



La frana di Molunghi



Monitoraggio strumentale convenzionale di esercizio

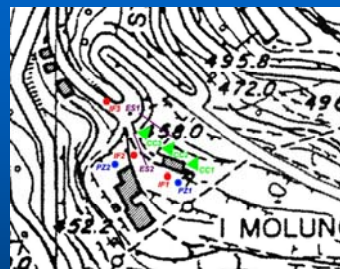
2004

Dott. Geol. Marco DEL SOLDATO



Monitoraggio di esercizio

Con i dati che si presentano in questa sede, comincia la pubblicazione dei risultati del monitoraggio strumentale che la Provincia della Spezia (Servizio Piani di Bacino in collaborazione con l'Ufficio Tecnico - Servizio Viabilità) ha posto in opera in località Molunghi di Calice al Cornoviglio, durante ed a seguito dell'evento alluvionale del novembre 2000. Durante quel fenomeno estremo si riattivò un antico movimento franoso che coinvolse, interrompendola, la Strada Provinciale n. 27. A seguito degli studi eseguiti dalla Provincia (campagna di carotaggi, indagine geologica e geotecnica) fu ritenuto più sicuro ed economico predisporre una variante al vecchio percorso. Data la diffusa fragilità areale del versante, anche il nuovo progetto andava necessariamente a porsi poco a monte del ciglio di distacco della frana del 2000 oltre che a localizzarsi a margine di una linea tettonica riconosciuta. In conseguenza di ciò ed al fine di ridurre al minimo il rischio per la viabilità, fu deciso di porre in opera un sistema di monitoraggio strumentale convenzionale composto da: tre batterie di otto inclinometri fissi; due piezometri fissi; due estensimetri a filo fissi; tre celle di carico fisse; un *Datalogger* per la raccolta automatica dei dati (una lettura ogni sei ore), la memorizzazione e la trasmissione via rete fissa e GSM ai Servizi della Provincia.

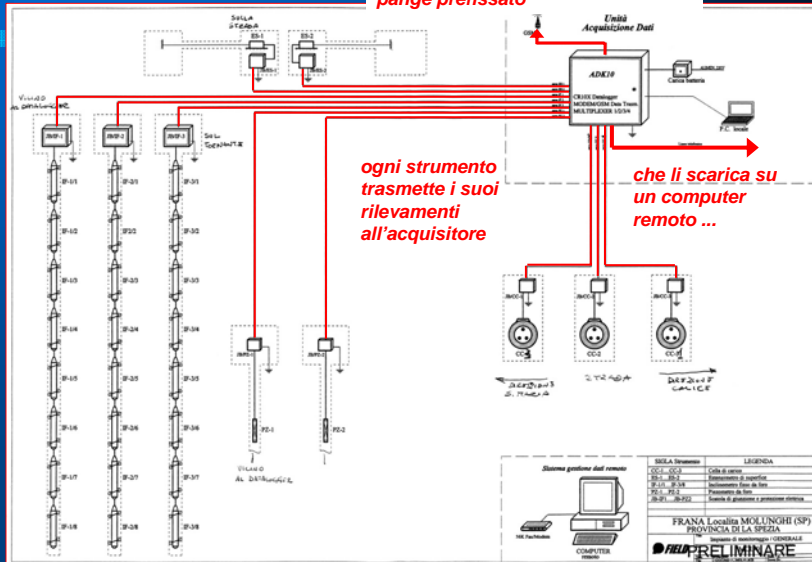


L'impianto è stato completamente interrato, protetto ed isolato. I dati hanno cominciato a confluire ai Servizi provinciali da ottobre 2003 e dopo un breve periodo di prova e taratura sono entrati in esercizio a dicembre 2003. In questa sede si presentano le elaborazioni relative ai dati raccolti durante tutto il 2004, confrontate con i valori di piovosità (gentilmente forniti dal Comune di Calice al Cornoviglio) e le registrazioni dell'attività sismica locale (reperibile in Internet).

