

MONITORAGGIO

CHIESA DI BULLA (BZ)

PROVA N° 3077/BZ

Committente: **Comitato Parrocchiale di Bulla**

Consulente: **arch. Giovanni Benussi**

Relatore: **ing. Settimo Martinello**



Chiesa di Bulla (BZ)



INDICE

1. PREMESSA	2
2. CENNI STORICI	4
3. IL MONITORAGGIO	5
3.1 Descrizione della strumentazione	5
3.2 Caratteristiche principali del sistema di acquisizione.....	6
3.3 Descrizione del monitoraggio.....	6
3.4 I risultati aggiornati al 11 settembre 2004.....	15
4. CONSIDERAZIONI FINALI	18

1. PREMESSA

La Società *4 EMME Service S.p.A.*, specializzata nell'esecuzione di indagini sperimentali su strutture in sito, è stata incaricata dal **XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX** di eseguire il monitoraggio della **Chiesa di Bulla (BZ)**, che presenta delle fessure sulle pareti portanti.

Il monitoraggio permette di tenere sotto controllo costantemente alcune fessure situate in posizioni staticamente delicate e, attraverso un sistema di livellometri, il movimento relativo verticale di quattro punti dei muri esterni.

L'installazione dei sensori e della strumentazione d'acquisizione è stata completata e resa operativa il **15 ottobre 2003**.

Il montaggio è stato eseguito dal personale della 4 Emme Service Spa nelle persone del p.i. Flavio Debiasi, dal geom. Alessandro Lo vetro e dal geom. Giulio Ferrazzi; la preparazione della strumentazione dal p.i. Markus Barbieri ed il software dall'ing. Andrea Papaleo. L'organizzazione generale e la Direzione Lavori è stata svolta dal p.i Gianni Martinello.

La posizione dei sensori è stata concordata con l'arch. Giovanni Benussi.



Vista di una fessura della volta

2. CENNI STORICI

La chiesa di Bulla è per la prima volta menzionata in un documento del 1353, facendo riferimento al campanile romanico del XIII secolo il cui piano terra, coperto da una volta, era usato come sagrestia. Delle scale esterne portavano all'ingresso del campanile che al tempo era di un piano più alto e coperto da un tetto ottagonale.

Nel 1555 si sviluppa un ampliamento della chiesa sul lato sud ricostruendo la navata con volta ad arco a sesto acuto. Anche le finestre furono modificate adattandole alla forma a sesto acuto.

Tra il 1740 ed il 1745, la chiesa fu allungata ulteriormente e le finestre furono ingrandite prendendo la forma definitiva ad arco a tutto sesto. La navata fu coperta da una volta a botte con arconi trasversali poggianti su semplici lesene. Alla parete nord fu aggiunta la nuova sagrestia. All'esterno, Jakob Jenewein, dipinse la Via Crucis.

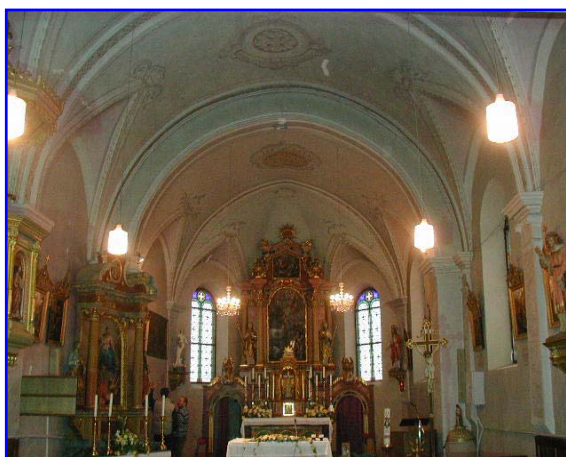
Nel 1845 fu ampliato il coro ed un pittore della val di Fassa decorò l'arco santo e la volta del presbiterio.

Nel 1855 fu allungata la navata verso ovest attraverso l'aggiunta di una nuova campata e nel 1895 si ristrutturò la parte alta del campanile.

Altri lavori furono eseguiti nel 1913 per il restauro dell'orologio originale, installato nel 1757 dal fabbro J. Schmalzi e successivamente nel 1924 fu introdotta l'illuminazione elettrica.

L'ultimo intervento importante è del 1956 dove furono rivestite in legno le pareti della chiesa lungo i banchi.

La bellezza architettonica con il raro equilibrio tra forme e colori, l'ambientazione nel contesto montano e la sua valenza storica e culturale fa della chiesa di Bulla un monumento unico da conservare gelosa mente.



