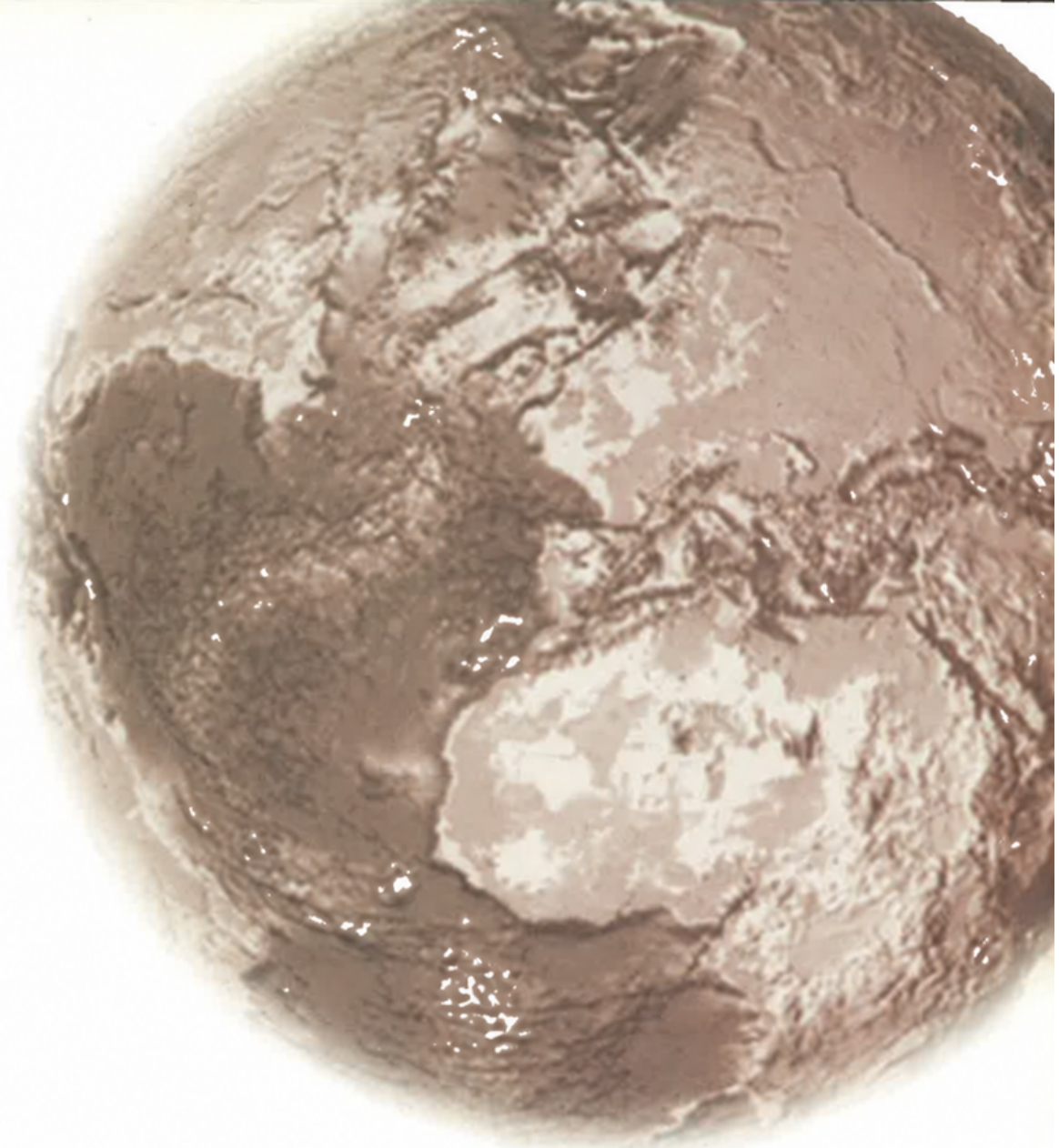




2002

**Sistemi di acquisizione ed elaborazione
di dati GPS da reti permanenti:
esperienze presso la sezione di Catania
nel periodo 1995-2001**

Mario Mattia e Massimo Rossi

n. 3

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Via di Vigna Murata 605 - 00143 Roma

tel. 06518601 • fax 065041181

www.ingv.it



**SISTEMI DI ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DI DATI GPS DA RETI
PERMANENTI : ESPERIENZE PRESSO LA SEZIONE DI CATANIA NEL PERIODO
1995-2001**

MARIO MATTIA, MASSIMO ROSSI

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – Sezione di Catania

1. Introduzione

Negli ultimi anni si è assistito al grande sviluppo di tecniche di utilizzo di dati GPS (Global Positioning System) finalizzati ai più disparati usi in vari ambiti civili e militari. L'uso di queste tecniche nel campo della geofisica e, in particolare, nell'ambito dei programmi di monitoraggio di aree a grande rischio sismico e vulcanico, ha avuto grande slancio a partire dalla metà degli anni '80. Infatti, a partire da questa data, lo sviluppo di nuovi algoritmi di calcolo ed il miglioramento tecnologico dei ricevitori, unitamente alla aumentata disponibilità di satelliti, ha permesso di raggiungere elevati livelli di precisione nel calcolo di coordinate e di vettori-distanza tra capisaldi anche distanti centinaia di chilometri. In conseguenza di ciò, le tecniche di geodesia satellitare rappresentano oggi una tecnica ormai universalmente riconosciuta nell'ambito dello studio dei campi deformativi associati al manifestarsi di grandi eventi geologici quali eruzioni vulcaniche, terremoti e frane, e rappresentano uno strumento ormai routinario di analisi e ricerca nell'ambito dello studio dei precursori dei citati fenomeni. Lo sviluppo delle tecniche geodetiche GPS ha portato come conseguenza la nascita di reti permanenti che si stanno rivelando di grande utilità sia nell'ambito degli aspetti tipicamente legati alla protezione civile sia nell'ambito della ricerca sui campi di deformazione del suolo. Le reti GPS realizzate sui vulcani attivi siciliani si inseriscono in questo quadro.

