

Il servizio di posizionamento in tempo reale della Provincia Autonoma di Bolzano ed il sistema di riferimento.

Nuccio Di Sclafani (*), Paolo Russo (), Antonino Di Girolamo (***)**

(*) Prov. Aut. Bolzano – Ufficio ril. geodetico, via Duca d'Aosta 94 39100 Bolzano, nuccio.disclafani@provinz.bz.it

(**) Prov. Aut. Bolzano – Ufficio ril. geodetico, via Duca d'Aosta 94 39100 Bolzano, paolo.russo@provinz.bz.it

(***) Prov. Aut. Bolzano – Consulente del progetto (contratto), via Capri 11 39100 Bolzano, antonino@digiolamo.it

Sommario: La Provincia di Bolzano sta realizzando la propria rete di stazioni per il posizionamento in *real time*. L'andamento morfologico del territorio ha consigliato la ricerca dell'interscambio dei dati con altre Istituzioni che gestiscono reti analoghe per ottimizzare la configurazione della rete.

Si descrivono la configurazione della rete, i servizi offerti, i risultati delle prove eseguite ed il *Datum* geodetico diffuso: l'Etrs89 che, da più di un anno, è stato adottato dall'Amministrazione provinciale come sistema di riferimento unico delle informazioni territoriali.

Si ricordano anche i precedenti diversi sistemi di coordinate utilizzati per le varie informazioni cartografiche e le trasformazioni eseguite per la cartografia catastale.

Abstract: The autonomous Province of Bolzano is realizing the own net of stations for the positioning in real time. The morphological course of the territory has counselled the search of the interchange of the data with other Institutions that they use analogous nets for optimize the configuration of the net.

They are described: the configuration of the net, the offered services, the results of the tests execute and the geodesic diffuse Datum: l'Etrs89 that, from more of a year, it has adopted from the provincial Administration like system of unique reference of the territorial information. They also remember the precedents different systems of coordinates used for the varied cartographic information and the transformations execute cadastral for the cartography.

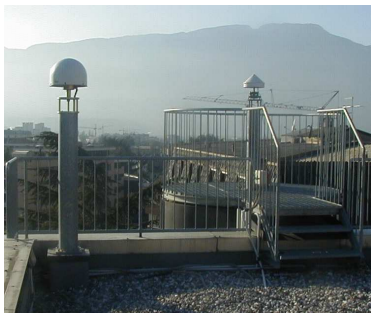
Il GPS a Bolzano. Le stazioni GPS, attivate per scopi diversi: cartografia, geodesia, navigazione ed altro, hanno una globale notevole diffusione. In provincia di Bolzano, per i servizi catastali, una è attiva dal 1997 ed altre tre dal 2004. La metodologia GPS per la determinazione delle coordinate dei punti era stata adottata nel 1992 dopo una campagna sperimentale eseguita a Bolzano con il GPS.

In precedenza le coordinate erano determinate con operazioni topografiche classiche con collegamenti ai punti della rete geodetica nazionale. La nuova tecnica consentì la realizzazione della moderna rete geodetica regionale e di un fitto insieme di punti cui riferire i rilievi topografici e catastali.

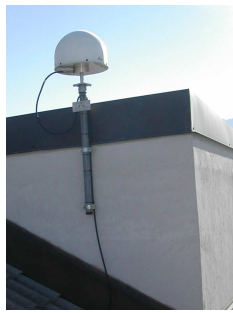
La rete regionale fu collegata a quelle: nazionale IGM95 ed austriache AGREF ed AREF1.

Sul tetto del palazzo regionale di Bolzano fu sistemato un pilastro su cui fissare le antenne dei ricevitori GPS. Nel 1997 su un pilastro situato nelle immediate vicinanze di quello precedente, fu fissata l'antenna della stazione permanente BZRG 12751M001 che, dalla settimana GPS N. 0981, fa parte delle reti internazionali [IGS](#) ed [EUREF](#).

