

Atti e Memorie della Commissione Grotte "E. Boegan"	Vol. 41	pp. 105-120	Trieste, 15 giugno 2007
---	---------	-------------	-------------------------

C. BRAITENBERG (\*), B. GRILLO (\*\*), I. NAGY (\*), S. ZIDARICH (\*), A. PICCIN (\*\*\*)

## LA STAZIONE GEODETICO-GEOFISICA IPOGEA DEL BUS DE LA GENZIANA - PIAN CANSIGLIO

### RIASSUNTO

*Nel novembre del 2005 ha preso vita la stazione geofisico-geodetica situata nel Bus de la Genziana sull'altipiano del Cansiglio. La stazione ha lo scopo di monitorare con continuità l'inclinazione del terreno. Attualmente è dotata di una coppia di clinometri.*

*Nel presente lavoro viene prima fatto l'inquadramento geologico dell'area nella quale è situata la stazione, riportando anche le caratteristiche della forte scossa di terremoto del 1936, che è avvenuta ai piedi dell'altipiano del Cansiglio. Successivamente vengono presentate le caratteristiche dei movimenti osservati nel primo anno di vita della stazione: è stato riscontrato un buon accoppiamento con il terreno, documentato dal buon segnale di marea terrestre osservabile.*

### SUMMARY

#### THE GEODETIC - GEOPHYSICAL UNDERGROUND STATION OF BUS DE LA GENZIANA - CANSIGLIO PLATEAU - EASTERN ALPS

*The present seismicity of NE-Italy is well manifested towards the eastern sector of the Friuli Piedemountain region, whereas towards the western sector a relative calmness is found. This picture emerges when considering the local seismicity recorded since the 1976 disastrous Friuli earthquake, certainly biased by the post-seismic sequence of this event. The western sector was hit in 1936 by the destructive Cansiglio earthquake, showing that the seismic potential is high in the entire region, reaching also farther west to the eastern Venetian sector. It is therefore necessary to monitor the deformation of the entire area, possibly by different geodetic methods. We report on the recent installation of a two-component tilt station in a natural cave of the Cansiglio plateau, just above the 1936 hypocenter. We first give an introduction to the local geology and give some details regarding the 1936 Cansiglio event. Then a discussion of the tilt records is given, with an interpretation of the signals we identify, which are due to hydrologic effects, earth tides and tectonic effects. We find that the hydrologic induced signal due to subsurface water runoff has a characteristic signal with a typical azimuthal direction. The good earth tide signal shows that the tiltmeters are well coupled to the crust and reliably measure crustal deformation. The one year long data series reveals a southwards tilting which started on september 3, 2006, set off by a south-east trending dislocation.*

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

(\*\*) Commissione Grotte "E. Boegan", Società Alpina delle Giulie, C. A. I., Via di Donota, 2, I - 34121 Trieste, e-mail: boegan@tin.it, radi587@yahoo.it.

(\*\*\*) Corpo Forestale dello Stato, Ministero delle Politiche Agricole e Forestali, Ufficio Territoriale per la Biodiversità, Via Lioni, 137, I - 31029 Vittorio Veneto (Treviso), Tel.: 0434 57033; e-mail: utb.vittorioveneto@corpoforestale.it.

## Introduzione

Vengono presentati e descritti i risultati del primo ciclo di registrazione da dicembre 2005 a marzo 2007 della nuova stazione geofisico – geodetica ipogea installata nel Bus de la Genziana (1000VTV), la Riserva Naturale Ipogea del Cansiglio (Veneto Orientale) secondo il D.M. del 12 luglio 1987.

La localizzazione di questa cavità (fig. 1), situata nella parte veneta del Pian Cansiglio nel comune di Fregona (Treviso), è piuttosto strategica per gli studi geodetici e geofisici, in quanto completa verso Ovest la rete di stazioni clinometriche dell'Italia del Nord-Orientale già esistenti, costituita dalla stazione della Grotta Gigante (TS) e della Grotta Nuova di Villanova (UD). La cavità inoltre si trova in zona sismica, che è stata colpita nel 1936 da un forte terremoto con ipocentro sotto il Cansiglio e da allora è sismicamente caratterizzata da relativa calma.

Il primo anno di vita della nuova stazione ha riportato con successo i risultati sperati e ha dato prova di buona funzionalità. Questo fatto positivo avviene proprio in coincidenza del 70° anniversario dall'evento sismico del 1936 in Cansiglio.

La stazione, grazie alla collaborazione con il Corpo Forestale dello Stato nella figura di Alberto Piccin, che gestisce la Riserva Naturale Ipogea, 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 e Grotta Nuova di Villanova 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.

Di seguito viene data una dettagliata descrizione dell'assetto geologico dell'area, in cui è ubicata la stazione, ed una relazione sull'evento sismico del 1936. Seguono quindi le osservazioni relative al primo anno di misurazioni con le principali caratteristiche.

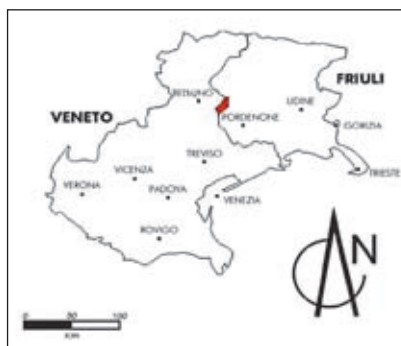


Fig. 1 – Localizzazione dell'Altopiano del Cansiglio, che si trova a cavallo tra la Regione Veneto e il Friuli e diviso tra le provincie di Belluno, Treviso e Pordenone.

## 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 terziarie, hanno reagito alle tensioni deformandosi maggiormente rispetto alle unità rigide della piattaforma carbonatica di età Giurassico - Cretacica. Ne risulta, quindi, che il Massiccio del Cansiglio-Cavallo si sia comportato come un solido rigido, che sotto la spinta delle forze orogenetiche è stato spostato verso la pianura veneto-friulana.

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 in struttura di faglia.

Gli strati rocciosi, suborizzontali nelle zone periferiche più elevate, si inflettono verso il centro cosicché l'altopiano può essere suddiviso in alcuni elementi tettonici (fig. 2):

**Anticlinale del Cansiglio Nord (ACN, fig. 2):** 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. 2):** 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. 2), mentre verso NNW l'asse della piega viene bruscamente tagliato dalla Linea di Pian dell'Osteria (PO, fig. 2).

