

## **RAFFITTIMENTO DELLA RETE IGM95 CON L'USO DI STAZIONI PERMANENTI GNSS: IL CASO DELLA PROVINCIA DI TRAPANI**

Michele CALDARERA, Gino DARDANELLI, Benedetto VILLA

Dipartimento di Rappresentazione, Università di Palermo, Viale delle Scienze, 90128 Palermo  
tel. 0917028731 - e-mail: mikicalda@libero.it gino.dardanelli@unipa.it, bevilla@unipa.it

### **Riassunto**

La sperimentazione descritta in questo lavoro riguarda la prima parte di un progetto di ricerca, tuttora in corso, che vede coinvolti l'Istituto Geografico Militare e il Dipartimento di Rappresentazione dell'Università di Palermo (DIRAP), avente come tema il raffittimento della rete IGM95 in Sicilia con l'impiego delle Reti di Stazioni Permanenti GNNS.

In particolare, sono illustrati i primi risultati di uno studio relativo alla progettazione della rete di raffittimento nella provincia di Trapani e alle prime verifiche sperimentali per valutare il grado di precisione ottenuto con rilievi statici e NTRK effettuati con l'impiego di alcuni punti di coordinate note.

### **Abstract**

The experimentation described in this paper concerns the first part of a research work, still in course, which involves IGM and DIRAP of Palermo University, about the thickening of the Sicilian IGM95 network with the use of GNNS Permanent Stations.

Particularly, the first results of a testing related to a network set up in the province of Trapani are shown, evaluating the level of accuracy achieved by the use of static and NTRK surveys carried out on some points of known coordinates.

### **Introduzione**

Fra l'Istituto Geografico Militare e il Dipartimento di Rappresentazione dell'Università di Palermo sono state attivate lo scorso anno due Convenzioni finalizzate alla realizzazione di un progetto "per la definizione di modelli di derivazione di cartografia a piccola scala da CTR regionali", la prima, e "per l'omogeneizzazione di reti GPS attraverso l'utilizzo delle stazioni permanenti GNNS", la seconda.

In particolare, quest'ultima prevede la realizzazione di un progetto preliminare di raffittimento dei vertici delle reti istituite sul territorio siciliano fino ad interdistanze di 6 - 7 km.

Dopo la realizzazione del progetto IGM95 (Surace, 1997) sono stati realizzati su tutto il territorio nazionale vari progetti di raffittimento, con l'integrazione di vertici regionali, provinciali, comunali, catastali e altri vertici istituiti da altri enti pubblici e privati (Barbarella et alii, 2001, Bezoari et alii, 2002, Cima et alii, 2007).

In Sicilia, in particolare questi vertici fanno parte di una rete realizzata ex novo dall'Assessorato Regionale Territorio ed Ambiente, nel periodo tra il 2001 e il 2004, con interdistanze non superiori a 10 km (mediamente 1 punto ogni 50 km<sup>2</sup>); tale rete, appaltata secondo otto distinti lotti, è costituita da 543 vertici e costituisce nel complesso una struttura autonoma, intrinsecamente determinata da un numero sovrabbondante di misure.

Le operazioni di raffittimento, in generale, sono state effettuate secondo le specifiche tecniche predisposte nel luglio del 2001 dal Gruppo di lavoro Reti plano-altimetriche, specifico organo tecnico consultivo del Comitato Tecnico di Coordinamento dell'Intesa Stato, Regioni, Enti Locali sui Sistemi Informativi Geografici (Barbarella et alii, 2001).

C'è da osservare, inoltre, che nella Rete IGM95 della Sicilia sono stati inseriti recentemente ulteriori vertici, soprattutto nelle isole minori (Eolie, Egadi, Pelagie), portando il numero complessivo a 141.

### **Progettazione della rete di raffittimento**

Sulla base di queste considerazioni, è stato elaborato un progetto di una unica rete omogenea, costituita da tutti i vertici ubicati all'interno della provincia di Trapani, in maniera da assicurare una totale copertura del territorio. Per l'inquadramento della rete si è pensato di utilizzare la rete di stazioni permanenti istituita dal DIRAP nell'ambito del progetto di ricerca PRIN2005 dal titolo "Reti di Stazioni Permanenti per il rilievo in tempo reale per impieghi di controllo e emergenza" (coordinatore nazionale: Prof. M. Barbarella, responsabile locale: Prof. V. Franco).

