



**I PRIMI 10 MESI DI REGISTRAZIONE  
DELLA STAZIONE GEOFISICA IPOGEA DEL  
BUS DE LA GENZIANA (1000VTV)  
- PIAN CANSIGLIO -**

**Responsabile scientifico: Dr Carla Braitenberg, PhD.  
Collaboratori: Dr Nagy Ildikò, Dr Barbara Grillo**

**Dipartimento di Scienze della Terra  
Università degli Studi Trieste  
Via Weiss 1, 34100 Trieste  
e-mail: [berg@units.it](mailto:berg@units.it), tel.: 040 5582257 cell. 339 8290713**

**Dr Alberto Piccin  
Corpo Forestale dello Stato  
Ministero delle Politiche Agricole e Forestali  
Ufficio Territoriale per la Biodiversità, Vittorio Veneto (TV)**

**Trieste, 27 ottobre 2006**

## INDICE

<b>1. Sommario</b>	<b>Pag. 3</b>
<b>2. Introduzione</b>	<b>Pag. 3</b>
<b>3. Assetto geologico strutturale e il terremoto del Cansiglio del 1936.</b>	<b>Pag. 3</b>
<u>3.1. Assetto geologico strutturale del Cansiglio</u>	Pag. 3
<u>3.2. Il terremoto del Cansiglio del 1936 in relazione alla posizione della stazione</u>	Pag. 3
<b>4. I risultati della registrazione di inclinazione da dicembre '05 a settembre '06</b>	
<u>4.1. I movimenti lenti</u>	Pag. 11
<u>4.2. Inclinazioni causate da run-off di acque del sottosuolo</u>	Pag. 12
<u>4.3. Le osservazioni delle maree terrestri.</u>	Pag. 16
<b>5. Prospettive future e migliorie strumentali auspicabili</b>	<b>Pag. 17</b>
<b>6. Conclusioni</b>	<b>Pag. 18</b>
<b>7. Bibliografia</b>	<b>Pag. 18</b>

## 1. Sommario

La localizzazione del Bus de la Genziana, Riserva Naturale Ipogea, situata nella parte veneta del Pian Cansiglio nel comune di Fregona (Treviso), è piuttosto strategica per gli studi geofisici, in quanto permette di poter fare una triangolazione con le altre due stazioni di Grotta Gigante (TS) e Grotta Nuova di Villanova (UD) e registrare dati che possono integrare il quadro geofisico dell'Italia del Nord -Orientale. La cavità infatti si trova in zona sismica, che è stata colpita nel 1936 da un forte terremoto con ipocentro sotto il Cansiglio.

La valutazione delle funzionalità della stazione dei primi 10 mesi è molto positiva. Questo periodo di prova ha riportato con successo i risultati sperati e quindi lo studio continuerà auspicando in un prossimo futuro alcune migliorie strumentali che aumenterebbero l'affidabilità della stazione.

## 2. Introduzione

La presente relazione rappresenta la continuazione del rapporto scientifico “La stazione geofisica ipogea del Bus de la Genziana” datato ottobre 2005, nel quale vengono descritti gli aspetti tecnici e scientifici della stazione ipogea del Bus de la Genziana, la Riserva Naturale Ipogea del Cansiglio. Nel presente rapporto, invece, vengono presentati e descritti i risultati dei primi 10 mesi di registrazione, da dicembre 2005 a settembre 2006. Questo periodo di prova ha riportato con successo i risultati sperati e la stazione ha dato prova di buona funzionalità. Questo fatto positivo avviene proprio in coincidenza del fatto che questo anno decorre il 70° anniversario dall'evento sismico del 1936 in Cansiglio.

La stazione, grazie alla collaborazione con il Corpo Forestale dello Stato nella figura del dr. Alberto Piccin, rientra nella rete di stazioni geodetiche operanti nella Regione Friuli Venezia Giulia. I dati vanno ad integrarsi con gli altri studi geodetici di Grotta Gigante (TS) e Grotta Nuova di Villanova (UD) [BRAITENBERG, 1999; BRAITENBERG ET AL., 2001; PINATO ET AL., 2006] e anche con quelli di altri Enti, quali la rete GPS FREDNET dell'Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale e le linee di livellazione dell'Istituto Geografico Militare. Attualmente gli studi sulla deformazione crostale vengono svolti anche nell'ambito del progetto di Ricerca S2 “Valutazione del potenziale sismogenetico e probabilità dei forti terremoti in Italia 2005-2035”, **UR 3.2b**: Impiego di dati GPS a scala nazionale e GPS/geodetici tradizionali a scala locale per un monitoraggio continuo dell'accumulo delle deformazioni, convenzione fra Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia e Dipartimento per la Protezione Civile.

## 3. Assetto geologico strutturale e il terremoto del Cansiglio del 1936

### 3.1. Assetto geologico strutturale del Cansiglio

Dal punto di vista strutturale il territorio del Cansiglio-Cavallo fa parte della grande unità geologica delle Alpi Meridionali. Questa è stata interessata dal *rifting* giurassico con l'individuazione di una piattaforma carbonatica bordata dal Bacino Carnico, Bacino Bellunese, Bacino di Tolmino e dal *plateau* Carnico-Giulio.

Tale situazione ne ha successivamente condizionato l'evoluzione strutturale. Infatti, a seguito della tettonogenesi alpina, i termini più plastici, rappresentati da unità bacinali terrigene terziarie, hanno reagito alle tensioni deformandosi maggiormente rispetto alle unità rigide della piattaforma carbonatica di età Giurassico - Cretacica [CAVALLIN & MARTINIS, 1982]. Si ha, quindi, l'impressione che il Massiccio del Cansiglio-Cavallo si sia comportato come un solido rigido, che sotto la spinta delle forze orogenetiche sia stato spostato verso la pianura veneto-friulana.

GATTO & SEMENZA [1981] suggeriscono che l'attuale assetto strutturale sia stato raggiunto nella fase tardomiocenica e che sia stato esaltato dalle spinte successive.

La caratteristica tettonica dell'area è data da una serie di pieghe ad asse diretto in genere SW-NE più o meno asimmetriche, tanto da apparire talora completamente rovesciate verso Sud e da presentare uno dei fianchi fortemente stirato o addirittura fagliato.

Il Cansiglio può essere considerato un'ampia brachianticlinale, inflessa a bacino nella parte centrale (Fig. 3.1). Gli strati rocciosi, suborizzontali nelle zone periferiche più elevate, si inflettono verso il centro cosicché l'altopiano può essere suddiviso in alcuni elementi tettonici minori [DE NARDI, 1977]:

**Anticlinale del Cansiglio Nord (ACS, Fig. 3.1):** è una piega ad ampio raggio che, a partire da Ovest, ha l'asse dapprima orientato in direzione NE-SW e successivamente sterza verso Est; il fianco NW dell'anticlinale immerge, con inclinazione gradualmente crescente, verso il Lago di Santa Croce, mentre il fianco opposto immerge verso l'altopiano;

**Anticlinale del Cansiglio Meridionale (ACS, Fig. 3.1):** l'asse di questa piega ha un andamento con direzione NE SW lungo la dorsale Candaglia - Cornier e di direzione NW-SE sulla dorsale Crosetta - Pizzoc; si tratta di una piega che manifesta la tendenza a rovesciarsi verso Sud tanto da avere il fianco meridionale interessato da profondi disturbi tettonici;

**Brachisclinale del Cansiglio:** è una ampia piega con asse orientato NNE-SSW, che corrisponde allo stesso Pian del Cansiglio. Infatti si può notare una notevole coincidenza tra morfologia e tettonica, perché la topografia segue spesso l'inclinazione degli strati: i fianchi della Conca coincidono con i fianchi della sinclinale, mentre la parte centrale coincide col nucleo della piega, dove gli strati di Scaglia sono suborizzontali; la sinclinale è però asimmetrica, in quanto sul lato WNW è presente una flessura caratterizzata da strati subverticali, detta Flessura di Vallorch (LV, Fig. 3.1);, mentre verso NNW l'asse della piega viene bruscamente tagliato dalla Linea di Pian dell'Osteria (PO, Fig. 3.1).

Nel complesso il Massiccio del Cansiglio-Cavallo può essere considerato come una unità tettonica omogenea compresa tra le seguenti dislocazioni di carattere regionale (Fig. 3.1), che lo delimitano [CAVALLIN, 1980]:

**Il sovrascorrimento Barcis - Staro Selo** (a Nord): è un sovrascorrimento di importanza regionale, denominato anche "sovrascorrimento periadriatico" [SALVINI G., 1969]. Divide la "zona delle ellissoidi" [DAINELLI, 1921], caratterizzata da ampie pieghe in terreni cretacico - paleogenici, dalla zona più settentrionale caratterizzata da sovrascorrimenti embriati sudvergenti in terreni mesozoici. Si sviluppa per oltre 100 Km da Barcis (PN) a Staro Selo (Slovenia), portando la Dolomia Principale a contatto tettonico con terreni di età compresa tra Triassico superiore e Miocene. Il piano presenta una direzione generale Est-Ovest con immersione verso Nord ed inclinazione variabile tra 20° e 60° [CAVALLIN & MARTINIS, 1982]. Per quanto riguarda l'estensione, ZANFERRARI [1973] sostiene che a partire dalla zona di Barcis il limite meridionale del sovrascorrimento periadriatico passa sul fianco destro della Val Caltea e della Val Cimolana, con direzione NW-SE, fino ai dintorni di Cimolais, dove assume un andamento Nord-Sud; subito a Nord di tale località il sovrascorrimento periadriatico scompare sotto il fronte del sovrascorrimento M. Duranno - Alto Meduna, con una progressiva riduzione di potenza da Est verso Ovest. Tutta la zona fra Barcis e il settore meridionale del Cansiglio è, invece, autoctona ed interessata essenzialmente da alcune estese flessure con direzione compresa fra NE-SW ed ENE-WSW, con proprie linee di disturbo.