L'esperienza maturata in questo settore da parte di ricercatori e tecnici operanti presso la Sezione di Catania INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) dal '95 ad oggi ha permesso di individuare una serie di problemi relativi alla affidabilità delle stazioni remote e di individuare cause e possibili soluzioni tecniche finalizzate ad assicurare la continuità di acquisizione del dato. In questo senso lo sviluppo delle reti GPS deve essere principalmente orientato su due fronti: da un lato verso il miglioramento degli aspetti tecnologici e dall'altro verso lo sviluppo di software dedicato al postprocessamento ed alla analisi del dato in tempo reale. Questo lavoro si pone come fine la definizione di uno standard hardware per le stazioni remote dislocate presso le aree vulcaniche della Sicilia Orientale ed alla definizione di procedure operative semplificate per l'analisi del dato.

2. Esperienze 1995-1998

Un primo approccio alla tematica del monitoraggio permanente per mezzo di stazioni GPS fu portato avanti da ricercatori dell'Istituto Internazionale di Vulcanologia nel 1992 (Ferrucci et al, 1994) attraverso metodi e sistemi non ancora completamente automatici e solo in via sperimentale, mentre la vera e propria esperienza di monitoraggio di aree vulcaniche per mezzo di sistemi GPS ha avuto inizio nel 1995, nel quadro delle attività finanziate dal GNV (Gruppo Nazionale per la Vulcanologia) finalizzate al monitoraggio dell'Isola di Vulcano. Nell'aprile 1995 furono così installati tre ricevitori, dislocati presso i siti già utilizzati da diversi anni per il monitoraggio clinometrico in continuo dell'area vulcanica attiva della Fossa di Vulcano. In particolare, i siti individuati furono quelli di Grotta Palizzi (nell'area della Roia), Campo Sportivo e Vulcanello (Fig. 1 e 2). Le stazioni furono dotate di linea elettrica e telefonica, con la sola eccezione di Grotta Palizzi che, per ragioni di eccessiva distanza da aree abitate, fu dotata di pannelli solari e modem cellulare ETACS (Extended Total Access Communication System) della ditta TELEWARE. I ricevitori utilizzati erano tre 4000SSE Trimble dotati di 1 Mb di memoria e dell'opzione denominata «remote download» che permette, tramite una suite di programmi denominata R-files, il controllo e lo scarico dei dati solo per mezzo di un collegamento seriale trasparente (ovvero senza controllo di flusso). Questi ricevitori erano accoppiati con antenne modello Compact L1/L2 con *groundplane* di produzione Trimble. Le stazioni con linea telefonica furono dotate di modem tradizionale.

