



# ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE

## Direzione Geodetica

### RELAZIONE SUL CALCOLO DELLA RETE DI STAZIONI PERMANENTI GNSS DELLA REGIONE CAMPANIA (Luglio 2015)

#### 1. Caratteristiche della rete e finalità del calcolo

La rete GNSS della Regione Campania è costituita da 16 stazioni permanenti che risultano distribuite in maniera sufficientemente omogenea sul territorio regionale (Fig. 1); l'elenco delle stazioni e le loro caratteristiche tecniche sono riepilogate in tabella 1. Il presente calcolo ha lo scopo di fornire l'esatta posizione delle stazioni nel contesto di un Riferimento mondiale riconosciuto, e di trasformare tali posizioni in un Sistema il più possibile coerente con il frame ETRF2000 epoca 2008.0, materializzato dalla RDN [1] e divenuto Riferimento Ufficiale Nazionale a seguito del DPCM del 10/11/2011.

MARKER	Ricevitore	Antenna	Eccentricità		
			Up	Nord	Est
ALIF	TPS NETG3	TPSCR.G3 SCIS	0.050	0.000	0.000
ANGE	TPS NETG3	TPSCR.G3 SCIS	0.050	0.000	0.000
AVEL	TPS NETG3	TPSCR.G3 SCIS	0.050	0.000	0.000
BART	TPS NETG3	TPSCR.G3 SCIS	0.050	0.000	0.000
BENE	TPS NET-G3A	TPSCR.G5 TPSH	0.050	0.000	0.000
CARI	TPS NETG3	TPSCR.G3 SCIS	0.050	0.000	0.000
CAST	TPS NETG3	TPSCR3_GGD CONE	0.050	0.000	0.000
CONT	TPS NET-G3A	TPSCR.G5 TPSH	0.050	0.000	0.000
EBOL	TPS NETG3	TPSCR.G3 SCIS	0.050	0.000	0.000
ISCH	TPS NETG3	TPSCR.G3 SCIS	0.050	0.000	0.000
NAPO	TPS NETG3	TPSCR.G3 SCIS	0.050	0.000	0.000
NICO	TPS NETG3	TPSCR.G3 SCIS	0.050	0.000	0.000
POMP	TPS NETG3	TPSCR.G3 SCIS	0.050	0.000	0.000
SALA	TPS NETG3	TPSCR.G3 SCIS	0.050	0.000	0.000
SAPR	TPS NETG3	TPSCR.G3 SCIS	0.050	0.000	0.000
VALL	TPS NET-G3A	TPSCR.G5 TPSH	0.050	0.000	0.000

Tab. 1 – Caratteristiche delle stazioni costituenti la rete GNSS della Regione Campania.

Nel 2014 la RDN è stata oggetto di modifiche rispetto all'impianto originale legato alla definizione del sistema geodetico nazionale: sono state introdotte nuove stazioni, aggiunte, oltre che per sopperire alla disattivazione o al malfunzionamento di circa il 20% delle stazioni originali, per densificare le aree che a seguito di uno studio del 2014 [5] sono risultate soggette a fenomeni geodinamici di rilevante entità. La nuova rete, denominata RDN2 [2], ha in comune con la rete GNSS campana le stazioni AVEL, CARI, CAST, NAPO e SALA.

Per l'esecuzione del calcolo la Regione ha fornito i file SINEX relativi a 52 soluzioni giornaliere consecutive, comprese nelle settimane GPS dalla 1839 alla 1847, cioè fra i giorni giuliani 100 e 152 del 2015 (10 aprile - 1 giugno), che portano ad ottenere una soluzione riferita al momento centrale di tale periodo, cioè all'epoca 2015.4.