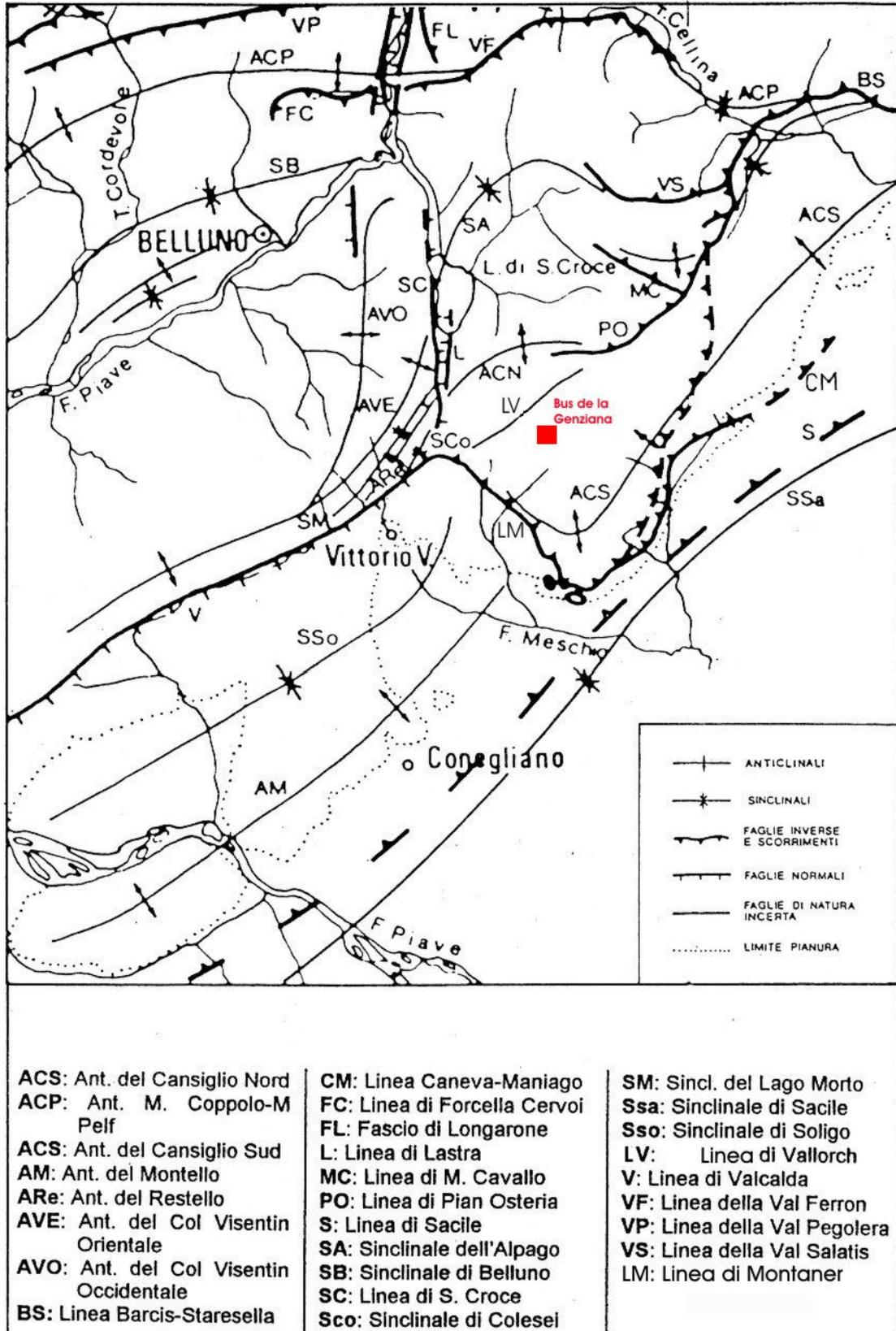


Fig. 3.1 - Carta strutturale delle Prealpi Venete, secondo BOZZO & SEMENZA [1973, modificata]: rappresenta le strutture tettoniche maggiori che interessano il Massiccio del Cansiglio - Cavallo.

**Linea di Caneva – Maniago (CM, Fig. 3.1):** borda il margine Sud-orientale del Massiccio del Cansiglio-Cavallo e mette a contatto lungo un piano orientato NE-SW, immerso a Nord, i calcari di piattaforma con la successione terziaria. Da alcuni autori tale linea viene interpretata come faglia inversa [CAVALLIN, 1980]. ZANFERRARI [1973] in tale zona ha compiuto diversi studi individuando quelle strutture, che andrebbero a complicare l’assetto della Linea di Caneva - Maniago e sono: la Linea di Sarone (direzione NNE-SSW) e la linea di Aviano (direzione WSW-ENE), la cui intersezione avverrebbe presso Polcenigo. L’Autore interpreta queste dislocazioni come il risultato di movimenti verticali del basamento. C. DOGLIONI [1990] considera la Linea di Caneva come una *transfer line*: il profondo piano di sovrascorrimento delle Prealpi Venete, rappresentato dalla **Linea di Bassano - Valdobbiadene**, verrebbe alla superficie grazie alla “faglia transpressiva destra” (Linea di Caneva) e proseguirebbe col nome di Linea di Maniago (Fig. 3.2). L’Autore sostiene che le attuali linee di disturbo delle Alpi Venete rappresentano la riattivazione in termini compressivi di inerti strutture mesozoiche originatesi in regime tensivo. Una recente pubblicazione di MARCHESINI & ZANFERRARI [2000] considera Caneva una complessa zona di accumulo tettonico formata da un ventaglio di scaglie embriciate e da alcune strutture di duplicazione. In questa zona gli Autori stanno curando una rete geodetica per la misura delle deformazioni in atto sul fronte della Catena Sud Alpina orientale: tale ubicazione è stata suggerita dalle numerose evidenze di mobilità recente, rappresentate da dislocazioni e/o deformazioni di depositi pleistocenici, le quali hanno trovato la loro massima espressione col terremoto del Cansiglio nel 1936.

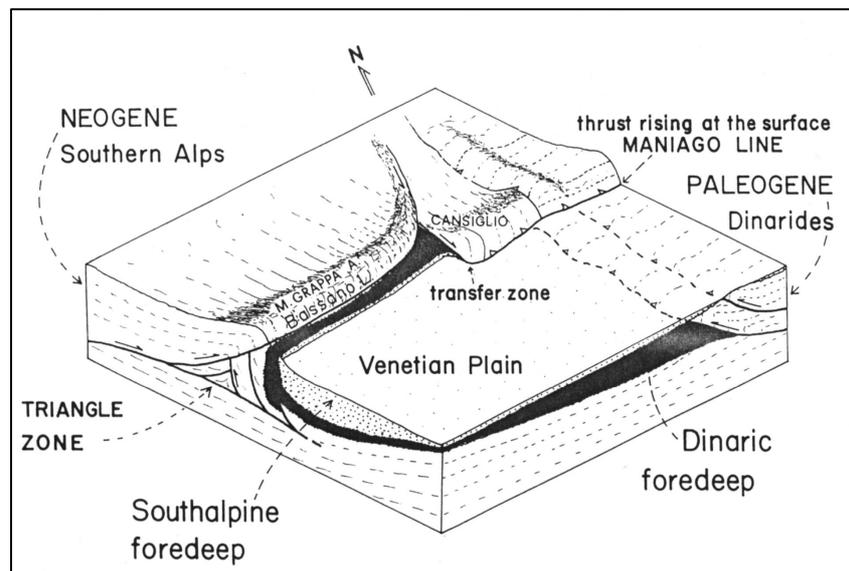


Fig. 3.2. Inquadramento strutturale della zona del Cansiglio secondo DOGLIONI [1990]. Il Cansiglio è interessato dall’intersezione di più lineamenti tettonici.

**Linea di Montaner (LM, Fig. 3.1):** è una dislocazione molto complessa che ha subito una evoluzione nel tempo. Si sviluppa dalle pendici del M. Pizzoc fino a Caneva con orientazione NW-SE e pone a contatto i calcari di piattaforma con unità terrigene terziarie via via più recenti per laminazione ed elisione procedendo verso Sud [CAVALLIN, 1980]. Secondo alcuni inizialmente tale linea ha la caratteristica di una flessura con il fianco di raccordo sub-verticale o immerso verso SW, mentre, man mano che ci si avvicina all’intersezione con la Linea di Caneva - Maniago, assume la peculiarità di una faglia inversa. Il CAVALLIN sostiene che tale dislocazione assume i caratteri di un

sovrascorrimento, visto che le unità terrigene talora si presentano in serie rovesciata secondo una direzione parallela alla linea stessa. Secondo il DOGLIONI [1990] tale linea tettonica fa parte della “zona a triangolo” delle Prealpi Venete come la Linea di Caneva e si può definire una *transfer line* (Fig. 3.2).

**Linea di Sacile (S, Fig.3.1):** secondo ZANFERRARI et Alii [1980] è una faglia inversa ad alto angolo, che assieme alle altre determina un sollevamento crescente verso NW. Disloca fortemente i depositi quaternari.

**Linea di Santa Croce e di Lastra(SC,L, Fig.3.1):** sono due elementi che bordano il Cansiglio sul lato Nord occidentale. Hanno una direzione N-S con un piano di dislocazione verticale ed hanno determinato la piccola fossa tettonica del Fadalto [DE NARDI, 1977; BOZZO e SEMENZA, 1973].

La formazione e l'evoluzione delle suddette strutture tettoniche hanno condizionato la genesi di dislocazioni a livello locale riconoscibili nell'area del Pian Cansiglio.

**Linea di Pian Osteria (PO, Fig. 3.1 e 3.3):** è una dislocazione complessa di direzione WSW-ENE (giacitura del piano 70/55°), che passa per Pian Osteria e si dirige verso Valmenera: nel primo tratto piega la Scaglia Grigia o Rossa, mentre da Pian Osteria a Casera Costalta mette a contatto il Rosso di Col Indes col Calcere di Monte Cavallo [CANCIAN et Alii, 1985]. Questa linea di disturbo costituisce un esempio di tettonica selettiva, in quanto la sua evoluzione verso Est prevede: piega inclinata e poi coricata nelle marne e nei calcari marnosi del Cretacico Superiore; piega-faglia con un fianco inverso fortemente laminato in corrispondenza della Scaglia ed il Calcere di Scogliera; fratturazioni e milonitizzazioni in pieno Calcere di Scogliera [DE NARDI, 1977].

