



Evoluzione del Sistema Geodetico di Riferimento in Italia: la RDN2 *Evolution of the Geodetic Reference System in Italy: the RDN2*

RENZO MASEROLI

Istituto Geografico Militare, Firenze – maseroli@tin.it

Riassunto

Nel 2009 l'Italia ha aggiornato il Riferimento Geodetico europeo ETRS89 alla realizzazione ETRF2000 all'epoca 2008.0. Il nuovo frame è stato materializzato organizzando sul territorio un network costituito da 100 stazioni permanenti GNSS: la Rete Dinamica Nazionale (RDN). Al fine di verificare la stabilità dei siti RDN, l'IGM ha dato avvio, fin dal 2008, ad un continuo monitoraggio della rete, ottenuto attraverso ricalcoli periodici delle posizioni. Nel 2013 sono state elaborate le serie temporali dei primi 5 anni di attività, che hanno consentito una prima stima delle velocità sia assolute che interne alla placca. L'analisi dei risultati ha evidenziato siti con velocità intraplacca dell'ordine di 4 mm/anno, e conseguentemente la necessità di dover procedere ad un aggiornamento delle posizioni, pena la perdita di efficienza del network. Inoltre, dal gennaio 2008 al 2013, il 20% circa delle stazioni RDN sono state dismesse o sono divenute inaffidabili, lasciando totalmente scoperte alcune zone del territorio nazionale.

Al fine ripristinare l'integrità della rete e di mantenere una corretta geometria, l'IGM ha provveduto a reperire nuove stazioni GNSS da utilizzare in sostituzione dei siti dismessi o mal funzionanti, e ha proceduto ad un ricalcolo complessivo dell'intero network che ha consentito l'aggiornamento delle posizioni delle stazioni al 2014.4, generando di fatto una RDN seconda versione (RDN2). Come previsto dall'art. 5 del Decreto 10 novembre 2011, l'IGM proporrà i suddetti aggiornamenti al Comitato per le regole tecniche sui dati territoriali delle pubbliche amministrazioni.

Parole chiave

Sistemi Geodetici di Riferimento, GNSS, reti di stazioni NRTK, RDN

Abstract

In 2009, Italy has updated the European ETRS89 Geodetic Reference System implementing the realization ETRF2000 at epoch 2008.0. The new frame consists in a network of 100 permanent GNSS stations: the National Dynamic Network (RDN). In order to verify the stability of the RDN sites, the IGM started, since 2008, a continuous monitoring of the network, through periodic recalculations of the positions. In 2013 time series of the first 5 years of operation were processed; this computation allowed a first estimation of the absolute intraplate speed of the sites. The analysis showed sites with intraplate speed up to 4 mm / year, and consequently the need to proceed to an update of the positions in order to maintain the network efficiency. In addition, from January 2008 to 2013, about 20% of the RDN stations have been discontinued or have become unreliable, leaving some areas of the country totally uncovered. In order to restore the integrity of the network and to maintain proper geometry, the IGM replaced the defaulting sites with new GNSS stations and recalculated the entire network updating the positions of the stations at epoch 2014.4; this process lead to the realization of RDN second version (RDN2). As per Art. 5 of the Decree of 10 November 2011, the IGM will propose these updates to the technical Committee for geospatial data.

Keywords

Geodetic Reference System, Geodetic Datum, GNSS, NRTK networks, RDN

1. Il ruolo del Riferimento Geodetico

La dettagliata conoscenza della superficie terrestre, sia nelle sue forme naturali che per le modificazioni e i manufatti dovuti agli interventi umani, ha sempre costituito elemento di grande importanza per l'uomo che su tale superficie vive e opera. Nell'epoca attuale l'aumento della pressione antropica sul territorio, dovuta sia all'accresciuta densità della popolazione che al notevole incremento della capacità dell'uomo di incidere sul territorio, ha aumentato ancor più l'importanza delle informazioni territoriali, divenute oggi indispensabili per una corretta ed efficace gestione dell'ambiente. Anche i dati relativi al territorio, al pari delle altre categorie di informazioni, possono oggi essere gestiti in maniera nettamente più efficace che nel passato, a seguito dei vantaggi offerti dall'applicazione delle procedure informatiche, che consentono di organizzare razionalmente le informazioni in apposite Banche Dati (DB), ambienti nei quali sono possibili sofisticate correlazioni, e da dove i dati possono essere estratti in molteplici forme. I dati territoriali sono comunque caratterizzati da maggiore complessità rispetto alle altre categorie di informazioni: essi risultano infatti georeferenziati, possiedono cioè, oltre alla descrizione degli oggetti che può essere anche molto complessa e articolata, un attributo geometrico: *le coordinate*, che consentono di sapere dove gli oggetti sono posti, sia relativamente agli altri oggetti che in assoluto rispetto all'intera superficie terrestre. Per esprimere correttamente le relazioni spaziali fra gli oggetti è però necessario che le coordinate, che ne indicano le posizioni, siano definite in modo geometricamente rigoroso, ed è inoltre importante che i vari soggetti che raccolgono e utilizzano le informazioni adottino univoche convenzioni, cioè lo stesso sistema di coordinate e le stesse regole di connessione ai punti fisici della superficie terrestre: complessivamente lo stesso *Sistema Geodetico di Riferimento*.

In uno stato ad economia avanzata, come l'Italia, la quantità di informazioni territoriali indispensabili alle molteplici esigenze gestionali è cresciuta nel tempo fino a raggiungere oggi quantità ragguardevoli. Si pensi ai dati necessari, oltre che all'ordinaria gestione del territorio, alla difesa e all'uso razionale del suolo, ai rischi ambientali, alle indagini sociali ed economiche, alla

componente erariale, ecc.; informazioni di natura anche molto diversa che, se opportunamente correlate, costituirebbero un ausilio di grande importanza all'attività decisionale. Molti e diversificati risultano nel nostro Paese i soggetti, in gran parte Enti Pubblici, che si occupano della raccolta e della gestione delle informazioni territoriali, ognuno dei quali ha operato in passato, e in parte ancora oggi, in modo indipendente, secondo le proprie esigenze e anche secondo le proprie abitudini. Questa carenza di coordinazione ha generato e genera inutili e dispendiose duplicazioni, e spesso dati che non possono essere confrontati o integrati poiché raccolti con diversi criteri ed espressi in differenti Sistemi di Riferimento.

È quindi di notevole interesse per una Nazione che gli Enti che si occupano di informazioni territoriali utilizzino regole armonizzate e un unico Sistema Geodetico, e che operino in maniera coordinata in modo da eseguire, magari dividendosi i compiti e gli oneri, un'unica raccolta di dati che, proprio in virtù dell'equivalenti proprietà che li caratterizzano, possono essere condivisi e integrarli. In molti paesi del Nord Europa tale coordinamento, più o meno già in atto, determina una buona organizzazione che prevede di norma un'unica raccolta di dati territoriali molto dettagliati (a grande scala), che confluiscono in un DB dal quale tutti gli aventi causa attingono le informazioni di proprio interesse derivandole con procedure informatiche sempre più automatizzate.

2. Impiego ed evoluzione del Sistema Geodetico di Riferimento

Da quanto detto è evidente l'importanza per uno stato di disporre di un Sistema Geodetico univoco e condiviso, indispensabile per tutte le attività di georeferenziazione, e potremmo dire per tutta la topografia, se si escludono alcuni settori, come ad esempio: il monitoraggio locale, i rilievi e le verifiche architettoniche, le opere ingegneristiche di rilevanza locale, ecc., nei quali la posizione assoluta non è di primario interesse e può essere tranquillamente sacrificata, ottenendo in certi casi anche il vantaggio di non deteriorare la precisione raggiunta dalle misure. Le suddette applicazioni, che pur costituendo spesso punte tecnicamente

avanzate rappresentano comunque una parte limitata nel panorama complessivo dell'attività di georeferenziazione, non sono interessate ad un Riferimento Geodetico condiviso e non verranno pertanto considerate in quel che segue.

Un Sistema Geodetico, oltre ad essere condiviso, deve però anche rispondere efficacemente alle esigenze scientifiche e tecniche della Nazione, che risultano oggi in continua evoluzione. Per tutta la prima metà del XX secolo gli stati europei, ad esempio, hanno utilizzato Sistemi Geodetici Locali definiti in modo differente per ciascuna nazione, ma sufficienti a costituire adeguato supporto geometrico alle tecniche di rilievo allora in uso. Alla fine della seconda guerra mondiale era però già sentita, sia nei settori scientifici che in quelli tecnico-applicativi, la necessità di disporre di Sistemi Geodetici validi su spazi più ampi dei ristretti limiti nazionali, che consentissero di rendere confrontabili le informazioni territoriali almeno a livello di continente se non addirittura dell'intero globo. Nei decenni successivi il rapido progresso delle scienze spaziali ha reso disponibile anche alla topografia l'utilizzo dei satelliti artificiali, ampliando notevolmente le tecniche di rilievo e rivoluzionandone la natura, con grandi vantaggi di precisione, semplicità, economicità, ecc.

Alla fine del '900, il pieno sfruttamento delle metodologie satellitari era limitato in Italia dall'inadeguatezza dell'infrastruttura geodetica che costituiva la materializzazione del Sistema di Riferimento allora in uso (ROMA40), cioè dalla rete geodetica "classica", caratterizzata da precisioni relative dell'ordine dei decimetri, oltre che da zone affette da deformazioni locali di entità non trascurabile. Per superare tale problematica l'IGM diede avvio, nei primi anni 90, alla realizzazione di una nuova rete geodetica: l'IGM95, interamente rilevata con metodologia GPS e caratterizzata da incertezze dell'ordine di alcuni centimetri. Dato che l'utilizzo della nuova infrastruttura, geometricamente molto più vicina alla realtà fisica, avrebbe comportato comunque una modifica del Sistema Geodetico, fu deciso di abbandonare il vecchio ROMA40 e di allinearsi al Riferimento convenzionale che l'EUREF¹ aveva definito per l'Europa pochi

¹ EUREF è l'acronimo di European Reference Frame, sodalizio scientifico per la definizione dei Sistemi di Riferimento a livello

anni prima (nel 1989), e che era già in uso in buona parte dei paesi europei. Si tratta del Sistema ETRS89², del quale fu adottata l'unica realizzazione in quel momento disponibile: l'ETRF89³. In realtà il Sistema non è mai stato legalmente ufficializzato a livello nazionale, come del resto i Sistemi Locali precedentemente istituiti, ma essendo stato adottato e utilizzato dall'IGM è divenuto di fatto uno standard nazionale.