Nel complesso il Massiccio del Cansiglio-Cavallo può essere considerato come una unità tettonica omogenea compresa tra le seguenti dislocazioni di carattere regionale (fig. 2), che lo delimitano:

**Il sovrascorrimento Barcis - Staro Selo (a Nord):** è un sovrascorrimento di importanza regionale, denominato anche "sovrascorrimento periadriatico"; 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°;

**Linea di Caneva – Maniago (CM, fig. 2 e 3)<sup>(1)</sup>:** 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;

**Linea del Cansiglio (LC, fig. 2):** faglia inversa ad alto angolo tra il Calcare del Cellina e il Calcare di Monte Cavallo, che si propaga nella parte orientale del massiccio lungo una direzione NNE-SSW fino ad incontrare a Nord il sovrascorrimento Barcis - Staro Selo e a Sud la Linea di Caneva - Maniago;

**Linea di Montaner (LM, fig. 2 e 3)<sup>(2)</sup>:** è una dislocazione molto complessa che ha subito una evoluzione nel tempo; si sviluppa dalle pendici del M. Pizzoc fino a Caneva con

<sup>(1)</sup> Tale linea viene interpretata da alcuni autori come faglia inversa; le strutture, che andrebbero a complicare l'assetto della Linea di Caneva – Maniago, sono: la Linea di Sarone (direzione NNE-SSW) e la linea di Aviano (direzione WSW-ENE), la cui intersezione avverrebbe presso Polcenigo. Queste dislocazioni vengono interpretate come il risultato di movimenti verticali del basamento. DOGLIONI C. (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). 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 embricate 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.

<sup>(2)</sup> 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).

orientazione NW-SE e pone a contatto i calcari di piattaforma con unità terrigene terziarie via via più recenti;

**Linea di Sacile (S, fig. 2):** 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. 2):** 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.

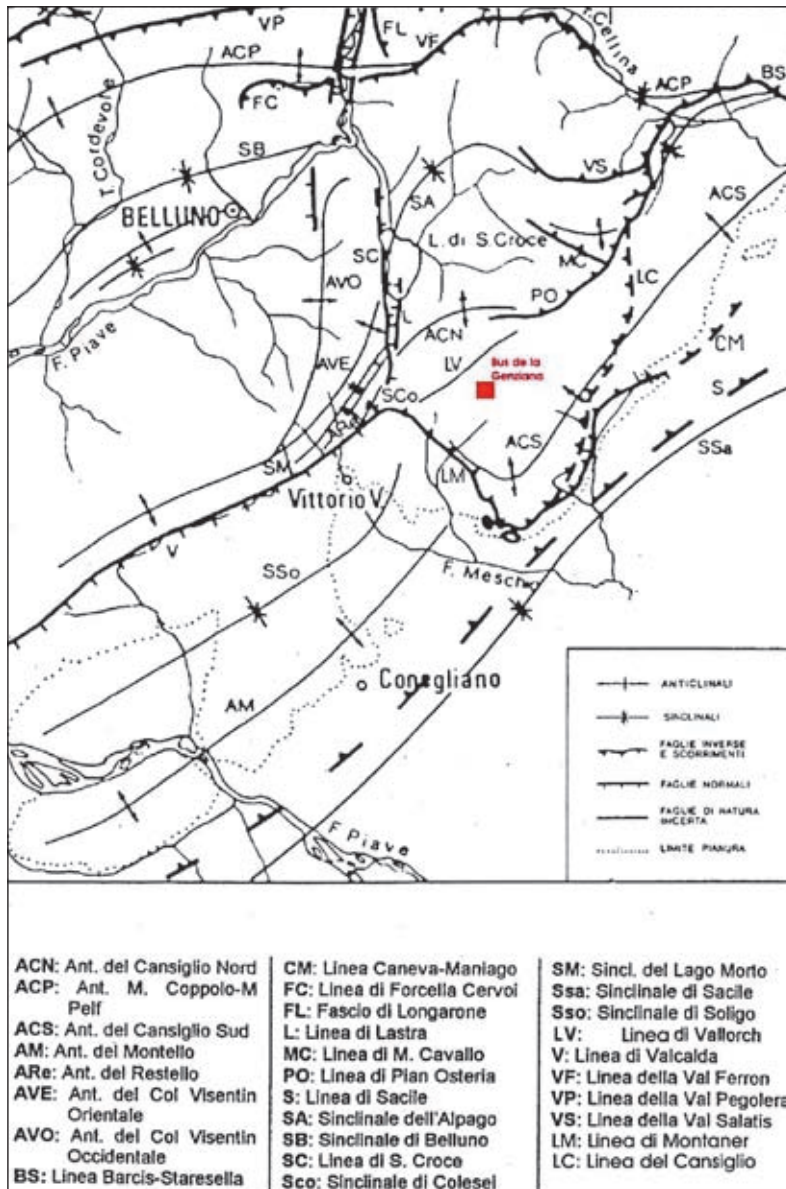


Fig. 2 – Carta strutturale delle Prealpi Venete, secondo BOZZO e SEMENZA (1973, modificata): rappresenta le strutture tettoniche maggiori che interessano il Massiccio del Cansiglio – Cavallo.

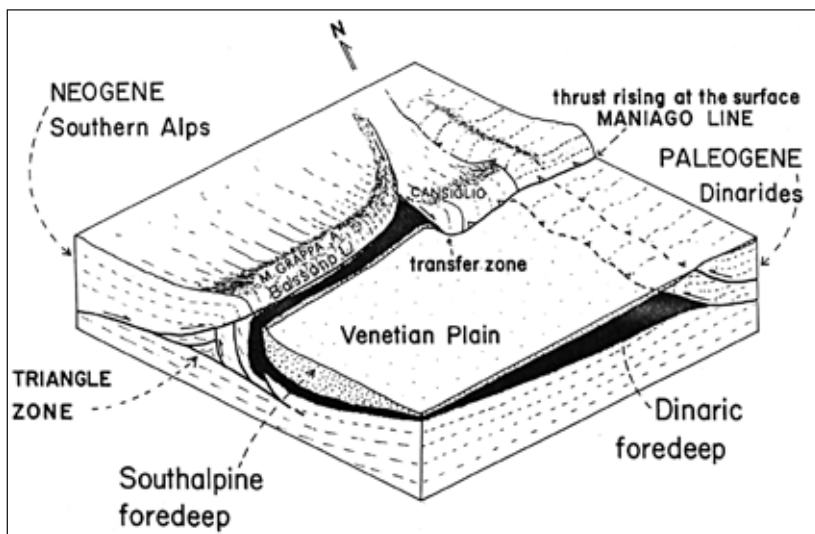


Fig. 3 – Inquadramento strutturale della zona del Cansiglio secondo DOGLIONI C. (1990). Il Cansiglio è interessato dall'intersezione di più lineamenti tettonici, a Sud in particolare dalla: Linea di Montaner e Linea di Caneva – Maniago.