Il metodo proposto è innovativo rispetto alle tradizionali tecniche utilizzate per il raffittimento di reti GPS, previste dall'Intesa Stato-Regioni, e sembra particolarmente vantaggioso dal punto di vista operativo.

La rete di stazioni permanenti realizzata dal DIRAP è costituita da otto stazioni *GNSS* ubicate nella Sicilia occidentale, nelle province di Palermo, Agrigento, Caltanissetta e Trapani (Figura 1). La rete è inquadrata nel sistema di riferimento geodetico IGS05 e fornisce, in forma sperimentale, dati per servizi di posizionamento sia in post elaborazione che in tempo reale (Dardanelli et alii, 2008). Tre di queste stazioni (Palermo, Termini Imerese e Campobello di Mazara) sono state inserite nella Rete Dinamica Nazionale istituita dall'IGM per la definizione del nuovo datum geodetico italiano.



Figura 1 – Schema della rete di Stazioni permanenti del DIRAP

La sperimentazione prevedeva le seguenti fasi operative:

- Ricognizione dei vertici disponibili;
- sopralluogo di verifica;
- redazione delle monografie;
- rilievo GPS in modalità statica;
- rilievo GPS in modalità NRTK;
- post processamento dei dati;
- valutazione dei risultati.

In totale sono stati individuati 63 vertici disposti in maniera sufficientemente omogenea su tutto il territorio della provincia di Trapani, di cui 13 appartenenti alla rete IGM95, 41 alle reti della CTR, 5 dell'ANAS e 4 di nuova istituzione (Figura 2). Questi ultimi sono stati inseriti in quelle zone prive della necessaria copertura; la loro materializzazione è stata effettuata con chiodi topografici collocati mediante creazioni di foro, riempimento con cemento liquido a presa rapida e collocazione del chiodo.

Tenendo conto della superficie complessiva della provincia (circa 2500 km<sup>2</sup>), è risultata una media di un vertice ogni 38 km<sup>2</sup>.

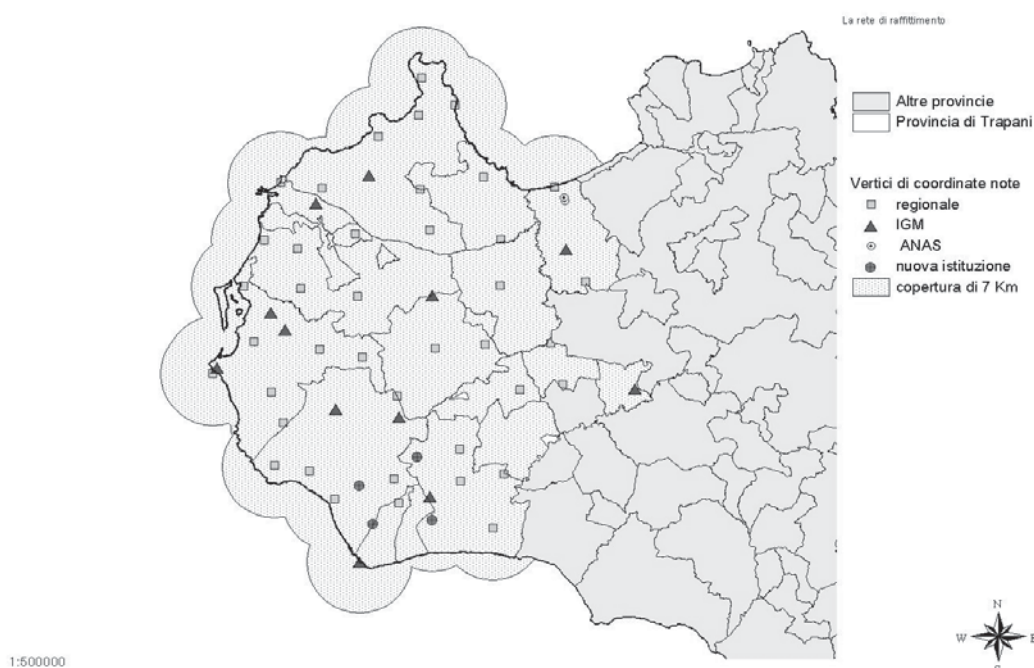


Figura 2 - Vertici della rete della Provincia di Trapani

Dei 63 vertici esistenti, lo studio si è incentrato su 16 vertici, ubicati nei territori comunali di Castelvetrano, Campobello di Mazara, Mazara del Vallo e Petrosino (Figura 3).