3. Adozione dell'ETRF2000

L'adozione da parte di una Nazione di un nuovo Riferimento Geodetico costituisce in ogni caso una fonte di problemi non secondari. Data la grande quantità di documenti georeferenziati (cartografia, GIS, ecc.) che non possono essere immediatamente convertiti nel nuovo Sistema, si andrà inevitabilmente incontro ad un periodo di tempo, spesso di non breve durata, nel quale i due Sistemi devono convivere: ma l'impiego contemporaneo di più Riferimenti porta inevitabilmente ad incongruenze, errori, e impossibilità di confronti e integrazioni. La decisione di cambiare Sistema di Riferimento va quindi valutata attentamente e attuata solo se il nuovo Sistema offre reali vantaggi rispetto al precedente, e ha una previsione di durata temporale significativa.

Pur essendo perfettamente consci delle problematiche suddette, a pochi anni dall'introduzione dell'ETRF89 (1996) si è dovuto procedere all'adozione di un nuovo Sistema. I problemi sono sorti a seguito della continua evoluzione delle metodologie di sfruttamento del GPS, che hanno portato a semplificare sempre più le tecniche di rilievo e a renderle più veloci e precise. L'aumento delle precisioni ottenibili nelle determinazioni richiede però un equivalente miglioramento nella definizione del Sistema di Riferimento nel quale tali determinazioni si inquadrano: i pochi centimetri d'errore che caratterizzano la rete IGM95, materializzazione del Riferimento ETRF89, non erano più sufficienti a soddisfare le esi-

continentale a cui partecipa anche l'Italia.

² ETRS89: European Terrestrial Reference System 1989, indica il Sistema nel senso delle regole ma non ha coordinate.

³ ETRF89: European Terrestrial Reference Frame 1989, indica una realizzazione del Sistema che include le coordinate.

genze dei più evoluti metodi di rilievo GPS, divenuto nel frattempo GNSS⁴, in particolare dell'NRTK, cioè dell'RTK supportato da reti di stazioni permanenti che, gestite unitariamente, consentono di mettere a disposizione dell'utente le correzioni differenziali in tempo reale. D'altra parte questo metodo permette di ottenere buone precisioni (sub-decimeriche) operando con un solo strumento e con ridottissimi tempi di stazionamento, e risulta pertanto molto richiesto dall'utenza tecnica.

Nei primi anni 2000, dunque, il funzionamento delle reti NRTK era di fatto impedito in Italia dall'inadeguatezza del Riferimento in uso in quel momento (ETRF89); tale limitazione penalizzava l'utenza tecnica nazionale a cui era precluso l'utilizzo delle tecniche di rilievo più moderne ed economiche. Fu quindi sentita l'esigenza di procedere ad un aggiornamento del Riferimento nazionale, in modo da dotare la Nazione di un Sistema in linea con i tempi, capace di supportare anche le metodologie di rilievo più esigenti. Poiché la rete IGM95, pur avvalendosi esclusivamente di tecnologia satellitare, presentava comunque le problematiche suddette, l'unico modo di migliorare il Riferimento era quello di sfruttare le grandi quantità di dati acculate dalle Stazioni Permanenti GNSS (SP): un significativo aumento della precisione può infatti essere ottenuto solo disponendo di lunghi periodi di osservazione e trattando i dati secondo opportune strategie con adeguati software.

Molte SP, divenute nel frattempo di facile ed economica realizzazione, erano state istituite in quegli anni un po' su tutto il territorio nazionale, ad opera di vari enti e istituzioni e per scopi anche molto diversi, tanto che del 2007 ne risultavano operanti in Italia oltre 400. Fu quindi relativamente facile, e poco oneroso, accordarsi con i proprietari delle stazioni (quasi tutti Enti Pubblici) per ricevere giornalmente, per via telematica, le osservazioni in formato RINEX a 30 secondi da 100 SP omogeneamente distribuite sul territorio nazionale con interdistanza variabile fra i 100 e i 150 km (Figura 1). Il nuovo network così costituito ha preso il nome di Rete Dinamica Nazionale (RDN), ed è stato inquadrato nella realizzazione ETRF2000 all'epoca 2008.0 per

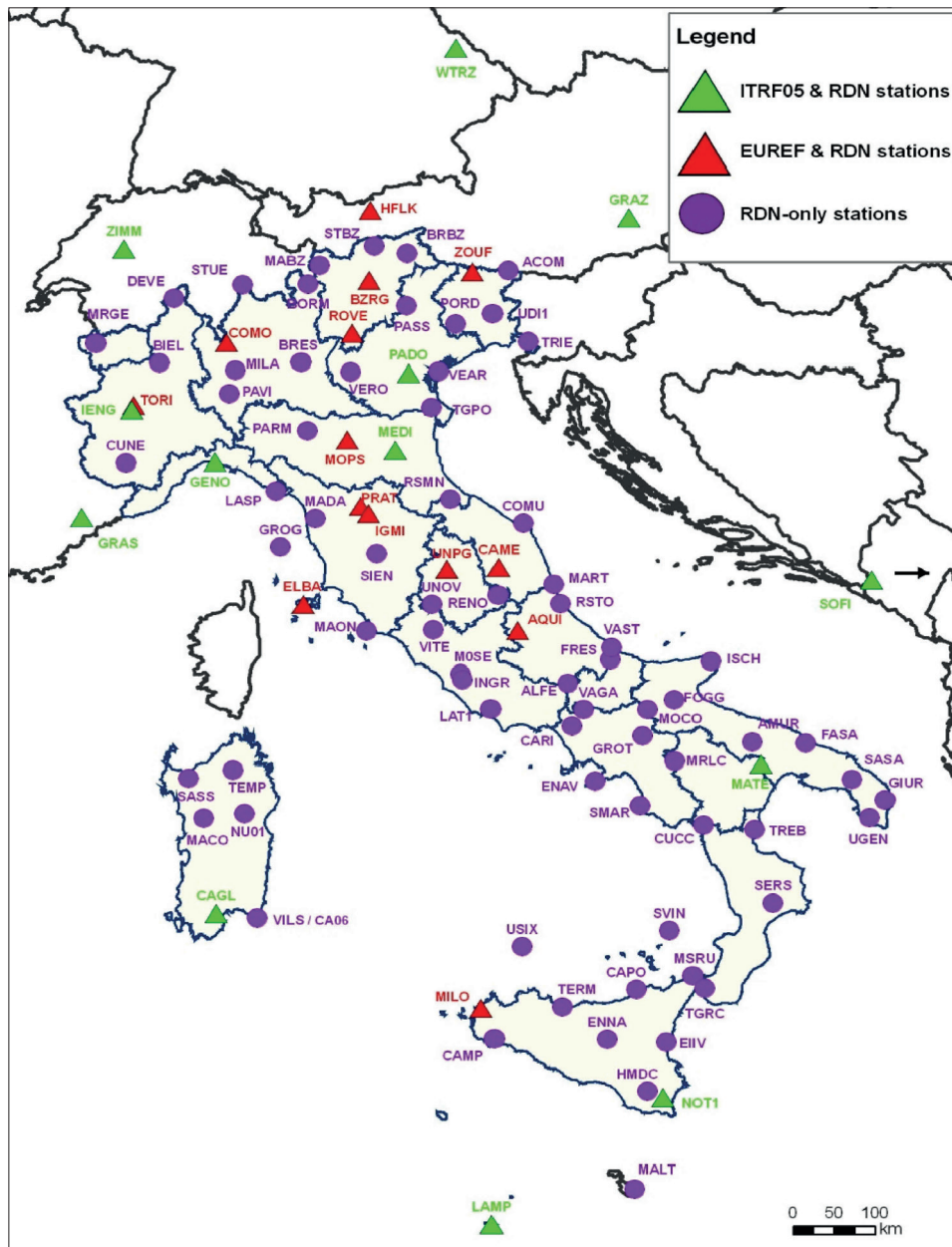
mezzo di 13 stazioni appartenenti all'EPN (EUREF Permanent Network) incluse nel calcolo. La compensazione, effettuata presso il centro di calcolo della Direzione Geodetica dell'IGM con un software fra i più quotati a livello internazionale: il cosiddetto "Bernese", è stata eseguita inizialmente in coordinate ITRF2005 (International Terrestrial Reference Frame 2005), trasportate temporalmente al 1 gennaio 2008 per mezzo delle velocità, e poi convertite in ETRF2000 utilizzando i parametri ufficiali dell'EUREF e mantenendo invariato il riferimento temporale. I risultati sono stati verificati, come previsto dall'EUREF, da altri 3 centri di analisi indipendenti presenti presso altrettante università italiane: Milano, Padova e Bologna, appositamente finanziate per questa attività dal CISIS. La precisione raggiunta nella definizione della posizione delle stazioni, migliore di 1 cm in planimetria e 1.5 cm in quota, ha consentito di chiedere e ottenere dall'EUREF l'inserimento ufficiale dell'RDN nell'EPN con la categoria "B". Per la prima volta in Italia la realizzazione ETRF2000, e la sua materializzazione costituita dall'RDN, è stata adottata ufficialmente come Sistema Geodetico di Riferimento nazionale, con il DPCM del 10 novembre 2011.

Il passaggio da ETRF89 a ETRF2000 non è stato in realtà un vero cambio di Sistema Geodetico, ma solo di realizzazione nell'ambito dello stesso Sistema (ETRS89), ma ha comunque modificato, anche se di poco, le coordinate dei punti, innescando quindi tutte le problematiche derivanti dal cambio di Riferimento. È stato quindi necessario, al fine di non avere network ufficiali disomogenei, procedere all'aggiornamento delle altre reti nazionali, in particolare della rete statica IGM95, che è stata completamente ricalcolata nella nuova Realizzazione utilizzando le misure d'impianto opportunamente integrate con baseline di collegamento a 45 stazioni RDN, selezionate in modo da ottenere una omogenea distribuzione sul territorio. Chiaramente questa operazione non ha migliorato la rete IGM95, che mantiene la precisione di alcuni centimetri che la caratterizza, quantità per altro sufficiente per la quasi totalità delle applicazioni pratiche, ma ha inquadrato la rete statica in ETRF2000 rendendola omogenea all'RDN.

