

2007

**RETE_TILT: un software per il
monitoraggio dello stato di
funzionamento delle reti
clinometriche dell'Etna e
delle Isole Eolie**

Angelo Ferro

n.38

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Via di Vigna Murata 605 - 00143 Roma

tel 06518601 • fax 065041181

www.ingv.it



**RETE_TILT: UN SOFTWARE PER IL MONITORAGGIO DELLO STATO DI
FUNZIONAMENTO DELLE RETI CLINOMETRICHE DELL'ETNA
E DELLE ISOLE EOLIE**

Angelo Ferro

*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia,
Sezione di Catania*

Indice

Introduzione

1	Le reti clinometriche ed il sistema di acquisizione dati	6
1.1	La manutenzione della rete	6
2	Procedure di verifica di stato della rete precedentemente alla scrittura del programma	6
2.1	Vantaggi dell'utilizzo del programma RETE_TILT	6
2.2	Funzionalità del programma	7
2.3	Realizzazione del file di controllo e statistico nel foglio EXCEL	8
2.4	La pagina HTM	9
2.5	Conclusioni	9

Introduzione

Lo studio ed il monitoraggio delle deformazioni del suolo in aree vulcaniche effettuato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia di Catania, si avvale dell'ausilio di misure di tilt in continuo registrate attraverso clinometri elettronici installati in foro ad una profondità compresa tra i 2.5 ed i 10 metri, e noti in letteratura come "*shallow bore-hole tiltmeter*" (Bonaccorso et al., 2004).

La tipica installazione di posizionamento nel terreno del suddetto trasduttore è rappresentata in fig. 1: all'interno del foro clinometrico si incamicia un tubo in PVC essenziale per evitare infiltrazioni d'acqua che rappresentano un grosso handicap per la qualità dei dati da acquisire, ed in fondo ad esso si deposita del cemento antiritiro a presa rapida.

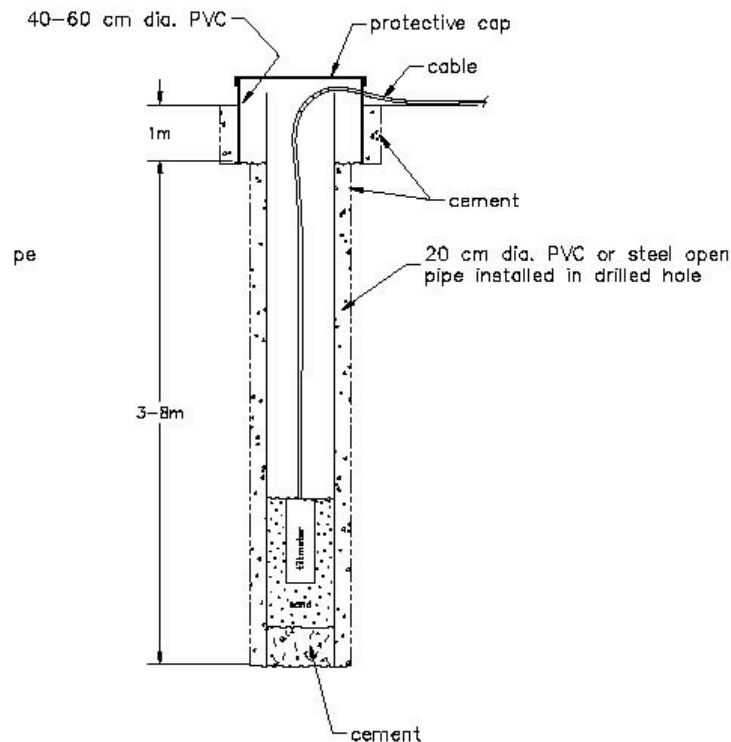


Figura 1 posizionamento del clinometro.

Successivamente all'interno del tubo in PVC viene posizionato il clinometro e gradualmente, tramite l'imboccatura del foro del piano di campagna, viene "gettata" della sabbia di quarzo monitorando e correggendo il fuori bolla (visibile con una variazione dello zero elettronico negli assi X E Y) causato dalla stessa sabbia.