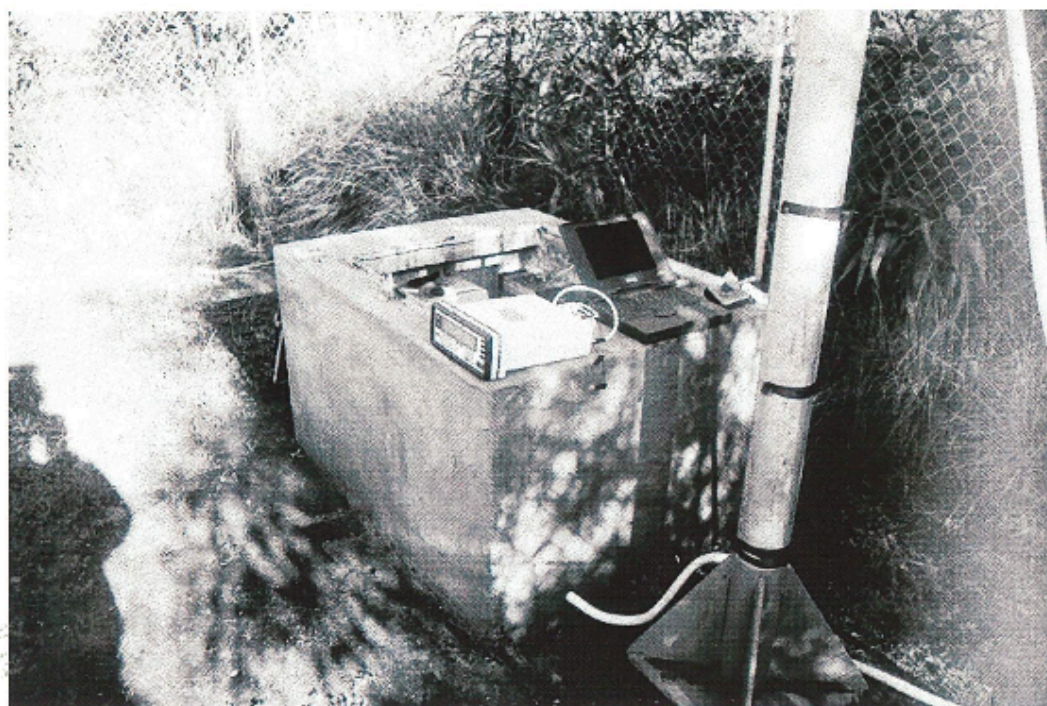


Fig. 1 - Stazione di Vulcanello durante un download dei dati in modalità locale

Nelle stazioni dotate anche di linea elettrica, i ricevitori restavano sempre accesi anche nell'intervallo tra due sessioni, mentre nella stazione remota alimentata da pannelli solari si preferì, per ovvie ragioni di risparmio energetico, tenere i ricevitori nella cosiddetta posizione di *sleep-mode*. Al momento di effettuare la sessione predefinita dall'utente, il ricevitore si accendeva e consentiva anche l'accesso per via remota alla sua memoria di massa e dunque di scaricare le sessioni dei giorni precedenti. Inizialmente venivano preimpostate tutte le sessioni disponibili, allo scopo di «inseguire» la sessione giornaliera con migliore geometria (più basso PDOP – Position Dilution of Precision) nel suo shift giornaliero di 4 minuti.

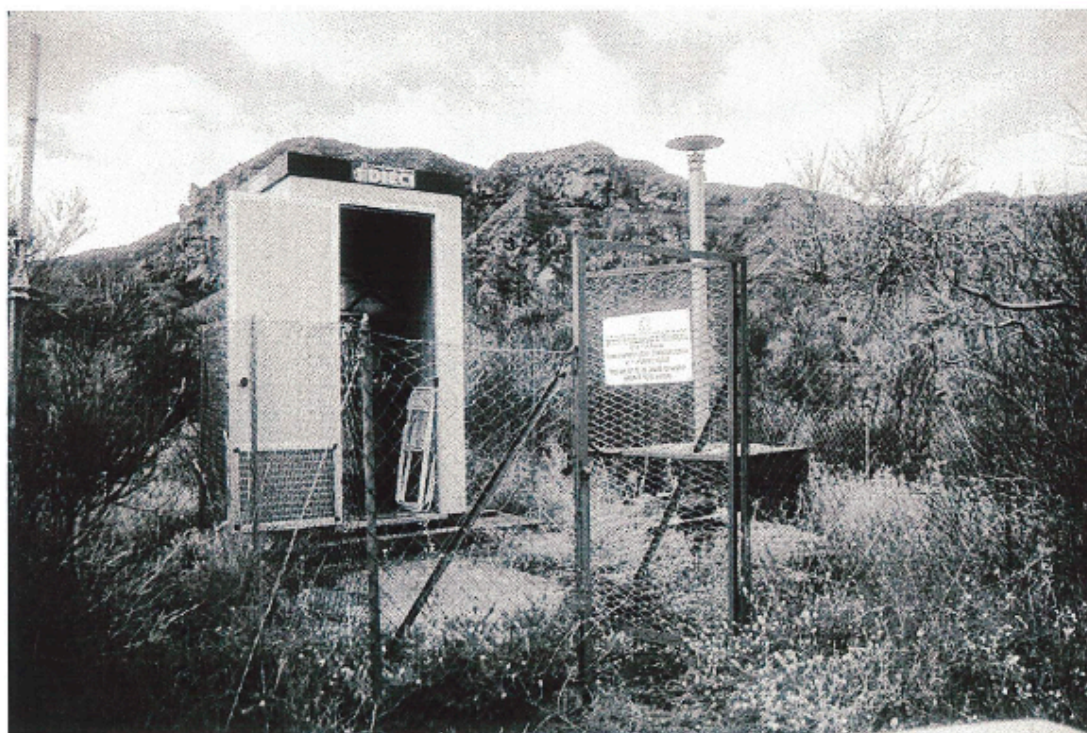


Fig. 2 - Stazione di Campo Sportivo

Successivamente, grazie anche al miglioramento della costellazione disponibile si è preferito operare sempre nello stesso intervallo temporale, anche se più ampio per compensare eventuali momenti di disponibilità di una costellazione con geometria scadente. Le limitate capacità di memoria del 4000SSE permettevano l'acquisizione di circa 16 sessioni di 2.5 ore, e ciò, unitamente ai gravi problemi di fulminazione cui andavano spesso incontro i modem tradizionali (in due anni di attività con la rete configurata in questo modo sono stati sostituiti, in media 6 modem per stazione) ha fatto sì che le acquisizioni fossero caratterizzate da frequenti interruzioni per esaurimento delle capacità di memoria, in assenza di un download dei dati. In questa fase lo scarico dei dati avveniva per mezzo di normali software di comunicazione (in particolare veniva utilizzato XTALK). Una volta stabilita la comunicazione, si operava in finestre DOS (Disk Operating System) e, per mezzo delle utility R-files, si scaricavano i dati e si inviavano le nuove sessioni. I dati scaricati venivano elaborati da un operatore con il software GPSurvey della Trimble, i risultati venivano salvati in un file di testo ed infine un programma scritto in Quick Basic si occupava del *parsing* di tali files e del loro inserimento in un foglio elettronico in formato Excel. La visualizzazione avveniva tramite grafici di variazione di distanze inclinate e di differenza di quota estratti da un file Excel. L'intera procedura per il trattamento dei dati era basata su una serie di test statistici che hanno permesso di definire i seguenti standards di elaborazione (Mattia et al, 1997; Aloisi e Mattia, 1999):

Periodo di acquisizione 2.5 ore giornaliere

Soluzione iono-free ad ambiguità intere fissate

Uso di effemeridi trasmesse

Modello troposferico di Saastamoinen (Saastamoinen, 1973)