Le differenze fra le due Realizzazioni (ETRF89 e ETRF2000) risultano comunque di modesta entità: le quantità massime non superano, in valore assoluto, i

⁴ GNSS è l'acronimo di Global Navigation Satellite System, e indica lo sfruttamento di tutti i sistemi satellitari per il posizionamento: GPS, GLONAS, GALILEO, ecc.

FIGURA 1 – Rete Dinamica Nazionale prima versione



13 cm in planimetria e i 22 cm in quota, in entrambi i casi con valori medi di circa 5 cm. Le quantità suddette assumono importanza solo nel settore geodetico e non in quello cartografico e dei GIS, dove i metodi di acquisizione delle informazioni sono di norma caratterizzati da incertezze nettamente superiori anche per le scale tipiche della carta tecnica, e tanto più per quelle topografiche e corografiche. Da tale considerazione derivò la scelta iniziale di predisporre le griglie necessarie al passaggio fra i due Riferimenti sono nei formati utiliz-

zabili a scopo geodetico. A seguito dei recenti aggiornamenti del Data Base EPSG (European Petroleum Survey Group), a cui la gran parte dei software GIS fa riferimento per i Sistemi Geodetici, sono oggi disponibili codici atti ad individuare esattamente tutti i Riferimenti in uso in Italia, ed è quindi opportuno utilizzarli. Per rendere possibile le trasformazioni fra ETRF89 e ETRF2000 si è quindi deciso di rendere disponibili le griglie delle differenze anche nel formato NTV2, accettato dalla gran parte dei GIS in commercio.

4. Evoluzione dell'RDN

Fin dalla sua istituzione (2008.0) la RDN è stata oggetto di un continuo monitoraggio, finalizzato sia al controllo del corretto funzionamento delle stazioni che della verifica di stabilità dei siti, quest'ultima particolarmente importante in un territorio come l'Italia non rigidamente connesso alla placca tettonica a cui appartiene (eu-roasiatica). Il monitoraggio, effettuato tramite il confronto fra le posizioni che le stazioni assumono in una serie continua di ricalcoli periodici, si concretizza nel calcolo delle velocità che risulta significativo solo a seguito del permanere del Riferimento Geodetico: per noi l'ITRF2005. Durante i primi 5 anni di attività dell'RDN (2008-2012), l'IERS ha cambiato il frame di riferimento e l'IGS ha aggiornato i valori di calibrazione delle antenne, sia dei satelliti che dei ricevitori terrestri (file IGS08.atx), creando una discontinuità fra le soluzioni calcolate nel quinquennio.

Nel corso del 2013 è stato fatto il punto della situazione che ha evidenziato quanto segue:

- il 6 % delle stazioni risultavano non più attive;
- il 4% delle stazioni presentavano malfunzionamenti tali da renderle inutilizzabili;
- il cambiamento del frame di riferimento e dei valori di calibrazione delle antenne avevano indotto discontinuità nella serie temporale tali da non consentire di giungere ad un affidabile calcolo delle velocità delle stazioni, i cui valori approssimati denunciavano comunque la presenza di probabili movimenti regionali, in particolare nella zona meridionale.

Per ottenere una stima attendibile delle velocità delle stazioni, e conseguentemente della stabilità dei siti, era opportuno disporre di risultati omogenei su tutto l'arco temporale dei 5 anni, già di per se di lunghezza appena sufficiente allo scopo. Benché impegnativo, è stato quindi deciso di riprocessare l'intero periodo (2008-2012) nel riferimento più recente: l'IGb08, limitando l'onere del ricalcolo a gruppi di 4÷5 soluzioni settimanali contigue, separate da periodi di 2÷3 mesi. L'impiego del Sistema IGb08, oltre a garantire maggiori precisioni, ha consentito l'utilizzo dei più recenti file di calibrazione delle antenne (IGS08.atx), decisamente migliori dei precedenti. Il procedimento adottato

ha permesso di ottenere una serie temporale coerente, dell'intera rete, costituita da 84 soluzioni settimanali distribuite nei 5 anni.

La successiva elaborazione delle soluzioni ha fornito una stima affidabile delle velocità assolute dei siti espresse nel Sistema IGb08, avvalorata dal confronto con le soluzioni ufficiali fornite da IGS e da EUREF per le 24 stazioni RDN inglobate nei rispetti network internazionali. I valori delle velocità residue, relative cioè alla placca euroasiatica (velocità intraplacca), sono stati ottenuti applicando alle velocità assolute i parametri di trasformazione forniti nel memo EUREF (Altamimi *et al.*, 2011).

Ad eccezione di alcuni movimenti locali di scarso interesse, l'analisi delle velocità intraplacca (Figura 2) mostra una sostanziale stabilità della parte centro-settentrionale della Penisola, della Sardegna e in generale delle regioni tirreniche, mentre nel meridione risultano evidenti regioni geografiche caratterizzate da movimenti significativi (Baroni *et al.*, 2014). In particolare la zona delimitata dalla cintura appenninica e dal mar Adriatico denuncia un movimento relativo in direzione Nord-Est con punte che superano i 5 mm/a; mentre le stazioni della Sicilia occidentale e centrale presentano un moto intraplacca in direzione Nord-Nord Ovest di entità variabile da 3 a 4 mm/a. In conclusione il calcolo delle velocità intraplacca dei siti RDN ha evidenziato, per alcuni di questi, movimenti relativi di entità sensibilmente superiore al mm/anno, segnalando la necessità di un aggiornamento delle posizioni, indispensabile per mantenere la coerenza geometrica della rete.

Nel corso dell'anno 2014 si è assistito alla dismissione di altri siti RDN, in quantità tale che nel mese di maggio le stazioni attive e correttamente funzionanti erano ridotte ad 80 unità (Figura 3). Si è quindi ritenuto necessario procedere ad una completa revisione della rete che, come vedremo nel seguito, porterà alla RDN seconda versione (RDN2). Già al momento dell'istituzione della rete erano state valutate le problematiche derivanti dalla scelta, di gran lunga più economica, di assemblare il network senza installare apposite stazioni, ma utilizzando quelle esistenti sul territorio nazionale di proprietà pubblica: il numero delle stazioni era stato quindi aumentato fino a 100 unità, proprio in considerazione dell'impossibilità di un controllo diretto dei

