

Rete Dinamica Nazionale: versione 2

L. Baroni, R. Maseroli

Istituto Geografico Militare, Firenze

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 in tempi brevi 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, ed 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 al più presto gli aggiornamenti suddetti al Comitato per le regole tecniche sui dati territoriali delle pubbliche amministrazioni.

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 in a short time 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 as soon as possibile these updates to the technical Committee for geospatial data.

1. Introduzione

Nel 2009 l'Italia ha aggiornato il Riferimento Geodetico europeo ETRS89 alla realizzazione ETRF2000 all'epoca 2008.0, materializzata sul territorio nazionale da un network di stazioni GNSS denominato Rete Dinamica Nazionale (RDN). Durante i primi 5 anni di attività, a partire dalla sua istituzione, la RDN è stata oggetto di un continuo monitoraggio, effettuato attraverso periodici ricalcoli delle posizioni delle stazioni, e finalizzato al controllo sia del corretto funzionamento delle stazioni stesse, che alla verifica della stabilità dei siti, quest'ultima particolarmente importante in un territorio come l'Italia non rigidamente connesso alla placca tettonica euroasiatica. In tale periodo però (2008 - 2012) l'IERS ha cambiato il frame di riferimento e l'IGS ha aggiornato i valori di calibrazioni delle antenne, sia dei satelliti che dei ricevitori terrestri (file IGS08.atx), rendendo incoerenti le soluzioni calcolate nel quinquennio.

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

- 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. 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 precisioni maggiori, ha consentito l'utilizzo dei più recenti file di calibrazione delle antenne (IGS08.atx), decisamente migliori dei precedenti. Il procedimento adottato ha consentito 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, Boucher, 2011).

Ad eccezione di alcuni movimenti locali di scarso rilievo, l'analisi delle velocità intraplacca (Fig. 1) mostra una sostanziale stabilità della parte centro-settentrionale della Penisola, della Sardegna ed 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 e l'urgenza di un aggiornamento delle posizioni, indispensabile per mantenere la coerenza geometrica della rete.



Fig. 1 - Velocità orizzontali intraplacca.

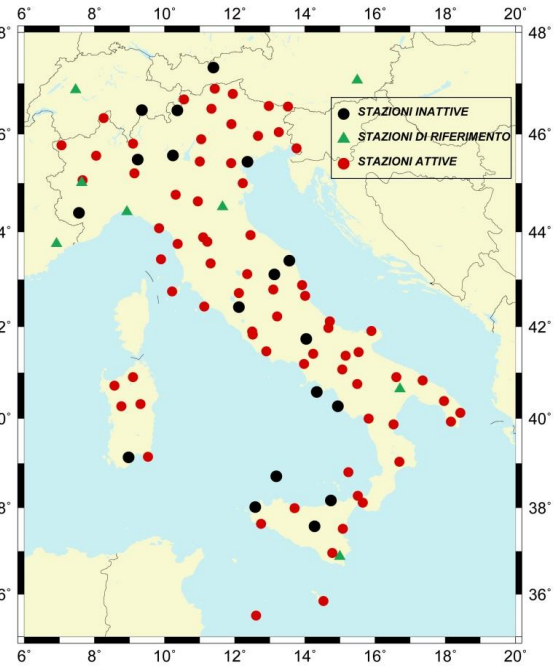


Fig. 2 - Situazione della RDN nel 2014.

2. Composizione della RDN2

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 (Fig. 2). 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, ed il numero delle stazioni era stato aumentato fino a 100 unità, proprio in considerazione dell'impossibilità di un controllo diretto dei siti. Tenendo conto di tali considerazioni, ritenute tuttora valide, durante l'attuale revisione la rete è stata incrementata di 54 nuove stazioni, 21 delle quali in sostituzione di quelle dismesse, e 33 introdotte al fine di monitorare più efficacemente le aree che, a seguito della recente stima delle velocità, presentano geodinamiche particolari. La RDN2 risulta pertanto composta da 135 stazioni, distribuite sul territorio nazionale come visibile in figura 3.

3. 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 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, Boucher, 2011).

