

---

ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI  
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI  
**RENDICONTI**

---

MARCELLO MIGANI

**Sopra una stazione estensimetrica di grande  
sensibilità**

*Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche,  
Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 57 (1974), n.6, p. 637–641.*

Accademia Nazionale dei Lincei

<[http://www.bdim.eu/item?id=RLINA\\_1974\\_8\\_57\\_6\\_637\\_0](http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1974_8_57_6_637_0)>

L'utilizzo e la stampa di questo documento digitale è consentito liberamente per motivi di ricerca e studio. Non è consentito l'utilizzo dello stesso per motivi commerciali. Tutte le copie di questo documento devono riportare questo avvertimento.

---

*Articolo digitalizzato nel quadro del programma  
bdim (Biblioteca Digitale Italiana di Matematica)  
SIMAI & UMI*

<http://www.bdim.eu/>



**Geofisica.** — *Sopra una stazione estensimetrica di grande sensibilità* (\*). Nota di MARCELLO MIGANI, presentata (\*\*) dal Socio P. CALOI.

SUMMARY. — At Somplago, in the heart of a mountain placed in the Carniche Pre-Alps seismic zone, it has been installed a new extensometer, which can take and register (between two points of the rock at 4 meters distance) relative movements, lower than  $10^{-7}$  cm. In this work, you will find the detailed description of this new instrument, both for what concerns the theory and the technical details. By this instrument, it will be possible to investigate the rock alterations brought by any efforts, and of course, also those which are connected to the local seismic activity.

1. A Somplago, in provincia di Udine, nel cuore di una montagna situata tra i primi contrafforti delle Alpi Carniche, in una delle zone fra le più sismiche d'Italia, è stata messa in funzione, già dai primi giorni di Aprile del 1974, una strumentazione geofisica di nuova concezione, con la quale è possibile rilevare le più piccole deformazioni subite dalla roccia, siano esse determinate da eventi esterni (astronomici, meteorologici, ecc.) o a sforzi di origine interna, quali, ad esempio, quelli legati alla sismicità locale.

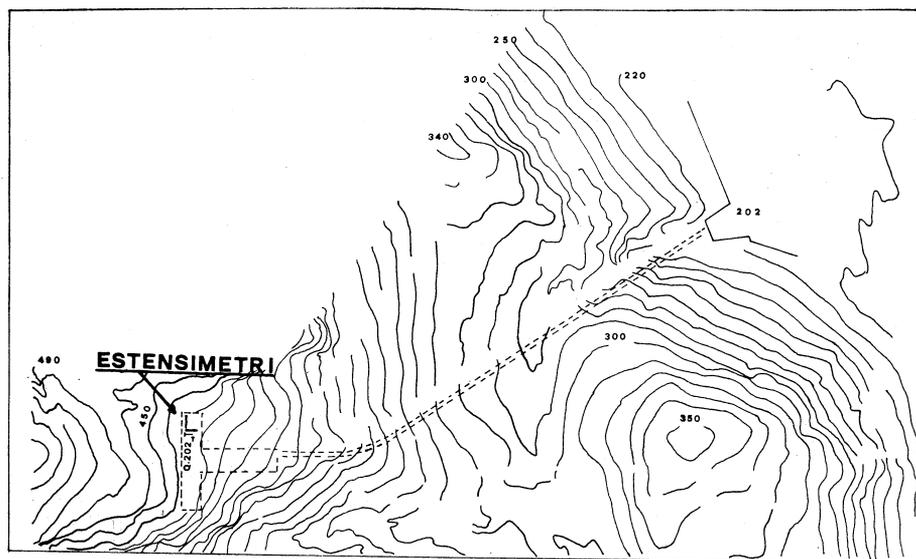


Fig. 1. — Planimetria della Centrale di Somplago.

Questo strumento è, in definitiva, un estensimetro; ma la sua sensibilità è stata spinta a tale limite, da permettere di rilevare, tra due punti della roccia — distanti tra loro oltre 4 metri —, spostamenti relativi inferiori a  $10^{-7}$  cm.