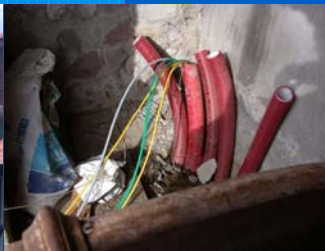


Monitoraggio

... e manda un allarme ad un GSM se gli spostamenti superano un range prefissato



Monitoraggio di esercizio



Tutti gli strumenti sono stati isolati con messa a terra e collegati tramite cassetteria di sicurezza interrata ...



Monitoraggio di esercizio



... ad un
**DATALOGGER
ADK10.**

5



Monitoraggio di esercizio

I dati rilevati in continuo dagli strumenti di Molunghi sono trasmessi via *modem* a due computer dedicati presso gli uffici della Provincia: Servizio Piani di Bacino e Ufficio Tecnico - Servizio Viabilità ...

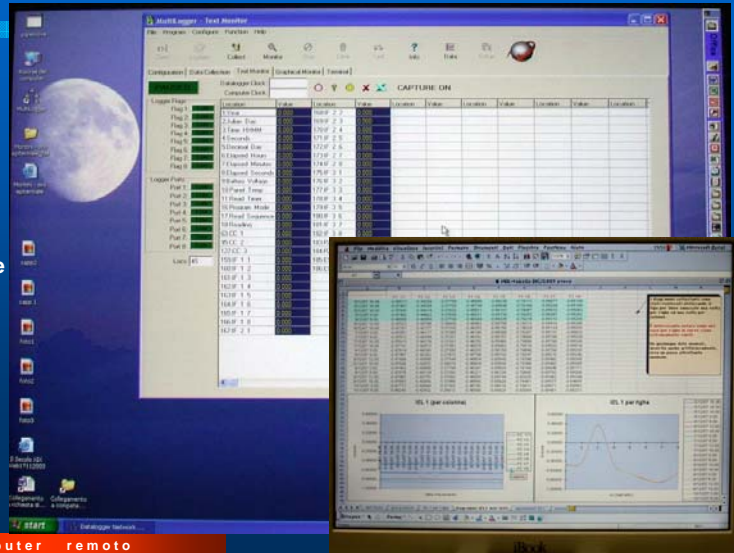


Computer remoto



Monitoraggio di esercizio

... dove un software pensa ad archivarli. Un altro software (realizzato in proprio) è in grado di eseguire le elaborazioni statistiche dei dati e controllare il funzionamento della strumentazione sul campo.