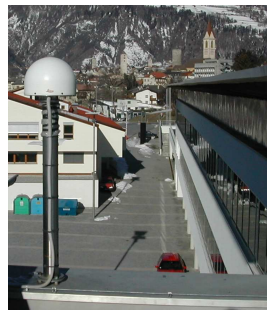
In occasione di rilievi con tecnica Lidar nel 2004 sono state installate tre nuove stazioni permanenti: **brbz** a Brunico, **mabz** a Malles e **stbz** a Vipiteno.



BZRG 12751M001



BRBZ



MABZ



STBZ

Il posizionamento in *real time*

La gestione centralizzata delle quattro stazioni rese possibile la pubblica disponibilità dei dati GPS acquisiti per applicazioni in postelaborazione e suggerì l'attivazione del servizio di posizionamento in *real time* che fu avviato nel 2005. Individuato il numero delle stazioni, il software e gli strumenti integrativi, le modalità di trasmissione dei dati, sul finire del 2005 fu attivata, in via sperimentale, una trasmissione delle correzioni per il posizionamento in *real time* che permise di valutare le variazioni e le integrazioni.

L'andamento del perimetro provinciale e la morfologia del territorio hanno consigliato di ricercare ogni possibile collaborazione con le Istituzioni che gestiscono servizi simili nei territori limitrofi.

L'interscambio dei dati è vantaggioso per ottimizzare la configurazione della rete per la regolare copertura del territorio e per ottenere una sufficiente ridondanza di stazioni per garantire continuità funzionale in occasione di temporanei malfunzionamenti in qualche sito.

Nella fase iniziale della sperimentazione furono utilizzate solo le quattro stazioni esistenti a cui la collaborazione con l'Università di Padova e l'Istituto d'Istruzione Superiore di Rovereto ha permesso di aggiungere le stazioni: ASIA e ROVE. La copertura dell'intero territorio è stata ottenuta grazie alla collaborazione avviata con il servizio austriaco APOS che ha reso disponibili le stazioni: KFLK, KOPS e KRGB. È prevista una stretta collaborazione con i colleghi della Provincia di Trento.

I test iniziali e le collaborazioni avviate hanno suggerito l'inserimento della stazione PILA, in corso di attivazione, situata in località PIZ la Villa (Val Badia) e della stazione PRET. Di questa è stato individuato il sito, a circa 1800 m nei pressi di Predoi (Val Aurina), ove presto sarà installata. Il sito è il risultato del compromesso tra agibilità possibile anche in periodo invernale e limitazione della ricezione satellitare per ostruzione, fino a 20°, anche se in una fascia ristretta.

I collegamenti con queste stazioni avvengono tramite i ponti radio del servizio radiocomunicazioni provinciale. Sarà disponibile una stazione che i colleghi austriaci installeranno nei pressi di Sillian. Le interdistanze tra le stazioni variano attualmente dai 70 ai 25 km.

Il servizio realizzato per le esigenze catastali, si propone di affiancare l'utilizzo dei punti fiduciali con l'auspicio che in futuro possa completamente sostituirsi ad esso. Vuole essere di supporto per i vari enti provinciali, per le realtà comunali ed essere un valido strumento di lavoro per tecnici e ditte private. Gli utenti vi possono accedere via IP o via GSM.

Il software utilizzato per gestire la rete e trasmettere le correzioni è Spider-Net. Per garantire un utilizzo agli utenti con ricevitori non di ultima generazione, oltre al RTCM 3.0, è trasmesso il protocollo RTCM 2.3 in modalità I-Max.

Per la post-elaborazione sono disponibili i File-Rinex, con scansione al secondo, scaricabili all'indirizzo internet: <http://www.provincia.bz.it/catasto-librofondiario/4103/geodetico.htm>

Per scopi scientifici, se richiesti, i dati possono essere forniti in altri formati.