(\*) Lavoro eseguito presso l'ENEL, Compartimento di Venezia.

(\*\*) Nella seduta del 14 dicembre 1974.

Con tale attrezzatura, è già stato possibile osservare i movimenti di una grossa faglia vicina (fig. 2) - avvenuti in corrispondenza a forti cadute di pioggia (spostamenti già rilevati precedentemente dalla stazione sismo-clinografica «L.P. 2.», di cui si è già parlato nelle pubblicazioni [1, 2]) -, si sono registrati spostamenti dovuti alle maree terrestri, e notate altre deformazioni della roccia, di sicura origine sismica (Tav. II).

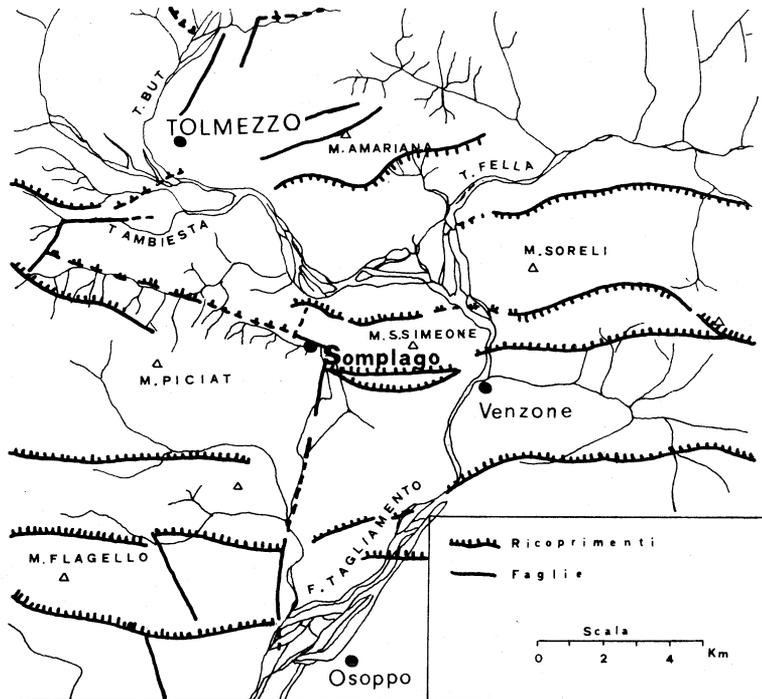


Fig. 2. - La faglia del lago di Cavazzo.

L'attrezzatura, come si è detto, è stata sistemata all'interno di una montagna, nello scavo eseguito per alloggiare una delle più grandi centrali idroelettriche in caverna del Veneto Orientale. La copertura della roccia, al di sopra della stazione di osservazione (fig. 1), supera i 300 m, ed occorre percorrere oltre 500 m di galleria per arrivare al grande scavo della Centrale.

Questo estensimetro completa un osservatorio sismografico già dotato di strumenti eccezionali. Infatti, oltre ad una stazione sismica costituita da tre componenti «Girlanda» ad amplificazione ottico-galvanometrica, particolarmente adatta allo studio della sismicità locale, è stata qui di recente installata la stazione «L.P.2», di cui si è accennato più sopra, in grado di cogliere le più piccole variazioni d'inclinazione della verticale apparente della crosta terrestre. Particolarmente curato è il dispositivo del marca-tempo e del segnale radio della stazione, al fine di poterla collegare alla rete sismica nazionale e alla rete sismica del Veneto. Questa è costituita, come è ben noto, da un complesso sismografico eccezionale (soltanto per citare le stazioni sismiche

dell'Enel, ricordiamo le stazioni del Vajont, del Mis, di Pieve di Cadore in provincia di Belluno, e della Maina, dell'Ambiesta e di Somplago, in provincia di Udine), nonché da oltre 25 stazioni clinografiche distribuite un po' dappertutto, che potrebbero contribuire a completare lo studio dei movimenti della crosta terrestre.