Elaborazione per singole baselines

L'intera struttura precedentemente illustrata è stata utilizzata fino al giugno 1997, cioè fino a quando, in seguito ad un nuovo finanziamento GNV, si è proceduto all'acquisto dei nuovi ricevitori 4000 SSI che sostituirono i vecchi SSE. In questo modo si è reso possibile usufruire di acquisizioni sulla L2 certamente meno affette da rumore rispetto ai precedenti SSE che recuperano i dati di fase sulla seconda frequenza per mezzo del cosiddetto metodo dello «*squaring*» e che ha come conseguenza proprio l'aumento della rumorosità del segnale e dunque la degradazione della misura. I nuovi ricevitori sono anche dotati di una memoria più ampia (10 Mb.) ed inoltre accoppiati con nuove antenne tipo «Choke Ring» basate su tecnologia Dorne Margolin ma prodotte da Trimble. Queste antenne sono caratterizzate da una migliore stabilità del centro elettrico (inteso come centro di fase, ovvero dove effettivamente avviene l'acquisizione del dato GPS di fase) e da un innovativo sistema di riduzione del multipath basato su una struttura ad anelli concentrici. Il miglioramento tecnologico ha portato immediatamente ad un miglioramento delle caratteristiche di ripetibilità sia della componente orizzontale che di quella verticale.

I frequenti blocchi nell'acquisizione dei dati riscontrabili da un'analisi dei grafici delle baselines e dei parametri di strain è stato, in larga parte, dovuto a due differenti tipi di problemi:

Inaffidabilità dei modem su linea telefonica tradizionale

Frequenti «*bug*» al firmware dei 4000SSI.

Il primo tipo di problema, come già detto precedentemente, è legato alla tensione di alimentazione: si è infatti verificato spesso che la parte debole del sistema fosse rappresentata dai modem, in conseguenza del fatto che il regolatore di carica eleva la tensione fino anche a 14-15 V e i normali modem telefonici non resistono a tali variazioni danneggiando i loro regolatori interni. Tale problema non esiste nei modem cellulari che possono funzionare con *range* di tensioni tra 8 e 32 V. Inoltre, sono stati riscontrati problemi legati alle sovratensioni indotte da fulminazione, problemi questi che affliggono la quasi totalità dei sistemi di campagna. Gli impulsi elettromagnetici (EMP) sono generati da campi impulsivi di grossa entità che inducono grosse scariche elettriche ed elettrostatiche su cavi coassiali, cavi per comunicazione dati, antenne. A questo tipo di problema si è tentato di rimediare disaccoppiando tutti i vari componenti della stazione (disaccoppiatore d'antenna, multipresa, RS232 protector, e messa a terra di ogni

componente) con risultati ambigui e, in alcuni casi scarsamente realizzabili a causa della difficoltà nel reperire, ad esempio, i disaccoppiatori d'antenna. Un sostanziale miglioramento si è riscontrato solo quando sono stati sostituiti tutti i modem telefonici tradizionali con modem cellulari, e ciò ci ha portato a concludere che la maggior parte degli EMP passava attraverso la linea telefonica, nonostante le protezioni adottate.

Il secondo tipo di problema fu riscontrato su quasi tutti i 13 ricevitori 4000SSi ed era legato ad un guasto della memoria flash dei ricevitori. Tutti gli interventi di riparazione sono stati effettuati in garanzia, ma ciò non ha impedito grossi danni nella fase di acquisizione dei dati, anche perché nel momento in cui si verificava il guasto, il ricevitore si bloccava e restava acceso, con conseguente danneggiamento di tutto il sistema di alimentazione nel volgere di pochi giorni. Per quanto riguarda la parte di acquisizione, presso l'Istituto Internazionale di Vulcanologia è stato sviluppato, nella seconda parte del 1997 un software denominato *ALDO* (Automatic Loading and Downloading Operator) che, utilizzando i software forniti dalla Trimble per il controllo remoto dei ricevitori, permette una totale automatizzazione del processo di caricamento delle nuove sessioni e *download* dei dati dai ricevitori GPS remoti. In sintesi, una volta definita la rete (o le reti) con i nomi e le caratteristiche delle varie stazioni, ad orari prestabiliti ed impostati dall'utente, ALDO effettua un ciclo di chiamate allo scopo di connettersi e di scaricare i dati acquisiti. Inoltre cancella i dati scaricati dai ricevitori remoti e permette di caricare le nuove sessioni, definite dall'utente sulla base delle sue esigenze. Dell'intero ciclo di chiamate e di tutte le operazioni svolte, ALDO conserva un *log file* utile in caso di problemi o di mancati collegamenti. In una prima fase una volta archiviati i dati venivano elaborati e restituiti da un operatore. Questa procedura veniva eseguita per mezzo del software GPSurvey 2.30 della Trimble, che gira in ambiente Windows e non prevede procedure batch.

3. Esperienze 1998-2001

Il sistema di acquisizione, trasmissione, elaborazione e visualizzazione dei dati GPS, nella configurazione fin qui presentata, soffriva dei seguenti problemi:

Acquisizione:

Ricevitori con memorie limitate

Impossibilità di mettere il ricevitore in acquisizione quando si trova in stand-by tra una sessione e l'altra

Elevato consumo del ricevitore (circa 10 W)

Scarsa interattività

Trasmissione:

Obbligo di utilizzo della suite R-file della Trimble che agisce all'interno di finestre Dos e che si traduce in una grossa «macchinosità» del software di acquisizione

Eccessiva lentezza nella trasmissione dati (per 1 file con 3 ore di dati sono necessari almeno 20 minuti di connessione tramite cellulare)

Grossi limiti nell'utilizzo di altri sistemi di telecomunicazione

Elaborazione

Assenza di un software per il trattamento automatico dei dati

Visualizzazione

Assenza di un vero software di visualizzazione e di allertamento automatico in caso di superamento di predefiniti valori di soglia.

