano georiferite in coordinate geografiche, metodo che elimina realmente ogni soluzione di continuità, dotata di strumenti software che a richiesta possano produrre di volta in volta una diversa proiezione in coordinate piane, ciascuna rispondente alle particolari esigenze del momento: una proiezione locale simile a FUSO12, ma con il meridiano centrale sulla località voluta, e quindi praticamente priva di deformazioni, quando si ha la necessità di un supporto per la progettazione locale, od un piano cartografico convenzionale quando si ha bisogno dell’inserimento in uno standard condiviso. Pensando in termini ancora più generali, le varie porzioni di cartografia che compongono una regione potrebbero anche essere memorizzate in differenti coordinate e sistemi geodetici, purché chiaramente identificati, lasciando alla potenzialità delle macchine l’onere di farle apparire in modo omogeneo nella forma desiderata. E’ probabile che queste moderne metodologie rappresentino la soluzione più efficace al problema dell’uniformità dei dati già in un futuro abbastanza prossimo.

3. Il sistema cartografico FUSO12

Il sistema cartografico FUSO12, ispirandosi come già accennato a Fuso Italia (Cima, Maseroli, Surace, 2003), si compone di un unico fuso centrato sul meridiano 12 gradi di longitudine Est. Dovendo considerare i territori prossimi al limite di separazione fra i fusi 32 e 33, sono evidenti le opportunità derivanti dal porre il meridiano 12° come elemento centrale del sistema. A differenza di Fuso Italia, che attribuisce a tale meridiano un coefficiente di contrazione pari a 0.9985, nel nostro caso si ottengono i risultati voluti assegnandogli un fattore di scala pari ad uno, ponendolo cioè come elemento di isometria.

Considerando che il territorio della Regione Veneto si estende in longitudine da 10°37’ a 13°06’, si otterrebbe un valore medio pari a 11°52’, molto prossimo al meridiano 12°, che offre però il vantaggio, a parte la semplicità del numero, della validità su tutto il territorio nazionale, oltre a costituire elemento di continuità con Fuso Italia.

La scelta di assegnare al meridiano 12° un fattore di scala uguale ad uno trova giustificazione nei seguenti motivi:

- data la limitata estensione del FUSO12, la deformazione lineare assume i valori massimi pari a 14 e 9 cm/km, rispettivamente ai limiti Ovest ed Est del territorio regionale, ben al di sotto dei valori che competono alle stesse località nel sistema TM 32 (vedi grafico di figura 2);
- per questioni di semplicità, data l’esiguità delle deformazioni in gioco, non si è ritenuto necessario bilanciare, attraverso un fattore di scala diverso da uno, la dilatazione massima ai bordi

del fuso con la contrazione massima lungo il meridiano centrale; in FUSO12, quindi, si avranno sempre dilatazioni (escluso il meridiano 12° isometrico), ma con valori comunque molto contenuti. Le condizioni al contorno che caratterizzano il sistema cartografico FUSO12, a confronto con quelle utilizzate dai sistemi cartografici già in uso in Italia, sono riepilogate in tabella 1.

<i>Sistema Cartografico</i>	<i>Associato al Sistema Geodetico</i>	<i>Longitudine del meridiano centrale da Greenwich</i>	<i>Falsa origine del meridiano centrale (km)</i>	<i>Fattore di scala sul meridiano centrale</i>
FUSO12	ETRS89	12°	3000	1
TM 32	ETRS89	9°	500	0.9996
TM 33	ETRS89	15°	500	0.9996
FUSO ITALIA	ETRS89	12°	7000	0.9985

Tabella 1. Condizioni al contorno del sistema cartografico FUSO12 in confronto con quelle utilizzate dai sistemi cartografici in uso in Italia.

Per quantificare esattamente le caratteristiche di FUSO12, tramite un confronto fra i valori che il modulo di deformazione lineare puntuale assume nei vari sistemi cartografici già in uso in Italia, sono stati considerati una serie di punti posti alla latitudine media della Regione (45°44'), e con longitudine variabile, con step di un primo, da 10°30' a 13°30', in modo da coprire l'intero territorio interessato. Utilizzando i programmi di calcolo automatico disponibili presso il Laboratorio di Rilevamento e Geomatica dell'Università di Padova, sono stati calcolati su tali punti, per tutti i sistemi di tabella 1, i valori della convergenza del meridiano e del modulo di deformazione lineare puntuale. I suddetti moduli di deformazione lineare sono stati riportati in grafico in figura 2, in modo da consentire un confronto diretto fra le caratteristiche dei 4 sistemi cartografici considerati.