Le formazioni geologiche che riguardano il Massiccio del Cansiglio - Cavallo hanno un'età compresa tra il Norico (Triassico superiore) e la fine del Miocene (Terziario). Per quanto riguarda la sola zona del Cansiglio le rocce interessate sono la Scaglia (Grigia e Rossa) e la Formazione del Calcere di Monte Cavallo (fig. 4).

La genesi e l'evoluzione delle suddette strutture tettoniche hanno condizionato la nascita di dislocazioni a livello locale riconoscibili nell'area del Pian Cansiglio, che può essere considerato un'ampia brachianticlinale, inflessa a bacino nella parte centrale (fig. 2, 4):

**Linea di Pian Osteria (PO, fig. 2, 4):** è una dislocazione complessa di direzione WSW-ENE (giacitura del piano  $70^{\circ}/55^{\circ}$ ), 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;

**Linea di Vallorch (LV, fig. 2, 4):** 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. È una anticlinale che viene intercettata dalla Linea di Pian Osteria, con evidenti fenomeni deformativi a carattere plastico della Scaglia (sia Rossa che Grigia): le pieghe sono del tipo a chevron e talvolta coricate con asse SSW-NNE;

**Faglia di Candaglia (fig. 4):** è una linea strutturale orientata WSW-ENE, che limita il fianco Sud-Est del Pian Cansiglio. È 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  $25^{\circ}$ - $30^{\circ}$  verso WSW in prossimità di Candaglia;

**Faglia presso il Col della Rizza (fig. 4):** 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  $20^{\circ}$ , immergenti a NNW, e dal carattere cataclastico 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.

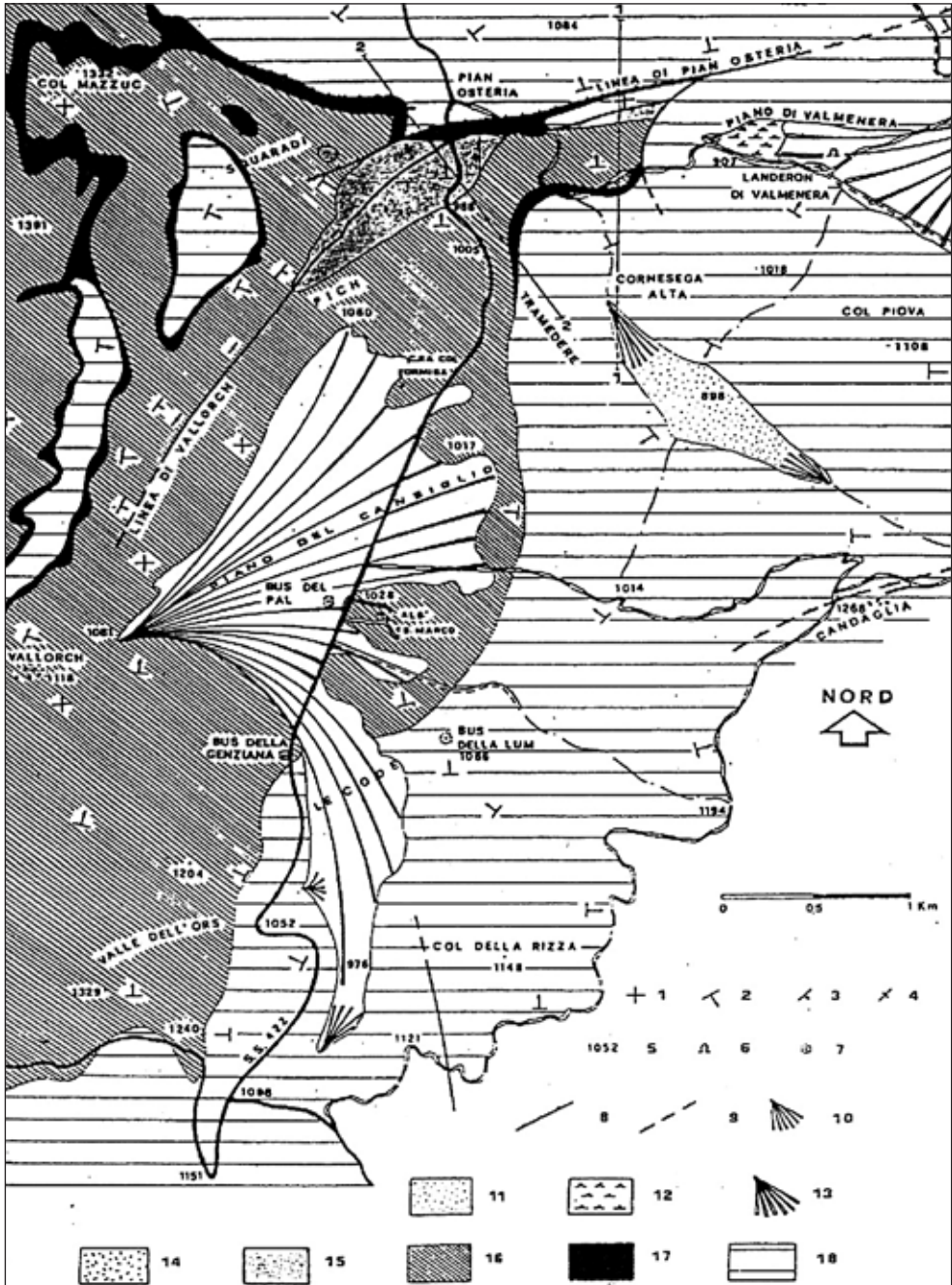


Fig. 4 – Carta geologico-strutturale del Pian Cansiglio, secondo CANCIAN G. (1985): 1) strati con inclinazione Inferiore a 5°; 2) strati con inclinazione tra 5° e 50°; 3) strati con inclinazione tra 50° e 80°; 4) strati con inclinazione superiore a 80°; 5) quota altimetrica; 6) cava; 7) grotta; 8) faglia; 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 Monte Cavallo.