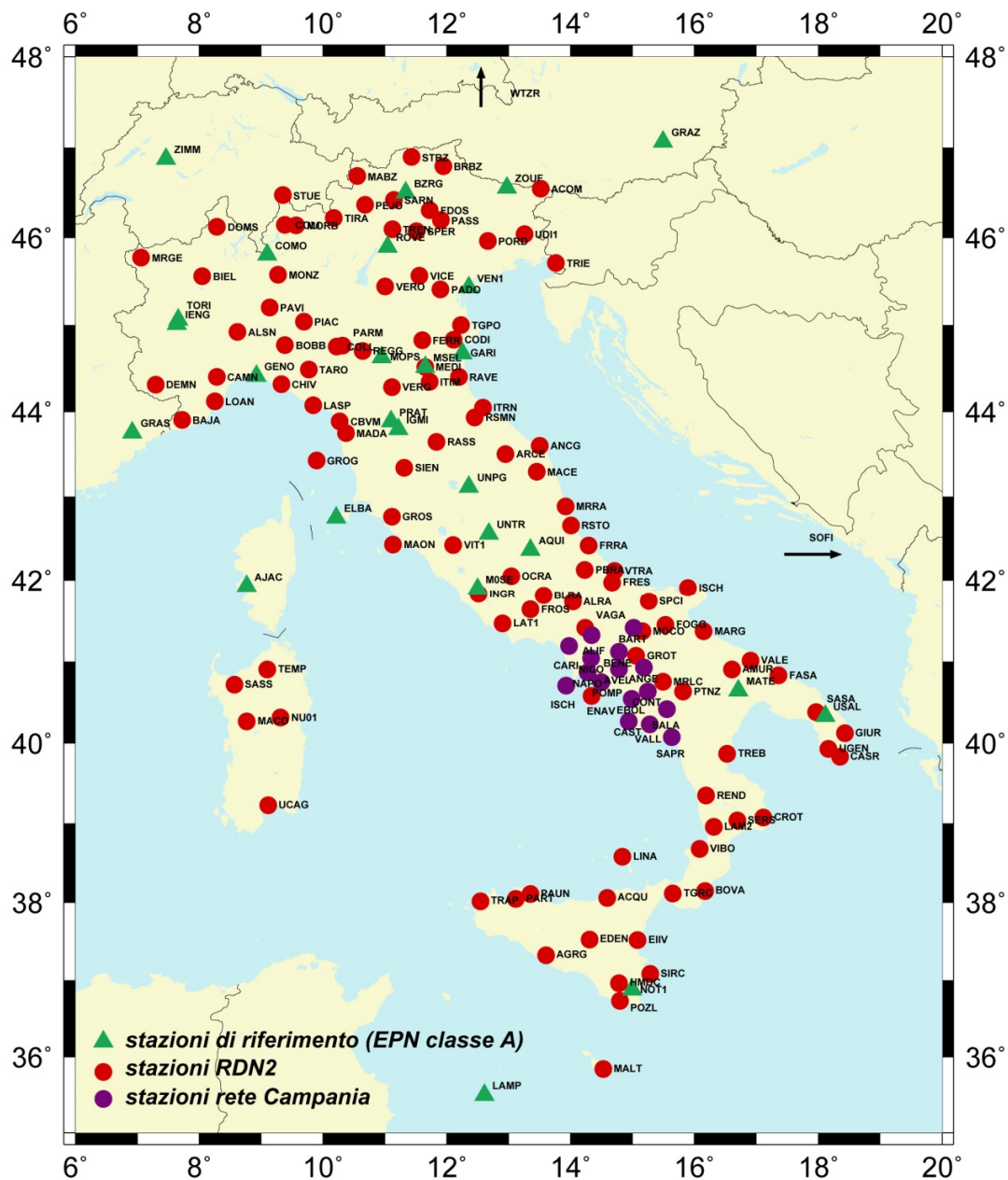


Fig. 1 – Stazioni trattate nel calcolo.

## 2. Strategia di calcolo e stazioni fiduciarie

L'approccio attualmente più valido per la determinazione delle reti regionali GNSS, suggerito anche nelle linee guida dell'EUREF [3], è quello 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 di Altamimi et alii [4].

Il calcolo è stato eseguito con il software Bernese 5.2, nel sistema IGb08 nel quale sono espressi i prodotti GNSS utilizzati per il post-processamento. Al fine di garantire una maggiore robustezza al processo di stima delle posizioni, sono state compensate contemporaneamente la rete campana e la RDN2, combinando, con il modulo ADDNEQ2 del Bernese, i sinex file relativi alle soluzioni giornaliere delle due reti, ed inquadrando il calcolo ai minimi vincoli (solo traslazione) nel sistema IGb08 attraverso le 28 stazioni fiduciarie di classe A del network EPN già utilizzate per l'inquadramento della RDN2, e precisamente: AJAC, AQU1, BZRG, COMO, ELBA, GARI, GENO, GRAS, GRAZ, IENG, IGMI, LAMP, MOSE, MATE, MOPS, MSEL, NOT1, PRAT, ROVE, SOFI, TORI, UNPG, UNTR, USAL, VEN1, WTZR, ZIMM, ZOUF.

Le posizioni delle stazioni EPN utilizzate come vincolo sono state ricavate dal sinex file EPN\_A\_IGb08.snx, che costituisce l'ultima soluzione cumulativa della rete EPN aggiornata alla settimana GPS 1830 (1 – 7 febbraio 2015), e propagate all'epoca 2015.4 d'interesse, essendo riferite all'epoca 2005.0, tramite le velocità presenti nella stessa soluzione.