Computer remoto

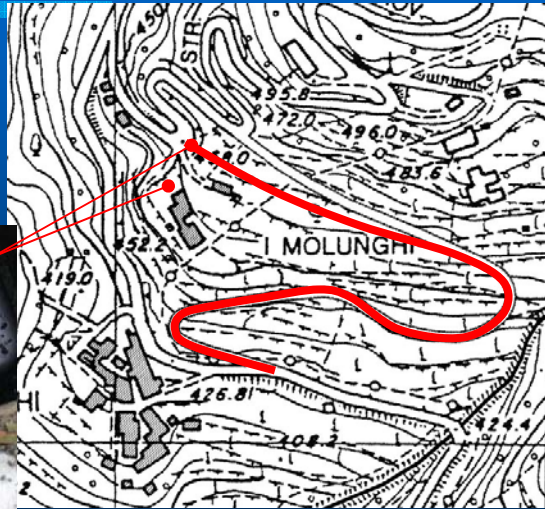
Monitoraggio strumentale

Elaborazione dei risultati relativi al 2004



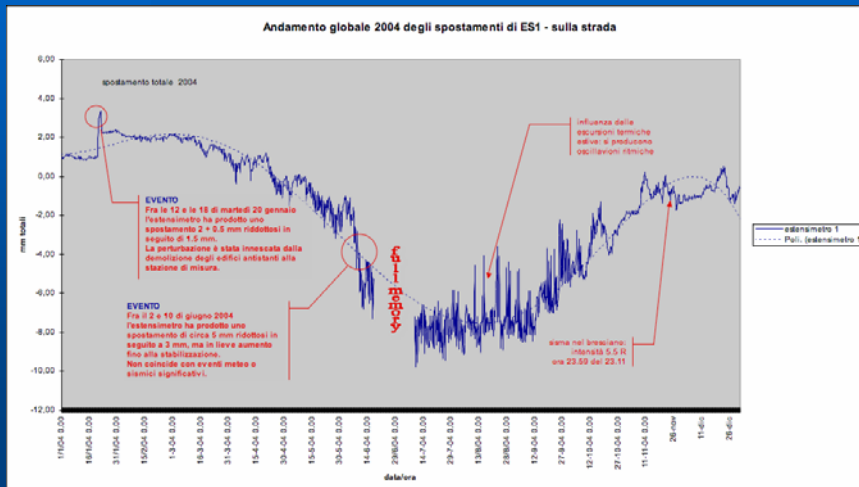
Monitoraggio di esercizio

- n. 2 estensimetri a filo posti a cavallo dell'innesto e del ciglio di distacco della frana 2000-01;



Monitoraggio di esercizio

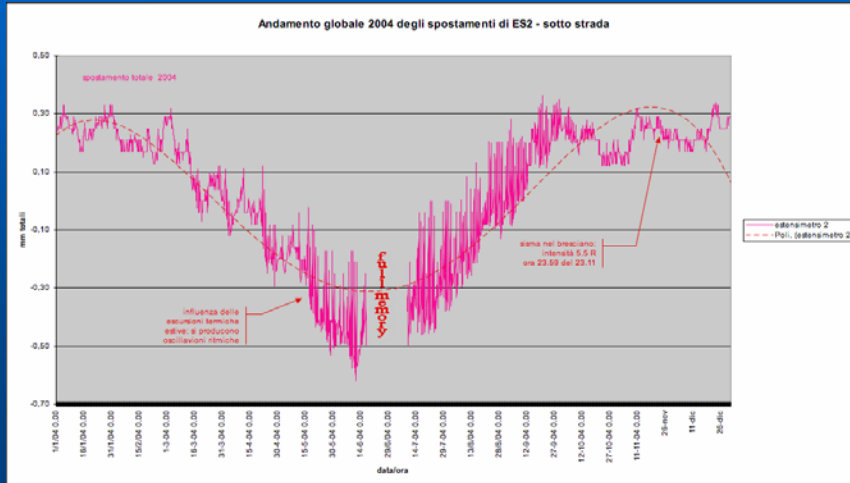
Estensimetri a filo





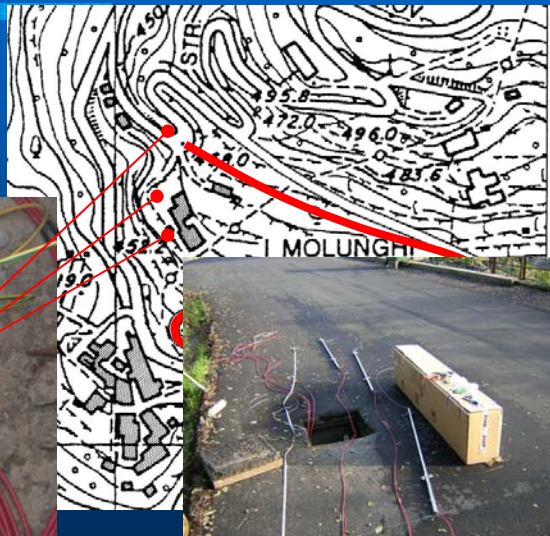
Monitoraggio di esercizio

Estensimetri a filo



Monitoraggio di esercizio

- ➔ n. 3 tubi inclinometrici profondi 35 metri, armati con 8 inclinometri ciascuno;