3. IL MONITORAGGIO

3.1 Descrizione della strumentazione

La strumentazione impiegata per il monitoraggio è composta da:

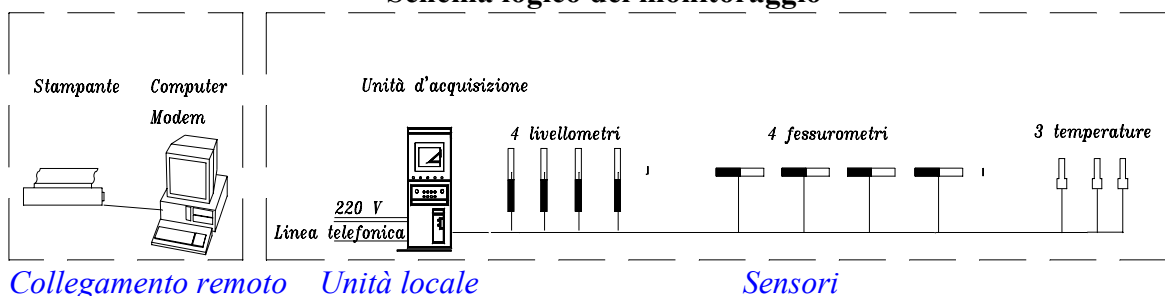
- 4 sensori di spostamento *marca Sfernice modello Vishay 100 L*, f.s. 25 mm;
- 4 sensori livellometrici, mod. DS- E 200;
- 3 sonde di temperatura, per ambiente interno ed esterno e muro interno;
- 1 unità di conversione analogico-digitale;
- modem e telefono cellulare;
- gruppo di continuità.

Corrispondenza tra canali di acquisizione e sensori

Canale	Tipo di sensore	Unità d'acquisizione
1	Livellometro	
2	Livellometro	
3	Livellometro	
4	Livellometro	
5	Fessurimetro	
6	Fessurimetro	
7	Fessurimetro	
8	Fessurimetro (*)	
17	Temperatura ambiente esterno T1	
18	Temperatura ambiente interno T2	
20	Temperatura del muro lato interno T3	

(*) sensore di riferimento

Schema logico del monitoraggio





3.2 Caratteristiche principali del sistema di acquisizione.

All'uscita della porta RS232 si può collegare direttamente il computer oppure il connettore del modem per il collegamento remoto.

Un tasto permette di attivare il display e mostra i vari canali con i relativi dati oltre alle informazioni sullo stato di funzionamento della strumentazione.

All'esterno è posta l'antenna per il collegamento telematico attraverso un telefono cellulare incorporato.

La memorizzazione dei dati avviene a *tempo fisso* e può essere variata per via telematica con una cadenza minima di 1sec ed un massimo di 1 giorno. I dati sono memorizzati sul supporto magnetico dell'acquisitore e possono essere trasferiti per via telematica.



3.3 Descrizione del monitoraggio

Il sistema di monitoraggio consiste in un'unità di acquisizione computerizzata che controlla e gestisce una serie di sensori. La strumentazione è collegata telematicamente con i computer abilitati attraverso il numero telefonico **335 8587236**.

4 Emme Service S.P.A.

Bulla

Connessione remota al Data Logger.

Ch.	Valore	Unità di misura
1	-31.900	(mm/10)
2	-17.300	(mm/10)
3	-25.500	(mm/10)
4	-30.500	(mm/10)
5	0.500	(mm/10)
6	0.500	(mm/10)
7	-0.100	(mm/10)
8	0.100	(mm/10)
17	7.200	(°C)
18	7.000	(°C)

Connessione Disconnessione Richiama

Stato comunicazione Echo

Visualizzazione set dati

Visualizza dati Visualizza dati in continuo

Trasferimento dati

Dati generali Data Logger

Inizio Data 27/4/2004
Ultima Ora 8:41
Batteria (Volt) 12.3
Alimentazione D.L. ok
N Stazione 20
Stato ch. Normale
Tel. 3358587236
Com. COM1:9600,n,8,1

Descrizione foto monitoraggio

► La chiesa

*

Valore DataLogger Valore fisico

ch. 1 - 18

Ok Nuova fotografia

Pagina iniziale di collegamento telematico

I sensori livellometrici, ch 1÷4, sono collegati tra loro attraverso un tubo che consente di stabilizzare il liquido di riempimento sul principio dei vasi comunicanti. L'eventuale movimento relativo di uno di essi comporta il riequilibrio del galleggiante il quale, scorrendo su un'asta sensibile che ne trasmette la posizione all'unità di acquisizione. Il segno negativo indica un abbassamento rispetto al livellometro preso di riferimento. La precisione delle misure è dell'ordine di $\pm 0,2$ mm.



Livellometro ch1



Livellometro ch2



Livellometro ch3



Livellometro ch4

I sensori di spostamento, ch 5÷7, sono stati installati a cavallo delle fessure. Il segno positivo indica un allontanamento. La precisione è dell'ordine di $\pm 0,02$ mm.



Fessurimetro ch5



Fessurimetro ch6



Fessurimetro ch7



Fessurimetro ch8

Il sensore collegato al canale ch8 non è posto su nessuna fessura ed è considerato di riferimento per la valutazione degli eventuali effetti termici sul sensore stesso.

Sono installate 3 sonde di temperatura, per la misura della temperatura dell'aria dell'ambiente esterno ed interno e per la misura della temperatura del muro portante sul lato esterno.