**Linea di Vallorch (LV, Fig. 3.1 e 3.3):** nei pressi di Vallorch è visibile una flessura che si dirige verso Pian Osteria con orientamento NNE-SSW. Essa corrisponde alla dorsale Ovest che borda il Pian Cansiglio. E' una anticlinale che viene intercettata dalla Linea di Pian Osteria, con evidenti fenomeni deformativi a carattere plastico della Scaglia (sia Rossa che Grigia), rilevabili lungo la strada forestale del Taffarel ed anche in ambiente ipogeo (il Bus della Fame e della Sete, nelle vicinanze della Malga Lissandri): le pieghe sono del tipo a chevron e talvolta coricate con asse SSW-NNE. Il Calcere di Monte Cavallo in località Palughetto si presenta invece molto cataclasato.

**Faglia di Candaglia (Fig. 3.3):** è una linea strutturale orientata WSW-ENE, che limita il fianco Sud-Est del Pian Cansiglio. E' possibile seguire il suo sviluppo lungo tutta la strada forestale che dal Passo de la Crosetta conduce al Monte Candaglia, ma non è facilmente rilevabile causa la fitta copertura vegetale. Infatti solo localmente è possibile osservare specchi di faglia con striature inclinate di 25°-30° verso WSW in prossimità di Candaglia; il passaggio di tale faglia è testimoniato dall'aspetto cataclasato del Calcere di Monte Cavallo.

**Faglia presso il Col della Rizza (Fig. 3.3):** è una faglia orientata NNW-SSE, che passa ad Est del Col de la Rizza. Si sviluppa nel Calcere di Monte Cavallo ed è riconoscibile localmente da specchi di faglia con striature inclinate di 20°, immergenti a NNW, e dal carattere cataclasato del calcare. Tale struttura è purtroppo coperta dalla vegetazione, pertanto la sua presenza è testimoniata dall'impostazione di alcune forme carsiche (solchi, doline, crepacci, grotte) lungo direzioni preferenziali [cfr. CANCIAN, 1984].

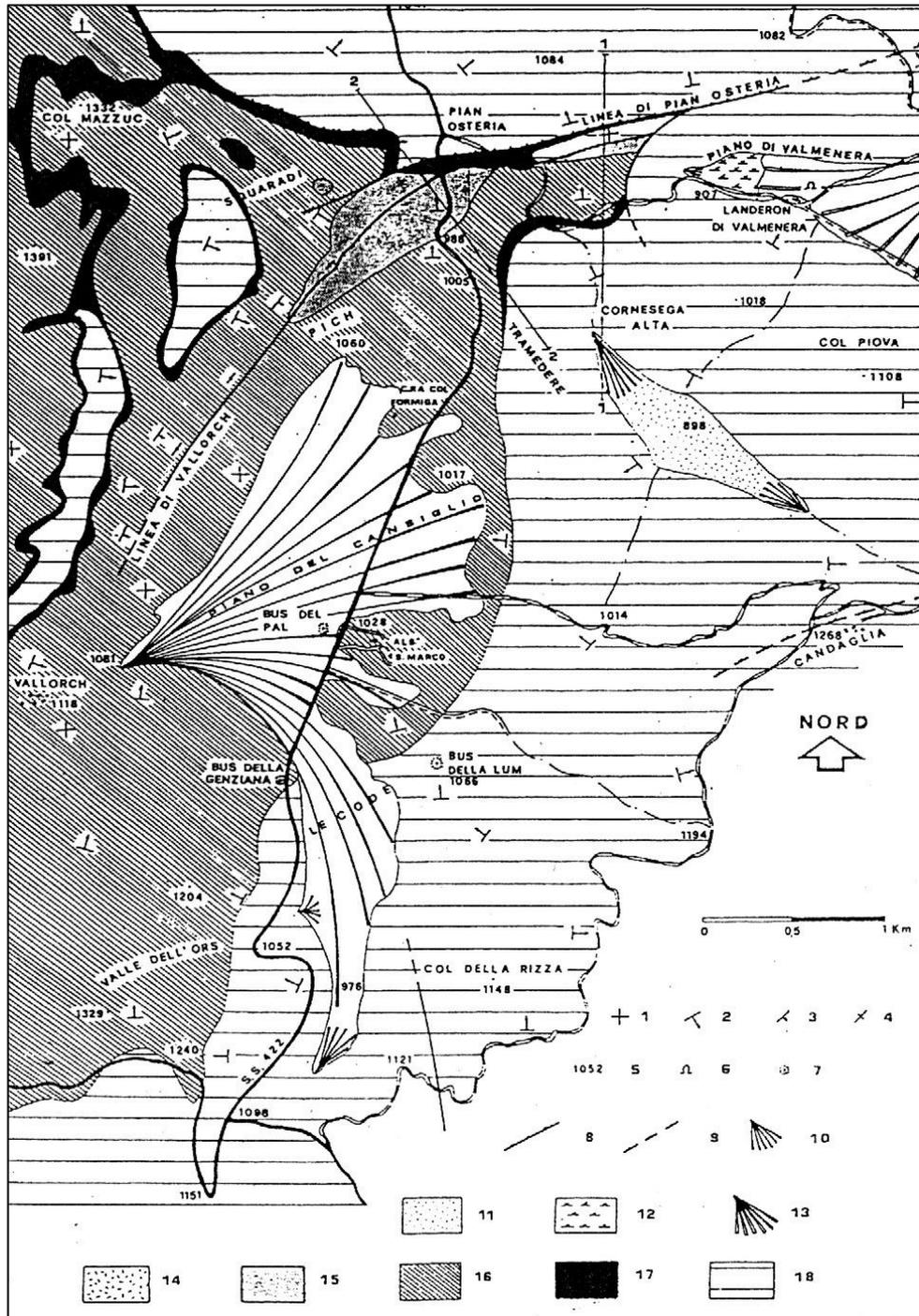


Fig. 3.3. Carta geologico – strutturale del Pian Cansiglio, secondo CANCIAN [1985]: 1) strati con inclinazione inferiore a 5°; 2) strati con inclinazione tra 5° e 50°; 3) strati con inclinazione tra 50° e 80°; 4) strati con inclinazione superiore a 80°; 5) quota altimetrica; 6) cava; 7) grotta; 8) faglia; 9) faglia presunta; 10) cono di deiezione; 11) copertura eluviale; 12) depositi palustri; 13) cono proglaciale; 14) morene del Piave; 15) Scaglia Rossa; 16) Scaglia Grigia; 17) Rosso di Col Indes; 18) Calcare di Mote Cavallo

### 3.2. Il terremoto del Cansiglio del 1936 in relazione alla posizione della stazione

La zona del Cansiglio è stata interessata da un forte terremoto avvenuto il 18 ottobre 1936 con magnitudo  $M_s= 5,8$  (Magnitudo dell'onda di superficie) e  $M_m= 6,2$  (Magnitudo macrosismica), dato riportato dal Catalogo NT4.1 (Fig. 3.5). E' uno dei due eventi, precedenti quello del Friuli nel 1976, più forti del XX secolo. Secondo un recente studio di PETTENATI & SIROVICH [2003] l'epicentro era a 15,3 Km di profondità con uno strike  $238^\circ$  (cioè, la direzione rispetto al Nord dell'intersezione del piano di faglia con il piano orizzontale), dip  $47^\circ$  (inclinazione del piano rispetto al piano orizzontale) e rake  $88^\circ$  (direzione nel piano di faglia del movimento della faglia rispetto alla direzione orizzontale) (Fig. 3.4 e 3.5).

Bibliographical Reference	Latitude, deg	Longitude, deg	Hypo Depth, km	Magnitude	Strike, deg	Dip, deg	Rake, deg
<i>Barbano et al.</i> [1986]	...	...	7–10 <sup>a</sup> 15–20 <sup>c</sup> 15 <sup>d</sup>	5.2–5.9 <sup>b</sup> 5.6 <sup>d</sup>	...	...	...
NT4.1 (R. Camassi and M. Stucchi, unpublished data, 1997)	46.067	12.367	...	5.80 ± 0.35 <sup>e</sup> 6.2 <sup>f</sup>	...	...	...
CFTI [ <i>Boschi et al.</i> , 1995]	46.05	12.42	...	6.1 <sup>g</sup>	...	...	...
CPTI [ <i>Boschi et al.</i> , 1999]	46.088 <sup>h</sup>	12.380 <sup>h</sup>	...	5.8–6.1 <sup>i</sup> 5.8 ± 0.7 <sup>e</sup>	...	...	...
<i>Renner</i> [2000]	46.100 <sup>h</sup>	12.460 <sup>h</sup>	17	5.8	230	45	56
<i>Valensise and Pantosti</i> [2001] <sup>j</sup>	... <sup>k</sup>	... <sup>k</sup>	1.0–6.6 <sup>l</sup>	... <sup>m</sup>	230	50	64

<sup>a</sup>According to the *Sponheuer* [1960] formula, with meizoseismal area of IX degree.  
<sup>b</sup>So-called macroseismic magnitude, according to the approaches suggested by various authors [see *Barbano et al.*, 1986].  
<sup>c</sup>As in footnote a, with the VIII degree meizoseismal area.  
<sup>d</sup>Instrumental  $M_s$  and depth [see *Barbano et al.*, 1986].  
<sup>e</sup>Instrumental  $M_s$ .  
<sup>f</sup>Macroseismic.  
<sup>g</sup> $M_s$  (macroseismic); see definition by *Boschi et al.* [1995, p. 94].  
<sup>h</sup>Instrumental.  
<sup>i</sup>From the macroseismic data by *Barbano et al.* [1986], using the approaches suggested by various authors [see *Boschi et al.*, 1999].  
<sup>j</sup>Mainly on geological evidence.  
<sup>k</sup>They do not define an epicenter inside the extended fault source.  
<sup>l</sup>Minimum and maximum estimated depth of the fault source.  
<sup>m</sup>Estimated length, 12 km; estimated width, 7.3 km.