4. Analisi delle deformazioni areali e lineari

Per ottenere un'analisi più dettagliata del comportamento delle deformazioni sia lineari che areali nel sistema cartografico FUSO12, sono state scelte quattro zone campione poste alle estremità cardinali della Regione Veneto: ad Est Bibione, ad Ovest Peschiera del Garda, a Nord Comelico Superiore e a Sud Ariano Polesine. All'interno di ciascuna zona sono stati individuati, in coordinate geografiche ETRS89, dieci punti con le seguenti caratteristiche: quattro descrivono un'area estesa approssimativamente quanto un campo da calcio (~6000 m²); quattro descrivono una superficie di un fabbricato di medie dimensioni (~400 m²) e infine gli ultimi due individuano una linea di circa 2000 m avente direzione Ovest-Est.

Le coordinate geografiche dei complessivi 40 punti suddetti sono state trasformate in coordinate piane gaussiane utilizzando 5 sistemi cartografici diversi:

- un piano locale tangente all'ellissoide nel punto baricentrico di ogni zona (ciò garantisce, data la limitatissima estensione delle aree, un'assenza pressoché totale delle deformazioni);
- FUSO12;
- Fuso Italia;
- TM 32;
- TM 33.

I valori delle coordinate piane e dei moduli di deformazione sono riepilogati, per i sistemi FUSO12 e Fuso Italia, in tabella 2. Prendendo il piano tangente locale come elemento di paragone, poiché sostanzialmente privo di deformazione, sono state confrontate, per ognuna delle quattro zone, le grandezze di area e lunghezza determinate utilizzando le coordinate piane degli altri quattro sistemi cartografici considerati. I risultati dei confronti, riassunti in tabella 3 e riportati nel grafico delle figure 3, 4, 5 e 6, mostrano l'ottimo comportamento di FUSO12.