La quantità di sabbia (che rappresenta l'interfaccia meccanica tra il trasduttore, il tubo in PVC ed il terreno CIRCOSTANTE) deve essere tale che il clinometro deve essere interamente ricoperto

Attualmente le reti clinometriche operanti in Sicilia sono 4 (Etna, Vulcano, Stromboli e Pantelleria) comprendenti un totale di 23 sensori. Le misure di tilt in continuo sui vulcani rappresentano un metodo rapido per l'individuazione di precursori di un'eruzione ed uno strumento di studio del comportamento dei vulcani stessi nelle fasi pre e post-eruttive. In particolare l'analisi del tilt è risultato di fondamentale importanza nelle fasi che hanno precedono (ore-giorni) tutte le eruzioni laterali recenti all'Etna (Bonaccorso et al., 2004; Aloisi et al., 2006).

I dati delle stazioni etnee ed eoliane sono acquisiti e in real-time trasferiti alla Sede di Catania mentre le stazioni di Pantelleria sono in acquisizione locale. Gli strumenti utilizzati sono clinometri modelli AGI (Applied Geomechanics Incorporation) con sensibilità compresa tra 0.02 (AGI 510) e 0.1 (AGI 722) microradianti. Gli assi dello strumento sono stati orientati in modo da rilevare una componente denominata "radiale" in direzione del cratere (valori positivi indicano sollevamento ai crateri) e l'altra componente denominata "tangenziale" in direzione ortogonale (valori positivi indicano un sollevamento in direzione 90°

antiorario rispetto alla radiale). Inoltre la stazione di PDN, che è posta alla quota più elevata, è stata sostituita nel 1997 con un clinometro al mercurio a base lunga ad alta precisione.

1. Le reti clinometriche ed il sistema di acquisizione dati

Le reti clinometriche dell'Etna e delle Isole Eolie (fig. 2) sono costituite da 18 stazioni remote che ad intervalli regolari sono interrogate da due sistemi MASTER ubicati rispettivamente presso la sede INGV di Catania e l'Osservatorio di Lipari.

Le stazioni sono predisposte per acquisire i dati ogni 30 minuti (PDN 10 minuti), comprendendo oltre la registrazione delle due componenti clinometriche anche l'acquisizione di parametri (temperature dell'aria e del suolo, tensione della batteria e tensione di alimentazione dell'elettronica) utili sia in fase di analisi che d'intervento. L'interrogazione avviene via radio-frequenza, in banda VHF con radiomodem tipo "Campbell" che assicurano un'alta immunità al rumore e la totale assenza di perdita di dati. Il formato dei dati è un file ascii 14 colonne il cui schema è riportato in Tab 1.

Staz_id	Year	Julian day	hour/minutes	Vbat	tempa	dc+	dc-	tempb	tempc	tilt_x	tilt_y	tempc	tempd
113	2006	121	30	12.58	14.54	12.02	-12.1	12.54	18.23	2007	1250	22.17	14.54
113	2006	121	100	12.57	14.54	12.02	-12.1	12.32	18.21	2008	1252	22.17	14.54
113	2006	121	130	12.55	14.56	12.02	-12.1	12.58	18.21	2006	1252	22.16	14.56

Tabella 1 file ascii.

Staz_id è univoco per ogni stazione della rete che in questo caso è riferito alla stazione clinometrica CDV di "Casa del Vescovo". Year, julian day e hour/minutes rappresentano la data in cui le misure successive sono state eseguite. Vbat è riferito alla tensione della batteria, dc+ e dc- sono dei parametri prettamente tecnici e rappresentano le tensioni duali del dc/dc converter. I campi tilt forniscono il valore dell'inclinazione del clinometro, Tempa/b/c/d sono le temperature misurate in diversi punti del sito.

I dati così acquisiti vengono trasferiti in un unico SERVER a Catania (chiamato CTACQDEFO) dove vengono salvati e graficati in tempo reale in Sala Operativa.

1.1 La manutenzione della rete

Tutte le stazioni clinometriche hanno ormai raggiunto un'elevata affidabilità ottenuta grazie ai continui upgrade hardware e software realizzati negli anni trascorsi, tale caratteristica di efficienza è anche dovuta ad un'assidua manutenzione preventiva dei siti stessi.