FIGURA 2 – Velocità orizzontali intraplacca

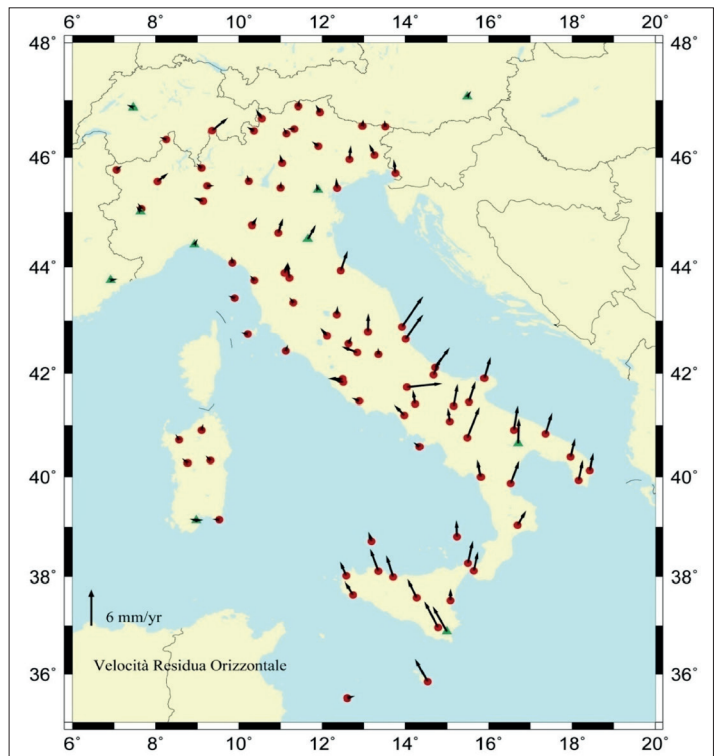


FIGURA 3 – Situazione della RDN nel 2014

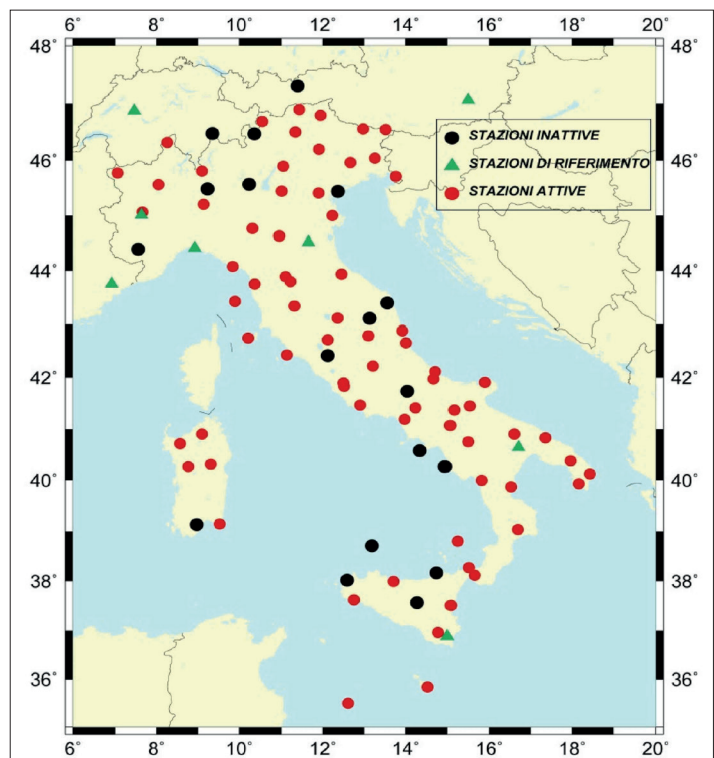
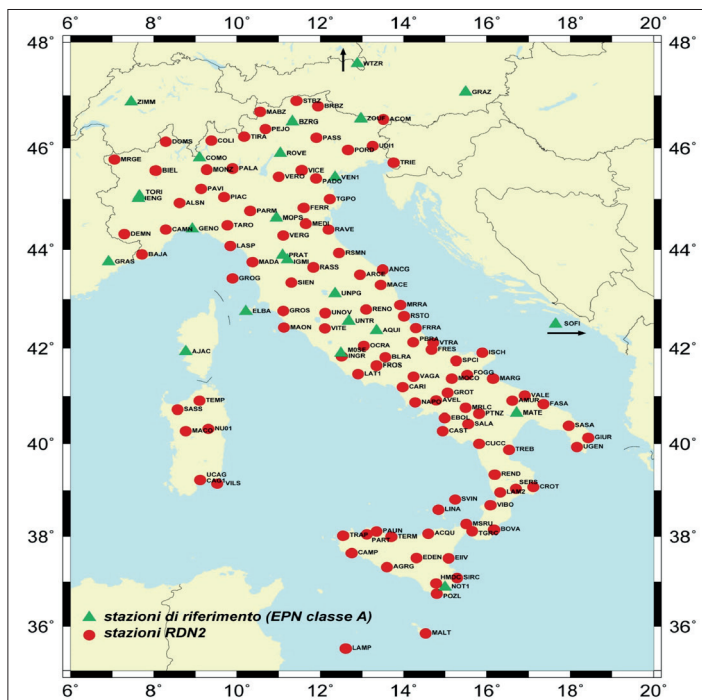


FIGURA 4 – Stazioni GNSS della RDN2



siti. Tenendo conto di tali considerazioni, ritenute tuttora valide, durante l’attuale revisione la rete è stata incrementata di 55 nuove stazioni, 21 delle quali in sostituzione di quelle dismesse, e 34 introdotte al fine di monitorare più efficacemente le aree che, a seguito della suddetta stima delle velocità, presentano geodinamiche particolari. La RDN2 risulta pertanto composta da 135 stazioni, distribuite sul territorio nazionale come visibili in Figura 4.

5. Calcolo della RDN2

Come già ampiamente discusso nella nota che illustra il calcolo delle velocità della RDN (Baroni *et al.*, 2014), la procedura attualmente più valida per il calcolo di reti regionali GNSS, suggerita anche nelle linee guida dell’EUREF, è quella di calcolare il network nel Sistema Igb08, e trasformare successivamente le posizioni in ETRF2000 attraverso l’applicazione dei parametri di rototraslazione pubblicati nel memo EUREF (Altamimi *et al.*, 2011).

L’allineamento della RDN2 all’Igb08 è stato effettuato, come suggerito dall’EUREF (Bruyninx *et al.*, 2013; Gurtner *et al.*, 1998), scegliendo fra le stazioni che ricadono all’interno e nei dintorni della zona d’interesse, quelle che presentano le seguenti caratteristiche:

- appartengono all’EPN e sono presenti nella più recente realizzazione ITRS/ETRS89 con la classe “A”⁵;
- non hanno subito cambiamenti di hardware dopo l’ultima realizzazione EUREF;
- nel calcolo che si sta eseguendo subiscono spostamenti minori di 10 mm;
- dispongono di osservazioni continue e di buona qualità per tutto il periodo di tempo trattato.

Ritenendo vantaggioso aumentare il numero dei siti di riferimento, in modo da “abbracciare” al meglio la zona d’interesse, l’inquadramento della RDN2 è stato effettuato sulle seguenti 24 stazioni EPN, tutte rispondenti

⁵ Le stazioni EPN (EUREF Permanent Network) sono classificate di categoria “A” quando hanno posizione e velocità note con precisione migliore, rispettivamente, di un cm e di un mm/a.

ai criteri suddetti: AJAC, AQUI, BZRG, COMO, ELBA, GENO, GRAS, GRAZ, IENG, IGMI, MOSE, MATE, MOPS, NOT1, PRAT, ROVE, SOFI, TORI, UNPG, UNTR, VEN1, WTZR, ZIMM, ZOUF. Tale soluzione, che non presenta comunque una distribuzione ottimale delle stazioni di riferimento (Figura 4), è stata preferita per la numerosità delle stazioni rispetto ad altri network internazionali, come ad esempio l'IGS, che hanno meno stazioni nell'area d'interesse e risultano egualmente carenti nelle regioni meridionali.

Il calcolo della RDN2 è stato eseguito con il software Bernese 5.0 trattando le osservazioni raccolte in 35 giorni consecutivi, compresi nelle settimane GPS dalla 1792 alla 1796, cioè fra i giorni giuliani 131 e 165 del 2014 (11 maggio-14 giugno). In tale periodo la disponibilità dei dati, riportata in dettaglio in Allegato 1, è risultata nel complesso decisamente buona. Le coordinate a priori delle stazioni di riferimento sono state ottenute propagando, per mezzo delle velocità, le soluzioni del sinex file EPN_A_IGb08.snz, che costituisce l'ultima soluzione cumulativa della rete EPN aggiornata alla settimana GPS 1785. Il calcolo è stato condotto secondo le linee guida dell'EUREF per le reti regionali, e utilizzando i prodotti IGB08, in particolare il file di calibrazione delle antenne IGB08.atx.

Si è proceduto per soluzioni giornaliere, trattando le ambiguità con il metodo QIF (quasi ionospheric free) con sampling a 30 secondi, e ottenendo sempre un'alta percentuale di ambiguità risolte: fra l'80% e in 90% (Figura 5). Tutte le stazioni sono state vincolate in ma-

niera *loose* alle coordinate a priori con i seguenti errori: $\sigma_{\text{Nord,Est}} = 0.005 \text{ m}$, $\sigma_{\text{Up}} = 0.01 \text{ m}$. L'equazioni normali giornaliere così ottenute sono state inquadrate, utilizzando il modulo ADDNEQ2, in IGB08 ai minimi vincoli (solo traslazione) sulle stazioni di riferimento EPN suddette. In questa fase sono state ricercate ed eliminate dalle soluzioni giornaliere le giornate/stazione considerate outlier secondo il seguente criterio: errore quadratico medio maggiore di 10 mm in Nord o Est o maggiore di 20 mm in Up. Le giornate/stazioni da scartare sono risultate in realtà molto poche: 9 su un totale di circa 4500 trattate (Allegato 1). In Figura 6 sono riportati gli RMS dell'equazioni normali di ciascuna soluzione giornaliera. Tolti gli outlier, il confronto fra le 35 soluzioni giornaliere di ciascuna stazione, effettuato con modulo COMPARE del Bernese, ha consentito di stimare un RMS della ripetibilità (Figura 7): la massima discordanza, pari a 7.7 mm, è stata riscontrata sulla direzione Up della stazione MRGE, mentre in planimetria tutti gli RMS risultano inferiori a 3 mm. Le 35 equazioni giornaliere sono state quindi ridotte eliminando i parametri di troposfera e, sempre per mezzo del modulo ADDNEQ2 del Bernese, combinate in 5 equazioni settimanali. Trattando tali soluzioni insieme a quelle ufficiali dell'EPN, relative alle stesse settimane, è stata ottenuta la soluzione finale, inquadrata ai minimi vincoli (3 traslazioni) sulle suddette stazioni EPN di classe "A".

Le coordinate ottenute, integralmente riportate in tabella 1 (Allegato 2), sono espresse nel Sistema IGB08, e sono riferite temporalmente al momento centrale del