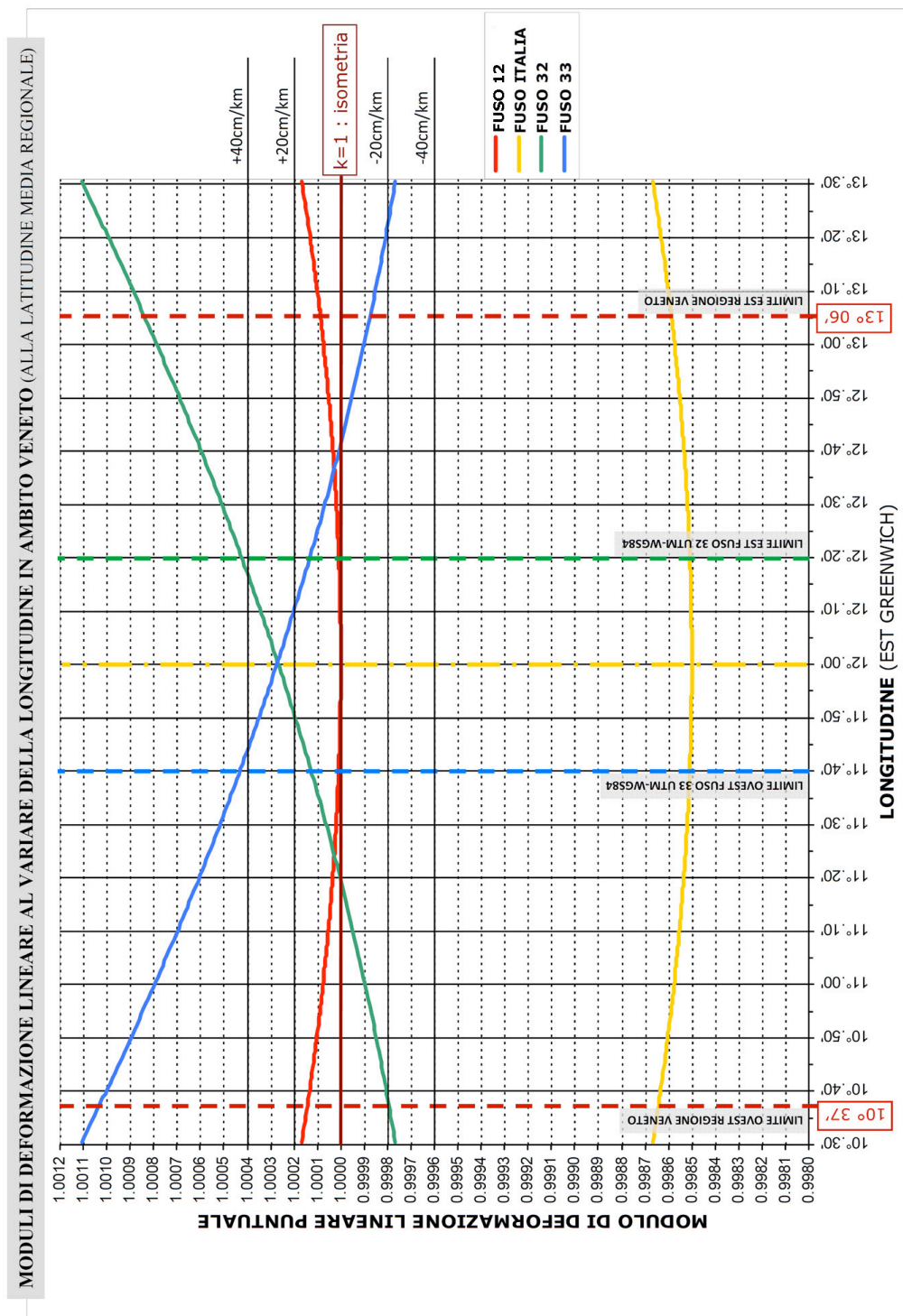


Figura 2. Riproduzione grafica dei valori assunti dal modulo di deformazione lineare nei sistemi cartografici più utilizzati nel territorio della Regione Veneto

correlazione tra i dati territoriali appartenenti ai due fusi. Analizzando i sistemi cartografici attualmente in uso si evidenziano le seguenti considerazioni:

- **TM 32 esteso:** al bordo Est del fuso 32 (12°) è presente una dilatazione di 27 cm/km che aumenta rapidamente, nella zona estesa, fino a raggiungere la ragguardevole dilatazione di 85 cm/km al limite est della Regione ($13^\circ 06'$); da non sottovalutare il fatto che, oltre all'entità della deformazione, risulta particolarmente penalizzante l'elevato gradiente che determina notevoli variazioni nel modulo per piccoli incrementi di longitudine (vedi pendenza del grafico in figura 2);

- **Fuso Italia:** presenta un piccolo gradiente del modulo di deformazione, in ambito regionale, al variare della longitudine, ma è caratterizzato da valori assoluti delle deformazioni stesse molto elevati, variabili da un minimo, al limite Ovest regionale ($10^\circ 37'$), pari a 136 cm/km, ad un massimo, in corrispondenza del meridiano centrale (12°), pari a 150 cm/km: valori incompatibili con la cartografia tecnica.

Il sistema cartografico FUSO12, proposto nella presente nota, risolve il problema della continuità ed è caratterizzato da deformazioni lineari molto contenute: tutte in dilatazione, esclusa l'isometria del meridiano centrale (12°), con un valore massimo di 14 cm/km in corrispondenza al limite Ovest regionale. I gradienti dei moduli di deformazione sia lineari che areali, testati in corrispondenza di quattro zone dislocate alle estremità cardinali del territorio veneto, risultano di piccola entità, tali da essere compatibili con l'attendibilità grafica non solo della cartografia tecnica, ma anche delle carte a più grande scala (1:1000).

Per quanto sopra FUSO12, pur presentando le problematiche già evidenziate nel paragrafo 2 e non essendo quindi la soluzione definitiva al problema della discontinuità cartografica, può comunque essere considerato una buona soluzione pratica, immediatamente utilizzabile, in attesa che l'aumento di potenzialità delle tecniche informatiche permetta la georeferenziazione delle informazioni in coordinate geografiche, consentendo di ottenere di volta in volta la proiezione piana più adatta a ciascun impiego.