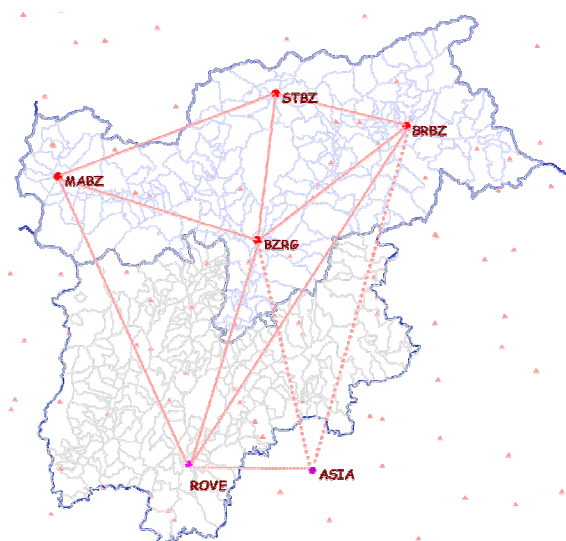
I dati, in formato RINEX compatto con scansione a 30 secondi, sono anche inviati all'università degli Studi di Padova Dipartimento Geologia, Paleontologia e Geofisica che li utilizza per monitorare settimanalmente le coordinate delle stazioni italiane ed austriache.

Nell'ambito della collaborazione i dati utilizzati per il servizio RTK/DGPS austriaco Apos, sono utilizzati anche per la rete AMON (*Austrian Monitoring Service*) che ha il compito di:

1. monitorare la qualità nel lungo termine (ripetibilità delle coordinate) delle stazioni utilizzate dal servizio RTK/DGPS.
 2. realizzare il sistema di riferimento austriaco: Etrs89 derivato dall'ITRFXX meno lo spostamento della placca eurasiatica.
 3. studiare ed interpretare la velocità di spostamento delle Alpi che influenza il sistema Etrs89.
- I risultati, riferiti alle singole stazioni, sono disponibili all'indirizzo: <http://gps.iwf.oeaw.ac.at/>.

Test eseguiti per verificare la precisione. Durante la prima fase sperimentale, sono stati eseguiti diversi test sui punti fiduciali del catasto per verificare la validità della determinazione. Di proposito alcuni punti sono stati scelti in situazioni sfavorevoli: all'esterno della rete, anche fino a 30 km, o in zone con segnale GSM e GPRS molto debole.

Nel caso dei punti esterni alla rete, la determinazione ha ottenuto scarti dal valore noto da 0 a ± 8 cm in planimetria e da 0 a ± 15 cm in quota. Nel caso di qualità non buona del collegamento, i tempi per la soluzione delle ambiguità di fase sono aumentati e si sono verificate interruzioni della misura. Oltre alla scarsa produttività, in questi casi le ambiguità risolte spesso non sono affidabili. Recentemente è stato eseguito un test più accurato per analizzare e controllare la precisione delle correzioni.



Le stazioni in rete: **configurazione iniziale**



Le stazioni in rete: **configurazione attuale**

Per il test sono stati scelti tre punti: BZ a Bolzano a circa 370 m dalla stazione BZRG, CH a Chiusa e ME a Merano. Gli ultimi due entrambi a circa 23 km da Bolzano.

Criteri per il test: Uno dei metodi possibili, consiste nel memorizzare ininterrottamente per 24 ore la determinazione in *real time* di un punto generico. Nel caso di reti più grandi e con elevato numero di stazioni, le misure potrebbero essere eseguite alternativamente su una di esse escludendola dalla rete. Il metodo, sicuramente valido, ha la limitazione di non potere impostare l'intervallo tra le determinazioni perché fisso ad un secondo e quello di ottenere determinazioni tra loro correlate.

Un altro metodo possibile consiste nel ripetere le misure sul medesimo punto, spegnendo e riaccendendo ogni volta lo strumento. Esso permette la facile individuazione di errori all'interno dei singoli calcoli per le ambiguità di fase, consentendo di ottenere delle soluzioni sicuramente indipendenti fra loro. Per verificare e confrontare i due diversi metodi, sul punto Chiusa sono stati utilizzati entrambi.

Il test aveva lo scopo di verificare la qualità delle correzioni di rete trasmesse dal servizio. Nella

scelta dei punti si è perciò tentato di individuare ed escludere tutti gli elementi che avrebbero potuto influire negativamente nella determinazione delle coordinate.

Si è ad esempio evitato l'utilizzo di punti parzialmente ostruiti, che non avrebbe permesso una completa ricezione dei satelliti oppure punti che si trovavano al di fuori della rete. Nella località ove eseguire il test, doveva esserci una buona copertura del segnale GSM e GPRS.