Fig. 3.4. Nella tabella vengono riportati i parametri dell'evento sismico del Cansiglio del 1936, come risultano dalla bibliografia [tratto da PETTENATI & SIROVICH, 2003]

Nella tabella della Fig. 3.4 vengono riportati i parametri dell'evento sismico del Cansiglio del 1936, come risultano dalla bibliografia [PETTENATI E SIROVICH, 2003]. Si può vedere come le localizzazioni epicentrali differiscono nelle varie fonti, dovuto al fatto che a quel tempo non esisteva ancora una buona copertura di stazioni sismologiche come oggi. Nella Fig. 3.5 è riportata la soluzione più recente del meccanismo, del modello dell'estensione e dell'ubicazione del piano di faglia, che avrebbe interessato il sovrascorrimento di Aviano e quello di Bassano. La Fig. 3.5 evidenzia il piano di faglia dell'evento, che si propaga proprio al di sotto dell'ubicazione della stazione del Bus de la Genziana.

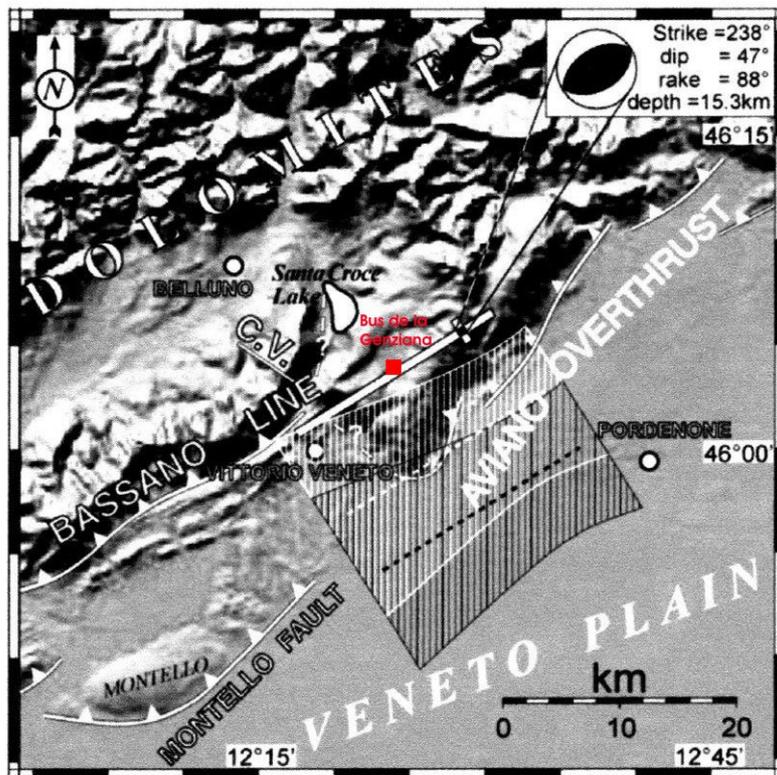


Fig. 3.5. Localizzazione e parametri del terremoto del Cansiglio del 1936 secondo PETTENATI & SIROVICH [2003]. Viene evidenziato il piano di faglia dell'evento, che si propaga proprio al di sotto dell'ubicazione della stazione del Bus de la Genziana.

Questo anno 2006 ricorre il 70° anniversario del terremoto del Cansiglio e la stazione del Bus de la Genziana, localizzata proprio nei pressi dell'epicentro di quel evento, rappresenta un punto strategico per lo studio della sismicità locale: oltre che permettere di poter fare una triangolazione geodetica con le altre due stazioni di Grotta Gigante (TS) e Grotta Nuova di Villanova (UD), registra dati che possono integrare il quadro geofisico dell'Italia del Nord – Orientale. E' da attendersi in futuro un ulteriore evento in zona, in quanto da osservazioni GPS è stato dimostrato che il movimento relativo fra pianura Friulana e area pedemontana è di 1-2 mm/a. Questa è la prova di un continuo accentuarsi degli sforzi, che a lungo andare potrebbe essere rilasciato con un evento sismico.

#### 4. I risultati delle registrazioni di inclinazione da Dicembre 2005 a Settembre 2006

La strumentazione installata nella stazione del Bus de la Genziana misura la variazione dell'inclinazione del suolo con un campionamento di 1 ora. Per poter apprezzare i movimenti del suolo è necessaria una strumentazione di alta risoluzione, come quella presente in grotta. La strumentazione amplifica i movimenti e permette così di rappresentare anche movimenti piccolissimi. Il suolo è in continuo movimento per una serie di cause:

- a) movimenti lenti tettonici;
- b) movimenti indotti da fattori ambientali quali termici e acque sotterranee;
- c) movimenti bruschi tettonici;
- d) maree terrestri, causate da Luna e Sole.

**4.1- I movimenti lenti**

Il movimento lento registrato nei primi 10 mesi è la somma del movimento tettonico, creato dallo scontro della placca Adria e la placca Eurasiatica, e l'effetto annuale di temperatura. Avendo a disposizione attualmente meno di un anno di dati, il segnale termico si confonde con il segnale tettonico. In Fig. 4.1 l'andamento dell'inclinazione è rappresentato per il periodo da 13 febbraio a 11 settembre. Il periodo precedente, da dicembre a febbraio, è da considerarsi di prova, e non può essere utilizzato per la rappresentazione del movimento tettonico lento, causa alcune interruzioni e messe a punto strumentali.

Normalmente il ciclo annuale delle altre due stazioni, Grotta Gigante (TS) e Grotta Nuova di Villanova (UD), compie una traccia ad ellisse. In questo caso non è ancora evidente, ma si sta accennando un semiellisse con asse in direzione NNW-SSE, con inclinazione verso SE in inverno ed inclinazione verso NW in estate. Si prevede quindi che per il prossimo anno il ciclo annuale sarà completato con un ellisse.

Il 03 settembre la stazione ha subito un movimento improvviso (durata minore di 1 ora) verso SE, preceduto da un movimento accelerato nei 14 giorni precedenti. Questo segnale è attribuibile ad un movimento tettonico, che è avvenuto asismicamente, cioè in assenza di un evento sismico apprezzabile. E' da escludere che tale movimento sia un artefatto strumentale, in quanto è stato osservato con due strumenti indipendenti. Nella Fig. 4.1(-A) tale segnale anomalo è evidenziato: si osserva la deriva verso Sud, con inizio il 20 agosto, e l'inclinazione permanente brusca verso Sud e verso Est il giorno 3 settembre.

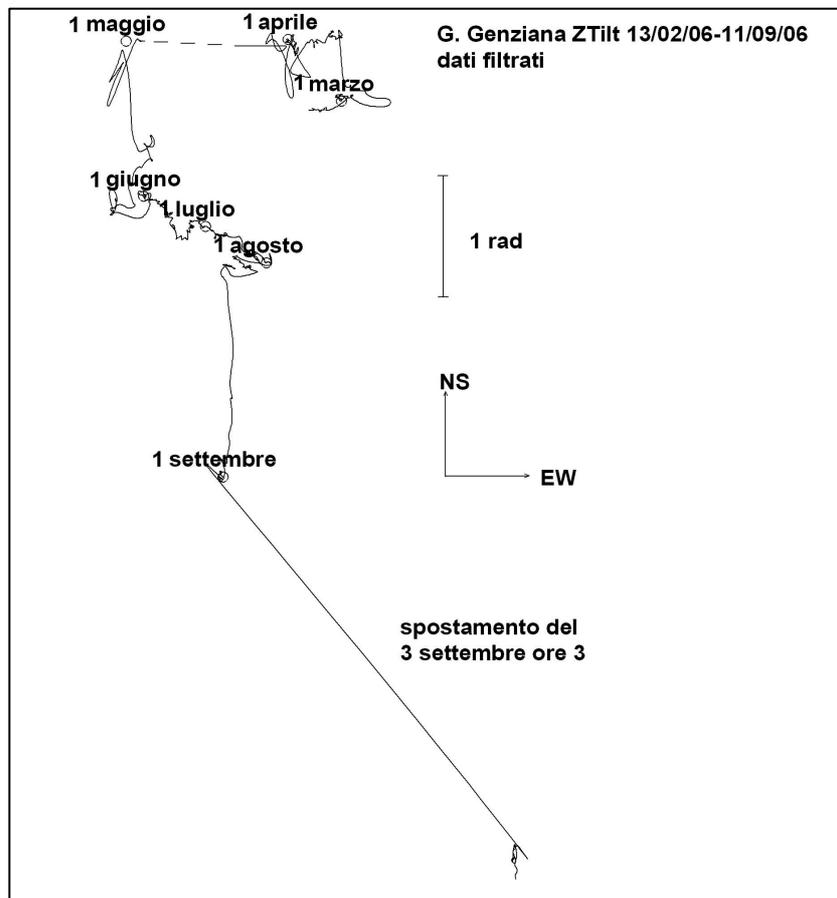


Fig. 4.1. Andamento dell'inclinazione. Viene accennato il ciclo annuale: esso descrive quasi un'ellisse con asse in direzione NNW-SSE, con inclinazione verso SE in inverno ed inclinazione verso NW in estate.