## 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 stimata fra  $M_s = 5,8$  (Magnitudo dell'onda di superficie) e  $M_m = 6,2$  (Magnitudo macrosismica), dato riportato dal Catalogo NT4.1. È uno dei due eventi, precedenti quello del Friuli del 1976, più forti del XX secolo. La localizzazione esatta dell'ipocentro presenta qualche incertezza, in quanto in quella data non si disponeva di un elevato numero di stazioni sismologiche come oggi. Un recente studio di PETTINATI & SIROVICH (2003) riporta le diverse localizzazioni e stime di magnitudo secondo i vari autori ed uno studio sull'inversione del meccanismo focale utilizzando dati di macrosismica. Secondo questi autori, l'ipocentro era a 15,3 km di profondità, con epicentro definito da latitudine  $46^{\circ}00'$ , longitudine  $12^{\circ}30'$ , con uno strike  $238^{\circ}$ , dip  $47^{\circ}$  e rake  $88^{\circ}$ . Nella figura 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 figura 5 evidenzia il piano di faglia dell'evento, che si propaga proprio al di sotto dell'ubicazione della stazione del Bus de la Genziana.

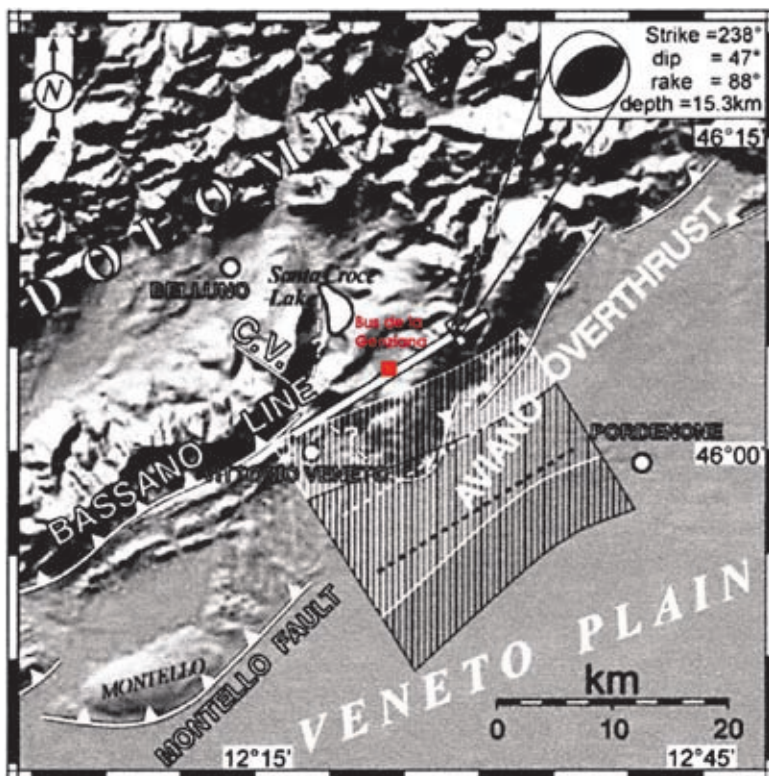


Fig. 5 – Localizzazione e parametri del terremoto del Cansiglio del 1936 secondo PETTINATI e SIROVICH (2003). Viene evidenziato il piano di faglia dell'evento, che si propaga proprio al di sotto dell'ubicazione della stazione del Bus de la Genziana.

Nell'anno 2006 ricorreva 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 po-

ter fare una triangolazione geodetica con le altre due stazioni di Grotta Gigante e Grotta Nuova di Villanova, registra dati che possono integrare il quadro geofisico dell'Italia del Nord-Orientale. È 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.

### I risultati delle registrazioni di inclinazione da dicembre 2005 a febbraio 2007

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. Di seguito vengono illustrati tali segnali.

#### I movimenti lenti

Il movimento lento registrato nel primo anno 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 poco più di un anno di dati, il segnale termico si confonde con il segnale tettonico. In figura 6a l'andamento dell'inclinazione è rappresentato per il periodo dal 13 febbraio 2006 al 31 marzo 2007. Il periodo precedente, da dicembre 2005 a febbraio 2006, 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 e Grotta Nuova di Villanova, compie una traccia ad ellisse. In questo caso non è ancora evidente, ma si sta accennando un semielisse con asse in direzione NNW-SSE, con inclinazione verso SE in

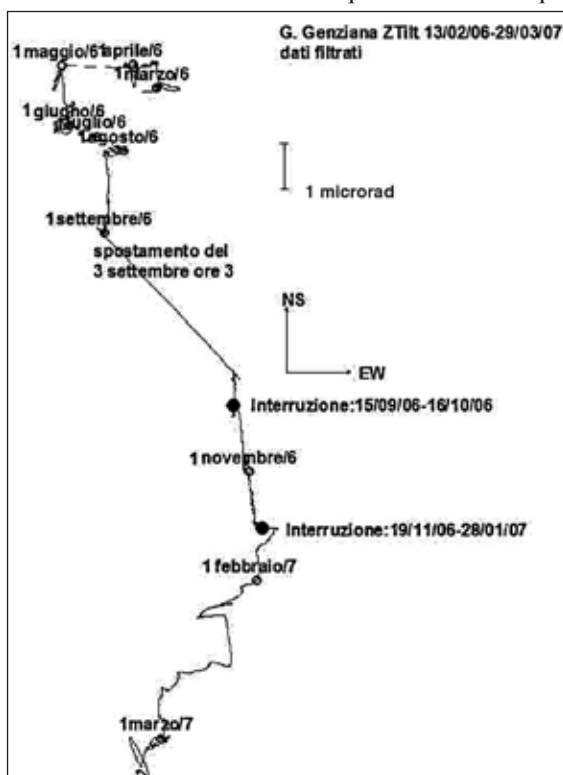


Fig. 6a – Andamento dell'inclinazione. Viene accennato il ciclo annuale fra marzo ed agosto 2006: esso descrive quasi un'ellisse con asse in direzione NNW-SSE, con inclinazione verso SE in inverno ed inclinazione verso NW in estate. La stazione inizia a derivare verso sud dal 3 settembre 2006, a seguito della dislocazione osservata con inclinazione verso SE. I dati sono stati ridotti da un campionamento orario ad un campionamento giornaliero previo filtraggio.



inverno ed inclinazione verso NW in estate. Si prevede quindi che per il prossimo anno il ciclo sarà completato con un'ellisse.