Il primo problema, affrontato alla fine del 1999, è stato il trattamento automatico dei dati. Riguardo questo problema fu presa un'iniziativa, all'interno del programma europeo EMEWS, per la realizzazione di un software di trattamento dei dati GPS, calcolo dei parametri di strain e visualizzazione dei risultati con annesso sistema automatico di allertamento sulla base di predefinite soglie. Questo progetto portò alla realizzazione del software EOLO (Amore et al., 2002) che, in buona sostanza, si occupa

- a) di far girare un «motore» di elaborazione come TRIMVEC della Trimble o Trimble Geomatics Office della stessa casa,
- b) di catturare i risultati della elaborazione (che avviene sempre per singole baselines) e di calcolare i parametri di strain a partire dalle formulazioni di Jaeger (Jaeger, 1969),
- c) di visualizzare (Fig. 3) sia i risultati dell'elaborazione (slope distances, differenze di quota) che gli stessi parametri di strain (Dilatazione areale, e_1 , e_2 , g_1 , g_2 , shear max.)
- d) di inviare messaggi di allerta via SMS o posta elettronica sulla base di soglie predefinite.

EOLO è stato poi sviluppato ulteriormente, testato ed infine messo on line nel corso dei primi mesi del 2000. La grande novità apportata da EOLO nei confronti di altri softwares simili è l'assoluta modularità nell'architettura dell'algoritmo di elaborazione e che fa sì che sia sempre inseribile un nuovo motore di elaborazione delle basi. In questo senso sono già state apportate molte modifiche che fanno sì che oggi EOLO faccia girare il software Trimble Geomatics Office (TGO) in modalità totalmente automatica.

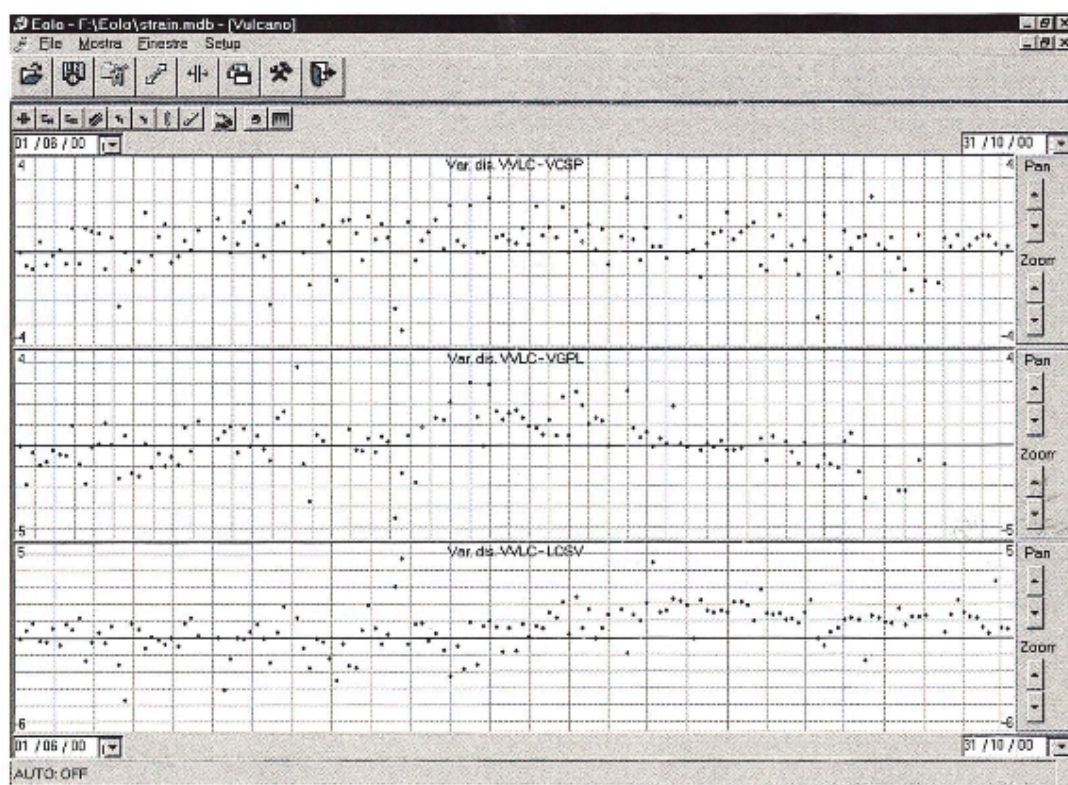


Fig 3 - Schermata di visualizzazione delle variazioni di distanza per alcune baselines della rete di Vulcano. In ascisse sono riportati i valori in microstrain delle variazioni di distanza. La linea centrale demarca lo zero.