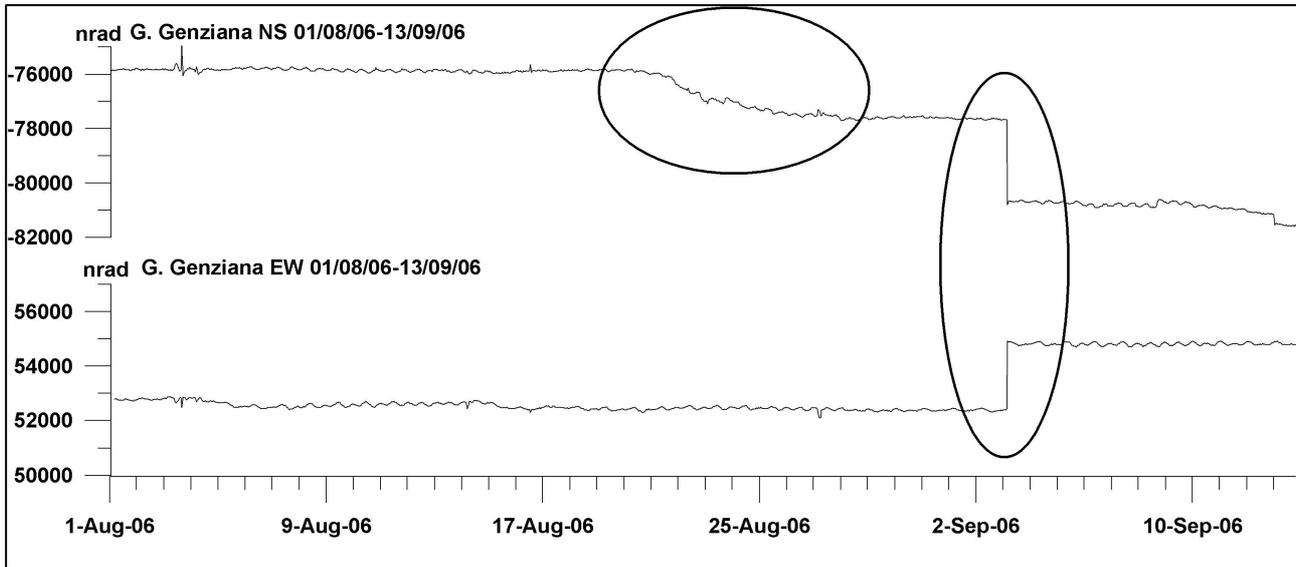


Fig. 4.1-A. Il 3 Settembre 2006 la stazione ha subito un movimento improvviso (durata minore di 1 ora) verso SE, preceduto da un movimento accelerato nei giorni precedenti. Tale evento può essere considerato un movimento asismico.

#### 4.2 Inclinazioni causate da run-off di acque del sottosuolo

La Fig. 4.2 mostra una sezione di maggior dettaglio (periodo Dicembre 2005 –Agosto 2006): sono evidenti i movimenti ad “andata e ritorno” segnati con frecce colorate in rosso e blu. Queste sono inclinazioni causate dal run-off sotterraneo di acque piovane. La direzione dell’inclinazione subisce una variazione legata alle stagioni: da Dicembre a Maggio la direzione è orientata SW, mentre da Maggio a Settembre è orientata NW.

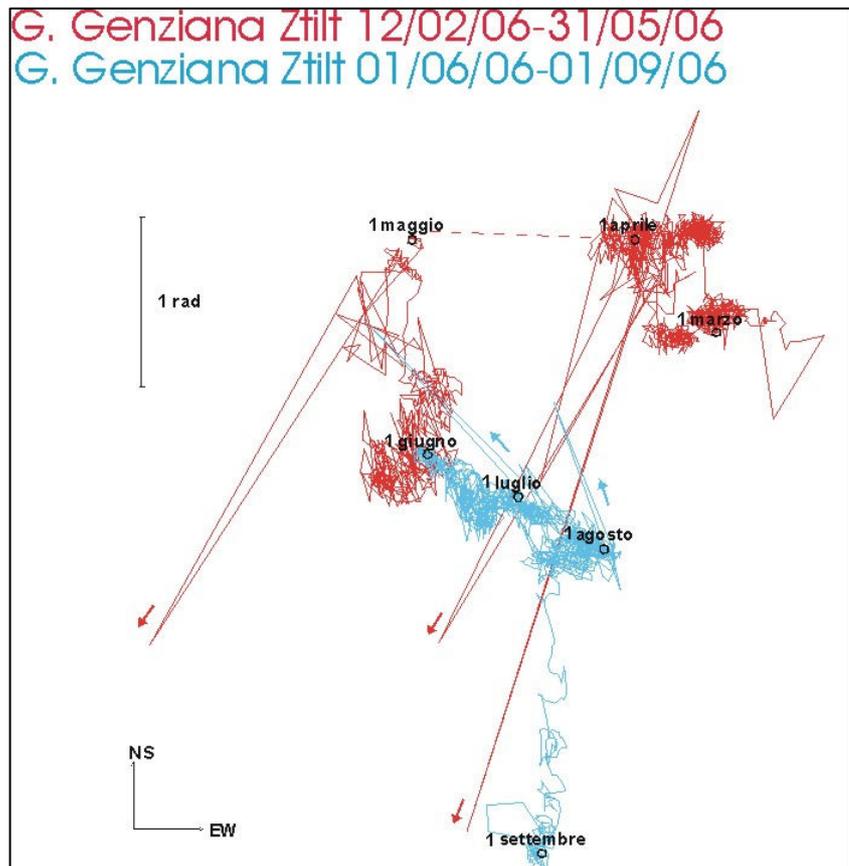


Fig. 4.2. Inclinazioni causate da run-off di acque sotto suolo: sono evidenti i movimenti ad “andata e ritorno” segnati con frecce colorate in rosso e blu.

La correlazione di tali segnali impulsivi con la piovosità è evidente nella Fig. 4.3, dove sono rappresentate le inclinazioni verso Nord ed Est (in nrad), la pressione atmosferica (in hP) e la piovosità (in mm/ora). La pressione si riferisce alla stazione Belluno Aeroporto, quella della piovosità alla stazione Tramedere (Bosco del Cansiglio), gestite dal dall'Ufficio di Telerilevamento e Climatologia dell'A.R.P.A. Veneto, Centro Meteorologico di Teolo. I segnali correlati con la maggiore piovosità sono evidenziati in verde. Per completezza l'intera serie di dati a disposizione e' stata rappresentata insieme a pressione barometrica e piovosità. Nei grafici 4.4.- A,B,C si possono notare altri segnali di inclinazione legati al run-off dell'acqua piovana nel sottosuolo.

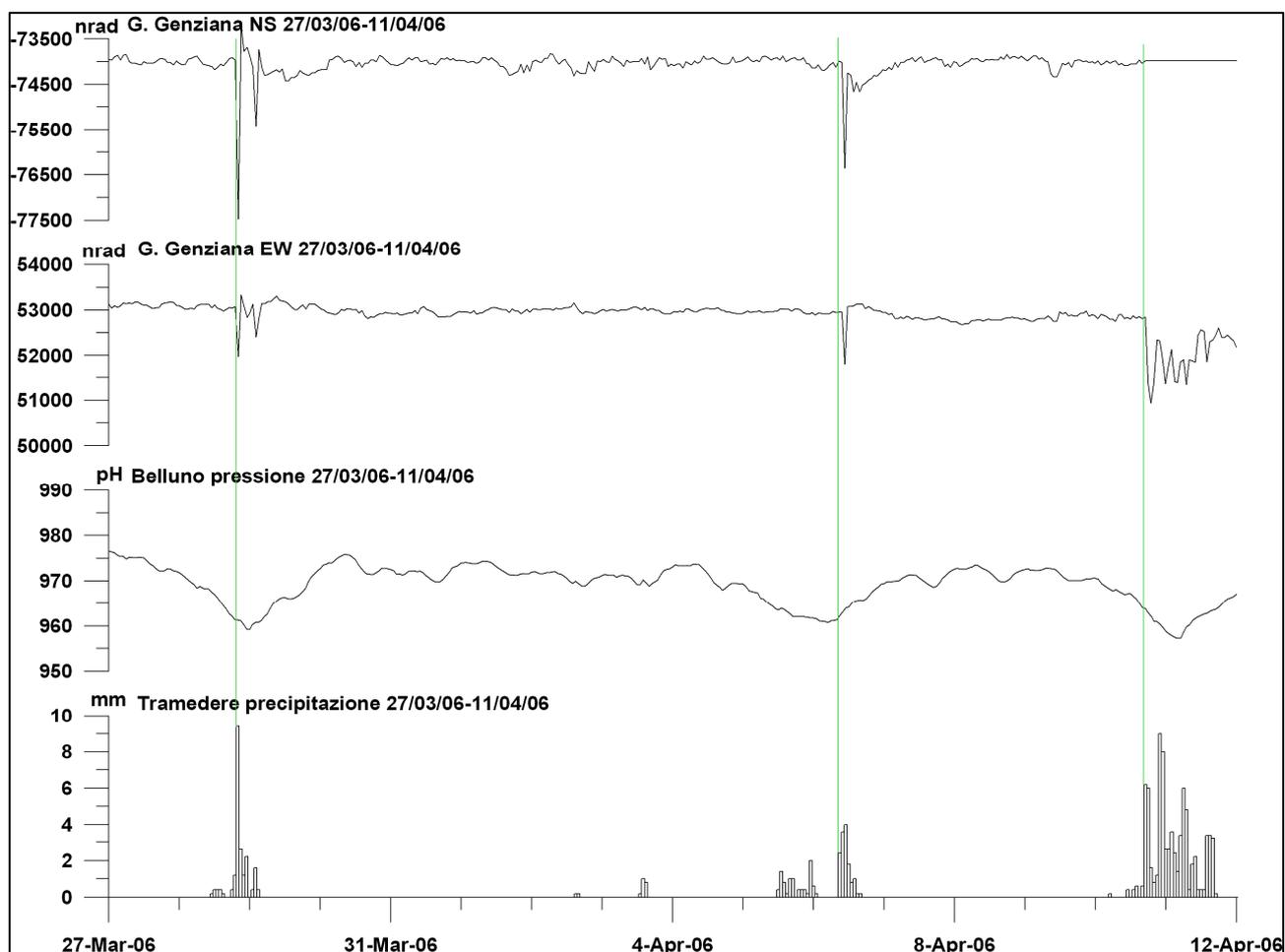


Fig. 4.3 Viene evidenziata la correlazione dei segnali impulsivi con la piovosità, dove sono rappresentate le inclinazioni verso Nord ed Est (in nrad), la pressione atmosferica (in hP) e la piovosità (in mm/ora). I dati meteorologici sono relativi ai primi 6 mesi del 2006. I segnali correlati con la maggiore piovosità sono evidenziati in verde.