Il 3 settembre 2006 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. È da escludere che tale movimento sia un artefatto strumentale, in quanto è stato osservato con due strumenti indipendenti. Nella figura 6b 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.

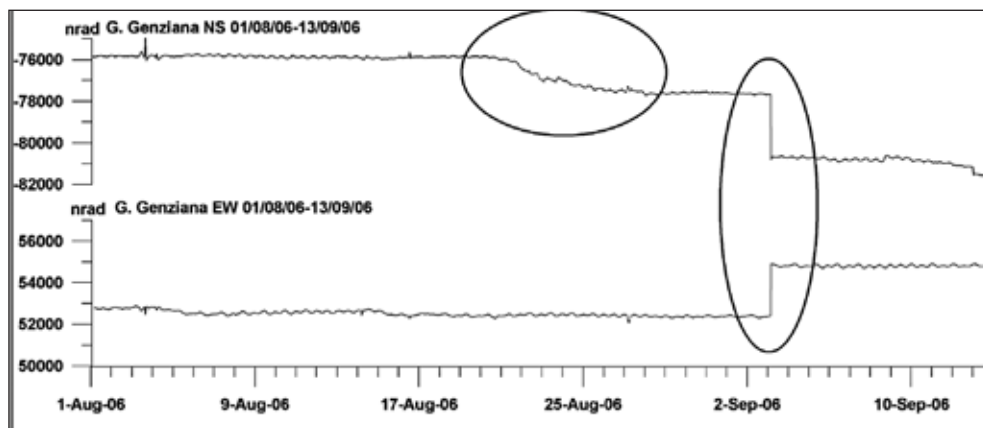


Fig. 6b – Il 3 settembre 2006 la stazione ha subito un movimento improvviso (durata minore di 1 ora) verso SE, preceduto da un movimento accelerato nei giorni precedenti. Tale evento può essere considerato un movimento asismico. Valori crescenti indicano tilting verso N ed E, rispettivamente.

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

La figura 7 mostra una sezione di maggior dettaglio (periodo da dicembre 2005 ad 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.

La correlazione di tali segnali impulsivi con la piovosità è evidente nella figura 8, 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 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 rappresentiamo l’intera serie di dati a disposizione insieme a pressione barometrica e piovosità in tre grafici consecutivi figura 9a, b, c. Nei grafici della figura 9a, b, c, si possono notare altri segnali di inclinazione legati al run-off dell’acqua piovana nel sottosuolo.

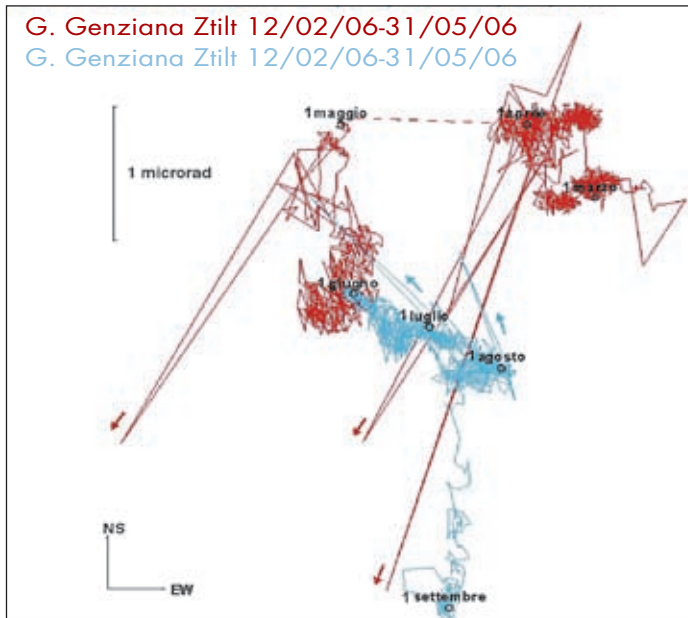


Fig. 7 – Inclinazioni causate da run-off di acque nel sotto suolo: sono evidenti i movimenti ad “andata e ritorno” segnati con frecce colorate in rosso e blu.