FIGURA 5 – Percentuale delle ambiguità risolte utilizzando il metodo QIF

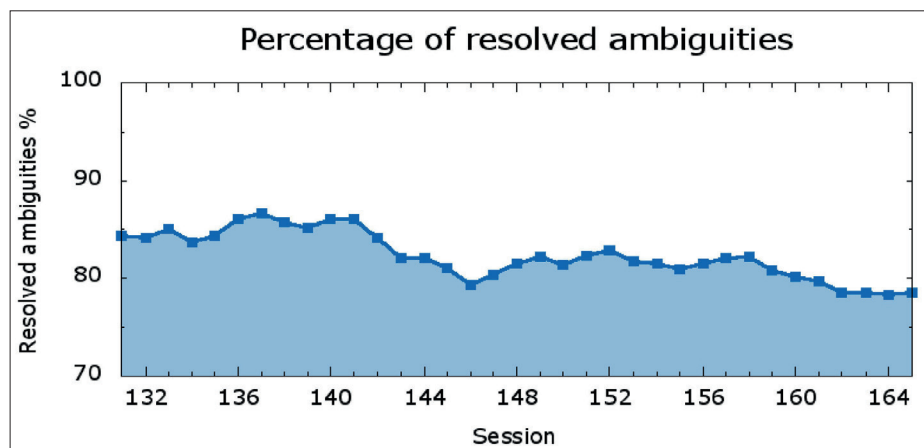


FIGURA 6 – RMS delle soluzioni

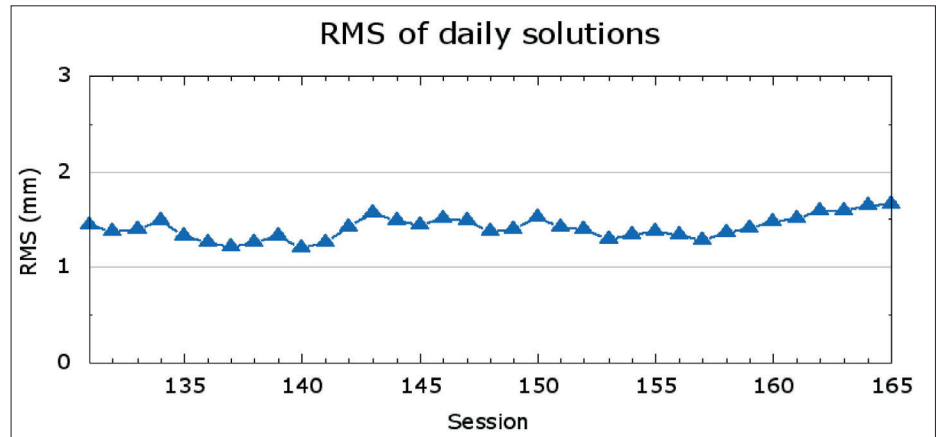
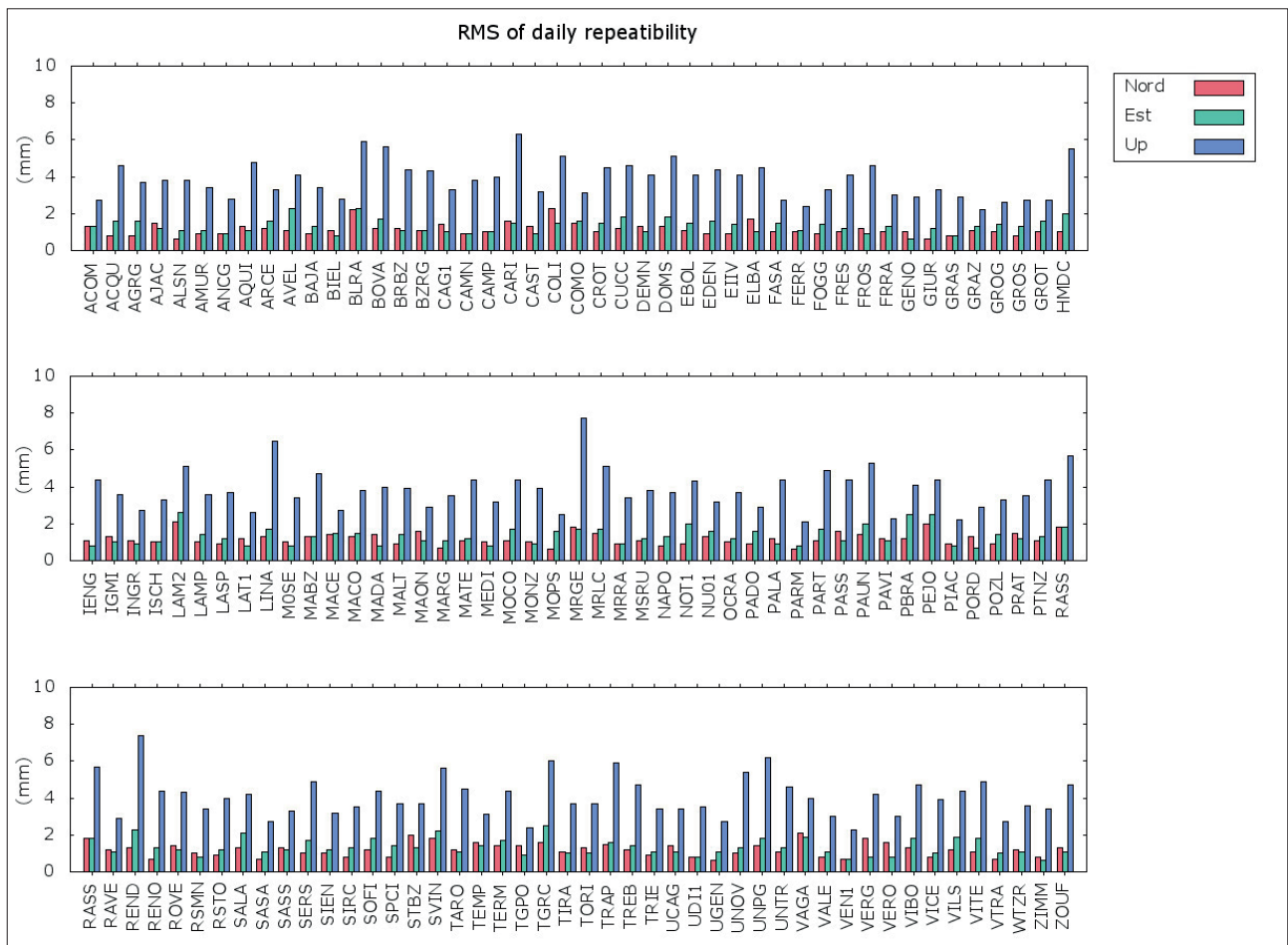


FIGURA 7 – RRMS delle stazioni valutato attraverso la ripetibilità



periodo trattato: 2014.4. È stato quindi verificato, come previsto dalle linee guida EUREF, che il calcolo effettuato non ha modificato la posizione delle stazioni di riferimento di quantità maggiori di 10 mm (Tabella 2): il valore assoluto della massima differenza ammonta a 7.7 mm, mentre la media dei valori assoluti risulta pari a 1.4 mm.

Applicando i parametri di rototraslazione pubblicati nel memo EUREF (Altamimi *et al.*, 2011), le coordinate IGB08 sono state quindi trasformate in ETRF2000 alla stessa epoca: 2014.4 (Tabella 3 in Allegato 3). Al fine di ottenere un ulteriore riscontro sulla correttezza del

calcolo effettuato, e anche sulla precedente stima delle velocità RDN (Baroni *et al.*, 2014), per le 80 stazioni a comune fra RDN e RDN2 sono stati messi a confronto gli spostamenti derivanti dall'applicazione delle velocità con quelli ottenuti dalle differenze fra le posizioni RDN2-RDN. Esclusi i 3 casi non significativi, evidenziati con fondo grigio in Tabella 4, il confronto mostra un ottimo accordo dei risultati: solo in 4 stazioni le differenze superano un cm, valore dell'RMS che caratterizza le coordinate, mentre in tutte le altre risultano ampiamente al disotto di tale quantità.

TABELLA 2 – Differenze sulle stazioni di riferimento nel presente calcolo

Stazioni	Nord [mm]	Est [mm]	Up [mm]
AJAC	0.5	1.0	7.5
AQUI	-0.6	0.7	-2.8
BZRG	-1.9	-0.6	-0.8
COMO	0.2	0.4	2.0
ELBA	-2.5	-0.2	2.4
GENO	2.8	1.1	-4.6
GRAS	1.3	0.8	-0.1
GRAZ	-0.5	1.5	-1.6
IENG	0.1	-0.1	-0.5
IGMI	-1.0	0.4	0.7
MOSE	1.3	0.6	4.3
MATE	0.3	-0.2	-1.0
MOPS	1.4	1.2	0.5
NOT1	0.6	-0.3	-4.4
PRAT	1.9	0.4	-1.1
ROVE	1.9	0.7	-3.3
SOFI	0.7	-1.4	1.7
TORI	0.2	0.7	-7.7
UNPG	1.9	-1.4	1.9
UNTR	0.6	-0.6	5.4
VEN1	-1.3	-0.4	1.4
WTZR	-0.6	0.7	-0.4
ZIMM	0.0	0.5	-1.4
ZOUF	-1.4	1.8	-0.4

TABELLA 4 – Differenze fra gli spostamenti orizzontali derivanti dalle velocità RDN e quelli ottenuti dal confronto delle coordinate RDN2 e RDN. A fondo grigio i casi non significativi, AQUI: spostamento dovuto al terremoto; UNOV: stazione spostata; TGPO: la velocità non calcolata per mancanza di dati

Stazioni	Spostam. orizzont. con le velocità RDN	Spostam. orizzont. dal confronto coord. RDN2-RDN	Differ.
	[m]	[m]	[cm]
ACOM	0.006	0.006	0.0
AMUR	0.027	0.027	0.0
AQUI	0.007	0.042	-3.5
BIEL	0.014	0.008	0.6
BRBZ	0.009	0.014	-0.5
BZRG	0.004	0.005	-0.1
CAMP	0.017	0.018	0.0
CARI	0.015	0.015	0.1
COMO	0.003	0.003	0.0
CUCC	0.019	0.020	-0.2
EIVV	0.013	0.035	-2.3
ELBA	0.004	0.007	-0.3
FASA	0.024	0.029	-0.5
FOGG	0.023	0.021	0.2
FRES	0.020	0.021	-0.1
GENO	0.001	0.003	-0.1
GIUR	0.019	0.024	-0.4
GRAS	0.003	0.002	0.1
GRAZ	0.006	0.003	0.3
GROG	0.003	0.003	0.0
GROT	0.015	0.017	-0.2

HMDC	0.031	0.033	-0.2
IENG	0.005	0.007	-0.2
IGMI	0.017	0.017	0.0
INGR	0.012	0.013	-0.2
ISCH	0.024	0.024	-0.1
LAMP	0.008	0.020	-1.2
LASP	0.003	0.004	-0.1
LAT1	0.008	0.011	-0.2
MOSE	0.015	0.013	0.2
MABZ	0.012	0.010	0.2
MACO	0.006	0.008	-0.1
MADA	0.003	0.002	0.1
MALT	0.028	0.029	-0.2
MAON	0.003	0.002	0.1
MATE	0.027	0.028	-0.2
MEDI	0.017	0.021	-0.4
MOCO	0.024	0.024	-0.1
MOPS	0.016	0.032	-1.6
MRGE	0.005	0.007	-0.2
MRLC	0.034	0.034	-0.1
MART	0.035	0.030	0.6
MSRU	0.025	0.026	-0.1
NOT1	0.031	0.031	0.0
NU01	0.007	0.002	0.5
PADO	0.006	0.005	0.1
PARM	0.010	0.011	-0.1
PASS	0.008	0.015	-0.6
PAVI	0.011	0.009	0.2
PORD	0.015	0.011	0.5
PRAT	0.012	0.031	-2.0