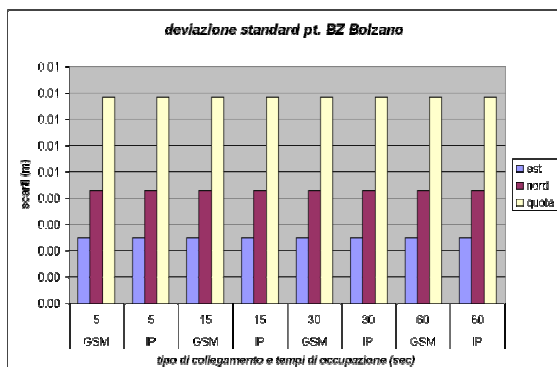
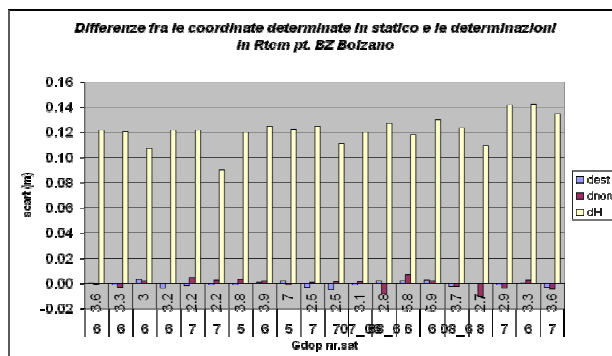
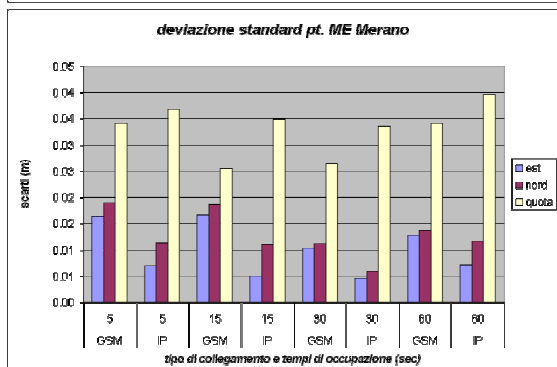
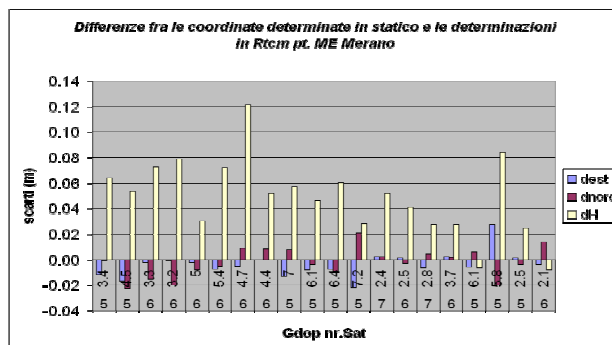
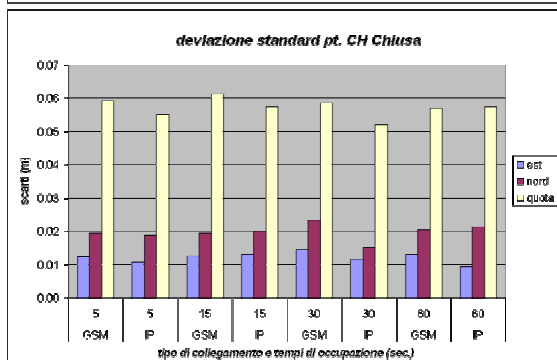
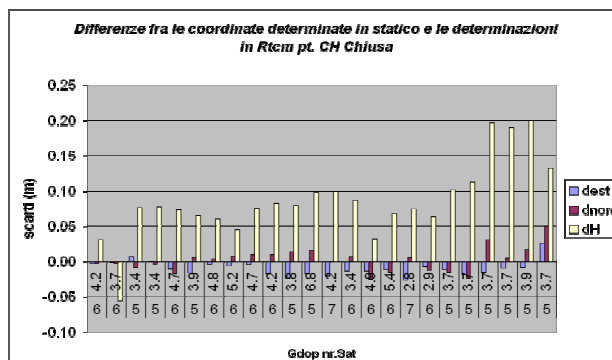
Durata del test: Considerando che la costellazione satellitare cambia lentamente, si è deciso di ripetere le misure ad intervalli di 15-30 minuti circa.