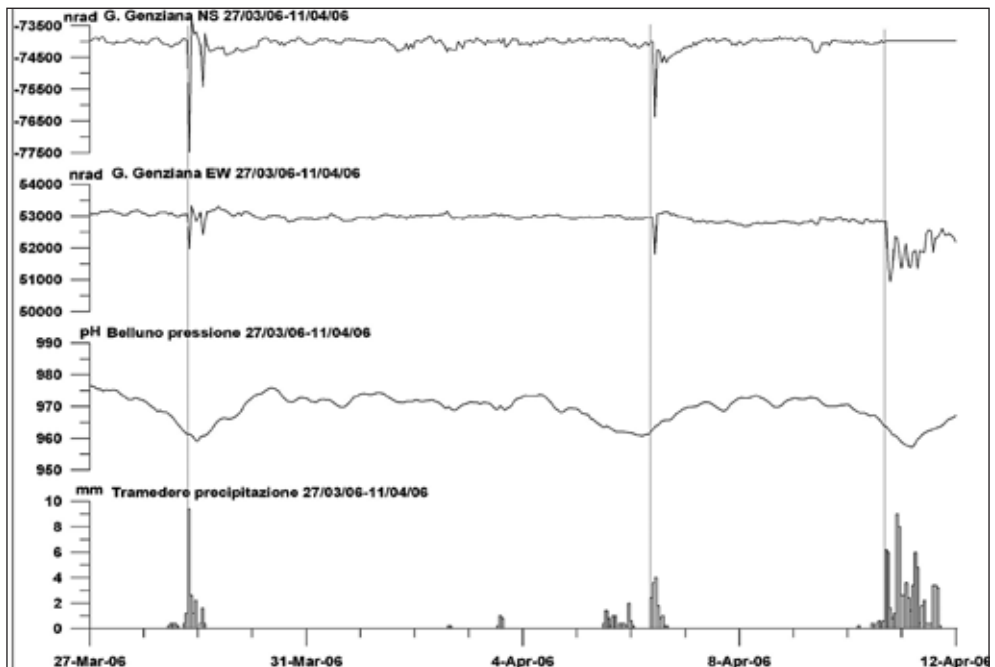


Fig. 8 – Viene evidenziata la correlazione dei segnali impulsivi con la piovosità, dove sono rappresentate le inclinazioni verso Nord ed Est (in nrad), la pressione atmosferica (in hPa) e la piovosità (in mm/ora). I dati meteorologici sono disponibili fino a dicembre del 2006. I segnali correlati con la maggiore piovosità sono evidenziati in verde. Si veda anche le figure 9a, b, c.

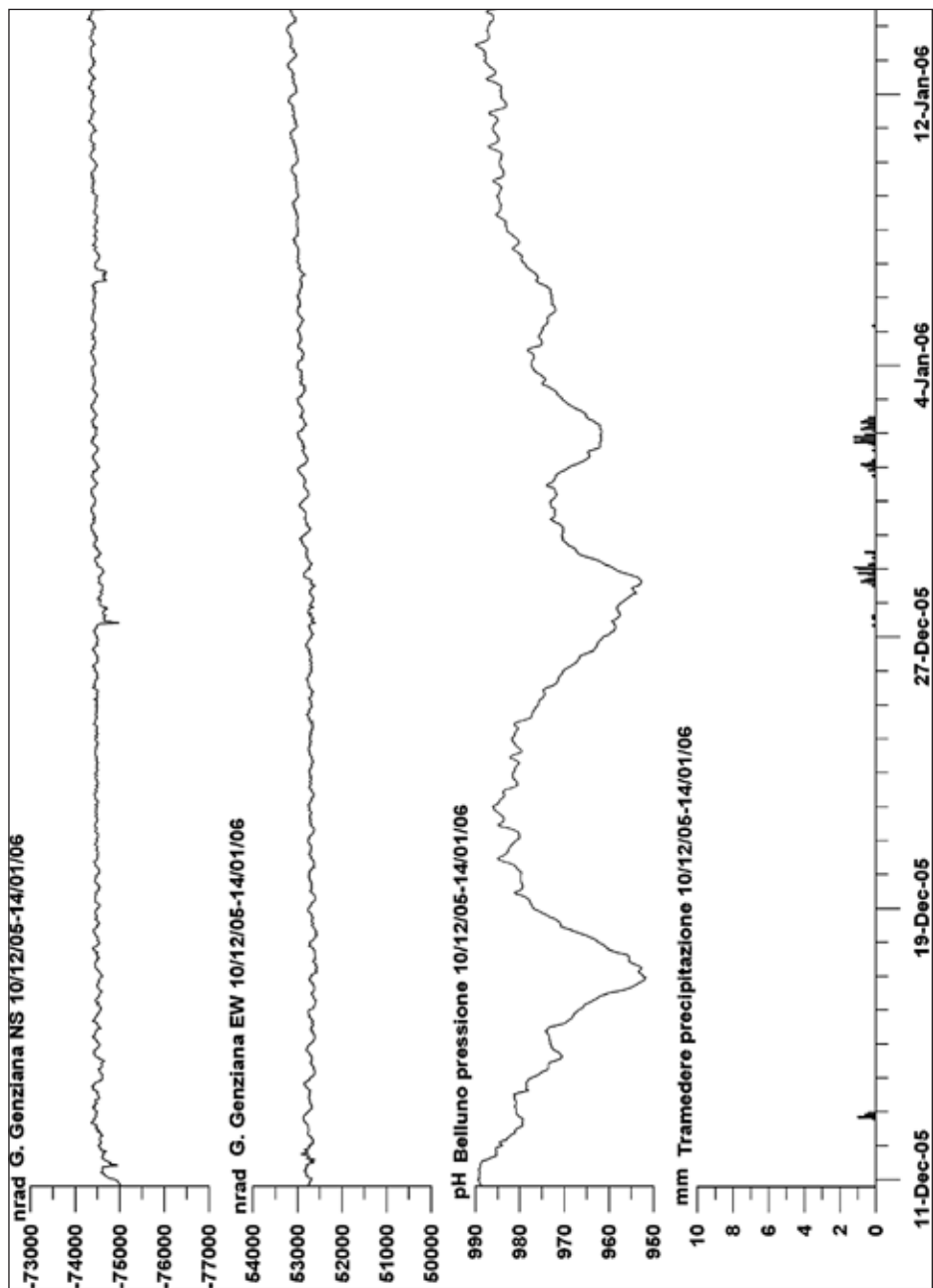


Fig. 9a – L'intera serie di dati a disposizione è stata rappresentata insieme a pressione barometrica e piovosità. Si possono notare altri segnali di inclinazione legati al run-off dell'acqua piovana nel sottosuolo.