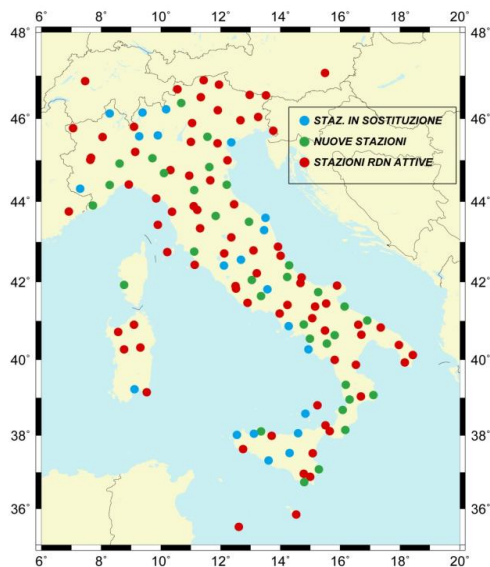


Fig. 3 □ Stazioni GNSS della RDN2.

Al momento della sua istituzione (2008) l'RDN era stata inquadrata in 13 stazioni IGS incluse nella soluzione ITRF2005. Di tali stazioni oggi una non è più attiva (CAGL), mentre 4 (GENO, IENG, LAMP e PADO) non fanno più parte della soluzione IGB08 e non sono pertanto utilizzabili. Avendo giudicato il numero delle restanti stazioni (GRAS, GRAZ, MATE, MEDI, NOT1, SOFI, WTZR e ZIMM) insufficiente a garantire un appoggio efficace, l'inquadramento della RDN2 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"¹;
- 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.

¹ 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.

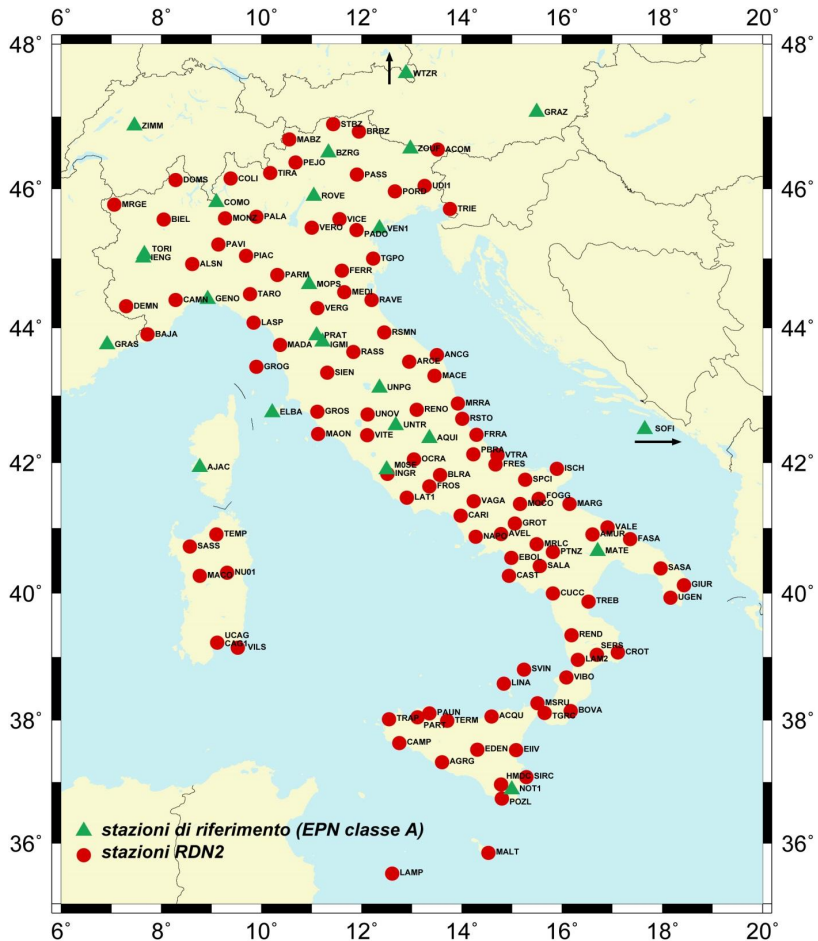


Fig. 4 - Stazioni della RDN2.

Ritenendo vantaggioso aumentare considerevolmente il numero dei siti di riferimento, in modo da “abbracciare” al meglio la zona d'interesse, l'inquadratura della RDN2 è stato effettuato sulle seguenti 24 stazioni EPN, tutte rispondenti ai criteri suddetti: AJAC, AQUI, BZRG, COMO, ELBA, GENO, GRAS, GRAZ, IENG, IGMI, M0SE, MATE, MOPS, NOT1, PRAT, ROVE, SOFI, TORI, UNPG, UNTR, VEN1, WTZR, ZIMM, ZOUF. Tale soluzione, che non presenta in effetti una distribuzione delle stazioni di riferimento ottimale (Fig. 4), è stata comunque preferita per la numerosità delle stazioni, rispetto ad altri network internazionali, come ad esempio l'IGS, che risultano comunque carenti di punti 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 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 utilizzando i prodotti IGB08, in particolare è stato utilizzato il file di calibrazione delle antenne IGB08.atx. Le soluzioni giornaliere sono state ottenute con la seguente strategia:

- generazione delle orbite standard a partire dalle effemeridi precise IGS;
- stima dell'offset dei clock dei ricevitori per ogni epoca;
- creazione delle singole differenze di fase (baseline) utilizzando la strategia SHORTEST;
- pre-processamento delle singole differenze di fase utilizzando le triple differenze; in questo step sono stati determinati e, quando possibile, rimossi i cycle slip;
- risoluzione delle ambiguità utilizzando il metodo QIF (quasi ionospheric free) con sampling a 30 secondi, ottenendo un'alta percentuale di ambiguità risolte: fra l'80% e in 90% (Fig. 5);
- determinazione delle equazioni normali con ambiguità fissate a numeri interi; tale soluzione è frutto di una compensazione multistazione con corretta modellizzazione delle correlazioni tra le baseline (modulo GPSEST); per questa fase sono state adottate le seguenti impostazioni:
 - per ogni sito coinvolto si è introdotta una correzione per il carico mareale secondo il modello FES2004;
 - il cut off delle osservazioni è stato fissato a 3° ;
 - il sampling è stato di 30 secondi;
 - è stata considerata la combinazione di fase L3 libera dalla ionosfera;
 - per ogni stazione è stato stimato il ritardo troposferico introducendo un parametro ogni ora con funzione di mapping Wet Niell, ed è stato aggiunto un parametro per la modellizzazione del gradiente orizzontale di troposfera;
 - ogni stazione è stata vincolata in maniera *loose* alle coordinate a priori con i seguenti errori: $\sigma(\text{Nord}, \text{Est}) = 0.005 \text{ m}$, $\sigma(\text{Up}) = 0.01 \text{ m}$.

L'equazioni normali giornaliere così ottenute sono state inquadrare, 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, Est e 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. 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 (Fig. 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.

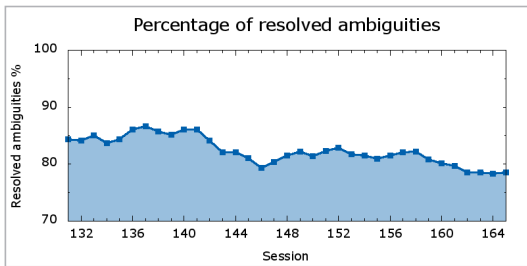


Fig. 5 □ Percentuale delle ambiguità risolte utilizzando il metodo QIF.

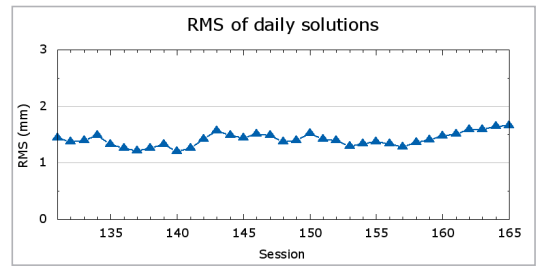


Fig. 6 □ RMS delle soluzioni giornaliere.