Nel complesso il calcolo ha interessato quindi 156 stazioni permanenti, 28 delle quali utilizzate per vincolare il sistema. Le coordinate risultanti dalla compensazione, per ciascuna stazione della rete campana, sono riportate in tabella 2, insieme ai valori di ripetibilità nelle tre direzioni che costituiscono una stima realistica dell'errore associato alla determinazione delle posizioni. In tabella 2 è inoltre riportato il numero delle soluzioni giornaliere disponibili nel periodo trattato, che risulta diverso per le varie stazioni.

MARKER	$\varphi$	$\lambda$	Quota [m]	Ripetibilità (mm)			N. soluzioni
	[sessadecimali]	[sessadecimali]		Nord	Est	Up	
ALIF	41.32703221	14.33461281	167.671	1.4	1.2	3.5	52
ANGE	40.93092284	15.18393653	921.257	1.0	1.5	3.3	50
AVEL	40.91194991	14.78330346	420.268	1.0	1.2	4.5	52
BART	41.41416796	15.01840850	689.711	1.6	1.5	4.3	51
BENE	41.12147323	14.77799315	183.357	1.4	1.2	3.1	19
CARI	41.19472290	13.97419262	142.363	2.0	1.8	4.8	40
CAST	40.26892669	14.94094342	90.362	2.3	1.4	7.8	43
CONT	40.63857279	15.24584858	232.887	1.0	1.3	5.5	51
EBOL	40.54656110	14.98702359	83.456	4.2	2.4	3.0	17
ISCH	40.71196252	13.92460458	224.005	1.9	3.4	4.8	50
NAPO	40.87002401	14.27598896	127.723	0.8	1.0	3.6	52
NICO	41.04694528	14.32739914	100.791	1.2	1.7	3.7	51
POMP	40.75345313	14.49394760	79.199	1.0	1.2	3.3	51
SALA	40.41721482	15.55662357	504.542	1.1	1.5	4.1	52
SAPR	40.07364933	15.63012901	65.387	1.8	2.1	5.6	38
VALL	40.23520705	15.27994499	485.773	2.2	1.5	6.3	50

Tab. 2 – Coordinate in IGb08 all'epoca 2015.4; il valore della ripetibilità delle soluzioni giornaliere costituisce una realistica stima dell'errore.

### 3. Trasformazione delle coordinate nel sistema di riferimento ETRF2000

Le coordinate ottenute dalla suddetta compensazione nel sistema IGb08 sono state trasformate nel sistema di riferimento ETRF2000 per mezzo di 7 parametri di rototraslazione, riportati in tabella 3, calcolati secondo il memo EUREF di Altamimi et al. [4].

	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>K</i>	<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>R3</i>	<i>epoca</i>
	[mm]	[mm]	[mm]	[10 <sup>-9</sup> ]	[mas]	[mas]	[mas]	
	52.1	49.3	-58.5	1.34	0.891	5.390	-8.712	2000.0
/y	0.1	0.1	-1.8	0.08	0.081	0.490	-0.792	
	<b>53.63</b>	<b>50.84</b>	<b>-6.13</b>	<b>2.57</b>	<b>2.134</b>	<b>12.912</b>	<b>-20.869</b>	<b>2015.4</b>

Tab. 3 – Calcolo dei 7 parametri di rototraslazione secondo la procedura EUREF.

Applicando i parametri di tabella 3 ai valori IGb08 sono state calcolate le coordinate ETRF2000 all'epoca 2015.4 riportate in tabella 4.

<b>MARKER</b>	$\varphi$	$\lambda$	<b>Quota</b>
	[sessadecimali]	[sessadecimali]	[m]
ALIF	41.32702791	14.33460616	167.678
ANGE	40.93091856	15.18392985	921.265
AVEL	40.91194562	14.78329680	420.276
BART	41.41416367	15.01840181	689.718
BENE	41.12146895	14.77798648	183.365
CARI	41.19471859	13.97418600	142.369
CAST	40.26892241	14.94093678	90.371
CONT	40.63856851	15.24584190	232.895
EBOL	40.54655682	14.98701693	83.464
ISCH	40.71195821	13.92459798	224.013
NAPO	40.87001971	14.27598234	127.731
NICO	41.04694098	14.32739251	100.798
POMP	40.75344884	14.49394097	79.207
SALA	40.41721055	15.55661688	504.552
SAPR	40.07364506	15.63012233	65.397
VALL	40.23520277	15.27993833	485.782

Tab. 4 – Coordinate ETRF2000 all'epoca 2015.4.