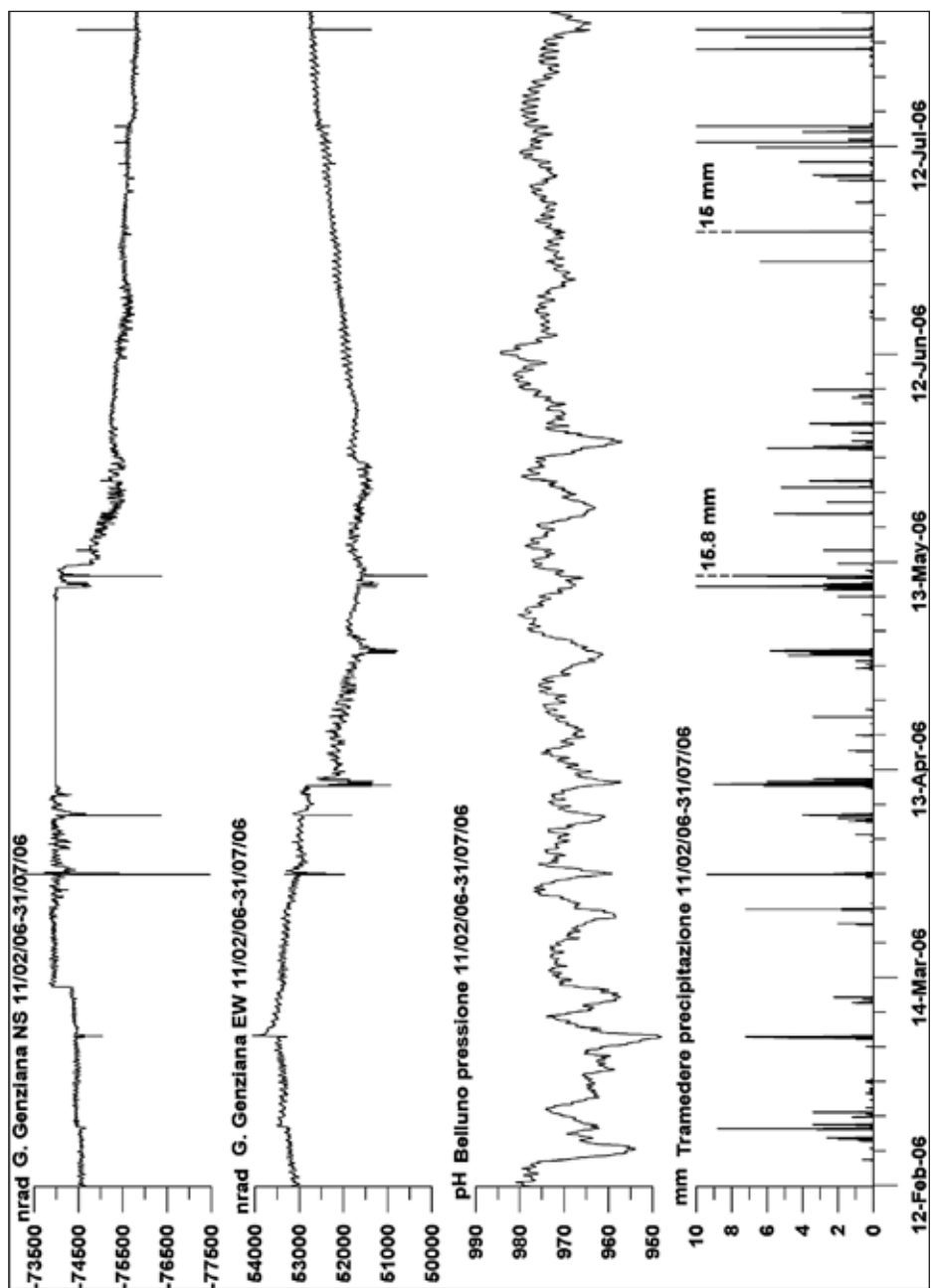


Fig. 9b – L'intera serie di dati a disposizione è stata rappresentata insieme a pressione barometrica e piovosità. Si possono notare altri segnali di in-  
clinazione legati al run-off dell'acqua piovana nel sottosuolo.

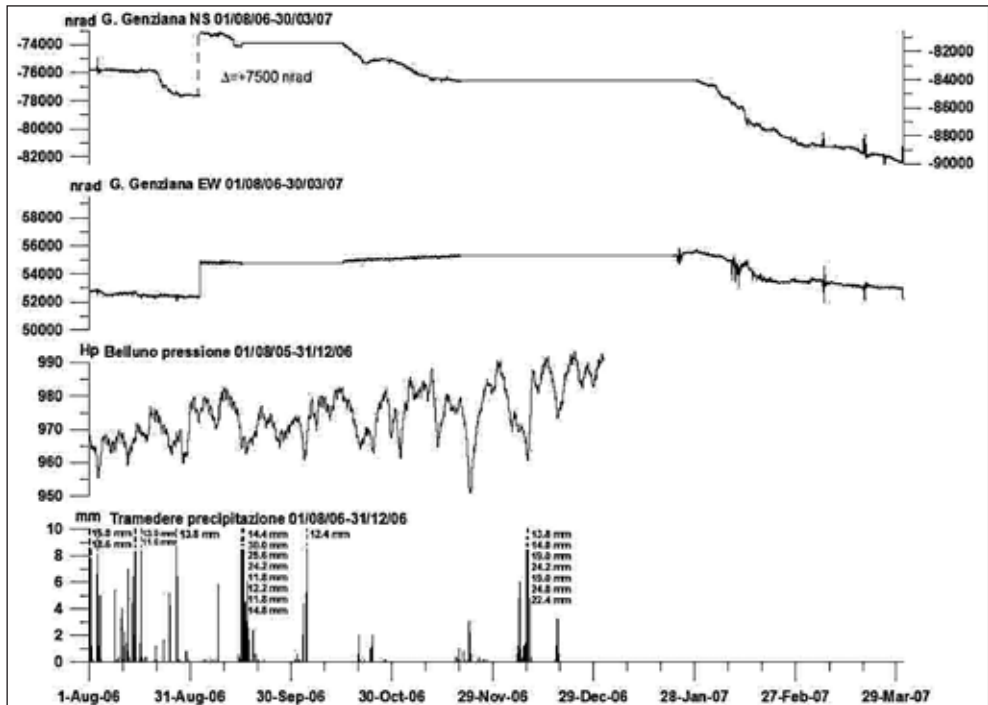


Fig. 9c – L'intera serie di dati a disposizione è stata rappresentata insieme a pressione barometrica e piovosità. Si possono notare altri segnali di inclinazione legati al run-off dell'acqua piovana nel sottosuolo. La curva superiore (componente NS) è stata spostata verso l'alto in corrispondenza del segnale di dislocazione del 3 settembre 2006 per permettere una migliore visione dei valori. L'asse delle ascisse di sinistra compete alla prima parte, l'asse delle ascisse sulla destra compete alla seconda parte della registrazione.

## Le osservazioni delle maree terrestri

Uno dei segnali di deformazione noti teoricamente è 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 può essere calcolato teoricamente e poi confrontato con le osservazioni. Il segnale di marea può 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 figura 10 è rappresentato il confronto della marea teorica con quella osservata. Si può notare come le osservazioni delineano bene il segnale predetto, dimostrando così che la stazione della Genziana è adatta al rilevamento delle deformazioni del suolo.