La casistica dei guasti più frequenti è essenzialmente dovuta a fulminazioni verificate nelle immediate vicinanze dei siti ed alle batterie scariche causate dal loro "esaurimento" naturale oppure degli accumuli di neve sui pannelli.

Altre anomalie possono essere individuate nei clinometri che, a causa di movimenti eccessivi del terreno dove essi sono posizionati, vanno fuori scala rendendo così non attendibile il dato scientifico.

2. Procedure di verifica di stato della rete precedentemente alla scrittura del programma

Prima della realizzazione del programma "RETE_TILT", la valutazione di eventuali malfunzionamenti delle stazioni, avveniva attraverso il controllo dei singoli files.

L'operazione di verifica manuale portava parecchi tempo alle normali attività di laboratorio e a volte a causa di varie problematiche, il controllo della rete non poteva essere verificato nell'immediato.

2.1 Vantaggi dell'utilizzo del programma RETE_TILT

Per consentire di intervenire tempestivamente in caso di guasti alle stazioni remote ed assicurare la continuità dei dati, è nata quindi l'esigenza di fornire il laboratorio tecnico del gruppo deformazioni di uno strumento in grado di segnalare in tempo reale qualsiasi anomalia della rete, facile da utilizzare e in grado di registrare giornalmente (in un file di log) lo stato della intera rete clinometrica. A tale scopo è stato scritto il

programma denominato RETE_TILT che analizzando in tempo reale i dati provenienti dalle stazioni remote, mostra un quadro completo sullo stato della rete clinometrica dell'Etna e delle Isole Eolie.

Il personale tecnico può, in qualsiasi momento consultare lo stato della rete e valutare la necessità di interventi di manutenzione preventivi oppure di ripristino di eventuali guasti.

2.2 Funzionalità del programma

Il programma controlla se tutte le stazioni della rete trasmettono i dati in maniera regolare, il valore della tensione delle batterie dei singoli siti e se gli assi del clinometro sono fuori dal loro *range* di misura ed eventuali anomalie dei suddetti parametri vengono segnalati tempestivamente. La visualizzazione dello stato della rete avviene anche tramite una pagina HTML, la quale utilizzando un normale browser tipo "Internet Explorer" permette la visione anche in ambito intranet oppure internet.

Inoltre giornalmente viene aggiornato automaticamente un foglio EXCEL con lo stato di funzionamento delle singole stazioni, essenziale per avere un database sulla loro funzionalità ed affidabilità. In figura 2 è visualizzata la maschera all'avvio del programma:

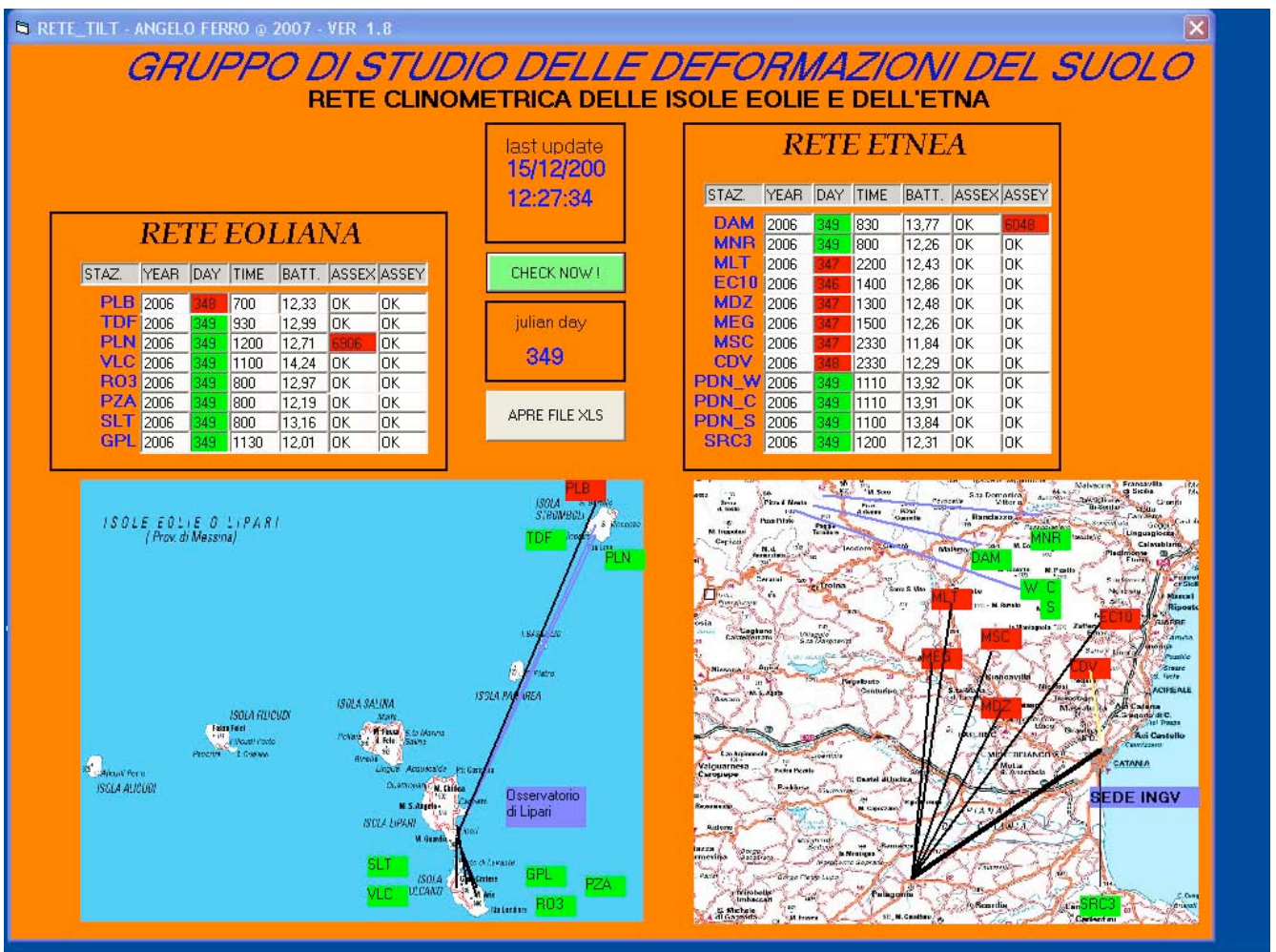


Figura 2 Schermata del programma.

"last time update" indica la data dell'ultimo controllo della rete che può avvenire automaticamente, oppure manualmente cliccando sul pulsante "check now". "next time update" indica l'ora schedulata della prossima verifica automatica di tutta la rete. Il campo "julian day" indica il giorno giuliano corrente. Nei riquadri Rete Eoliana e Rete Etna sono visualizzati gli ultimi dati utili scaricati dalle stazioni remote.

È evidente che qualsiasi anomalia del download dei dati clinometrici dalle stazioni remote come ad esempio disturbi nelle tratte radio, ha come risultato il non aggiornamento delle suddette tabelle, e se il ritardo è maggiore di 24 ore il campo day diventa rosso per evidenziare tale problema.

Il campo “STAZ.” è riferito al nome della stazione remota , *YEAR, DAY, TIME*: rappresentano l’anno, il giorno giuliano e l’ora dell’ultimo dato ricevuto corretto dalla stazione. *BATTERY* indica la tensione della batteria: tale parametro è fondamentale per una corretta gestione della rete: una riduzione della tensione di alimentazione delle batterie è indice di un malfunzionamento dovuto a pannelli fotovoltaici ricoperti di neve, rotti, oppure batterie esauste: intervenendo tempestivamente sull’anomalia si evita la perdita di importanti dati scientifici. Nel campo “ASSE:” l’indicazione “fault” segnala che uno oppure entrambi gli assi del clinometro sono vicini alla zone di saturazione dello strumento. Questo indicazione è utile per ripristinare in tempo eventuali anomalie meccaniche o elettriche del clinometro.