E' da sottolineare che questo approccio, basato sull'uso di software commerciali piuttosto che sui tradizionali software scientifici per l'elaborazione automatica di dati GPS è essenzialmente legato a fattori di semplicità di interazione anche per non esperti del trattamento dati GPS (operatori di sala H24) e alle modeste distanze fra i capisaldi delle reti che rendono inutili o superflui molti passaggi delle elaborazioni con softwares scientifici. Un approccio basato sul software GAMIT (King & Bock, 1994) è comunque in fase avanzata di studio anche per il trattamento dei dati di una rete regionale ottenuta utilizzando alcune delle stazioni delle varie reti GPS permanenti della

Sezione di Catania INGV ed in particolare di quelle che acquisiscono dati 24 ore su 24. Eolo prevede anche la possibilità di predefinire soglie d'allarme basate su qualsivoglia degli elementi calcolati presenti sul suo database. In particolare, è possibile definire soglie d'allarme sulle variazioni della lunghezza delle baselines o per anomale variazioni in uno o in tutti i parametri di strain calcolati.

Decisamente sostanziali sono state le modifiche hardware implementate dal 1999 sulle reti di monitoraggio, ed in particolare lo sviluppo, in collaborazione con la Ditta Archimedes Logica di Roma, di un nuovo sistema di acquisizione dati remoto dotato di una scheda PC a basso consumo. Questo sistema è basato su una architettura schematizzata nella seguente figura:

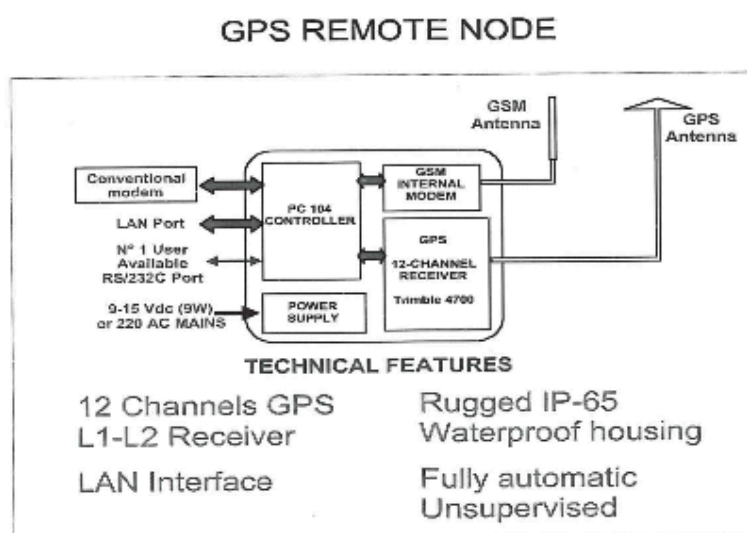


Fig 4 - Schema costruttivo della stazione remota GENESIS

In Fig. 4 si distingue la presenza di un ricevitore GPS che, nel nostro caso è rappresentato da un Trimble 4700 (18 canali L1/L2 full phase, Real Time Kinematic - RTK ready), mentre la scheda indicata come PC 104 controller è rappresentata da una scheda PC di derivazione industriale a basso consumo corredata di un processore Pentium 166 Mhz, 64 Mb RAM (Random Access Memory), HD 6 Gb e WinNT 4.0 Server. Alla scheda fanno capo una scheda Watchdog non mostrata in figura che si occupa della costante verifica della funzionalità degli elementi del sistema e del controllo dei cicli di accensione e spegnimento, una scheda per il controllo di alimentazione a isteresi che avvia lo shut-down in casi di abbassamenti della tensione di alimentazione al di sotto di un valore soglia (11.5 W) ed un modem GSM (Global System for Mobile communication), nel nostro caso un FALCOM A2D. E' da sottolineare che la scheda per il controllo dell'alimentazione effettua delle verifiche alla tensione in entrata in maniera tale da impedire blocchi del sistema dovuti a carenze improvvise di alimentazione tramite un metodo che prevede, a seguito di uno *shut-down* dovuto ad abbassamento eccessivo della tensione di ingresso, il successivo blocco nella riaccensione per almeno due giorni. In questo periodo si dà il tempo ai pannelli di ricaricare le batterie e dunque si impedisce di buttare completamente giù le batterie in modo irreversibile. In ogni caso, anche in seguito ad esperienze maturate durante l'inverno 2000, si è preferito di mantenere un livello di *cut-off* hardware operato tramite il regolatore di carica proprio per evitare che eventuali arresti della stazione durante la fase di *bootstrap* (e dunque al di fuori della possibilità di controllo da parte del software che gestisce la scheda di controllo dell'alimentazione) possano danneggiare anche altra strumentazione che condivide il sistema di alimentazione nel caso si tratti di una stazione multisensore. Ovviamente il modem telefonico resta acceso anche tra una sessione e la successiva per permettere, in qualunque momento l'accesso alla stazione o per effettuare una modifica allo svolgimento delle sessioni o per qualsivoglia motivo legato alla manutenzione della stazione. In questo caso, il Remote Access Server di Windows NT rileva l'attività di chiamata dalla seriale cui è connesso il modem

telefonico e riavvia il sistema operativo. Sarà la scheda watchdog a comandare l'arresto del sistema dopo cinque minuti dalla sua accensione, salvo che non si avvii un apposito software che mantiene accesa la stazione. Per prevenire la deriva dell'orologio interno alla scheda PC, una seriale della stessa scheda è connessa ad una porta del ricevitore impostata per inviare la stringa GGA del messaggio NMEA (National Marine Electronics Association). Tramite questa lettura (dove è impostato il tempo trasmesso dagli orologi atomici dei satelliti GPS) lo «scheduler» (il software che gestisce il sistema in accensione e spegnimento) è sempre aggiornato e non è affetto da deriva sui tempi.