2. L'estensimetro si compone di due basi di misura A e B (fig. 3 e Tav. I), rigidamente ancorate alla roccia, distanti tra loro di  $d$  metri, e di un sistema di amplificazione (vedere zona A della fig. 3) costituito da un pendolo orizzontale e da una leva ottica. Le due basi sono collegate tra loro da una solida barra di acciaio invar I. Tale barra, attraverso un compensatore

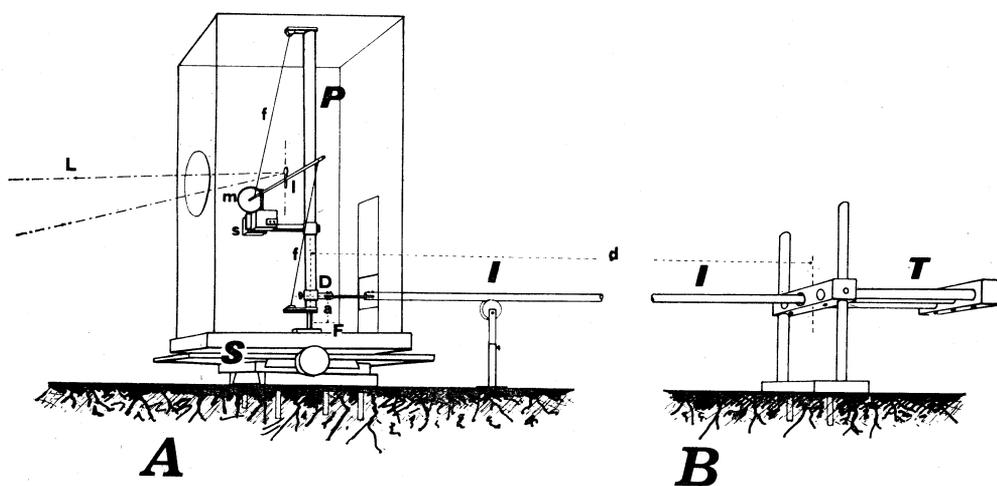


Fig. 3. - Schema prospettico dello strumento.

termico in alluminio T, regolabile, è rigidamente ancorata ad una delle due basi (nella fig. 3 alla base B), mentre l'altro estremo spinge o attrae (attraverso un collegamento costituito da una linguetta di acciaio armonico) l'asta costituente il supporto P del pendolo, la quale è fissata alla sua basetta (appoggiata ad A mediante tre viti calanti) attraverso un'altra linguetta di acciaio armonico, così di permettere a P di ruotare senza sforzi intorno al fulcro F, e quindi di seguire i movimenti relativi delle basi A e B. Il tutto è montato su una doppia slitta, che essendo dotata di movimenti micrometrici, permette una rapida messa a punto del sistema. Inoltre, come si vede dalla fig. 3, il pendolo è stato dotato di un semplice smorzatore magnetico  $s$ , accorgimento questo che permette di filtrare eventuali rapide frequenze di disturbo, provenienti dalla Centrale.

Tutte le parti dello strumento sono costruite in modo da poter variare, con estrema facilità, l'amplificazione del sistema, e ciò è possibile sia agendo sul periodo  $T$  del pendolo, sia sulla distanza  $a$  del punto di spinta  $D$  dal fulcro  $F$ .

Calcoliamo ora l'amplificazione di tale sistema: detta  $d$  la distanza tra le due basi di osservazione (A e B),  $a$  la distanza tra il fulcro F e il punto D di spinta sul pendolo, se  $dx$  è la variazione della distanza relativa delle due basi, l'inclinazione  $\psi$  dell'asse P sarà:

$$\psi = \frac{dx}{a}$$

e la rotazione del pendolo orizzontale è data da:

$$\theta = \frac{T^2 g}{4 \pi^2 l_r} \psi = \frac{T^2 g}{4 \pi^2 l_r} \cdot \frac{dx}{a}$$

dove T è il periodo proprio del pendolo,  $g$  l'accelerazione di gravità,  $l_r$  la lunghezza del pendolo ridotto. La registrazione avviene su carta fotografica, ad una distanza L da P mediante una leva ottica, il cui centro è uno specchietto posto sull'asse di rotazione del pendolo. In questo modo, lo spostamento  $dy$  dell'immagine sulla carta fotografica del registratore, è dato da:

$$(1) \quad dy = 2 L \theta = \frac{T^2 g}{2 \pi^2 l_r} \cdot \frac{L}{a} \cdot dx.$$