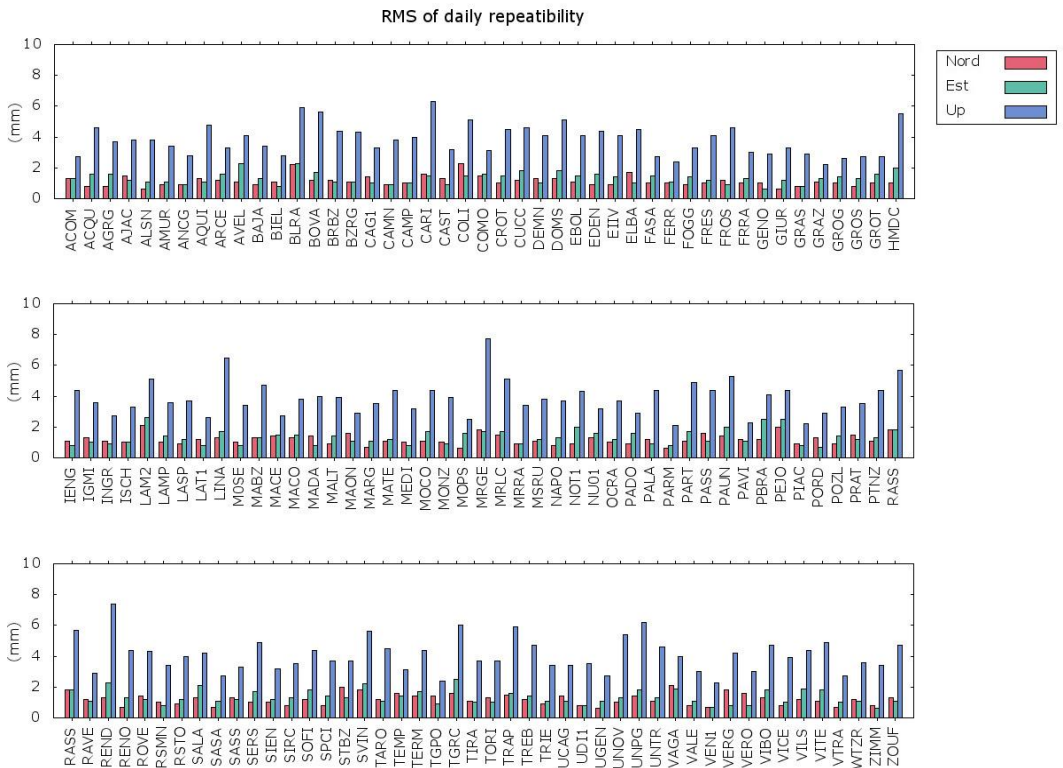


Fig. 7 □ RMS delle stazioni valutato attraverso la ripetibilità.

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 sono espresse nel Sistema IGB08, e sono riferite temporalmente al momento centrale del periodo trattato: 2014.4.

E' 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 (Fig. 8); il

valore assoluto della massima differenza ammonta a 7.7 mm, mentre la media dei valori assoluti è risultata pari a 1.4 mm.

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

Fig. 8 □ Tabella differenze sulle stazioni di riferimento fra la soluzione frutto del presente calcolo e quella ottenuta propagando la soluzione EPN_A_IGb08.SNX.

Applicando i parametri di rototraslazione pubblicati nel memo EUREF (Altamimi, Boucher, 2011), le coordinate IGB08 sono state quindi trasformate in ETRF2000 alla stessa epoca: 2014.4.

Al fine di ottenere un ulteriore riscontro sulla correttezza del calcolo effettuato, ed anche sulla stima delle velocità RDN (Baroni et al., 2014), per le 80 stazioni a comune fra RDN ed RDN2 sono stati messi a confronto gli spostamenti derivanti dall'applicazione delle velocità e quelli ottenuti dalle differenze fra le posizioni RDN2 ed RDN. Esclusi alcuni casi non significativi, evidenziati con fondo grigio in figura 9, il confronto mostra un ottimo accordo dei risultati: solo in 4 casi le differenze superano un cm, RMS che caratterizza le coordinate, mentre tutte le altre risultano ampiamente al disotto di tale valore.