L'acquisizione dei dati è garantita dal software Trimble Reference Station (TRS) della Trimble Navigation. Questo software controlla il ricevitore tramite un collegamento seriale e si occupa di archiviare i dati acquisiti secondo le necessità dell'utente. Nel nostro caso le stazioni acquisiscono dati in formato DAT Trimble con un periodo di roll-over (durata del singolo file) di un'ora (Fig. 5).

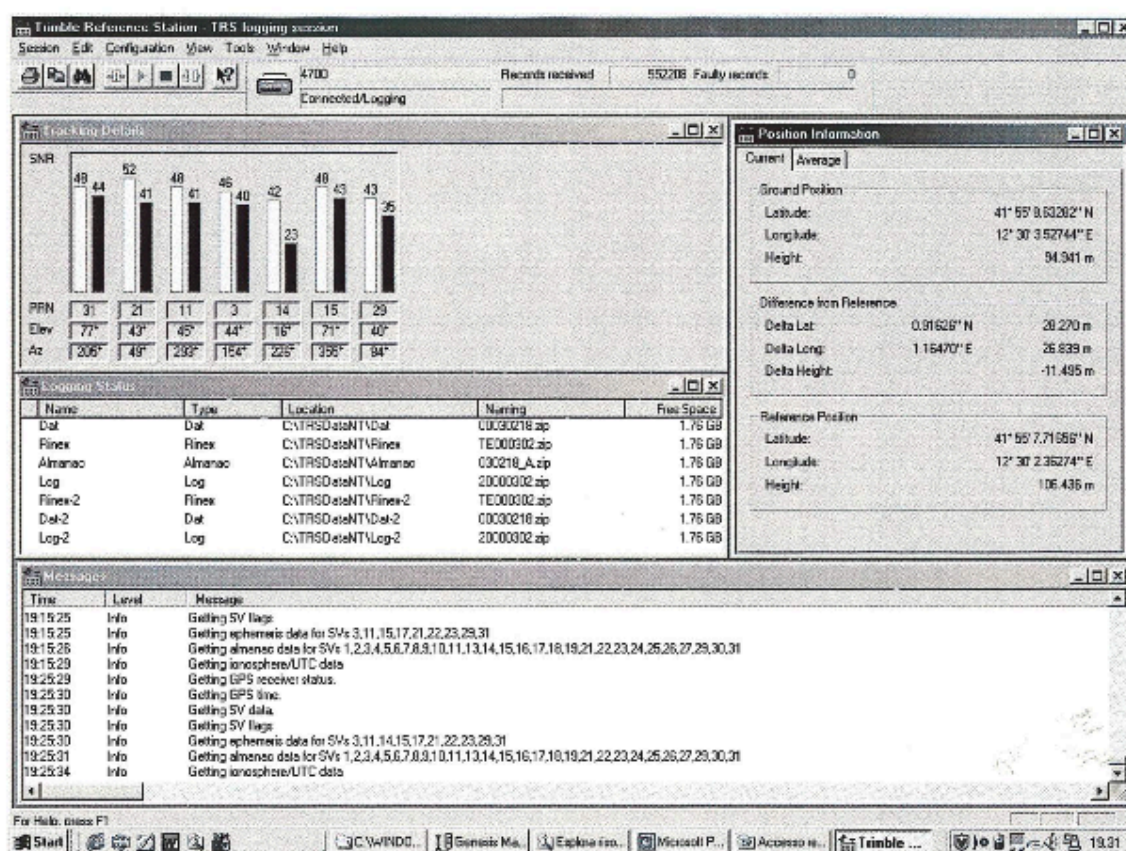


Fig. 5 - Schermata del software TRS durante l'acquisizione

Questi files vengono anche compressi tramite il software Winzip e resi disponibili per il download in una apposita cartella. Lo scopo della definizione di un periodo di roll-over così breve è legato alla necessità di assicurare una acquisizione di dati presso la stazione master anche in caso di difficoltosi collegamenti telefonici che non permettono lunghe connessioni. Un software si occupa anche della verifica della funzionalità del TRS, e questa caratteristica è legata alla esperienza dei primi mesi di utilizzo delle stazioni allorché si verificavano dei temporanei problemi nella lettura-scrittura dell'hard disk. In questi casi, infatti, TRS si disconnetteva dal ricevitore e dunque, anche se in apparenza l'intera sistema girava a regime, in realtà non veniva archiviato alcun dato. Questo software, invece, controlla continuamente l'attività del TRS, e, qualora non funzionasse, manda in shut-down l'intero sistema e riavvia TRS, forzandolo ad acquisire dati.

La scheda PC di cui è dotata la stazione dispone di quattro porte seriali delle quali due sono occupate da connessioni con il ricevitore, una dal modem cellulare, mentre la quarta è resa

disponibile all'esterno del contenitore stagno che riveste l'intera stazione e viene utilizzata per la connessione diretta con il PC interno tramite il software PCAnywhere Symantec. In questo modo, in caso di caduta delle connessioni telefoniche o durante test si può scaricare la stazione in modalità locale senza particolari problemi. Questa quarta seriale disponibile può anche essere utilizzata per collegare altra strumentazione o per collegare altri *devices* di telecomunicazione. E' da sottolineare anche che sulla connessione telefonica è sempre in attesa una connessione PCAnywhere, che permette di configurare da remoto sia TRS che l'intero sistema in modo diretto, agendo sul computer remoto come se si operasse direttamente sul PC stesso, grazie alla totale emulazione video del software.