Sulla base delle monografie acquisite si è studiato un percorso per ottimizzare i tempi di spostamento e verificando preliminarmente la presenza delle seguenti condizioni:

- materializzazione del vertice;
- accessibilità del vertice;
- disponibilità della documentazione fotografica;
- adeguata copertura satellitare (utilizzando un ricevitore palmare);
- copertura del servizio GSM.

Questa ultima condizione è stata verificata effettuando delle chiamate, non limitandosi alla semplice visione dell'indicatore strumentale degli apparecchi.

Per la redazione delle monografie si sono seguite le prescrizioni indicate nelle specifiche dell'Intesa IGM; più precisamente sono stati riportati i seguenti dati:

- nome e numero del vertice;
- schizzo della zona circostante con le misure di distanza fra il vertice ed i particolari limitrofi rilevanti e facilmente individuabili;
- descrizione dell'accesso, del sito e della materializzazione;
- coordinate geografiche nel sistema *WGS84 (ETRF89)* e *ROMA40*;
- coordinate piane *UTM-WGS84* e *GAUSS-BOAGA*;
- spazio per l'inserimento di eventuali coppie di coordinate geografiche e relative coordinate piane;
- quote ellissoidica e ortometrica;
- ortofoto della zona e individuazione del vertice con "frecciatura" indicante la posizione del punto;
- fotografia della materializzazione sullo sfondo di particolari circostanti di facile individuazione;
- eventuale grafico degli ostacoli alla ricezione satellitare;
- eventuali difficoltà riscontrate (accesso, disturbi, interferenze elettromagnetiche).

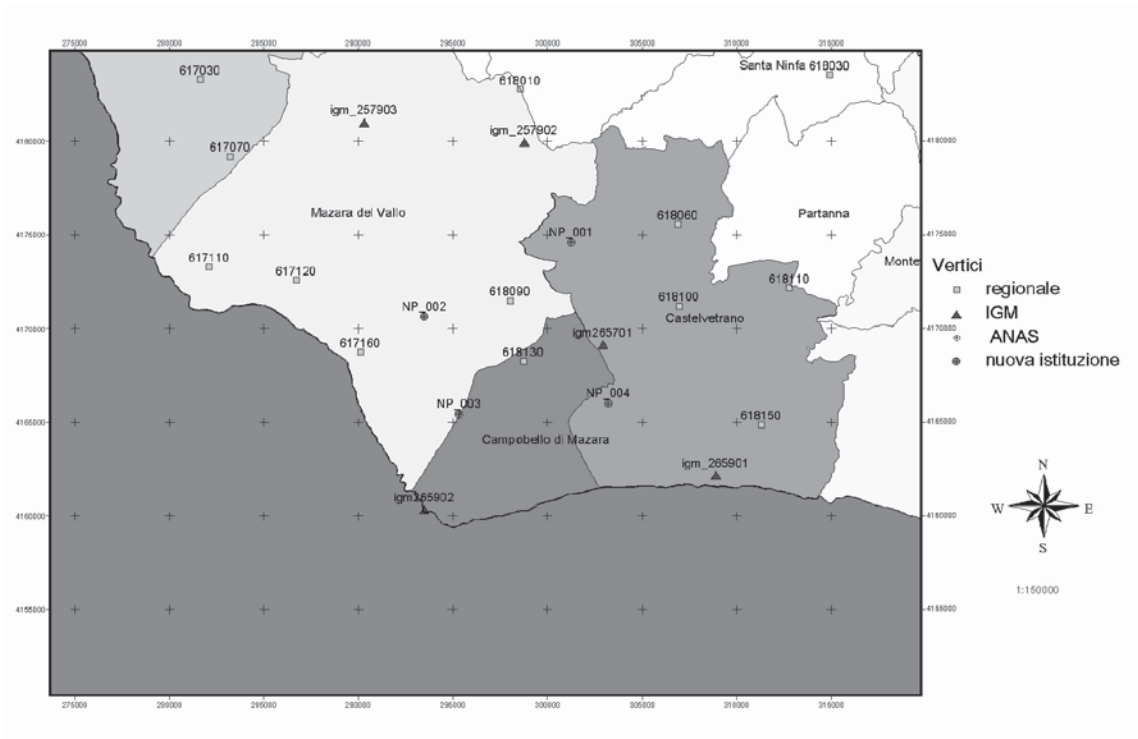


Figura 3 – Zona oggetto di studio

Tutte le informazioni monografiche sono state digitalizzate e l'intera monografia è stata memorizzata in file in formato word e pdf, leggibili dai software *Office* e *Acrobat*.