Entrambe le mappe mostrano un’indicazione visiva sullo stato della rete, con l’ubicazione esatta delle stazioni remote. Le linee nere e blu rappresentano i link radio con due le frequenze di trasmissione differenti. I segnali in radiofrequenza dei siti di MDZ, MEG, MSC ed EC10 transitano tramite il ponte radio di Palagonia.

2.3 Realizzazione del file di controllo e statistico nel foglio EXCEL

Il Programma esegue giornalmente un controllo automatico sullo stato della rete ed i dati elaborati oltre che ad essere visualizzati sulle mappe e nei campi “station monitor” vengono conservati in un file EXCEL e presentati in un pagina HTML. In tab2 è riportato un esempio delle informazioni riportate sul file d’uscita excel:

Data		CDV	EC10	DAm	MMT	MSC	MGT	MDZ	MNR	PLB	PLN	TDF	PZA	SLT	VLC	GPL prof	PDN W C S			SRC3	RO3	nr active	nr funz.	% funz.
09/10/2006	Lun	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20	20	100%
10/10/2006	Mar	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20	20	100%
11/10/2006	Mer	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20	20	100%
12/10/2006	Gio	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20	20	100%
13/10/2006	Ven	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20	20	100%
14/10/2006	Sab	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	20	18	90%
15/10/2006	Dom	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	20	15	75%

Tabella 2 Schermata del file d’uscita (Excel).

Nella prima e seconda colonna è indicata la data ed il giorno della settimana dell’ultimo dato elaborato dal programma. Nelle successive sono mostrate le singole stazioni ed il loro stato di funzionamento in logica booleana (1 se funzionati, 0 se non acquisite da 1 o più giorni). La colonna “active” indica il numero totale delle stazioni attive che generalmente è sempre costante. La colonna “funz” mostra il numero delle stazioni funzionanti, cioè quelle che hanno un link attivo con Catania da meno di 24 ore. La colonna “% funz” è la percentuale di stazioni funzionanti.

La stazione di PDN è realizzata da una terna di sensori indipendenti collegati tra di loro mediante una piccola rete locale ed è considerata come formata da tre singole stazioni indipendenti in modo da monitorare eventuali anomalie dei singoli sensori.

In genere la presenza di uno stato “0” di 2-3 giorni non indica necessariamente un malfunzionamento della stazione dato che il problema potrebbe essere imputabile a disturbi nella tratta radio. Ritardi maggiori invece presuppongono invece ad anomalie di tipo tecnico che generalmente necessitano di intervento.

2.4 La pagina HTM

Affinché chiunque possa in qualsiasi momento controllare lo stato della rete, il programma genera una pagina html nel sito intranet <http://adweb/> → UFDG → gruppo e reti clino e gps, dove in un link è possibile scaricare il file di log in excel.