RENO	0.020	0.020	0.0
ROVE	0.010	0.010	0.0
RSMN	0.022	0.020	0.2
RSTO	0.031	0.028	0.4
SASA	0.020	0.026	-0.5
SASS	0.004	0.002	0.2
SERS	0.018	0.019	-0.1
SIEN	0.006	0.005	0.1
SOFI	0.012	0.012	-0.1
STBZ	0.004	0.005	-0.1
SVIN	0.018	0.016	0.2
TEMP	0.003	0.003	-0.1
TERM	0.024	0.029	-0.5
TGPO		0.013	-----
TGRC	0.021	0.022	-0.1
TORI	0.006	0.004	0.2
TREB	0.026	0.025	0.0
TRIE	0.015	0.015	0.0
UDI1	0.013	0.013	0.0
UGEN	0.022	0.026	-0.4
UNOV	0.011	685.540	-68552.9
UNPG	0.010	0.012	-0.3
VAGA	0.015	0.011	0.4
VAST	0.026	0.021	0.6
VERO	0.006	0.001	0.5
VILS	0.003	0.001	0.1
WTZR	0.005	0.003	0.2
ZIMM	0.004	0.004	0.0
ZOUF	0.006	0.004	0.2

6. Problematiche relative all'utilizzo del nuovo Riferimento

Il confronto fra le coordinate che le 80 stazioni a comune fra RDN e RDN2 ottengono nei due frame (Tabella 4) consente di quantificare esattamente gli spostamenti subiti dai siti nel corso di 5 anni, per altro in ottimo accordo con le previsioni fornite dalle velocità (Figura 2), e mostra chiaramente, come già osservato, una sostanziale stabilità dell'Italia settentrionale, delle regioni tirreniche, e della Sardegna, ma segnala anche che la fascia fra la cintura appenninica e la costa adriatica, fino all'altezza di Ancona, si è spostata rispetto al resto dell'Italia in direzione Nord-Est di circa 25 mm, e quasi

tutta la Sicilia si è mossa della stessa quantità in direzione Nord-Nord Ovest. Tali spostamenti, che probabilmente proseguiranno, hanno già modificato la geometria della rete, e in tempi abbastanza brevi metteranno in crisi l'efficienza delle metodologie di rilievo più esigenti che necessitano di una rigorosa rispondenza alla realtà della rete di riferimento, in particolare l'NRTK. È inevitabile quindi che, anche se non immediatamente, bisognerà aggiornare il Riferimento, innescando nuovamente le problematiche già precedentemente discusse, che sarebbero questa volta aggravate dal fatto che un ulteriore nuovo Sistema va ad aggiungersi ad una lista già numerosa. È infatti una realtà che anche il passaggio da ETRF89 a ETRF2000, iniziato nel 2009, è ancora

in gran parte inattuato, per non parlare dell'aggiornamento dei documenti ancora espressi negli storici Riferimenti Locali, tutt'altro che completato.

La Direzione Geodetica dell'IGM sta attualmente valutando alcune possibili soluzioni, che verranno discusse anche in ambito "Comitato per le regole tecniche sui dati territoriali delle pubbliche amministrazioni"⁶, tese a minimizzare l'impatto negativo sugli utilizzatori del Riferimento geodetico. Un metodo interessante, peraltro già attuato da alcune nazioni europee, potrebbe essere quello di utilizzare contemporaneamente due Sistemi di Riferimento:

- uno *dinamico*, tenuto costantemente allineato alla realtà fisica e perciò valido anche per le applicazioni più esigenti;

- uno *statico* convenzionale, ufficiale, da utilizzare per la comune georeferenziazione, caratterizzato comunque da recente e buona geometria (ERTF2000 al 2008.0) e collegato a quello dinamico dalla stima del campo di deformazione;

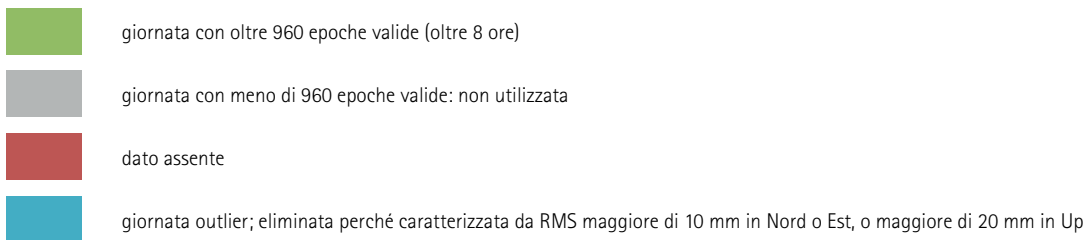
in questo modo il sistema dinamico potrebbe essere ri-allineato frequentemente alla realtà senza impatto sugli utilizzatori, aggiornando di volta in volta il campo di deformazione. Le reti NRTK funzionerebbero senza problemi nel sistema dinamico, ma dovrebbero consentire agli utenti, in modo trasparente, di ottenere determinazioni nel sistema statico convenzionale, ad esempio sfruttando i moderni protocolli di trasmissione dati (RTCM 3.0 e successivi) che offrono molte possibilità, o con altre strategie oggi in fase di sperimentazione.

⁶ Istituto dall'art. 59, comma 2, del Decreto Legislativo 7 marzo 2005, n. 82.

Allegato 1

Stazione	Giorno Giuliano																																	Totale giorni validi							
	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163		164	165					
ACOM																																							29		
ACQU																																									35
AGRG																																								35	
AJAC																																									34
ALSN																																									35
AMUR																																									35
ANCG																																									34
AQUI																																									35
ARCE																																									34
AVEL																																									35
BAJA																																									35
BIEL																																									35
BLRA																																									33
BOVA																																									35
BRBZ																																									35
BZRG																																									34
CAG1																																									33
CAMN																																									35
CAMP																																									28
CARI																																									35
CAST																																									24
COLI																																									35
COMO																																									35
CROT																																									34
CUCC																																									35
DEMN																																									34
DOMS																																									35
EBOL																																									35
EDEN																																									35
EIV																																									35
ELBA																																									34
FASA																																									35
FERR																																									35
FOGG																																									35
FRES																																									35
FROS																																									33
FRRA																																									33
GENO																																									35

VERO																																				35
VIBO																																				12
VICE																																				34
VILS																																				30
VITE																																				34
VTRA																																				28
WTZR																																				35
ZIMM																																				35
ZOUF																																				31
	Totale																																			4498



Allegato 2

TABELLA 1 – Coordinate IGB08 all'epoca 2014.4

N.	Stazione	φ	λ	h
1	ACOM	46°32' 52,5691"	13°30' 53,6458"	1774,686
2	ACQU	38°03' 21,9679"	14°35' 17,7979"	90,149
3	AGRG	37°19' 13,0223"	13°36' 04,2160"	297,367
4	AJAC	41°55' 38,8516"	8°45' 45,4214"	98,789
5	ALSN	44°55' 23,4239"	8°36' 58,8657"	146,664
6	AMUR	40°54' 26,1458"	16°36' 14,5479"	549,460
7	ANCG	43°36' 10,1759"	13°30' 07,0662"	109,793
8	AQUI	42°22' 05,6666"	13°21' 00,9036"	712,985
9	ARCE	43°30' 17,5661"	12°56' 58,0002"	408,034
10	AVEL	40°54' 43,0191"	14°46' 59,8916"	420,268
11	BAJA	43°54' 13,2352"	7°43' 08,1379"	921,781
12	BIEL	45°33' 38,6937"	8°02' 53,0058"	480,484
13	BLRA	41°48' 37,2530"	13°33' 37,2435"	419,519
14	BOVA	38°08' 38,7690"	16°10' 01,5284"	58,316
15	BRBZ	46°47' 47,5989"	11°56' 28,8346"	903,770
16	BZRG	46°29' 56,4908"	11°20' 12,4775"	329,135
17	CAG1	39°13' 40,8658"	9°06' 36,5353"	134,820
18	CAMN	44°24' 18,9726"	8°16' 49,8020"	390,066
19	CAMP	37°37' 45,3418"	12°44' 41,5971"	146,078
20	CARI	41°11' 41,0019"	13°58' 27,0926"	142,366
21	CAST	40°16' 08,1356"	14°56' 27,3954"	90,378
22	COLI	46°08' 19,9403"	9°22' 49,7489"	275,608
23	COMO	45°48' 07,7928"	9°05' 44,2493"	292,292
24	CROT	39°04' 07,9796"	17°06' 51,4212"	78,202
25	CUCC	39°59' 37,6948"	15°48' 55,9780"	669,326
26	DEMN	44°18' 56,6118"	7°17' 33,4810"	862,669
27	DOMS	46°07' 08,5675"	8°17' 10,7945"	365,633
28	EBOL	40°32' 47,6194"	14°59' 13,2842"	83,450
29	EDEN	37°31' 23,0913"	14°18' 12,5580"	732,301
30	EIIV	37°30' 48,9733"	15°04' 55,5032"	88,873
31	ELBA	42°45' 10,4464"	10°12' 39,9581"	271,760
32	FASA	40°50' 05,4024"	17°21' 32,5242"	175,774
33	FERR	44°49' 40,2879"	11°36' 04,5798"	64,580