### Operazioni di rilievo e analisi dei risultati

Il rilievo dei 16 vertici presi in considerazione è stato effettuato in modalità statica con tempi di stazionamento minimo di 60 minuti, senza considerare a priori la qualità della configurazione geometrica dei satelliti. Sono stati utilizzati ricevitori Topcon GB-500, muniti di antenna a doppia frequenza PG-A1, in dotazione presso il DIRAP (Figura 4).



Figura 4 – Fasi del rilievo statico

Il rilievo in *NRTK* è stato eseguito in giornate differenti da quelle del rilievo statico, in maniera da potere ottenere risultati indipendenti, impiegando ricevitori GNSS Topcon HiPer Pro a doppia frequenza, equipaggiati con controller FC-100 e FC-200 e cellulari Nokia N70 e Nokia 6630 per l'accesso ad internet. Complessivamente, sono state eseguite 32 sessioni di misura NRTK, cioè due sessioni indipendenti per punto, in modo da garantire una prova in modalità *FKP* e una in modalità *VRS*. Come per altre esperienze condotte con rilievi in modalità *NRTK* (Dardanelli et alii, 2008), si è utilizzato, come riferimento scientifico, il protocollo sperimentale messo a punto

nell'ambito del progetto di ricerca PRIN2004 "I servizi di posizionamento satellitare per l'e-government" (coordinatore nazionale: Prof. F. Sansò).

Per l'elaborazione dei dati rilevati con il rilievo statico si è utilizzato il software commerciale *Topcon Pinnacle* versione 2007, dopo avere scaricato i dati dal server del centro di calcolo della rete di stazioni permanenti del DIRAP (ftp://147.163.115.62). In particolare, sono stati presi in esame i files orari giornalieri delle stazioni permanenti di Campobello di Mazara e Trapani, considerando le *baseline* dalle due stazioni permanenti più vicine.

La compensazione è stata effettuata a minimi vincoli, attribuendo le coordinate nel sistema *IGS05* delle stazioni permanenti e ricavando da queste le coordinate dei punti della rete test: queste sono state assunte come "vere" e adottate come termine di confronto per le misure effettuate in tempo reale (Barbarella et alii, 2007, Fastellini et alii, 2007).

Si sono determinati quindi gli scarti confrontando le coordinate rilevate in modalità statica rispetto a quelle determinate in modalità NRTK, separatamente per le due modalità VRS e FKP. Nella tabella 1 vengono riepilogati i valori ottenuti nei tre rilievi.

	VRS			FKP			Statico		
	Est (m)	Nord (m)	Quota (m)	Est (m)	Nord (m)	Quota (m)	Est (m)	Nord (m)	Quota (m)
min	-0.079	-0.020	-0.042	-0.072	-0.002	-0.197	0.002	0.001	0.004
max	0.028	0.048	0.089	0.129	0.061	0.037	0.039	0.026	0.064
media	-0.017	0.005	0.023	0.013	0.024	-0.074	0.011	0.009	0.023
sqm	0.041	0.026	0.052	0.074	0.025	0.111	0.010	0.007	0.017

Tabella 1 - Parametri statistici per le modalità VRS, FKP e statico

Per potere valutare l'accuratezza degli stessi rilievi nelle differenti modalità (VRS, FKP, statico) si sono confrontati i risultati ottenuti al termine dell'elaborazione (Tabella 1) con le prescrizioni della Intesa Stato Regione per la calcolo delle coordinate WGS84 dei vertici delle rete di raffittimento, facendo riferimento ai valori limite nelle determinazioni planimetriche ed altimetriche, pari rispettivamente a 5 cm e 8 cm.