Si rivela che il segnale in direzione N-S è amplificato rispetto al segnale teorico. Questo indica un effetto di sito locale che porta ad una distorsione del segnale, amplificando maggiormente la componente N-S. 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.

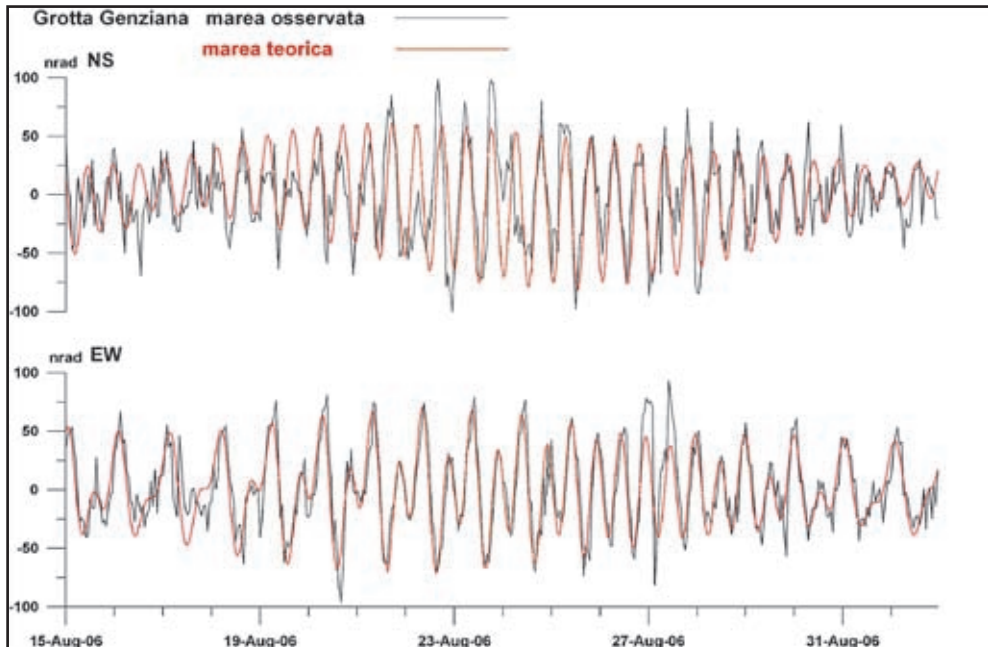


Fig. 10 – Confronto della marea teorica con quella osservata: le osservazioni delineano bene il segnale predetto, dimostrando che la stazione della Genziana è adatta al rilevamento delle deformazioni del suolo. Rispetto ad un modello isotropo, la componente NS della marea teorica è stata amplificata di un fattore 1.8.

## 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, 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 osservata. Il 3 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.

## 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 Alberto Casagrande per l'impegno costante e la preziosa collaborazione e le persone che hanno contribuito attivamente al lavoro di posizionamento della stazione in grotta il 15 ottobre 2005 (Gabriele Zanin, Denis Zanette, Alberto Gattel, Sergio Masut, Davide Gasparotto, Carlo Urbanet), Sergio Zidarich per l'assistenza tecnica e l'A.R.P.A. Veneto, Centro Meteorologico di Teolo per la concessione dei dati meteorologici.

## BIBLIOGRAFIA

- BOSELLINI A., 1973 - *Modello geodinamico e paleotettonico delle Alpi Meridionali durante il Giurassico-Cretacico. Sue possibili applicazioni agli Appennini*. Atti Conv. Moderno vedute sulla geologia dell'Appennino. Acc. Naz. Lincei, Roma, Quaderno 18: 163-205.
- 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., ZERBINI S., 2001- *Geodetic measurements at the northern border of the Adria plate*, Millennium Issue of the Journal of Geodynamics, 32, 1/2: 267-286.
- CANCIAN G., GHETTI S., SEMENZA E., 1985 - *Aspetti geologici dell'Altopiano del Cansiglio*. Lav. Soc. Venez. Sc. Nat., Venezia, Suppl. 10: 79-90.
- CARULLI G. B., CAROBENE L., CAVALLIN A., MARTINIS B., ONOFRI R. (CON CUCCHI F. E VAIA F.) - *Evoluzione strutturale Plio - quaternaria 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.
- CARULLI G. B., 2006 - *Carta geologica del Friuli Venezia Giulia, scala 1:150000*. Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Direzione Regionale Ambiente e Lavori Pubblici, Servizio Geologico Regionale. Selca, Firenze.
- CAVALLIN A., 1980 - *Assetto strutturale del Massiccio Cansiglio - Cavallo, Prealpi Carniche Occidentali*. Atti del 2° Convegno di Studi sul Territorio della provincia di Pordenone, Piancavallo, 19-2 ottobre: 15-30.
- CAVALLIN A., MARTINIS B., 1982 - *Gli scorrimenti del margine settentrionale della Piattaforma Carbonatica Adriatica*. In Castellarin A. e 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.
- 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.

- DOGLIONI C., 1990 - *Thrust tectonics examples from Venetian Alps*. Stud. Geol. Camerti, Spec.: 117-129.
- GATTO G. O., SEMENZA E., 1981 - *Foglio 23 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.
- GRILLO B., 2001 - *Carsismo e idrogeologia dell'Altopiano del Cansiglio*. Tesi di Laurea in Geologia Applicata. Facoltà di SS. MM. FF. NN. Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine. Università degli Studi di Trieste.
- GUERRA R., 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.
- MANTOVANI P., PANIZZA M., PIACENTE S., 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.
- 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., 2004 - *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, 109, B 10309: 1-16.
- PINATO GABRIELI C., 2005 - *Movimenti crostali in Friuli Venezia Giulia da osservazioni geodetiche spaziali e clino - estensimetriche*. Tesi di Laurea in Geodesia. Facoltà di SS. MM. FF. NN. Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Trieste.
- 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 Springer Verlag, 1: 131.
- 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.
- ZANFERRARI A., 1973 - *Sulla terminazione occidentale del sovrascorrimento periadriatico (piega-faglia periadriatica auct.) nelle Prealpi Carniche*. Boll. Soc. Geol. It., 93: 33-46.
- ZANFERRARI A., PIANETTI F., MATTANA U., DALL'ARCHE L., TONIELLO 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 di Ferrara, Pubbl. 151.