Sonda temperatura esterna T1



Sonda temperatura interna T2

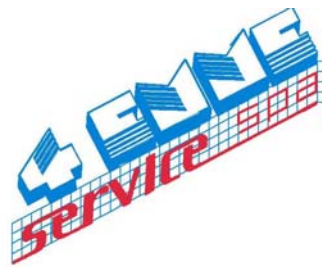
L'unità di acquisizione è posta all'interno di un contenitore stagno ed attiva la memorizzazione dei dati **ogni ora**.

Oltre a fornire nel tempo una serie di dati utili ad interpretare il comportamento d'insieme, il sistema prevede un *allarme* telematico al computer collegato ad un numero telefonico. L'avviso è trasmesso automaticamente al superamento di determinate soglie, di "Preallarme" o "Allarme".



Sonda temperatura sul muro interno T3

A seguito è riportato lo schema di posizionamento dei sensori.



PROVE IN SITO - LABORATORIO PROVE MATERIALI

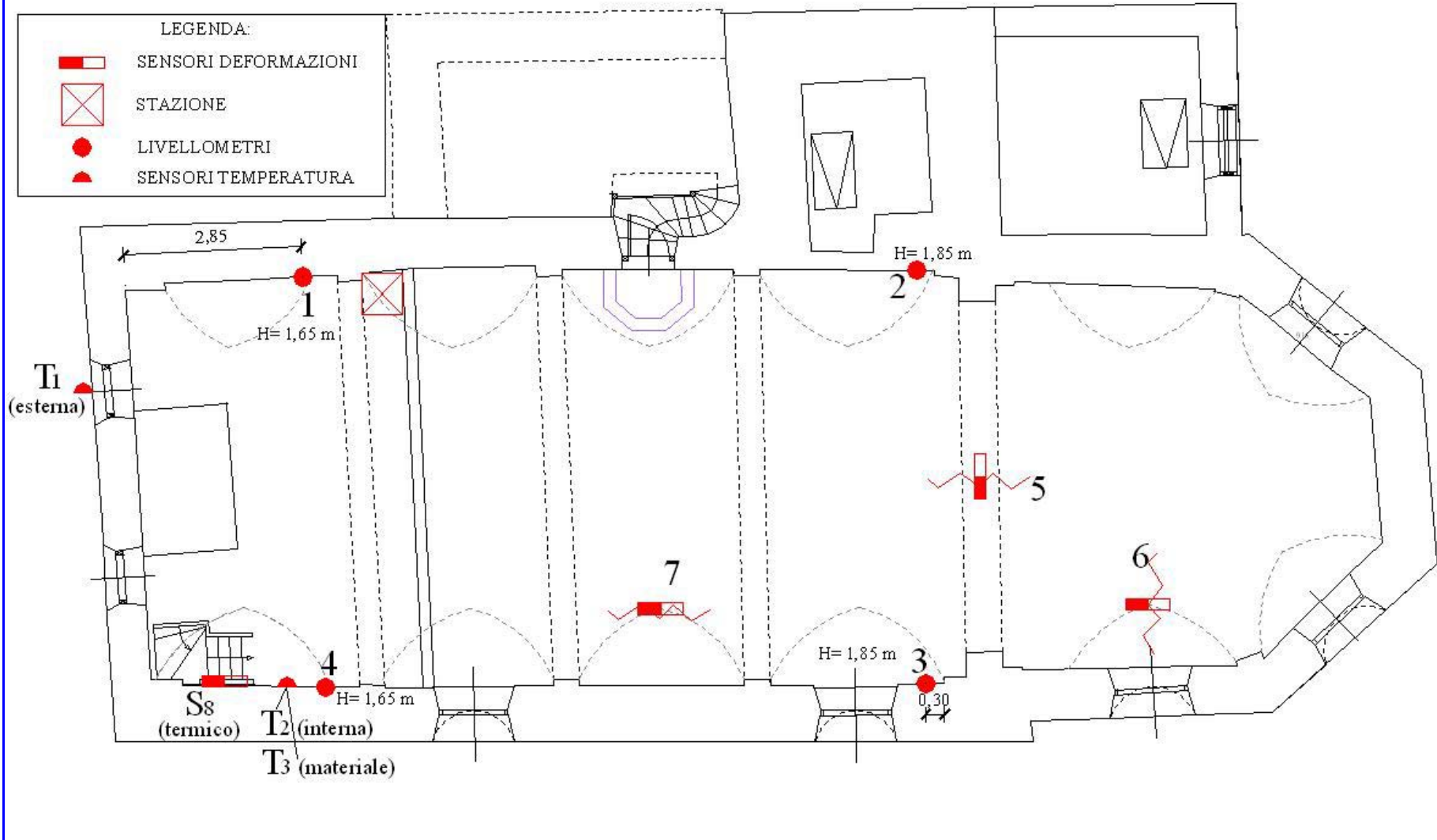
4 EMME SERVICE S.P.A - 39100 BOLZANO - ITALY - Via L. Zuegg, 20