Presso la stazione master di acquisizione, un computer dotato di modem cellulare GSM (utilizzato presso l'INGV di Catania allo scopo di ridurre i costi di gestione della rete, visto che i modem cellulari sono dotati di SIM Omnitel facenti parte di una rete aziendale mobile) si occupa del download automatico delle stazioni remote per mezzo del software GENESIS MASTER realizzato dalla Archimedes Logica, ma che è stato ampiamente rivisto e migliorato da parte dei tecnici della Sezione di Catania INGV. Questo software prevede la gestione di tre moduli più un quarto di visualizzazione cui si farà cenno in seguito. Il primo modulo permette la definizione di tutte le stazioni della rete. Per ogni stazione viene creata una scheda all'interno della quale vengono definiti i principali parametri delle stazioni remote (secondo modulo). In questa scheda è possibile definire il nome della stazione, le coordinate della stessa, il file RAS (Remote Access Server) cui farà riferimento il software per la gestione del download automatico ed infine il tipo di file che si intende scaricare. Una finestra permette di definire gli intervalli di chiamata alle singole stazioni ed un'altra permette di definire gli intervalli di acquisizione delle stazioni remote. Sarà il software stesso, al momento della chiamata, ad inviare l'eventuale nuova programmazione alla stazione. Un terzo modulo si occupa della gestione degli allarmi. Le stazioni remote, in caso di problemi alla acquisizione (cavo antenna staccato, furto o danneggiamento dell'antenna), PDOP superiore ad un valore predefinito o alimentazione al disotto del valore soglia, inviano un messaggio d'allarme alla stazione master che evidenzierà il fatto attraverso il quarto modulo (ancora sperimentale) di visualizzazione con dei colori (rosso e verde) che segnalano anche a personale non addetto alla gestione della rete ed eventuali malfunzionamenti delle stazioni.

I vantaggi legati all'implementazione di questo nuovo sistema sono stati molti, ma, come in tutti i sistemi sperimentali ed innovativi, stiamo ancora attraversando un periodo di verifica «sul campo», che ha già riportato numerosi miglioramenti nell'affidabilità delle nuove stazioni remote e che, entro breve, dovrebbe portare al superamento degli ultimi problemi ed alla standardizzazione della stazione.

Alcune modifiche al software di acquisizione sono, infine, allo studio ed in particolare quelle finalizzate alla realizzazione di un unico software che permetta anche il download dei dati direttamente dal ricevitore utilizzando le ultime versioni delle utilities R-files, già precedentemente citate.

Conclusioni

Lo scopo di questo report è quello di evidenziare il percorso tecnico e tecnologico che è stato fatto prima all'interno dell'Istituto Internazionale di Vulcanologia e poi all'interno della sezione di Catania dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, attraverso il breve periodo di esistenza del Sistema Poseidon, finalizzato alla realizzazione di una rete di monitoraggio GPS delle aree vulcaniche attive della Sicilia Orientale quanto più affidabile possibile. A fronte delle spesso limitate risorse di personale ed economiche, i risultati raggiunti ci permettono oggi di disporre di un bagaglio di esperienza tale da evitare errori e limitazioni legate alle caratteristiche intrinseche di una rete GPS. La complessità nella realizzazione e nella gestione di una rete GPS, in tutte le fasi (acquisizione, trasmissione, elaborazione e visualizzazione), fa sì che, di fatto, non esistono standard come ad esempio esistono per reti sismiche o comunque di altri sensori

geofisici. Ogni realtà locale ha, infatti, sue specificità che impongono soluzioni «particolari». Oggi, grazie a questi sei anni densi di soddisfazioni ma anche di delusioni, il team che negli anni si è occupato della gestione delle varie reti GPS, tra l'altro cresciute numericamente in modo notevole, può permettersi di ripensare ancora una volta la struttura stessa di ogni apparato della catena acquisizione-elaborazione-restituzione per l'ennesima sostanziale modifica, alla luce delle grandi evoluzioni che vengono fatte sia nel campo della trasmissione dei dati, sia nelle caratteristiche costruttive delle ultime generazioni di ricevitori.

Bibliografia

Aloisi M., Mattia, M.(1999) – Valutazione di precisione di vettori-distanza per reti GPS su scala regionale e locale. *Open File Report 1/99 Università di Messina*.

Amore M., Bonaccorso A., Ferrari F., Mattia M.,(2002) - EOLO: software for the automatic on-line treatment and analysis of GPS data for environmental monitoring. *Computer and Geosciences* 28 271-280.

Ferrucci F., Nunnari G., Puglisi G., (1994) – Remote GPS operation for continuous measurements. *Acta Vulcanologica*, vol.6, pp.22-24.

King, RW., Bock, Y. (1994) Documentation of the GAMIT GPS analysis software v. 9.3. Massachusetts Institute of Technology and Scripps Institute of Oceanography, Boston, Massachusetts.

Jaeger, J.C. (1969) Elasticity, Fracture and Flow. *Chapman & Hall*, London, 269pp.

Mattia M., Puglisi G., Rossi M., (1997) – Definizione delle procedure operative di una rete GPS locale : il caso della rete di Vulcano. *Atti del 16° Convegno Nazionale del Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra Solida, Roma 11-13 novembre 1997*.

Mattia M., Aloisi M., Patanè D. (1999)– Misure di deformazione del suolo in continuo nell'area umbro-marchigiana per mezzo di tecniche GPS. *Open File Report 4/99 Università di Messina*.

Saastamoinen II, (1973). Contribution to the theory of atmospheric refraction, *Bulletin Geodesique*, 107, 13-34.