34	FOGG	41°,27' 07,9432"	15°,31' 55,6830"	148,369
35	FRES	41°,58' 24,6337"	14°,40' 09,5030"	404,705
36	FROS	41°,38' 20,6196"	13°,21' 01,8509"	318,437
37	FERRA	42°,25' 03,9034"	14°,17' 32,0080"	92,547
38	GENO	44°,25' 09,8004"	8°,55' 16,1241"	155,526
39	GIUR	40°,07' 27,9931"	18°,25' 48,1163"	121,867
40	GRAS	43°,45' 17,0611"	6°,55' 14,0723"	1319,313
41	GRAZ	47°,04' 01,6727"	15°,29' 36,5386"	538,289
42	GROG	43°,25' 34,6908"	9°,53' 31,2077"	241,072
43	GROS	42°,45' 55,4292"	11°,06' 42,5619"	90,000
44	GROT	41°,04' 22,2366"	15°,03' 35,5423"	499,900
45	HMDC	36°,57' 32,4676"	14°,46' 59,2133"	586,604
46	IENG	45°,00' 54,4815"	7°,38' 21,8665"	316,628
47	IGMI	43°,47' 44,3413"	11°,12' 49,6862"	95,069
48	INGR	41°,49' 41,1078"	12°,30' 53,2876"	104,443
49	ISCH	41°,54' 15,5279"	15°,53' 47,5405"	373,492
50	LAM2	38°,57' 26,4529"	16°,18' 43,2673"	203,980
51	LAMP	35°,29' 59,1930"	12°,36' 20,3714"	57,827
52	LASP	44°,04' 23,8385"	9°,50' 22,7642"	87,165
53	LAT1	41°,28' 14,7144"	12°,54' 05,2205"	97,909
54	LINA	38°,34' 37,5664"	14°,50' 06,5178"	156,152
55	MOSE	41°,53' 35,2139"	12°,29' 35,7390"	120,570
56	MABZ	46°,41' 09,5658"	10°,33' 03,7531"	1092,067
57	MACE	43°,17' 38,7486"	13°,27' 03,2906"	307,092
58	MACO	40°,16' 08,9716"	8°,46' 10,2316"	637,708
59	MADA	43°,44' 50,9750"	10°,21' 57,8529"	56,864
60	MALT	35°,50' 16,7300"	14°,31' 34,3145"	72,409
61	MAON	42°,25' 41,4503"	11°,07' 50,5047"	228,408
62	MARG	41°,22' 24,0475"	16°,08' 56,1367"	64,761
63	MATE	40°,38' 56,8800"	16°,42' 16,0631"	535,658
64	MEDI	44°,31' 11,8516"	11°,38' 48,5431"	50,013
65	MOCO	41°,22' 16,1838"	15°,09' 30,8564"	1072,654
66	MONZ	45°,34' 37,4029"	9°,16' 20,3738"	227,204
67	MOPS	44°,37' 45,6779"	10°,56' 57,1075"	92,172
68	MRGE	45°,46' 11,1833"	7°,03' 39,9022"	1722,825
69	MRLC	40°,45' 23,1480"	15°,29' 19,4796"	631,505
70	MRRA	42°,53' 07,1535"	13°,54' 57,4654"	61,918
71	MSRU	38°,15' 49,7424"	15°,30' 30,0168"	396,772
72	NAPO	40°,52' 12,0859"	14°,16' 33,5594"	127,722
73	NOT1	36°,52' 33,0460"	14°,59' 23,2422"	126,334
74	NU01	40°,18' 52,7508"	9°,18' 48,0936"	586,717

75	OCRA	42°,02' 58,2191"	13°,02' 20,3037"	878,260
76	PADO	45°,24' 40,1582"	11°,53' 45,8322"	64,683
77	PALA	45°,36' 07,4622"	9°,53' 50,3293"	238,748
78	PARM	44°,45' 52,4564"	10°,18' 43,8825"	121,859
79	PART	38°,02' 25,5069"	13°,06' 35,3119"	247,575
80	PASS	46°,11' 34,7774"	11°,54' 07,2594"	1418,683
81	PAUN	38°,06' 19,9567"	13°,20' 54,4445"	113,511
82	PAVI	45°,12' 10,7476"	9°,08' 10,1261"	143,648
83	PBRA	42°,07' 27,2919"	14°,13' 42,5584"	571,937
84	PEJO	46°,21' 48,2869"	10°,40' 31,8591"	1612,681
85	PIAC	45°,02' 35,3452"	9°,41' 23,0684"	115,119
86	PORD	45°,57' 24,3966"	12°,39' 40,3460"	81,762
87	POZL	36°,43' 42,5710"	14°,47' 37,1347"	90,661
88	PRAT	43°,53' 08,0308"	11°,05' 56,8664"	119,942
89	PTNZ	40°,38' 05,0586"	15°,49' 01,1129"	731,160
90	RASS	43°,38' 48,3434"	11°,50' 08,2547"	354,062
91	RAVE	44°,24' 19,0679"	12°,11' 30,7786"	51,813
92	REND	39°,20' 42,7613"	16°,11' 11,8273"	364,403
93	RENO	42°,47' 34,1825"	13°,05' 35,1314"	669,116
94	ROVE	45°,53' 36,6244"	11°,02' 31,5751"	261,691
95	RSMN	43°,56' 00,4700"	12°,27' 02,6863"	767,434
96	RSTO	42°,39' 30,1915"	14°,00' 05,3341"	102,595
97	SALA	40°,25' 01,9728"	15°,33' 23,8441"	504,539
98	SASA	40°,23' 06,6116"	17°,57' 52,5832"	99,273
99	SASS	40°,43' 15,9604"	8°,34' 02,1868"	302,471
100	SERS	39°,02' 09,3865"	16°,41' 18,6826"	1214,993
101	SIEN	43°,20' 29,7356"	11°,18' 46,7548"	417,666
102	SIRC	37°,04' 33,7591"	15°,16' 55,1812"	90,450
103	SOFI	42°,33' 21,9444"	23°,23' 41,0474"	1119,530
104	SPCI	41°,44' 25,5962"	15°,15' 34,1108"	244,453
105	STBZ	46°,53' 53,7110"	11°,25' 32,1083"	1043,753
106	SVIN	38°,48' 10,1054"	15°,14' 03,0556"	119,232
107	TARO	44°,29' 16,2939"	9°,45' 56,6848"	473,654
108	TEMP	40°,54' 29,0793"	9°,05' 59,3288"	597,280
109	TERM	37°,58' 59,7288"	13°,42' 07,8006"	55,302
110	TGPO	45°,00' 11,0169"	12°,13' 41,9618"	49,322
111	TGRC	38°,06' 29,9646"	15°,39' 03,7229"	139,223
112	TIRA	46°,12' 59,3394"	10°,10' 20,5098"	503,170
113	TORI	45°,03' 48,1281"	7°,39' 40,6213"	310,749
114	TRAP	38°,00' 45,4467"	12°,32' 28,0633"	61,941
115	TREB	39°,52' 08,7380"	16°,31' 37,0260"	138,351

116	TRIE	45°,42' 35,1305"	13°,45' 48,6815"	323,411
117	UCAG	39°,13' 40,9176"	9°,06' 36,5024"	134,820
118	UDI1	46°,02' 14,9297"	13°,15' 10,8788"	149,297
119	UGEN	39°,55' 39,7474"	18°,09' 43,2389"	152,196
120	UNOV	42°,43' 18,2495"	12°,06' 59,5207"	351,680
121	UNPG	43°,07' 09,8146"	12°,21' 20,5400"	351,099
122	UNTR	42°,33' 31,2500"	12°,40' 25,6479"	219,165
123	VAGA	41°,24' 55,5843"	14°,14' 03,6553"	784,837
124	VALE	41°,00' 58,9406"	16°,54' 16,2942"	207,266
125	VEN1	45°,25' 50,0576"	12°,21' 14,6893"	60,421
126	VERG	44°,17' 14,6988"	11°,06' 37,8796"	271,994
127	VERO	45°,26' 40,9333"	11°,00' 08,7771"	123,847
128	VIBO	38°,40' 29,1424"	16°,04' 58,8202"	552,814
129	VICE	45°,33' 50,6309"	11°,33' 22,6358"	96,160
130	VILS	39°,08' 33,2691"	9°,31' 15,4655"	101,729
131	VITE	42°,24' 34,7474"	12°,06' 34,8444"	419,155
132	VTRA	42°,06' 37,3812"	14°,42' 28,4376"	209,806
133	WTZR	49°,08' 39,1192"	12°,52' 44,0847"	666,026
134	ZIMM	46°,52' 37,5561"	7°,27' 55,0052"	956,344
135	ZOUF	46°,33' 25,9982"	12°,58' 24,7962"	1946,514

Allegato 3

TABELLA 3 – Coordinate ETRF2000 all'epoca 2014.4

N.	Stazione	φ	λ	h
1	ACOM	46°32' 52,5541"	13°30' 53,6223"	1774,683
2	ACQU	38°03' 21,9529"	14°35' 17,7753"	90,163
3	AGRG	37°19' 13,0073"	13°36' 04,1937"	297,382
4	AJAC	41°55' 38,8363"	8°45' 45,3996"	98,793
5	ALSN	44°55' 23,4086"	8°36' 58,8436"	146,662
6	AMUR	40°54' 26,1309"	16°36' 14,5244"	549,469
7	ANCG	43°36' 10,1609"	13°30' 07,0431"	109,796
8	AQUI	42°22' 05,6516"	13°21' 00,8807"	712,990
9	ARCE	43°30' 17,5510"	12°56' 57,9772"	408,036
10	AVEL	40°54' 43,0042"	14°46' 59,8686"	420,277
11	BAJA	43°54' 13,2199"	7°43' 08,1161"	921,780
12	BIEL	45°33' 38,6783"	8°02' 52,9838"	480,480
13	BLRA	41°48' 37,2380"	13°33' 37,2206"	419,525
14	BOVA	38°08' 38,7541"	16°10' 01,5054"	58,331
15	BRBZ	46°47' 47,5838"	11°56' 28,8115"	903,766
16	BZRG	46°29' 56,4757"	11°20' 12,4546"	329,132
17	CAG1	39°13' 40,8505"	9°06' 36,5137"	134,828
18	CAMN	44°24' 18,9573"	8°16' 49,7801"	390,065
19	CAMP	37°37' 45,3267"	12°44' 41,5749"	146,091
20	CARI	41°11' 40,9869"	13°58' 27,0697"	142,373
21	CAST	40°16' 08,1206"	14°56' 27,3724"	90,388
22	COLI	46°08' 19,9250"	9°22' 49,7265"	275,604
23	COMO	45°48' 07,7775"	9°05' 44,2270"	292,289
24	CROT	39°04' 07,9648"	17°06' 51,3979"	78,215
25	CUCC	39°59' 37,6799"	15°48' 55,9549"	669,337
26	DEMN	44°18' 56,5965"	7°17' 33,4594"	862,667
27	DOMS	46°07' 08,5521"	8°17' 10,7724"	365,629
28	EBOL	40°32' 47,6044"	14°59' 13,2611"	83,459
29	EDEN	37°31' 23,0763"	14°18' 12,5355"	732,316
30	EIIV	37°30' 48,9584"	15°04' 55,4805"	88,888
31	ELBA	42°45' 10,4311"	10°12' 39,9358"	271,762
32	FASA	40°50' 05,3876"	17°21' 32,5006"	175,784
33	FERR	44°49' 40,2727"	11°36' 04,5570"	64,579