Si veda anche le Fig. 4.4 –A,B,C.

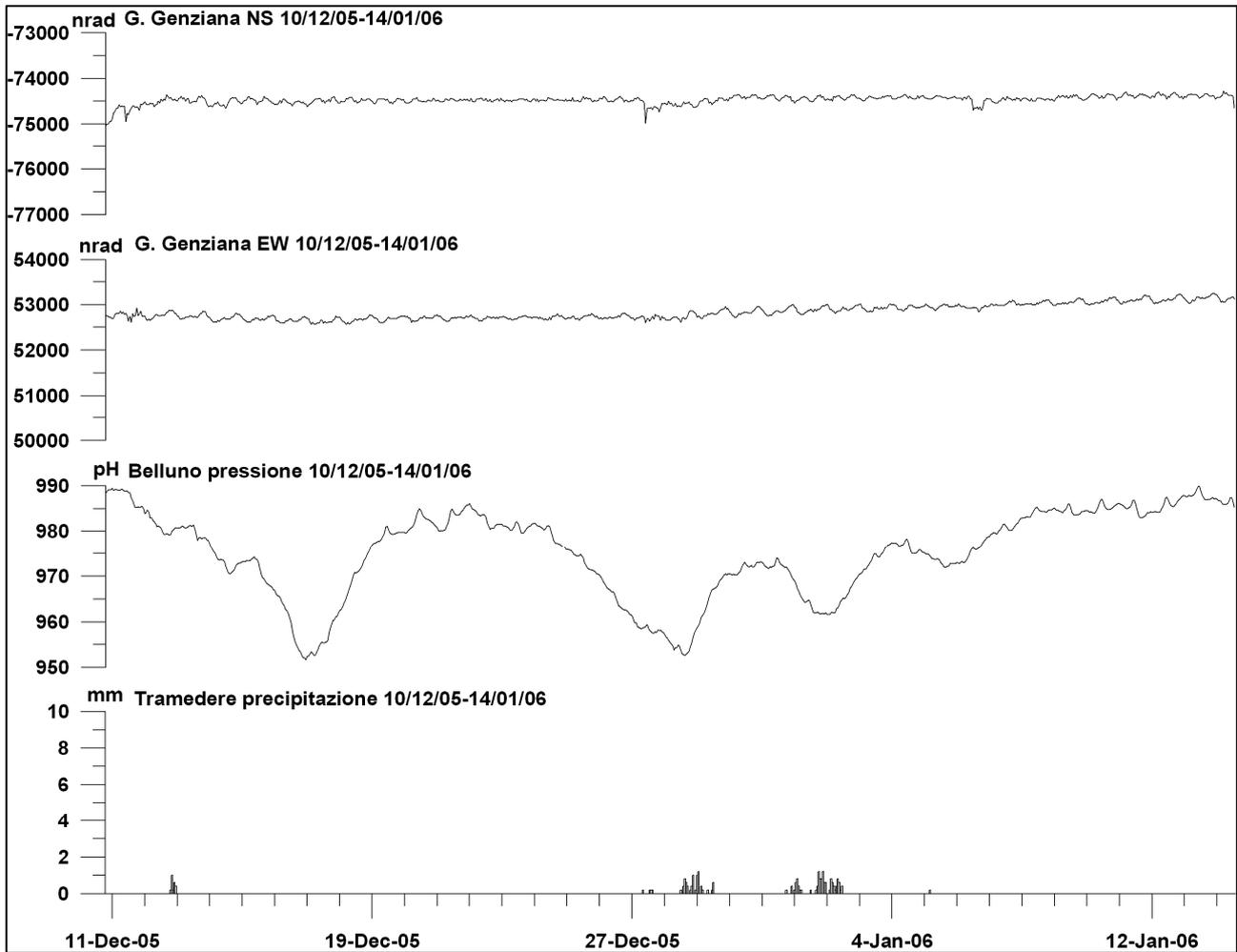


Fig. 4.4.A L'intera serie di dati a disposizione e' stata rappresentata insieme a pressione barometrica e piovosità. Si possono notare altri segnali di inclinazione legati al run-off dell'acqua piovana nel sottosuolo.

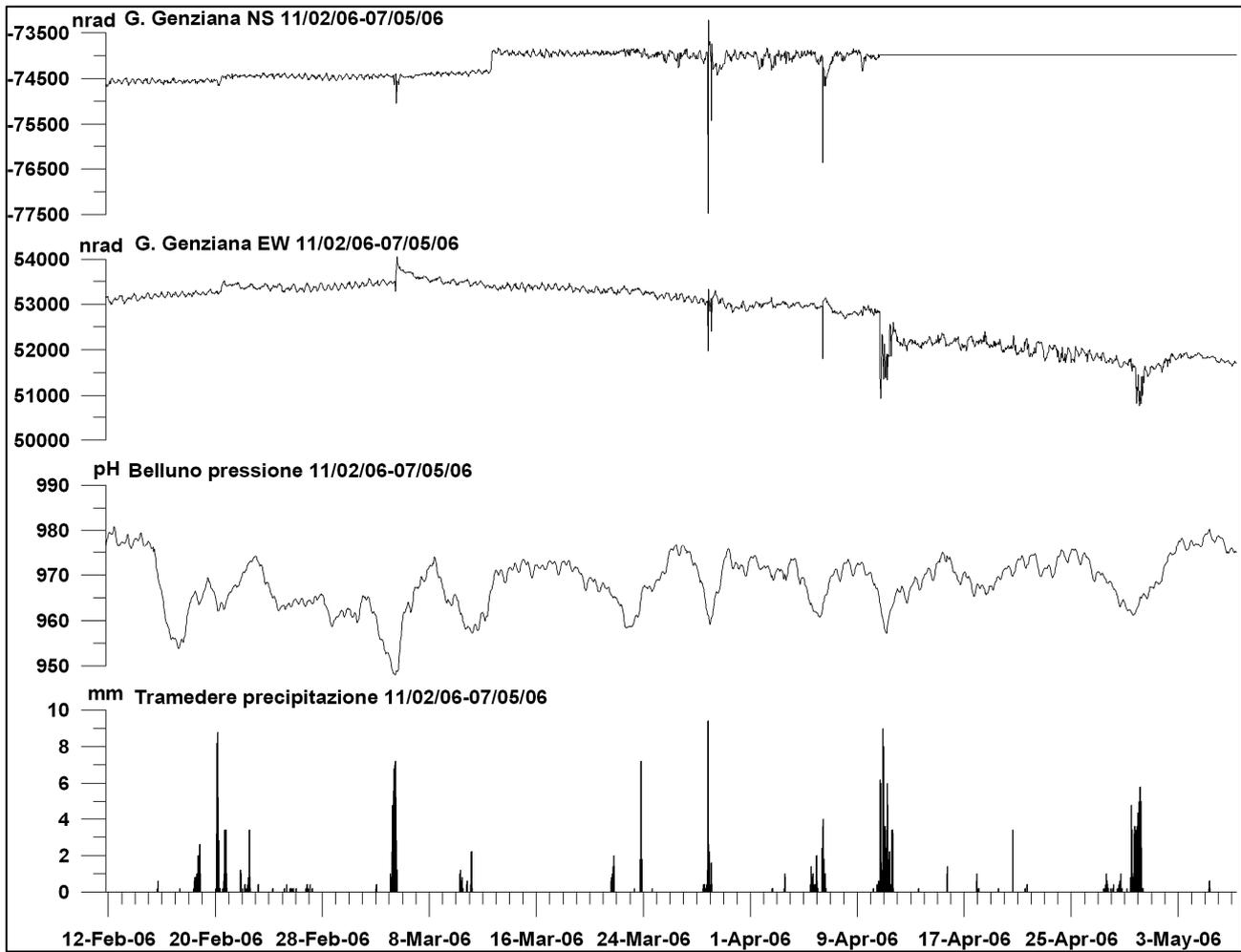


Fig. 4.4.B L'intera serie di dati a disposizione e' stata rappresentata insieme a pressione barometrica e piovosità. Si possono notare altri segnali di inclinazione legati al run-off dell'acqua piovana nel sottosuolo.