PIANTA – POSIZIONE DEI SENSORI

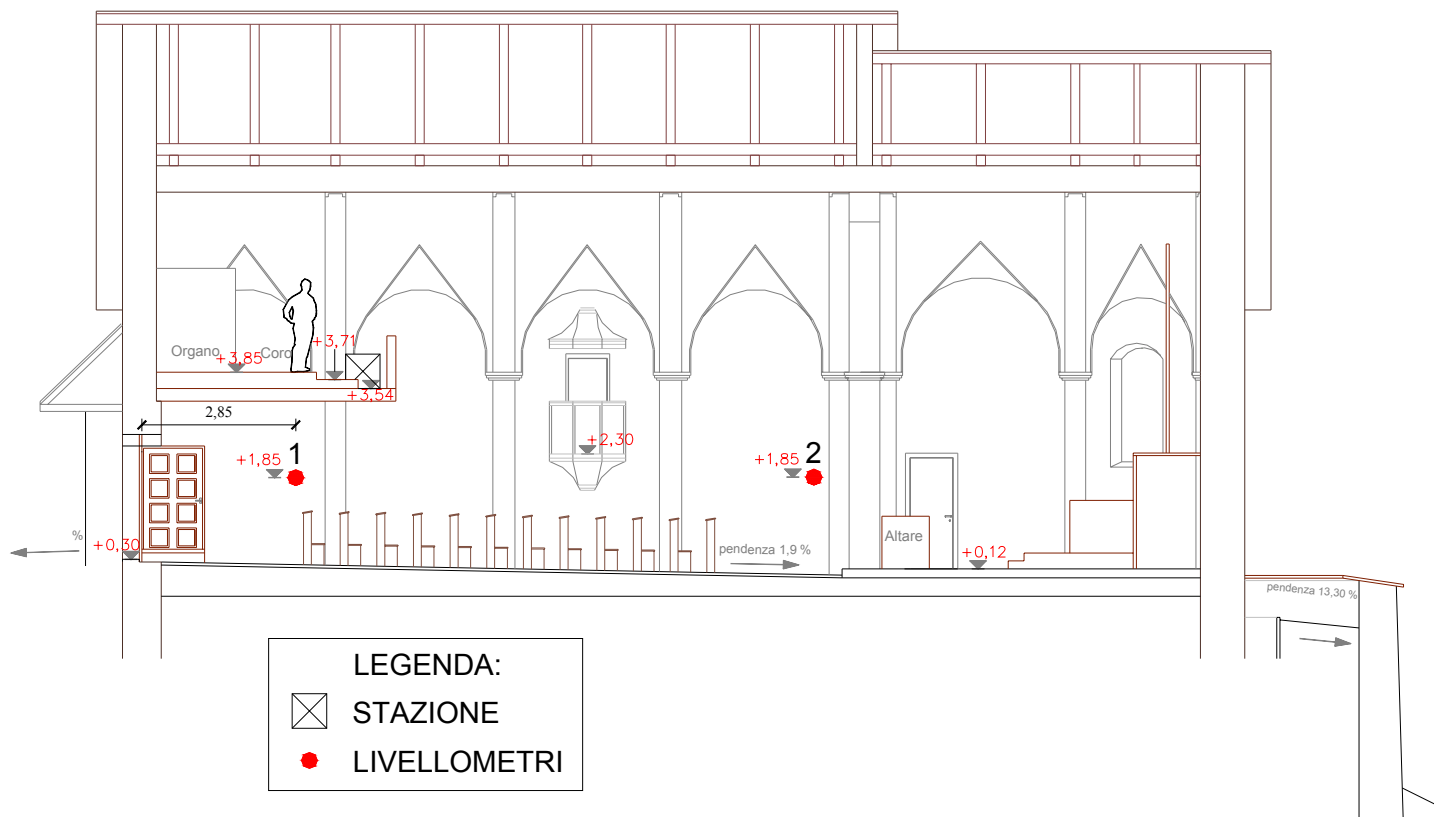


- LEGENDA:
- SENSORI DEFORMAZIONI
 - STAZIONE
 - LIVELLOMETRI
 - SENSORI TEMPERATURA





SEZIONE DI PROSPETTO – POSIZIONE DEI SENSORI







3.4 I risultati aggiornati al 11 settembre 2004

Di seguito sono riportati i risultati grafici dei rilevamenti effettuati tra il 15.10.2003 ed il 11.9.2004. I primi tre grafici indicano il movimento relativo verticale dei punti 1, 2 e 3 rispetto al punto 4. In ascissa è espresso il tempo, suddiviso per mesi, ed in ordinata il movimento verticale relativo espresso in decimi di millimetro.