34	FOGG	41°27' 07,9283"	15°31' 55,6597"	148,377
35	FRES	41°58' 24,6188"	14°40' 09,4799"	404,712
36	FROS	41°38' 20,6046"	13°21' 01,8280"	318,443
37	FERRA	42°25' 03,8884"	14°17' 31,9848"	92,553
38	GENO	44°25' 09,7851"	8°55' 16,1020"	155,525
39	GIUR	40°07' 27,9785"	18°25' 48,0926"	121,879
40	GRAS	43°45' 17,0457"	6°55' 14,0508"	1319,312
41	GRAZ	47°04' 01,6579"	15°29' 36,5145"	538,286
42	GROG	43°25' 34,6755"	9°53' 31,1855"	241,074
43	GROS	42°45' 55,4140"	11°06' 42,5395"	90,003
44	GROT	41°04' 22,2216"	15°03' 35,5192"	499,908
45	HMDC	36°57' 32,4526"	14°46' 59,1908"	586,620
46	IENG	45°00' 54,4662"	7°38' 21,8447"	316,625
47	IGMI	43°47' 44,3261"	11°12' 49,6636"	95,070
48	INGR	41°49' 41,0927"	12°30' 53,2649"	104,449
49	ISCH	41°54' 15,5131"	15°53' 47,5171"	373,499
50	LAM2	38°57' 26,4381"	16°18' 43,2442"	203,992
51	LAMP	35°29' 59,1778"	12°36' 20,3494"	57,844
52	LASP	44°04' 23,8233"	9°50' 22,7420"	87,165
53	LAT1	41°28' 14,6993"	12°54' 05,1978"	97,915
54	LINA	38°34' 37,5515"	14°50' 06,4950"	156,165
55	MOSE	41°53' 35,1988"	12°29' 35,7163"	120,576
56	MABZ	46°41' 09,5506"	10°33' 03,7303"	1092,063
57	MACE	43°17' 38,7335"	13°27' 03,2676"	307,095
58	MACO	40°16' 08,9562"	8°46' 10,2099"	637,714
59	MADA	43°44' 50,9598"	10°21' 57,8305"	56,865
60	MALT	35°50' 16,7150"	14°31' 34,2921"	72,426
61	MAON	42°25' 41,4351"	11°07' 50,4823"	228,412
62	MARG	41°22' 24,0327"	16°08' 56,1133"	64,769
63	MATE	40°38' 56,8652"	16°42' 16,0397"	535,667
64	MEDI	44°31' 11,8365"	11°38' 48,5203"	50,013
65	MOCO	41°22' 16,1689"	15°09' 30,8332"	1072,661
66	MONZ	45°34' 37,3877"	9°16' 20,3515"	227,201
67	MOPS	44°37' 45,6627"	10°56' 57,0848"	92,171
68	MRGE	45°46' 11,1679"	7°03' 39,8804"	1722,821
69	MRLC	40°45' 23,1331"	15°29' 19,4564"	631,514
70	MRRA	42°53' 07,1384"	13°54' 57,4423"	61,922
71	MSRU	38°15' 49,7275"	15°30' 29,9940"	396,786
72	NAPO	40°52' 12,0709"	14°16' 33,5364"	127,730
73	NOT1	36°52' 33,0311"	14°59' 23,2196"	126,350
74	NU01	40°18' 52,7355"	9°18' 48,0718"	586,724

75	OCRA	42°,02' 58,2040"	13°,02' 20,2809"	878,266
76	PADO	45°,24' 40,1431"	11°,53' 45,8092"	64,682
77	PALA	45°,36' 07,4470"	9°,53' 50,3068"	238,746
78	PARM	44°,45' 52,4412"	10°,18' 43,8600"	121,858
79	PART	38°,02' 25,4918"	13°,06' 35,2896"	247,588
80	PASS	46°,11' 34,7623"	11°,54' 07,2363"	1418,680
81	PAUN	38°,06' 19,9416"	13°,20' 54,4221"	113,524
82	PAVI	45°,12' 10,7323"	9°,08' 10,1039"	143,645
83	PBRA	42°,07' 27,2769"	14°,13' 42,5353"	571,943
84	PEJO	46°,21' 48,2718"	10°,40' 31,8364"	1612,677
85	PIAC	45°,02' 35,3300"	9°,41' 23,0460"	115,117
86	PORD	45°,57' 24,3815"	12°,39' 40,3227"	81,760
87	POZL	36°,43' 42,5560"	14°,47' 37,1122"	90,677
88	PRAT	43°,53' 08,0156"	11°,05' 56,8439"	119,943
89	PTNZ	40°,38' 05,0437"	15°,49' 01,0897"	731,169
90	RASS	43°,38' 48,3282"	11°,50' 08,2319"	354,064
91	RAVE	44°,24' 19,0528"	12°,11' 30,7557"	51,813
92	REND	39°,20' 42,7464"	16°,11' 11,8042"	364,414
93	RENO	42°,47' 34,1674"	13°,05' 35,1084"	669,120
94	ROVE	45°,53' 36,6092"	11°,02' 31,5523"	261,689
95	RSMN	43°,56' 00,4549"	12°,27' 02,6634"	767,436
96	RSTO	42°,39' 30,1765"	14°,00' 05,3110"	102,600
97	SALA	40°,25' 01,9579"	15°,33' 23,8210"	504,548
98	SASA	40°,23' 06,5969"	17°,57' 52,5595"	99,283
99	SASS	40°,43' 15,9450"	8°,34' 02,1651"	302,476
100	SERS	39°,02' 09,3716"	16°,41' 18,6594"	1215,005
101	SIEN	43°,20' 29,7204"	11°,18' 46,7322"	417,668
102	SIRC	37°,04' 33,7441"	15°,16' 55,1585"	90,466
103	SOFI	42°,33' 21,9302"	23°,23' 41,0222"	1119,539
104	SPCI	41°,44' 25,5813"	15°,15' 34,0875"	244,460
105	STBZ	46°,53' 53,6959"	11°,25' 32,0853"	1043,749
106	SVIN	38°,48' 10,0904"	15°,14' 03,0327"	119,244
107	TARO	44°,29' 16,2787"	9°,45' 56,6625"	473,653
108	TEMP	40°,54' 29,0640"	9°,05' 59,3070"	597,285
109	TERM	37°,58' 59,7137"	13°,42' 07,7781"	55,315
110	TGPO	45°,00' 11,0018"	12°,13' 41,9388"	49,321
111	TGRC	38°,06' 29,9497"	15°,39' 03,7000"	139,237
112	TIRA	46°,12' 59,3242"	10°,10' 20,4872"	503,167
113	TORI	45°,03' 48,1128"	7°,39' 40,5995"	310,746
114	TRAP	38°,00' 45,4315"	12°,32' 28,0411"	61,954
115	TREB	39°,52' 08,7232"	16°,31' 37,0027"	138,362

116	TRIE	45°,42' 35,1155"	13°,45' 48,6580"	323,410
117	UCAG	39°,13' 40,9022"	9°,06' 36,4808"	134,829
118	UDI1	46°,02' 14,9147"	13°,15' 10,8554"	149,295
119	UGEN	39°,55' 39,7327"	18°,09' 43,2152"	152,207
120	UNOV	42°,43' 18,2344"	12°,06' 59,4980"	351,684
121	UNPG	43°,07' 09,7995"	12°,21' 20,5172"	351,102
122	UNTR	42°,33' 31,2349"	12°,40' 25,6251"	219,169
123	VAGA	41°,24' 55,5693"	14°,14' 03,6323"	784,845
124	VALE	41°,00' 58,9258"	16°,54' 16,2707"	207,275
125	VEN1	45°,25' 50,0425"	12°,21' 14,6662"	60,420
126	VERG	44°,17' 14,6836"	11°,06' 37,8570"	271,994
127	VERO	45°,26' 40,9181"	11°,00' 08,7544"	123,846
128	VIBO	38°,40' 29,1275"	16°,04' 58,7971"	552,827
129	VICE	45°,33' 50,6157"	11°,33' 22,6130"	96,158
130	VILS	39°,08' 33,2538"	9°,31' 15,4438"	101,738
131	VITE	42°,24' 34,7322"	12°,06' 34,8217"	419,159
132	VTRA	42°,06' 37,3663"	14°,42' 28,4144"	209,812
133	WTZR	49°,08' 39,1042"	12°,52' 44,0609"	666,018
134	ZIMM	46°,52' 37,5407"	7°,27' 54,9833"	956,338
135	ZOUF	46°,33' 25,9831"	12°,58' 24,7728"	1946,511

Bibliografia

- ALTAMIMI Z. e BOUCHER C. (2011), Memo: Specifications for reference frame fixing in the analysis of EUREF GPS campaign 18-05-2011 – vers. 8.
- BARONI L., CAULI F., DONATELLI D., FAROLFI G. e MASEROLI R. (2009), Final results of the Italian Rete Dinamica Nazionale (RDN) of Istituto Geografico Militare Italiano (IGMI) and its alignment to ETRF2000, “Bollettino di Geodesia e Scienze Affini”, anno LXVIII, n. 3.
- BARONI L., CORSI M. e MASEROLI R. (2014), Analisi delle velocità dei siti della Rete Dinamica Nazionale, “Geologia tecnica & ambientale”, 2014/2, pp. 11-27.
- BRUYNINX C., ALTAMIMI Z., CAPORALI A., KENYERES A., LIDBERG M., STANGL G. e TORRES J. A. (2013), Guidelines for EUREF Densifications, 23-05-2013 vers. 5.
- CAPORALI A., TURTURICI F., MASEROLI R. e FAROLFI G. (2009), Preliminary results of the computation of the new Italian Permanent Network RDN of GPS Stations, “Bollettino di Geodesia e Scienze Affini”, anno LXVIII, n. 2.
- FAROLFI G. e MASEROLI R. (2009), Completamento e monitoraggio della rete dinamica nazionale, “Atti della 13^a Conferenza Nazionale ASITA”, Bari, 1-4 dicembre 2009.
- GURTNER W., BOUCHER C., BRUYNINX C. e MAREL H. V. D. (1998), The Use of the IGS/EUREF Permanent Network For EUREF Densification Campaigns, “Symposium EUREF”, juni 1997, Sofia, Vol. 58, pp. 50-51.