Ritenendo che per un test più completo sarebbe stato opportuno eseguire misure nell'arco delle 24 ore, ma non avendo procedure automatiche, che ad intervalli regolari spengano e poi facciano ripartire lo strumento e la misura, per motivi pratici, si è deciso di prendere in considerazione una fascia oraria di 7 ore.

Tipi di misure: Per ottenere coordinate con una certa garanzia di affidabilità, i punti sono stati precedentemente rilevati con il metodo statico. Per il test è stato utilizzato un Gps Leica system 530 con l'antenna AT502, e le misure in *real time* sono state eseguite utilizzando il protocollo I-Max RTCM 2.3. I punti sono stati misurati utilizzando tempi di osservazione differenti ed in particolare dopo 5, 15, 30 e 60 secondi.

Il collegamento al centro di controllo è stato ottenuto sia via IP sia via GSM.

Risultati dei test: Analizzando e confrontando i vari aspetti, nei grafici della prima colonna si può notare che i tempi di osservazione più lunghi non corrispondono a maggiore precisione ed il tipo di collegamento (GSM-GPRS) utilizzato, per ricevere le correzioni non ha influito sul risultato.



Misurando per più ore il medesimo punto nella modalità descritta prima, si è constatato che al variare dei satelliti variava anche la precisione. Per il punto BZ, gli scarti in planimetria sono rimasti costantemente entro il centimetro, per i punti più distanti invece pur ottenendo una precisione da 0 a ± 2 cm, gli scarti durante alcune sessioni sono stati dell'ordine dei 3-4 cm. Per la componente planimetria, i risultati ottenuti corrispondono alle attese, per quella altimetrica sono state riscontrate incoerenze impreviste. In tutte le misure eseguite sul punto BZ, la quota determinata in modalità RTCM, è risultata costantemente di 12-13 cm inferiore a quella determinata con metodo statico.

Negli altri due punti, gli scarti in quota ottenuti sono mediamente attorno ai 7 cm. In tre misure sul punto CH hanno raggiunto i 20 cm. Le cause che portano ad ottenere scarti così elevati in quota, non sono ancora state individuate e sono tuttora oggetto d'indagine.

Il test è servito anche ad analizzare il tempo necessario per la risoluzione delle ambiguità intere di fase, aspetto questo non indifferente dal punto di vista della produttività. Il tempo è stato generalmente inferiore ai 20 secondi, solo in situazioni particolari, quando ad esempio con sei satelliti, di cui uno ricevuto solo in L1, i tempi sono saliti oltre i 400 secondi.

Il test ha inoltre evidenziato l'impossibilità di garantire all'utente una precisione ben definita, ottenibile utilizzando le correzioni di rete, perché il risultato finale, dipende anche da fattori esterni al sistema e non controllabili dal gestore, come ad esempio errori di trasmissione e di ricezione, o imprecisioni e limitazioni dello stesso GPS.

Sì può solo ritenere, in linea di massima, che in condizioni ideali si possano ottenere precisioni planimetriche centimetriche.

Per monitorare costantemente la qualità delle correzioni trasmesse, si ritiene opportuno eseguire periodicamente questo tipo di prove su punti posizionati in zone con caratteristiche diverse.

Un ultimo accenno per quanto riguarda la misura in tempo reale di 24 ore eseguita sul punto CH.

I dati raccolti sono stati utili per individuare i periodi, nel quale il sistema non era in grado di risolvere le ambiguità.

Gli scarti planimetrici oscillavano mediamente da 0 a ± 3 cm, mentre in quota la precisione peggiorava notevolmente, lo scarto cambiava da 0 a ± 26 cm. L'aumento dell'imprecisione è probabilmente da attribuire al tempo d'osservazione (mai più di un secondo).