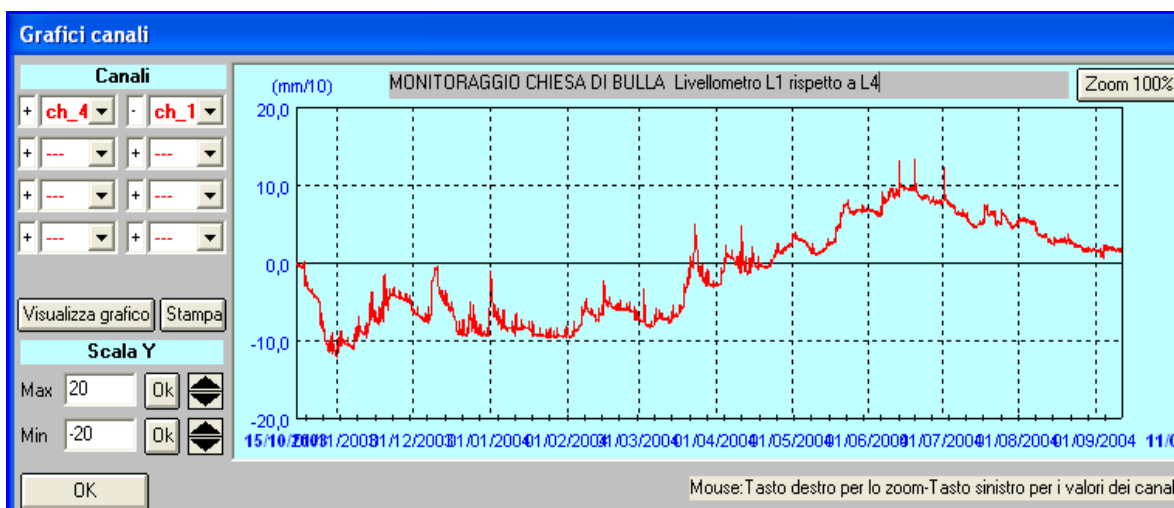


Grafico 1

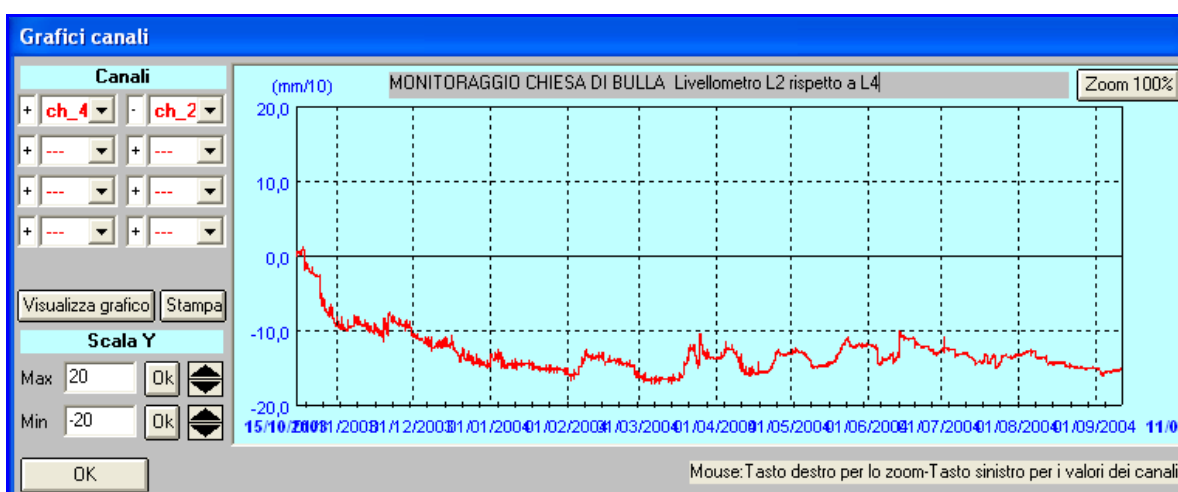


Grafico 2

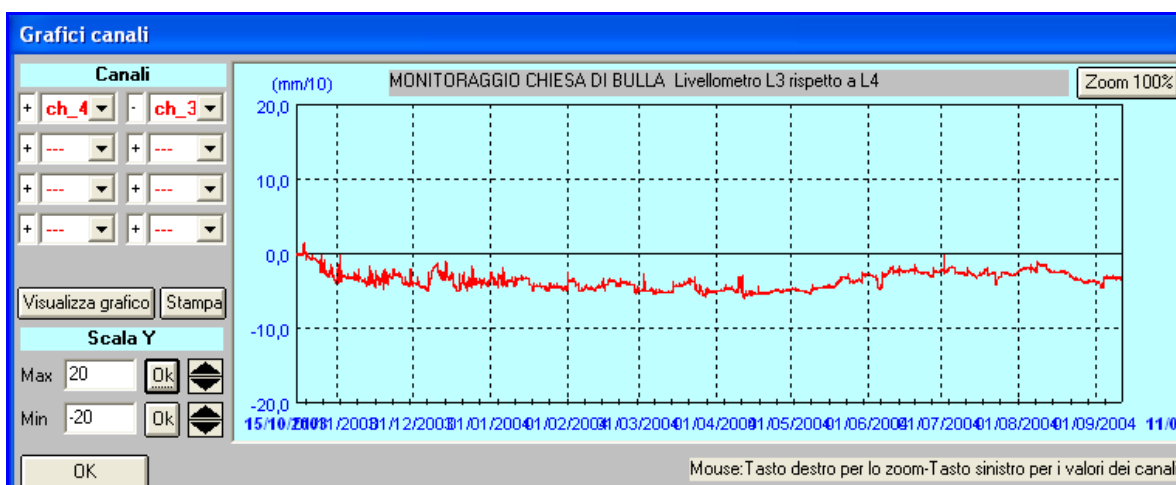


Grafico 3

I tre grafici successivi riportano il movimento delle fessure. In ascissa è espresso il tempo, suddiviso per mesi, ed in ordinata l'evoluzione della fessura espressa in decimi di millimetro dove il segno “+” indica l'allargamento.