Come si può osservare, operando in modalità statica si ottiene un livello di incertezza, espresso in termini di s.q.m., sensibilmente inferiore rispetto alle prescrizioni dell'Intesa, con valori di  $\pm 1.0$  cm e  $\pm 0.7$  cm, rispettivamente per le coordinate Est e Nord, e  $\pm 1.7$  cm, per la quota; risultati ancora positivi si ottengono con la modalità VRS, con s.q.m. delle differenze tra le coordinate pari a  $\pm 4.1$  cm e  $\pm 2.6$  cm, rispettivamente per la Est e la Nord e  $\pm 5.2$  cm, per la quota; con la modalità FKP invece i valori lungo la coordinata Nord sono ancora buoni ( $\pm 2.5$  cm), mentre la Est ( $\pm 7.4$  cm) e la quota ( $\pm 11.1$  cm) presentano valori leggermente superiori a quelli limite.

## Conclusioni

I risultati ottenuti con l'elaborazione in post-processamento sono da considerarsi assai positivi, con scarti notevolmente inferiori ai valori delle tolleranze fissate nelle specifiche tecniche dell'Intesa. Incoraggianti sono anche i risultati riscontrati nei rilievi in modalità NRTK, e, in particolare, in quelli effettuati con modalità VRS.

C'è da osservare che il test è stato effettuato utilizzando vertici ubicati geograficamente a sud della provincia di Trapani; sarebbe pertanto opportuno estendere il controllo a punti situati anche in altre aree geografiche, in maniera da poter valutare l'affidabilità del servizio erogato dalla infrastruttura di trasmissione per l'intera area coperta dalla rete.

Va considerato inoltre che i vertici sottoposti a verifica sono in numero assai limitato; per consentire una valutazione complessiva più significativa del servizio di posizionamento, occorrerebbe estendere la sperimentazione ad un numero più rilevante di punti.

Pertanto le ricognizioni effettuate hanno evidenziato sul territorio siciliano la presenza di numerosi vertici utili a tale scopo, appartenenti a differenti tipologie di reti, con caratteristiche di ubicazione

e materializzazione in linea con le specifiche tecniche dell'Intesa. Occorrerebbe però istituire un servizio di ricognizione periodico di tali vertici al fine di monitorarne lo stato di manutenzione.

### **Bibliografia**

Dardanelli G., Franco V., Lo Brutto M. (2008), “Sperimentazione di servizi di posizionamento in tempo reale nella rete GNSS dell'Università di Palermo”, In: *Atti del Convegno SIFET 2008*, Sorrento, Italia, pag. 71-77

Dardanelli G., Franco V., Lo Brutto M. (2008), “La rete GNSS per il posizionamento in tempo reale dell'Università di Palermo: progetto, realizzazione e primi risultati”, in corso di pubblicazione su *Bollettino SIFET (Società Italiana di Fotogrammetria e Topografia)* n. 3 del 2008.

Fastellini G., Radicioni F., Stoppini A. (2007). “Test di accuratezza e ripetibilità di lunga durata su posizionamenti Nrtk e Networkdgps”, In: *Atti 11<sup>a</sup> Conferenza Nazionale ASITA*, Torino, Italia.

Cima V. et alii, (2007), “Rete geodetica della regione Toscana - raffittimento a 7 km della rete fondamentale IGM95”, In: *Atti del Convegno SIFET 2007*, Arezzo, Italia, pag. 250-255

Bezoari G. et alii, (2002), “Il raffittimento della rete IGM95 in territorio Lombardo”, In: *Atti della 6<sup>o</sup> Conferenza Nazionale ASITA*, Perugia, Italia.

Barbarella M., Gavaruzzi R. (2001), “La rete di raffittimento primario di Reggio Emilia”, In: *Atti della 5<sup>o</sup> Conferenza Nazionale ASITA*, Rimini, Italia.

2001. SPECIFICHE TECNICHE RAFFITTIMENTO DELLA RETE FONDAMENTALE IGM95  
*Intesa Stato, Regioni, Enti Locali 26/9/96 sui Sistemi Informativi Geografici Gruppo di lavoro Reti plano-altimetriche*

Surace L. (1997), “ La nuova rete geodetica nazionale IGM95: risultati e prospettive di utilizzazione”, In: *Bollettino di Geodesia e Scienze Affini – Edizione n. 3/1997*.