Nel nostro caso  $l_r = 2/3 l$ , dove  $l$  è la lunghezza dell'astina che porta la massa del pendolo, e quindi:

$$(2) \quad dy = \frac{3}{4} \frac{T^2 g}{\pi^2 l} \cdot \frac{L}{a} dx.$$

L'amplificazione è, dunque:

$$(3) \quad A = \frac{3}{4} \frac{T^2 g}{\pi^2 l} \cdot \frac{L}{a}.$$

Per quanto riguarda la T, sappiamo che essa aumenta col tendere a zero dell'angolo  $i$  tra la verticale gravitazionale e la retta congiungente gli attacchi dei due fili  $f$  all'asse P, e che esiste un limite a tale periodo, determinato dal fatto che le sospensioni  $f$  hanno una loro rigidità ( $\mu$ ). Il T limite (prescindendo dalla torsione) è dato dalla formula (3).

$$T_{i=0} = \frac{4}{3} \pi \frac{l}{r^2} \sqrt{\frac{m\lambda}{\pi\mu}}$$

dove  $\mu$  è la rigidità,  $\lambda$  è la lunghezza media dei fili  $f$ ,  $m$  è la massa del pendolo.

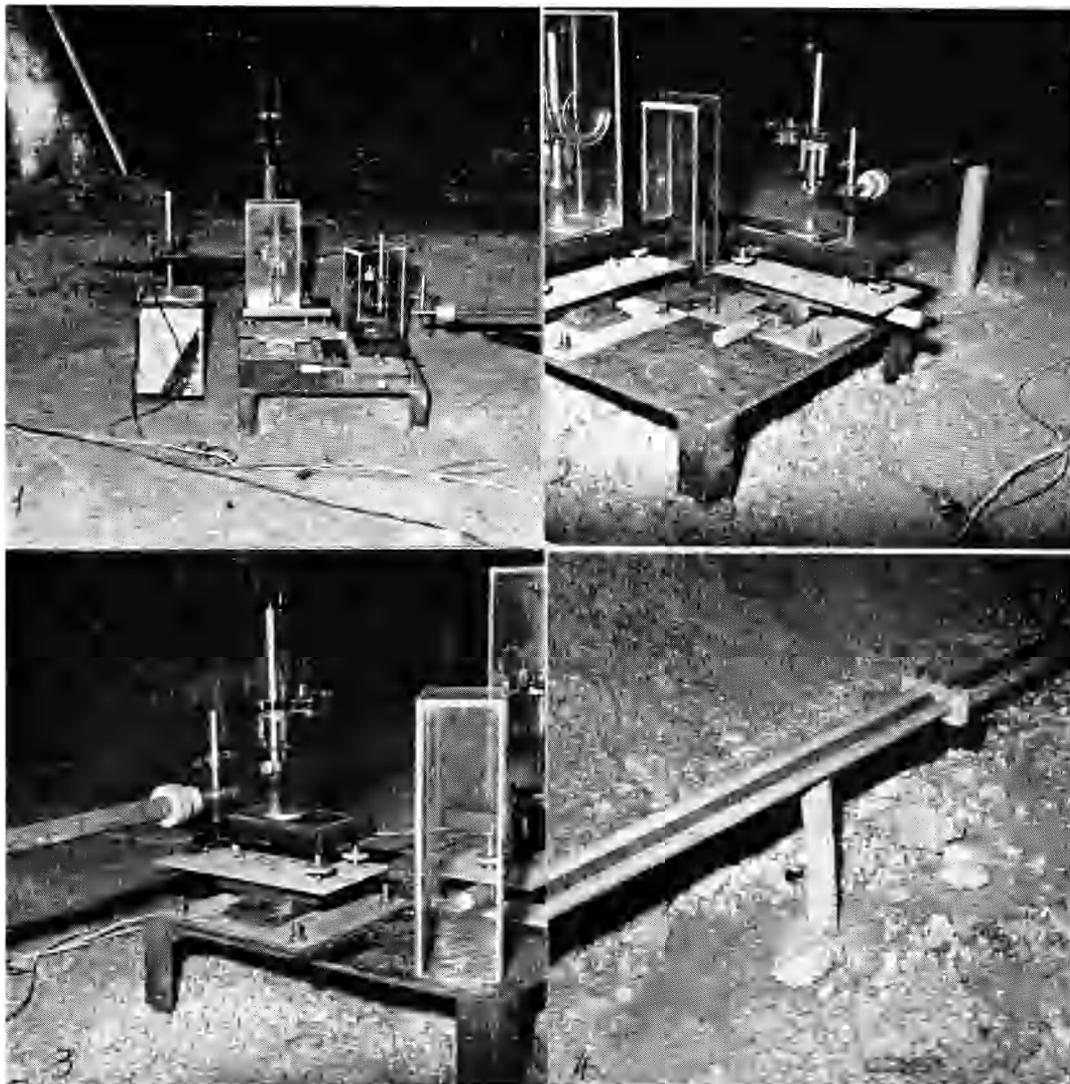
Nel nostro caso (vedi la Tabella con i dati costruttivi degli strumenti), si ha che il limite massimo teorico è  $T = 575$  sec e quindi, posto  $l_r = 2/3 l = 4,667$  cm, si avrà che la massima amplificazione del sistema (mantenendo fisso il valore di  $L/a = 10^4$ ) ha un limite che è dato da:

$$A = 3,278 \cdot 10^{10}.$$

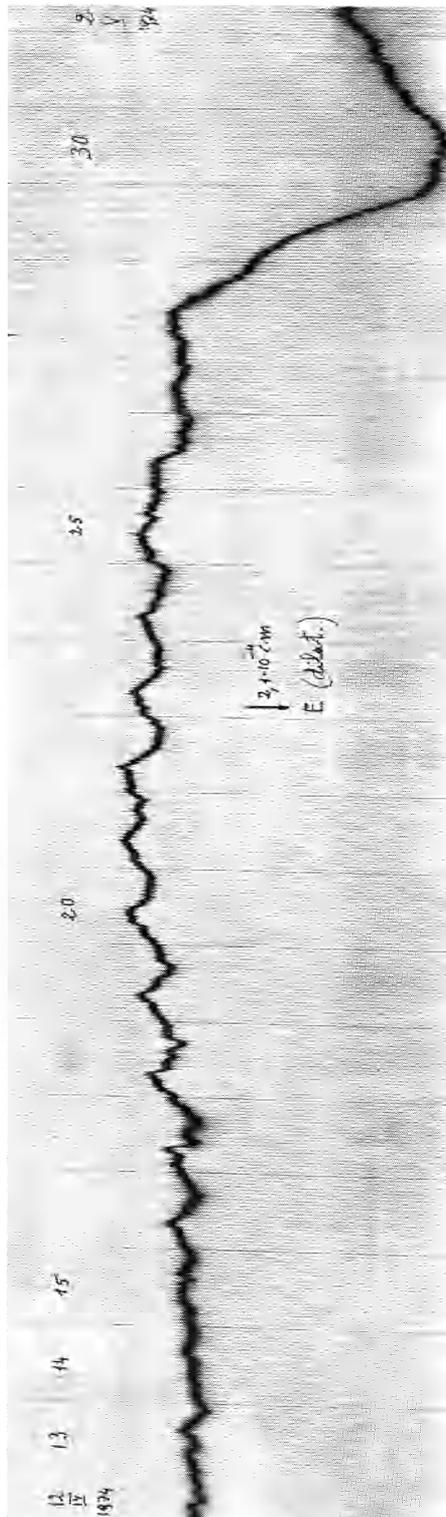
Se diamo a T il valore di  $20''$  (facilmente raggiungibile sperimentalmente), e manteniamo al rapporto  $L/a$  il valore di  $10^4$ , si avrà:

$$A = 4,268 \cdot 10^7.$$

Ovviamente, tale amplificazione si può ridurre a qualsiasi valore, sia variando T, sia aumentando la  $a$ , sia accorciando la distanza L della leva ottica.



1) Veduta d'insieme della componente NS della coppia di estensimetri; 2) L'amplificatore visto di fronte; 3) L'amplificatore visto da dietro; 4) Il compensatore termico.



Una delle prime registrazioni ottenute dalla componente EW del nuovo estensimetro. La dilatazione, iniziata il 28 aprile 1974, è dovuta all'abbassamento del bordo orientale della vicina faglia di Cavazzo, per effetto di una notevole precipitazione atmosferica.

TABELLA

Coordinate della stazione . . . . .	Latitudine Nord	46° 20' 26''
	Longitudine Est	13° 03' 40''
	Quota stazione	198 m s.l.m.
	Orientamento	Nord-Sud, Est-Ovest

## Elementi costruttivi fondamentali (fig. 3)

I - Asta di trasmissione . . . . .	Acciaio invar da 20 mm di diametro, con coefficiente di dilatazione termico = $1,6 \cdot 10^{-6}$ , lunghezza attuale ( $a$ ) = 400 cm.
T - Compensatore termico . . . . .	Alluminio da 20 mm di diametro, con coefficiente di dilatazione termico = $12,4 \cdot 10^{-6}$ , lunghezza attuale $d/8,27$ , dotato di un semplice sistema di regolazione.
P - Amplificatore . . . . .	<i>a</i> ) Pendolo orizzontale: sospensioni ( $f$ ) di lunghezza media 9 cm e diametro ( $2r$ ) 75 micron, in costantana con modulo di rigidità ( $\mu$ ) = $6,1 \cdot 10^{11}$ dine/cm <sup>2</sup> . Massa ( $m$ ) del pendolo di 16,5 gr. Barretta ( $i$ ) di sospensione della massa $m$ di 7 cm di lunghezza.  <i>b</i> ) Amplificazione statica: ( $L$ ) distanza specchio-registratore, qualsiasi (attualmente 200 cm). Distanza ( $a$ ) tra il punto di spinta della barra I e il fulcro F, da 0,2 a 200 mm.
R - Registrazione . . . . .	Su carta fotografica con scorrimento di 20 mm/giorno. Marca-tempo e segnale radio collegati alla locale stazione sismografica.

3. Siamo convinti che soltanto spingendoci a misure estremamente piccole di rotazioni della verticale apparente (con strumenti del tipo «L.P. 2» [1]) e di deformazioni (con estensimetri del tipo descritto nella presente relazione) della roccia, sarà possibile sorprendere e rilevare l'esistenza di qualsiasi mutamento di quegli equilibri dinamici tra le innumerevoli forze agenti all'interno della crosta terrestre.

La nostra speranza è quella di poter cogliere e registrare tali variazioni e seguirle durante la loro evoluzione, che può portare o a nuovi equilibri oppure, accumulando man mano energie sempre maggiori, a quegli immani fenomeni che sono i terremoti.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] M. MIGANI (1973) - *La stazione sismo-clinografica di Somplago (Udine) e lunghissimo periodo «L. P. 2»*, «Annali di Geofisica», 26 (1).  
 [2] P. CALOI e M. MIGANI (1972) - *Movimenti della faglia di Cavazzo, in relazione con la locale caduta di pioggia*, «Annali di Geofisica», 25 (1).  
 [3] P. CALOI (1950) - *Il pendolo orizzontale come clinometro*, «Annali di Geofisica», 3.