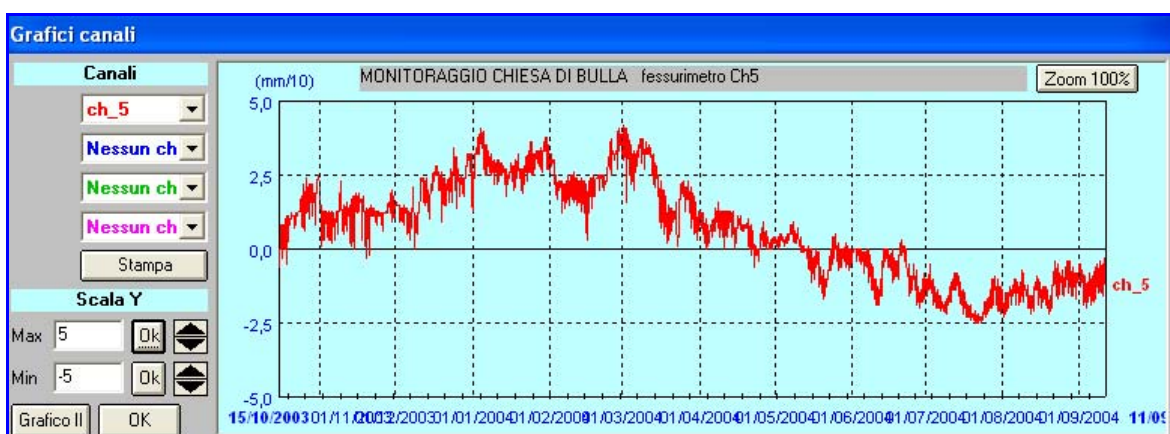


Grafico 4

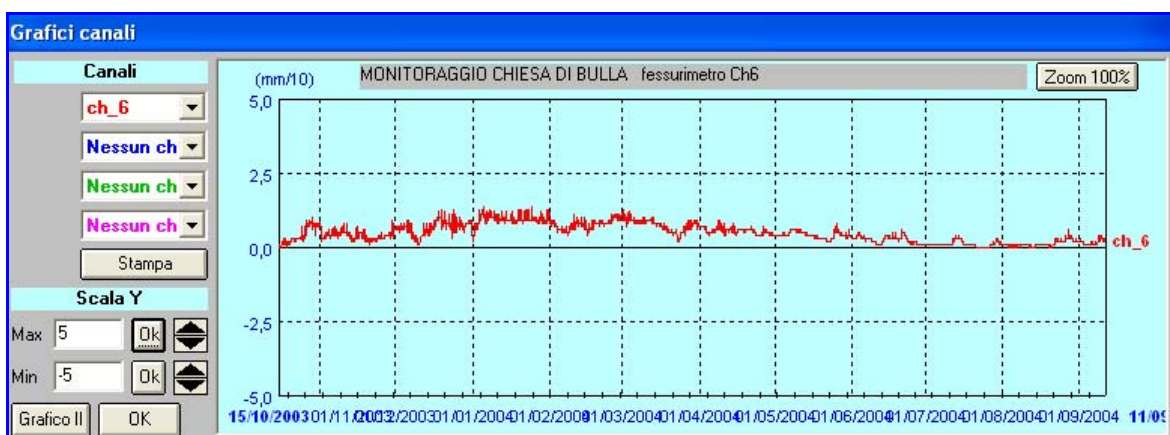


Grafico 5

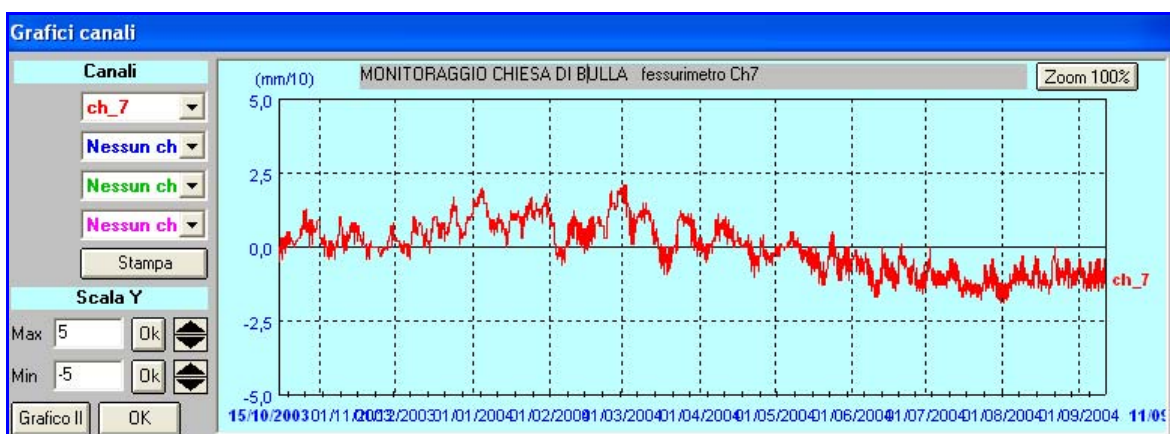


Grafico 6

Nel grafico successivo si riporta l'andamento del sensore di riferimento ch8.

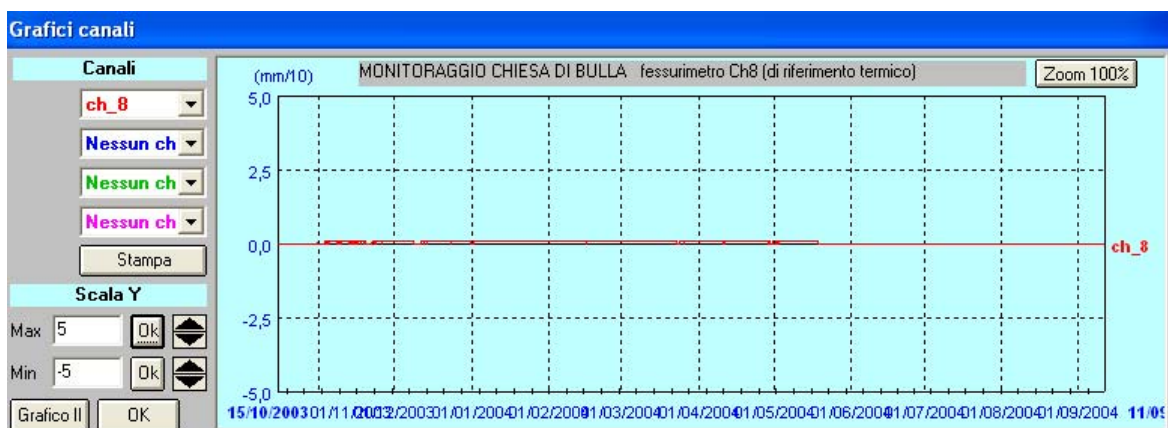


Grafico 7

Di seguito si riportano i grafici relativi alla rilevazione delle temperature ambiente esterna ed interna. In ascissa è espresso il tempo, suddiviso per mesi, ed in ordinata l'evoluzione della temperatura espressa in gradi centigradi °C.