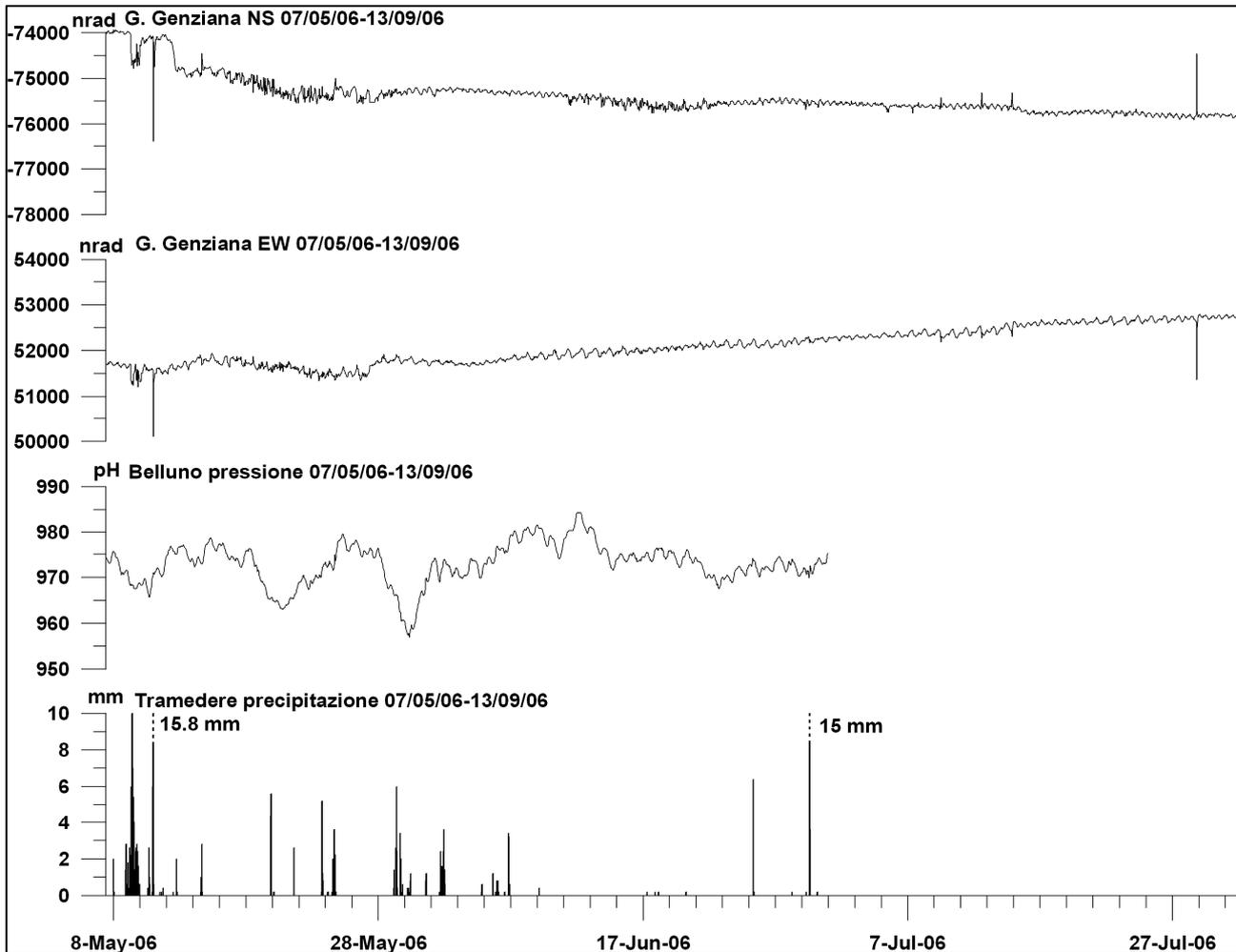


Fig. 4.4.C L'intera serie di dati a disposizione e' stata rappresentata insieme a pressione barometrica e piovosità. Si possono notare altri segnali di inclinazione legati al run-off dell'acqua piovana nel sottosuolo.

### 4.3 Le osservazioni delle maree terrestri

Uno dei segnali di deformazione noti teoricamente e' quello della deformazione della grotta causata dalle maree terrestri. Le maree terrestri sono utili a stabilire il corretto funzionamento continuo dell'accoppiamento degli strumenti con il terreno, in quanto il segnale puo' essere calcolato teoricamente e poi confrontato con le osservazioni. Il segnale di marea puo' anche essere utilizzato per osservare possibili variazioni delle proprietà elastiche della crosta, in quanto in tal caso il segnale osservato a confronto con quello di modello subisce variazioni temporali di ampiezza. Nella Fig. 4.5 e' rappresentato il confronto della marea teorica con quella osservata. Si puo' notare come le osservazioni delineano bene il segnale predetto, dimostrando così che la stazione della Genziana e' adatta al rilevamento delle deformazioni del suolo.

Si rivela che il segnale in direzione NS e' amplificato rispetto al segnale teorico. Questo indica un effetto di sito locale che porta ad una distorsione del segnale, amplificando maggiormente la componente NS. In studi successivi si dovrà scoprire se tale amplificazione sia dovuta alla conformazione della grotta, oppure ad una non omogeneità delle strutture tettoniche, che influenza le proprietà meccaniche della roccia.

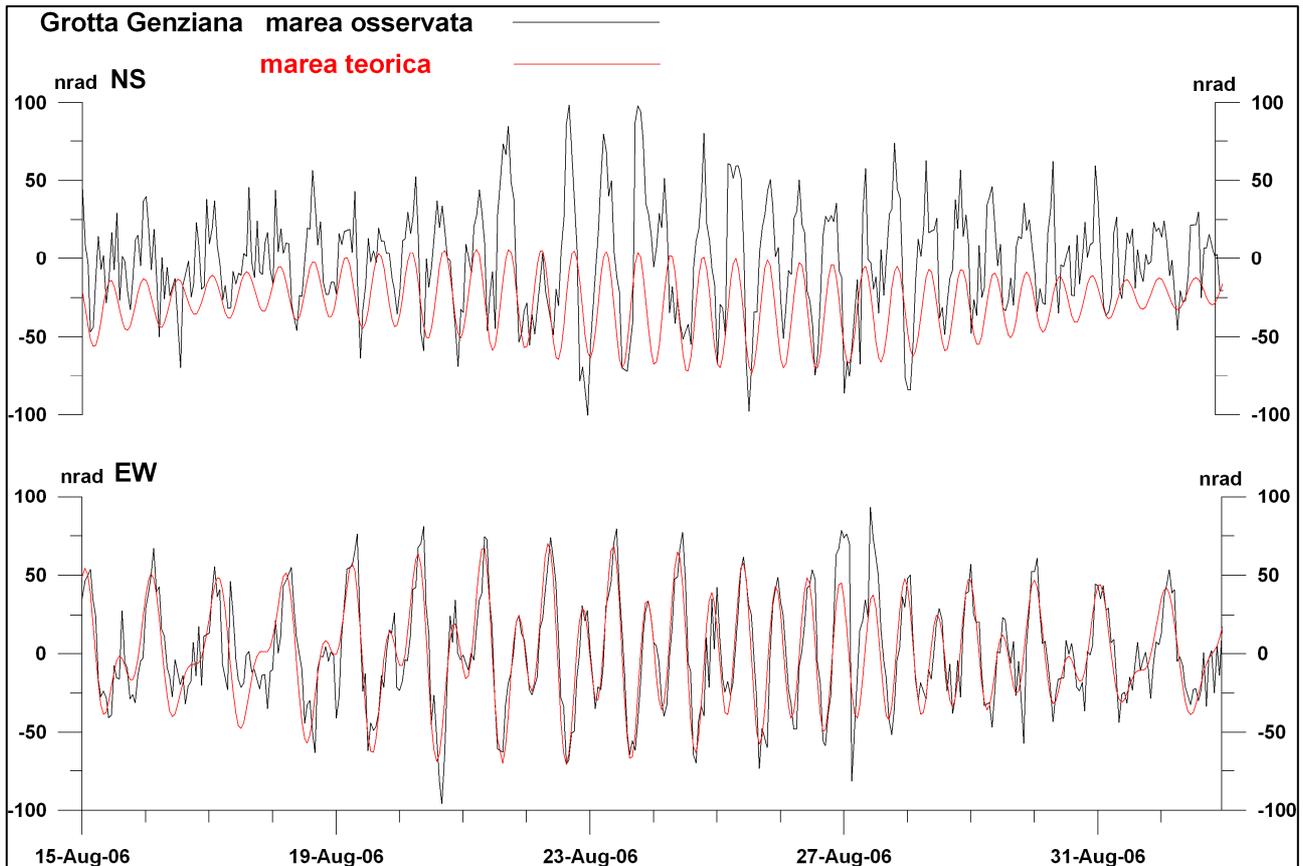


Fig. 4.5. Confronto della marea teorica con quella osservata: le osservazioni delineano bene il segnale predetto, dimostrando che la stazione della Genziana è adatta al rilevamento delle deformazioni del suolo.

## 5. Prospettive future e migliorie strumentali auspicabili.

Gli strumenti sono provvisti dell'acquisizione elettronica dei dati, che consiste in data logger nei quali vengono accumulate tutte le registrazioni. Periodicamente, vale a dire entro un paio di mesi, i dati necessitano di essere letti dal sistema di acquisizione su computer: durante tutto questo periodo di prova ogni mese il personale tecnico si è recato sul posto per prelevare i dati e controllare la funzionalità della stazione. L'alimentazione della stazione dipende da una batteria, che ha una durata media di 5 mesi. L'inconvenienti che possono giungere dal reperimento manuale dei dati sono essenzialmente riconducibili alla relativa affidabilità: per errore umano inavvertitamente il cavo si può staccare dalla batteria e questo comporta la perdita totale di tutti i dati fino a quel momento registrati; la mancata o ritardata assistenza nella sostituzione della batteria determina nello stesso modo di prima la perdita delle informazioni accumulate. Possibili anomalie presenti nei dati, ed indicativi di un inizio di movimento del suolo, vengono avvertiti soltanto con un ritardo che può arrivare ad essere di 4 settimane. Durante i primi mesi di registrazione si sono verificati due episodi di interruzione: uno a metà aprile, dove solo un pendolo si era fermato, ed uno a metà settembre, dove entrambi i pendoli si sono arrestati a causa di un forte temporale. La scoperta è stata fatta solo dopo quasi un mese dal tecnico incaricato di scaricare periodicamente i dati e questo significa che sono andate perse le registrazioni di quasi un mese.

Un sicuro e affidabile vantaggio invece consisterebbe nel rendere autonomo il sistema di acquisizione dei clinometri accedendovi telefonicamente via rete GSM direttamente dalla sede del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Trieste, sistema già avviato e funzionante da anni per le altre due stazioni, Grotta Gigante (TS) e Grotta Nuova di Villanova (UD). In alternativa alla batteria, infatti, la stazione del Bus de la Genziana potrebbe essere alimentata dall'energia di un

pannello solare e l'acquisizione dei dati avverrebbe mediante un modem collegato ad un telefonino. I dati verrebbero allora scaricati direttamente da Trieste via modem. Ciò comporterebbe tutta una serie di notevoli vantaggi:

- 1) un controllo continuo delle registrazioni;
- 2) le anomalie vengono rilevate subito e identificate tempestivamente;
- 3) risparmio di personale tecnico che si reca sulla stazione per il prelievo dei dati;
- 4) risparmio della manutenzione e della batteria;
- 5) intervento tempestivo in caso di qualche problema sulla stazione.
- 6) eliminazione degli episodi di perdita dei dati.