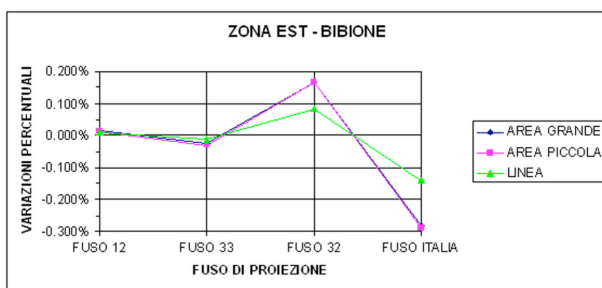


Figura 3. Confronto delle deformazioni nella zona Est – Bibione.

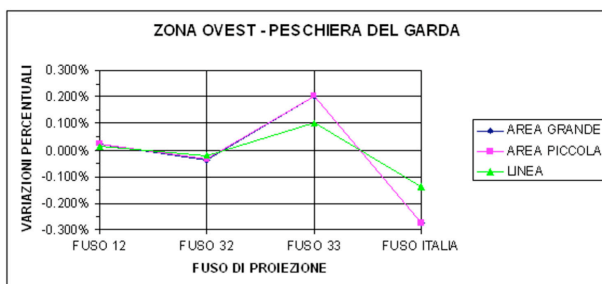


Figura 4. Confronto delle deformazioni nella zona Ovest – Peschiera del Garda.

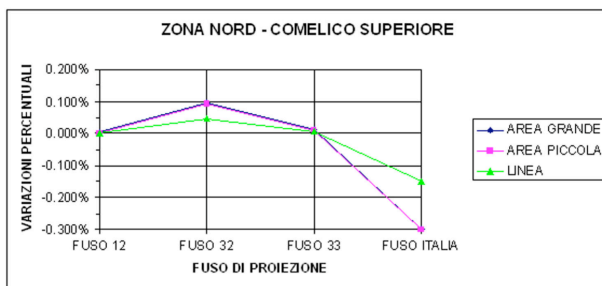


Figura 5. Confronto delle deformazioni nella zona Nord – Comelico Superiore.

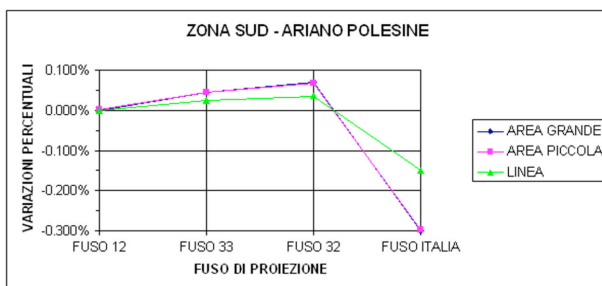


Figura 6. Confronto delle deformazioni nella zona Sud – Ariano Polesine.

Riferimenti bibliografici

- Barbarella M., Targa G., Vettore A., (1996), “Algoritmi generalizzati di trasformazione tra coordinate geografiche, gaussiane, Cassini-Soldner”, *Istituto di Topografia – Università di Padova*.
- Menin A., Targa G., Vettore A., (1996), “Algorithms for the calculation of geodetic distances”, *Report of Surveying Institute – University of Padua*.
- Menin A., Targa G., (1999), “Triangolo Geodetico Ellissoidico (comprendente il caso di spire geodetiche)”, *Dipartimento di Costruzioni e Trasporti – Università di Padova*.
- Barbarella M., Targa G., Vettore A., (1998), “Modulo di deformazione lineare puntuale, convergenza dei meridiani, curvatura, nella cartografia piano-conforme gaussiana con alcune applicazioni numeriche”, *Ministero delle Finanze, Rivista del Dipartimento del Territorio*, 3: 83-102.
- Menin A., Targa G., (2000), “Un metodo numerico – seriale per la risoluzione dei classici 1° e 2° problema fondamentale della geodesia”, *Bollettino di Geodesia e Scienze Affini*, ANNO LIX, 2: 175-194.
- Menin A., Targa G., (2000), “Proiezione Conica Equivalente (Convergenza Boreale)”, *Ministero delle Finanze, Rivista del Dipartimento del Territorio*, ANNO VIII, 1: 77-96.
- 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.
- 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”, *4° European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information Systems, Bologna*.
- Cima V., Maseroli R., Surace L., (2003), “Il processo di georeferenziazione dal telerilevamento ai GIS”, *7° Conferenza Nazionale ASITA., Verona*, I: XLIX-LXVIII.