Stazioni	Spostam. orizzont. con le velocità RDN [m]	Spostam. orizzont. dal confronto coord. RDN2-RDN [m]	Differ. [cm]	Stazioni	Spostam. orizzont. con le velocità RDN [m]	Spostam. orizzont. dal confronto coord. RDN2-RDN [m]	Differenza [cm]
ACOM	0.006	0.006	0.0	MRLC	0.034	0.034	-0.1
AMUR	0.027	0.027	0.0	MART	0.035	0.030	0.6
AQUI	0.007	0.042	-3.5	MSRU	0.025	0.026	-0.1
BIEL	0.014	0.008	0.6	NOT1	0.031	0.031	0.0
BRBZ	0.009	0.014	-0.5	NU01	0.007	0.002	0.5
BZRG	0.004	0.005	-0.1	PADO	0.006	0.005	0.1
CAMP	0.017	0.018	0.0	PARM	0.010	0.011	-0.1
CARI	0.015	0.015	0.1	PASS	0.008	0.015	-0.6
COMO	0.003	0.003	0.0	PAVI	0.011	0.009	0.2
CUCC	0.019	0.020	-0.2	PORD	0.015	0.011	0.5
EIVV	0.013	0.035	-2.3	PRAT	0.012	0.031	-2.0
ELBA	0.004	0.007	-0.3	RENO	0.020	0.020	0.0
FASA	0.024	0.029	-0.5	ROVE	0.010	0.010	0.0
FOGG	0.023	0.021	0.2	RSMN	0.022	0.020	0.2
FRES	0.020	0.021	-0.1	RSTO	0.031	0.028	0.4
GENO	0.001	0.003	-0.1	SASA	0.020	0.026	-0.5
GIUR	0.019	0.024	-0.4	SASS	0.004	0.002	0.2
GRAS	0.003	0.002	0.1	SERS	0.018	0.019	-0.1
GRAZ	0.006	0.003	0.3	SIEN	0.006	0.005	0.1
GROG	0.003	0.003	0.0	SOFI	0.012	0.012	-0.1
GROT	0.015	0.017	-0.2	STBZ	0.004	0.005	-0.1
HMDC	0.031	0.033	-0.2	SVIN	0.018	0.016	0.2
IENG	0.005	0.007	-0.2	TEMP	0.003	0.003	-0.1
IGMI	0.017	0.017	0.0	TERM	0.024	0.029	-0.5
INGR	0.012	0.013	-0.2	TGPO		0.013	-----
ISCH	0.024	0.024	-0.1	TGRC	0.021	0.022	-0.1
LAMP	0.008	0.020	-1.2	TORI	0.006	0.004	0.2
LASP	0.003	0.004	-0.1	TREB	0.026	0.025	0.0
LAT1	0.008	0.011	-0.2	TRIE	0.015	0.015	0.0
M0SE	0.015	0.013	0.2	UDI1	0.013	0.013	0.0
MABZ	0.012	0.010	0.2	UGEN	0.022	0.026	-0.4
MACO	0.006	0.008	-0.1	UNOV	0.011	685.540	-68552.9
MADA	0.003	0.002	0.1	UNPG	0.010	0.012	-0.3
MALT	0.028	0.029	-0.2	VAGA	0.015	0.011	0.4
MAON	0.003	0.002	0.1	VAST	0.026	0.021	0.6
MATE	0.027	0.028	-0.2	VERO	0.006	0.001	0.5
MEDI	0.017	0.021	-0.4	VILS	0.003	0.001	0.1
MOCO	0.024	0.024	-0.1	WTZR	0.005	0.003	0.2
MOPS	0.016	0.032	-1.6	ZIMM	0.004	0.004	0.0
MRGE	0.005	0.007	-0.2	ZOUF	0.006	0.004	0.2

Fig. 9 □ Tabella delle 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.

4. Ufficializzazione del nuovo Riferimento

Il confronto fra le coordinate che le 80 stazioni a comune fra RDN ed RDN2 ottengono nei due frame (Fig. 9) consente di quantificare esattamente gli spostamenti subiti dai siti nel corso dei 5 anni, per altro in ottimo accordo con le previsioni fornite dalle velocità (Fig. 1), e mostra chiaramente, come già osservato, una sostanziale stabilità relativa 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 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, certamente ancora in atto, hanno già modificato la geometria della rete, e presto metteranno in crisi l'efficienza di alcune moderne metodologie di rilievo, in particolare dell'NRTK, che necessitano di una rigorosa rispondenza alla realtà della rete di riferimento. E' quindi necessario pensare in termini concreti all'aggiornamento del network in modo da ristabilire la necessaria coerenza geometrica.

Come previsto dall'art. 5 del Decreto 10 novembre 2011, l'IGM proporrà al più presto l'aggiornamento suddetto al Comitato per le regole tecniche sui dati territoriali delle pubbliche amministrazioni, di cui all'art. 59, comma 2, del decreto legislativo 7 marzo 2005, n. 82.

Perfettamente consci delle problematiche che un cambio di Riferimento Geodetico inevitabilmente genera negli utilizzatori, stiamo valutando attentamente le modalità di attuazione in modo da minimizzare l'impatto negativo sull'utenza.

Bibliografia

Altamimi Z., Boucher C. (2011), "Memo: Specifications for reference frame fixing in the analysis of EUREF GPS campaign 18-05-2011 – vers. 8"

Baroni L., Corsi M., R. Maseroli R.(2014), "Analisi delle velocità dei siti della Rete Dinamica Nazionale" *Geologia tecnica & ambientale*, 2014/2: 11-27

Baroni L., Cauli F., Donatelli D., Farolfi G., 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

Bruyninx C., Altamimi Z., Caporali A., Kenyeres A., Lidberg M., Stangl G., Torres J. A. (2013), "Guidelines for EUREF Densifications, 23-05-2013 vers. 5"

Caporali A., Turturici F., Maseroli R., 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., 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., Marel H. V. D. (1998), "The Use of the IGS/EUREF Permanent Network For EUREF Densification Campaigns", *Symposium EUREF, juni 1997, Sofia, Vol. 58: 50-51*