## 6. Conclusioni

Nel presente rapporto si fornisce un quadro tettonico della zona del Cansiglio e si sono descritte le proprietà dell'evento sismico che ha colpito la zona nel 1936. Da tale data tutta l'area è stata sismicamente relativamente tranquilla. La sismicità invece è risultata in seguito maggiormente concentrata nel Friuli Orientale, evidenza del fatto che il relativo movimento di placche Adria e Eurasiatica è tuttora in atto. Uno studio dettagliato delle velocità relative, rilevato con il sistema GPS [PINATO, 2005; PINATO ET AL., 2006], ha dimostrato che le velocità relative della pianura rispetto alla zona pedemontana sono dell'ordine di 1-2 mm/anno. Questa è la prova di un continuo accentuarsi degli sforzi, che a lungo andare potrebbe essere rilasciato con un evento sismico.

La stazione clinometrica del Bus de la Genziana ha un buon accoppiamento con il terreno, evidenziato da un buon segnale di marea osservato. Il 03 settembre 2006 si è osservato un movimento brusco verso Sud, avvenuto asismicamente, che potrebbe essere dovuto ad un assestamento asismico. Il flusso di acque sotterranee comporta una deflessione rilevabile dalla stazione della durata di qualche ora.

Ci si auspica di mantenere la stazione in vita per almeno altri due anni allo scopo di determinare le direzioni di inclinazioni tettoniche. Una miglioria strumentale importante, che aumenterebbe l'affidabilità e le potenzialità della stazione, consisterebbe in un collegamento remoto della trasmissione dei dati e nell'alimentazione a pannello solare fotovoltaico.

## 7. Bibliografia

- Bosellini A., 1973 - *Modello geodinamico e paleotettonico delle Alpi Meridionali durante Giurassico-Cretacico. Sue possibili applicazioni agli Appennini*. Atti Conv. Moderno vedute sulla geologia dell'Appennino Acc. Naz. Lincei quaderno 18, ROMA, 163-205, 2 tav. 17 fig.
- Bozzo G.P., Semenza E., 1973 - *Nuovi elementi tettonici del vallone Fadalto e loro inquadramento nella struttura del Veneto Nord - orientale*. Boll. Mus. Civ. Sc. Nat. VENEZIA suppl 24: 11-25
- Braitenberg C. (1999) *The Friuli (NE Italy) tilt/strain gauges and short term observations*. Annali di Geofisica, 42, 1-28.
- Braitenberg, C., Nagy, I., Negusini, M., Romagnoli, C., Zadro, M. and Zerbini S., 2001 - *Geodetic measurements at the northern border of the Adria plate*, Millennium Issue of the Journal of Geodynamics: 32, N. 1/2, 267-286
- Cancian G., Ghetti S., Semenza E., 1985 - *Aspetti geologici dell'Altopiano del Cansiglio*. Lav. Soc. Venez. Sc. Nat. VENEZIA 1985 suppl. vol. 10: 79-90
- Carulli, Carobene, Cavallin, Martinis, Onofri (con Cucchi e Vaia) - *Evoluzione strutturale Plio-quadernaria del Friuli - Venezia Giulia*. Progetto Finalizzato Geodinamica C.N.R.

- Contributi preliminari alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia n°356
- Carulli G. B., Ponton M., 1992 - *Interpretazione strutturale profonda del settore centrale carnico – friulano*. Studi Geologici Camerti, Volume speciale (1992/2) CROP1-1A, CAMERINO 275-284,
- Castellarin A., 1978 - *Il problema dei raccorciamenti crostali nel sudalpino*. Rend. Soc. Geol. It., 1 (1978) Istituto di Geologia FERRARA, 21-23
- Cavallin A., 1980 - *Assetto strutturale del Massiccio Cansiglio - Cavallo, Prealpi Carniche Occ.* Atti del 2° Convegno di Studi sul Territorio della provincia di Pordenone (Piancavallo, 19-2 ottobre 1979)
- Cavallin A., Martinis B., 1982 - *Gli scorrimenti del margine settentrionale della Piattaforma Carbonatica Adriatica*. In Castellarin A. & Vai G. B., Guida alla Geologia del Sudalpino centro-orientale, Guide geol. reg. S.G.I., BOLOGNA, 349- 359.
- Cavallin A., 1981 - *Fogli 24 Maniago e 39 Pordenone*. Carta tettonica delle Alpi Meridionali (alla scala 1:200000), Progetto Finalizzato Geodinamica C.N.R., pubbl. 441: 46-50
- Cavallin A., Pirini Radrizzani, 1980 - *Il Miocene trasgressivo del Piancavallo (Prealpi Carniche): il margine settentrionale della piattaforma adriatica*. Riv. Ital. Paleon. MILANO vol 86 n°2
- Dainelli G. (1921) - *La struttura delle Prealpi Carniche*. Ed. Le Mem. Geografiche, FIRENZE , 60 – 64, 109
- De Nardi A., 1977 - *Il Cansiglio-Cavallo .Lineamenti geologici e morfologici*. Azienda delle Foreste della Regione Friuli - Venezia Giulia Azienda di Stato per le Foreste Demaniali. Doretto UDINE
- De Nardi A., 1965 - *Schema tettonico del massiccio Cansiglio - Cavallo nelle Prealpi Friulane occidentali*. Mem. Accademia Patavina SS. LL. AA. Cl. Sc. Mat. Nat. PADOVA, 77: 137-147
- Dogliani C., 1990 – *Thrust tectonics examples from Venetian Alps*. . Stud. Geol. Camerti, Spec. 117-129
- Ferasin A.R., 1958 - *Il complesso di scogliera cretacico del Veneto centro-orientale*. Mem. Ist. Geol. Min. Univ. PADOVA, 21: 1-54
- Gatto, Semenza E., 1981 - *Foglio 22 Belluno* .In Castellarin A. Carta Neotettonica delle Alpi Meridionali alla scala 1:200000. Progetto Finalizzato Geodinamica C.N.R. Contributi preliminari alla realizzazione della carta neotettonica d'Italia pubbl.441
- Guerra R., 1993-1994 - *Rilevamento geologico - strutturale di una parte del Bosco del Cansiglio (Province di BL, TV, PN) e analisi del condizionamento geologico - strutturale delle cavità carsiche*. Tesi di laurea in Sc. Geologiche Facoltà di Sc. MM. FF. NN. Dipartimento di Scienze Geologiche e Paleontologiche Università degli Studi di Ferrara A. A. 1993-1994.
- Mantovani, Panizza, Piacente, Semenza E., 1976 - *L'Alpago (Prealpi Bellunesi): geologia, geomorfologia, nivoplanimetria*. Boll. Soc. Geol. Ital. ROMA, 95: 1589-1656
- Martinis B., 1993 - *La Storia Geologica del Friuli*. La Nuova Base Editrice UDINE, 13 - 247
- Martinis B., 1955 - *Prove di ampi sovrascorrimenti nelle Prealpi Friulane e Venete*. Mem. Ist. Geol. Min. Università di Padova, PADOVA vol. 25
- Pellegrini G.B., Zanferrari A., 1980 - *Inquadramento strutturale ed evoluzione neotettonica dell'area compresa nei Fogli 23 Belluno, 22 Feltre, 24 Maniago*. pubbl. 356, 359, 396 .Contributi preliminari alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia n°356
- Pettenati F., Sirovich L., 2003 – *Source inversion of intensity patterns of earthquakes: a destructive shock in 1936 in the northeast Italy*. Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale. Borgo Grotta Gigante. TRIESTE. Journal of Geophysical Research, Vol 109 B10309, pubbl 21 ottobre 2004

- Pinato Gabrieli C., 2005 - *Movimenti crostali in Friuli Venezia Giulia da osservazioni geodetiche spaziali e clino-estensimetriche*. Laurea thesis from University of Trieste, Tutor: Carla Braitenberg.
- Pinato Gabrieli C., Braitenberg C., Nagy I., Zuliani D., 2006 - *Tilting and horizontal movement at and across the northern border of the Adria plate*, Accepted, Jaen Symposium 2005, in: *Geodetic Monitoring deformations: from Geophysical to Engineering roles*, Edts. Gil A.J. e Sansò F. IAG Symposium Volume Nr. 131, Springer Verlag.
- Salvini G., 1969 - *Osservazioni geologiche sui dintorni di Barcis Prealpi Friulane* - Riv. Ital. Paleont. MILANO, 75: 1, 107-121,
- Zanferrari A., 1973 - *Osservazioni geologiche sui terreni attraversati dalle gallerie dell'autostrada Alemagna presso Vitt.Veneto. Significato dei dati in rapporto alla tettonica del margine meridionale del Cansiglio*. Mem. Soc. Geol. Ital. ROMA, 12: 529-548, 1 tav., 11fig.
- Zanferrari A., 1973 - *Sulla terminazione occidentale del sovrascorrimento periadriatico (piega-faglia periadriatica auct.) nelle Prealpi Carniche*. Boll. Soc. Geol. It., 93 (1974), 33-46, 2 tav.
- Zanferrari A., Pianetti F., Mattana, Dall'Arche, Tondello V., 1980 - *Evoluzione neotettonica e schema strutturale dell'area compresa nei Fogli 38 Conegliano, 37 Bassano del Grappa, 39 Pordenone*. Progetto Finalizzato Geodinamica C.N.R. Contributi preliminari alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia n°356
- Zanferrari A., Marchesini C., 2000 - *La rete geodetica di Caneva (Friuli Occidentale): misura delle deformazioni in atto sul fronte della Catena Sud alpina orientale*. 80° riunione Società Geologica Italiana, 6 – 8 settembre 2000 TRIESTE
- Winterer E.L., Bosellini A., 1980 - *Subsidence and sedimentation on Jurassic passive continental margin, Southern Alps, Italy*. Istituto di Geologia Università FERRARA, Pubbl. 151

## **Ringraziamenti**

Il lavoro è stato svolto con il contributo dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia e del Dipartimento per la Protezione Civile”.

Si ringraziano in modo particolare il Sig. Alberto Casagrande per l'impegno costante e la preziosa collaborazione, il Sig. Sergio Zidarich per l'assistenza tecnica e l'A.R.P.A. Veneto, Centro Meteorologico di Teolo per la concessione dei dati meteorologici.