Il fine del presente calcolo è però quello di inserire al meglio la rete calcolata nel Riferimento ETRF2000 epoca 2008.0, ufficialmente adottato dall'Italia. Tale inserimento può essere efficacemente ottenuto confrontando, per le stazioni a comune, le posizioni ETRF2000 all'epoca 2015.4 con quelle RDN. Per il calcolo dei parametri necessari alla rototraslazione sono state selezionate le stazioni che appartengono all'area d'interesse e che comunque, secondo lo studio delle velocità RDN pubblicato nel 2014 [5], presentano fenomeni geodinamici coerenti con quelli che caratterizzano il territorio della Regione Campania. Il calcolo dei 7 parametri presenta un errore quadratico medio dell'unità di peso pari a 9 mm, e valori dei residui sulle equazioni (interamente riportati in Tab. 5), che risultano di modesta entità, evidenziando la correttezza del metodo adottato. La media dei valori assoluti dei residui planimetrici risulta pari a 5 mm, mentre la media dei valori assoluti dei residui in quota è pari a 7 mm.

<b>Stazione</b>	<b>Nord</b>	<b>Est</b>	<b>Up</b>
	<b>[m]</b>	<b>[m]</b>	<b>[m]</b>
CARI	0.006	-0.001	0.007
ENAV	0.003	0.010	0.003
INGR	-0.005	-0.003	0.002
M0SE	-0.001	-0.002	0.000
MRLC	-0.010	-0.005	-0.006
MOCO	-0.005	-0.005	0.013
VAGA	0.013	0.006	-0.018

Tab. 5 – Residui sulle equazioni del calcolo dei 7 parametri ETRF2000 all'epoca 2015.4 ed RDN.

L'applicazione alle posizioni ETRF2000 epoca 2015.4 dei parametri così stimati ha consentito il calcolo delle **coordinate dei punti della rete regionale (Tab. 6) che meglio si inseriscono in RDN e che vanno pertanto considerate come risultato ufficiale.** Per la stazione di CARI, a commune con la RDN, sono riportate le coordinate della soluzione ufficiale nazionale (RDN epoca 2008.0), ad eccezione della quota corretta per tenere conto della variazione intervenuta nella monumentazione del marker (è stato cambiato il riferimento up).

MARKER	$\varphi$ [sessagesimali]	$\lambda$ [sessagesimali]	Quota [m]
ALIF	41°.19' 37,2999"	14°.20' 04,5824"	167.667
ANGE	40°.55' 51,3061"	15°.11' 02,1473"	921.249
AVEL	40°.54' 43,0036"	14°.46' 59,8684"	420.265
BART	41°.24' 50,9885"	15°.01' 06,2467"	689.698
BENE	41°.07' 17,2876"	14°.46' 40,7514"	183.351
CARI	41°.11' 40,9865"	13°.58' 27,0700"	142.357
CAST	40°.16' 08,1201"	14°.56' 27,3720"	90.366
CONT	40°.38' 18,8459"	15°.14' 45,0306"	232.882
EBOL	40°.32' 47,6039"	14°.59' 13,2607"	83.455
ISCH	40°.42' 43,0492"	13°.55' 28,5527"	224.015
NAPO	40°.52' 12,0705"	14°.16' 33,5364"	127.727
NICO	41°.02' 48,9870"	14°.19' 38,6131"	100.791
POMP	40°.45' 12,4153"	14°.29' 38,1874"	79.202
SALA	40°.25' 01,9572"	15°.33' 23,8204"	504.537
SAPR	40°.04' 25,1214"	15°.37' 48,4398"	65.386
VALL	40°.14' 06,7293"	15°.16' 47,7775"	485.774

Tab. 6 – Coordinate finali in RDN.

Funz. Informatico  
Dott. ssa Lucia Baroni

*Lucia Baroni*

Il Vice Direttore  
Dott. Renzo Maseroli

*Renzo Maseroli*

## Bibliografia

- [1] 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
- [2] Baroni L., Maseroli R. (2014), “*Rete Dinamica Nazionale: versione 2*”, Atti ASITA 2014.
- [3] 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
- [4] Altamimi Z., Boucher C. (2011), “*Memo: Specifications for reference frame fixing in the analysis of EUREF GPS campaign 18-05-2011 – vers. 8*”.
- [5] Baroni L., Corsi M., R. Maseroli R. (2014), “*Analisi delle velocità dei siti della Rete Dinamica Nazionale*” Geologia tecnica & ambientale, 2014/2: 11-27