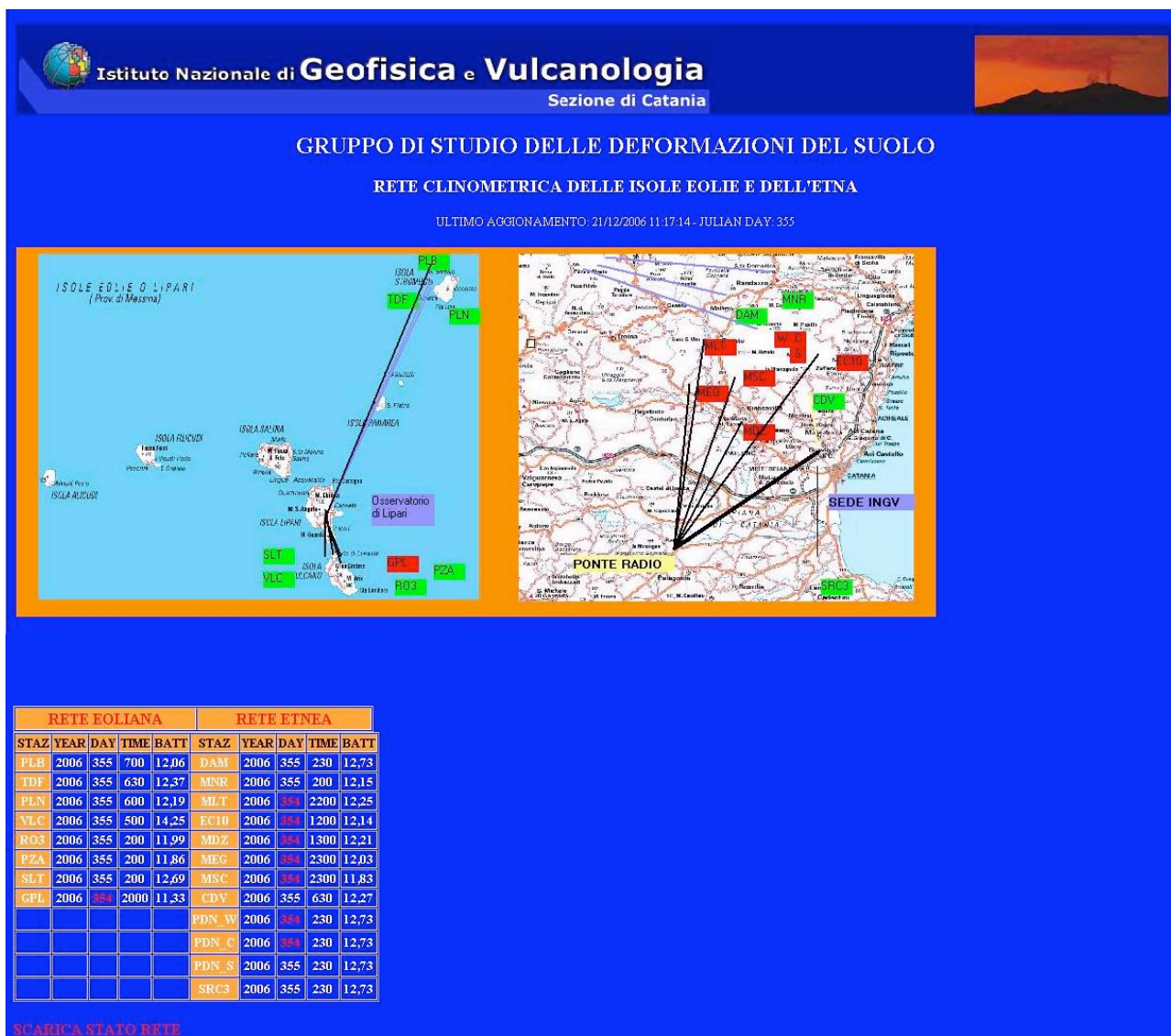


Figura 3 Schermata del programma in HTML.

2.5 Conclusioni

Il programma RETE_TILT è attivo dal Gennaio 2005 e da una prima bozza iniziale si è ormai ottenuto uno strumento di elevata funzionalità ed affidabilità, in grado di segnalare in tempo qualsiasi anomalia della rete clinometrica.

Le misure di tilt in continuo sui vulcani sono molto importanti soprattutto durante le fasi che precedono (ore-giorni) l'innescio di eruzioni laterali (es. Etna 1981, 1989, 1991-93, 2001 e 2002-2003).

RETE_TILT rappresenta uno strumento che consente una migliore gestione delle reti clinometriche al fine di ridurre al minimo le interruzioni sui dati la cui continuità è fondamentale soprattutto durante i periodi di crisi.

Inoltre, attraverso il file di log, il programma permette di avere lo storico dell'intera rete dal gennaio 2005 e la visualizzazione tramite browser permette a tutti di consultare lo stato della rete.

Bibliografia

Aloisi, M., Bonaccorso, A., Gambino, S. (2006). *Imaging composite dike propagation (Etna, 2002 case)*. J. Geophys. Res., 111, B06404, doi: 10.1029/2005JB003908.

Bonaccorso A., Campisi O., Falzone G., Gambino S., (2004). *Continuous tilt monitoring: a lesson from 20 years experience at Mt. Etna, Monograph of American Geophysical Union "Etna Volcano Laboratory"*, Calvari, S., Bonaccorso, A., Coltelli, M., Del Negro C. & Falsaperla S., eds, pp. 307-320.

User's manual: "model 722 borehole tiltmeter" released by Applied Geomechanics