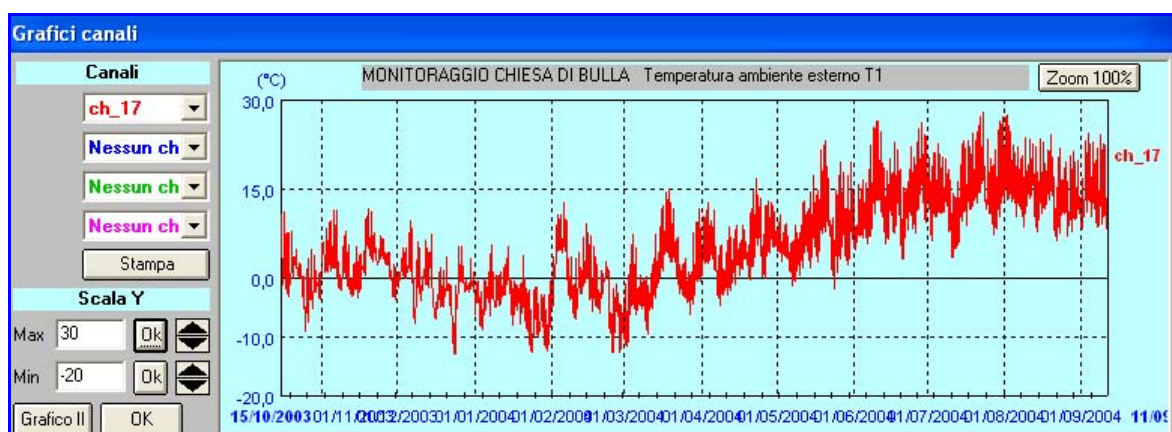


Grafico 8

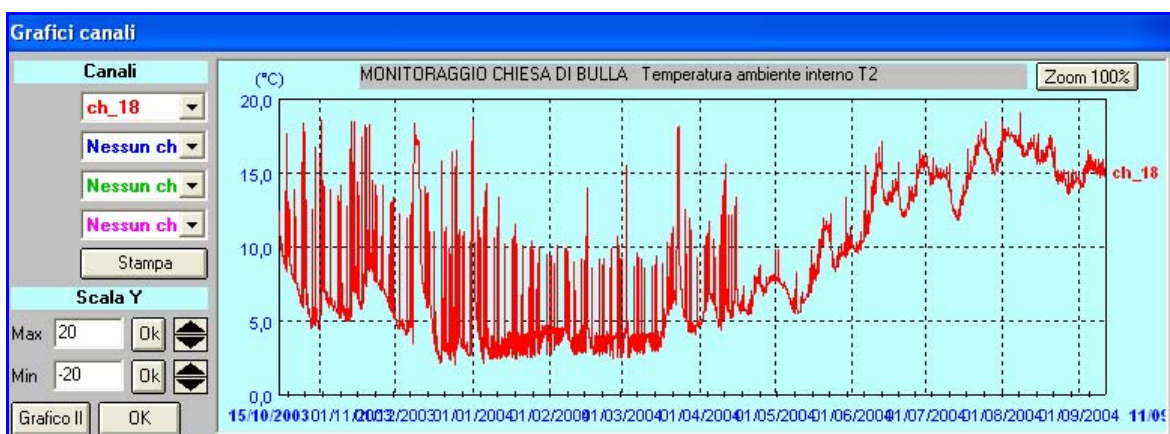


Grafico 9

L'ultimo grafico si riferisce alla rilevazione dell'andamento della temperatura del materiale del muro portante interno.

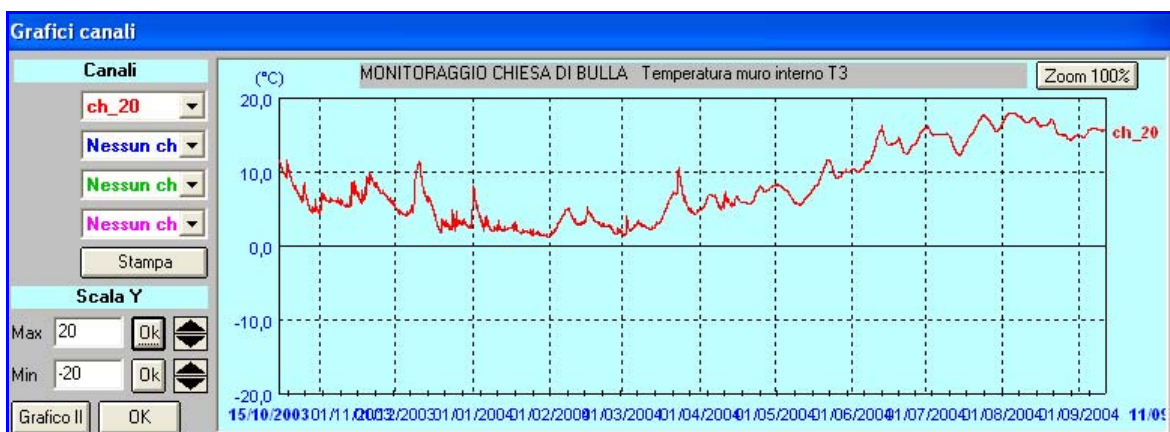


Grafico 10



4. CONSIDERAZIONI FINALI

Di seguito si riportano le considerazioni finali che, per competenza, si limitano ai soli aspetti tecnici e numerici dell'acquisizione dei dati.

- L'effetto della temperatura sugli strumenti di misura degli spostamenti, grafico 7, può ritenersi trascurabile, come indica il sensore di riferimento ch8 posto in una zona senza nessun difetto, che mostra un andamento con valori costantemente prossimi allo zero.
- I grafici 2 e 3 mostrano un movimento relativo di abbassamento della parte verso l'altare della chiesa rispetto alla parte dell'ingresso. In particolare si nota una differenza attuale di -1,50 mm sul lato sinistro, punto "2", e di -0,35 mm sul lato destro, punto "3", rispetto al punto "4". Il punto "1" ha un andamento oscillatorio attualmente attorno allo zero rispetto al punto "4".

L'osservazione del movimento indicato dai livellometri L2 ed L3 indica un progressivo abbassamento della parte della chiesa verso il presbiterio accentuato sul lato sinistro. Tale movimento non appare legato all'effetto termico stagionale, grafico 2 e 3 rispetto al grafico 8 e 9 e non appare stabilizzato.

Seguendo il fenomeno evolutivo iniziale il movimento verso il basso dovrebbe ripetersi con l'arrivo dei mesi freddi.

- Tutte e tre le fessure monitorate hanno avuto un'evoluzione di allargamento lungo i mesi caldi. Nell'ultimo periodo il movimento appare stabilizzato.



Tutti i movimenti sia fessurativi sia livellometrici sono fortemente influenzati dai cicli termici dell'ambiente e del terreno. Non avendo completato però il ciclo di monitoraggio annuale è difficile prevedere l'evoluzione, anche se appare dai livellometri che il movimento di cedimento sia progressivo.

Bolzano, 15 settembre 2004

In fede
Dott. ing. Settimo Martinello