In prossimo futuro si dovrà prendere in considerazione l'inclusione di qualche stazione nella zona centrale. La configurazione della rete con minore interdistanza tra le stazioni, renderebbe più efficiente la produzione delle correzioni all'interno della cella.

Il sistema di riferimento. Il servizio di posizionamento in *real time*, oltre alle correzioni, diffonde anche il datum geodetico cioè il sistema convenzionale su cui, con le coordinate, sono riferiti i punti attraverso i quali rappresentare la superficie terrestre. Al datum sono associate le coordinate dei punti che lo materializzano, l'epoca della realizzazione della rete, e l'ellissoide su cui sono calcolate le coordinate.

In provincia di Bolzano (ed in provincia di Trento) fino ad alcuni anni fa era abbastanza complicato confrontare rappresentazioni cartografiche dello stesso territorio perché le singole rappresentazioni erano riferite a diversi datum geodetici. Oltre a quello particolare del Catasto fondiario (ellissoide di Oriani: $a=6376130$ m $s=1/310$ e coordinate Cassini Soldner sul meridiano di Innsbruck con direzione positiva delle ordinate verso Sud), erano comunemente in uso i sistemi ED50 e Roma40.

Questo ultimo usato con due tipologie di coordinate: le Gauss Boaga ufficiali ed altre cui era sottratto un valore per le ascisse ed un altro per le ordinate.

Era spesso necessario ricercare gli adeguati parametri ed utilizzare le opportune trasformazioni. Per trasferire le informazioni delle mappe catastali dal sistema originale a quello Roma40 sono state utilizzate trasformazioni con adattamenti polinomiali.

Da più di un anno la Provincia di Bolzano ha adottato come sistema di riferimento unico delle informazioni territoriali l'Etrs89 (*European terrestrial reference system 1989*) che già dal 1990 è il riferimento ufficiale europeo per le operazioni geodetico-cartografiche.

Esso è basato sulla geodesia satellitare GPS (ellissoide WGS84), coincide con ITRF89 epoca 1989.0, è materializzato dalle stazioni GPS EUREF ed è ancorato alla placca eurasiatica.

Le coordinate delle stazioni, che compongono la rete GNSS di Bolzano, sono quindi inquadrare nel sistema Etrs89. Altrettanto lo sono quelle del servizio austriaco APOS e le stazioni EUREF che forniscono le correzioni RTCM.

L'Etrs89 non rappresenta la realtà geofisica del momento, ma le coordinate delle stazioni che lo materializzano sono rese disponibili, per le stazioni EUREF (es. BZRG), attraverso le realizzazioni globali ITRFXX ed anche attraverso le soluzioni settimanali riferite all'epoca 1989.0 e, per le altre stazioni (BRBZ, MABZ, STBZ, ecc.), dal servizio austriaco AMON (*Austrian Monitoring Service*).

<http://gps.iwf.oeaw.ac.at/>.

I messaggi per il tempo reale consentono di determinare i punti nello stesso datum cui esse sono riferite. Nel caso esso non corrispondesse a quello usato dall'utente, sarebbe necessario eseguire una trasformazione di coordinate. In Provincia di Bolzano quindi l'utente che rileva in *real time*, ha la possibilità di inserire direttamente in cartografia il prodotto delle misure eseguite, senza dover ricorrere a trasformazioni di coordinate.

Bibliografia:

Benazzo E. et al., "Reti GPS Permanenti su scala Regionale in Piemonte, inquadramento geodetico e strategie d'analisi"

Biagi L. et al., "Guidelines to an optimal adjustment of local service permanent networks within a dynamic world: a first proposal"

Friedel R. et al., "Entwicklung eines Testmanagements zur Genauigkeitsuntersuchung von SAPOS"

Klein G., Gigl C.(2004), "3D-Gebrauchskoordinaten durch passpunktfreie Transformation von GPS-Beobachtungen"

Höggerl N., "Realisierung des Europäischen Bezugssystems Etrs89 durch APOS"

Di Girolamo A.(1999), "Sistemi di riferimento e trasformazioni di coordinate" B.U. RATAA, n. 19

Di Girolamo A. (2002), "Adozione del sistema Etrs89-Igm95"