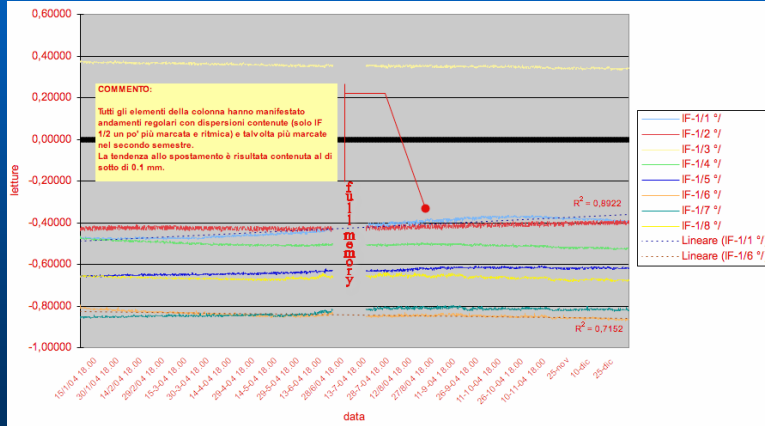


Monitoraggio di esercizio

Colonna inclinometrica IF1

COMMENTO:

Tutti gli elementi della colonna inclinometrica hanno manifestato andamenti regolari con minime dispersioni (solo IF 1/2 un po' più marcata e ritmica) e talvolta più marcate nel secondo semestre. La tendenza allo spostamento è risultata contenuta al di sotto del decimo di millimetro.



13

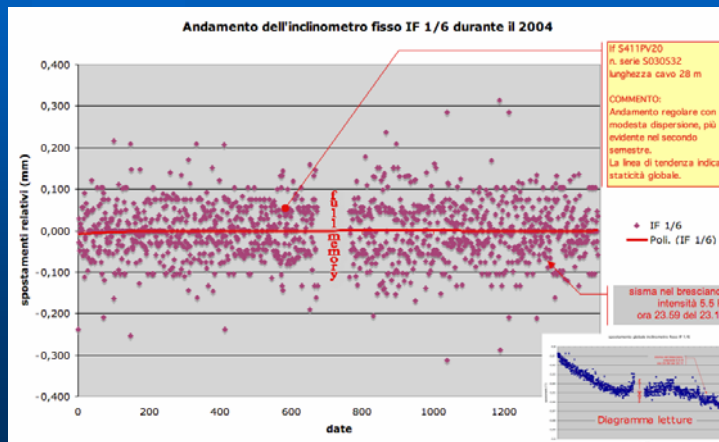


Monitoraggio di esercizio

Colonna inclinometrica IF 1/6

COMMENTO:

A titolo di esempio si presentano i diagrammi dell'elemento IF 1/6. Andamento regolare con modesta dispersione, più evidente nel secondo semestre. La linea di tendenza indica staticità globale.

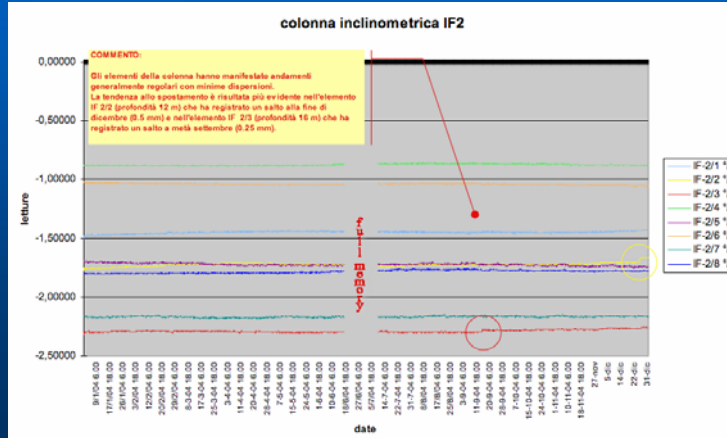


14



Monitoraggio di esercizio

Colonna inclinometrica IF2



COMMENTO:

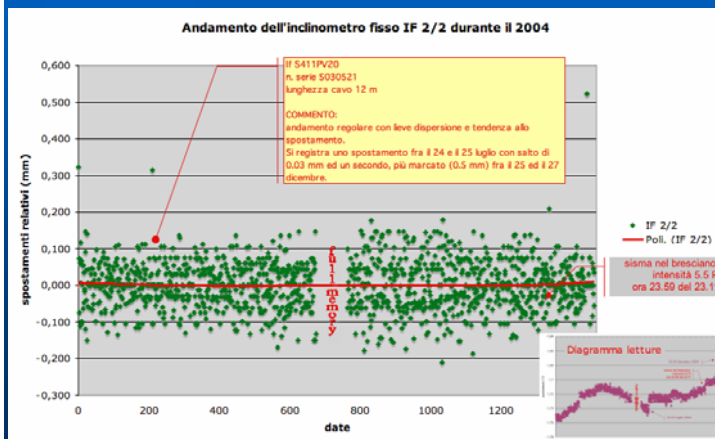
Gli elementi della colonna hanno manifestato andamenti generalmente regolari con minime dispersioni. La tendenza allo spostamento è risultata più evidente nell'elemento IF 2/2 (profondità 12 m) che ha registrato un salto alla fine di dicembre (0,5 mm) e nell'elemento IF 2/3 (profondità 16 m) che ha registrato un salto a metà settembre (0,25 mm).

15



Monitoraggio di esercizio

Colonna inclinometrica IF2/2



COMMENTO:

Andamento regolare con lieve dispersione e tendenza allo spostamento. Si registra uno spostamento fra il 24 e il 25 luglio con salto stimato in 0,03 mm ed un secondo, più marcato (0,5 mm) fra il 25 ed il 27 dicembre.

16

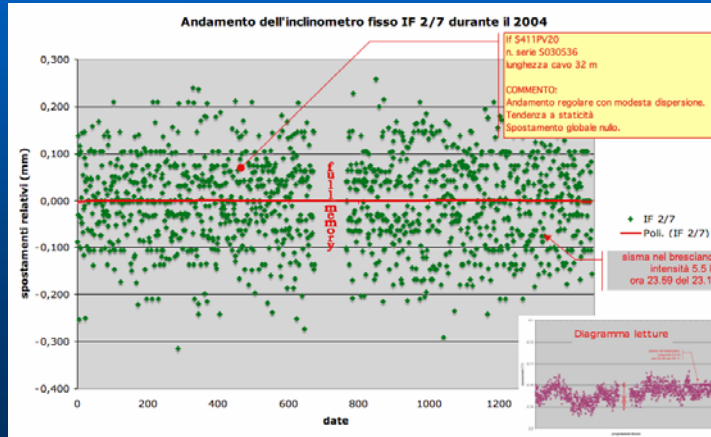


Monitoraggio di esercizio

Colonna inclinometrica IF2/7

COMMENTO:

Andamento regolare con modesta dispersione. Tendenza a staticità. Spostamento globale nullo.



17



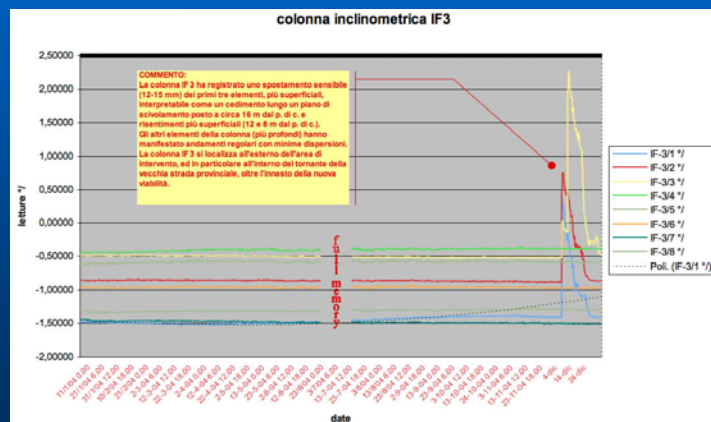
Monitoraggio di esercizio

Colonna inclinometrica IF3

COMMENTO:

La colonna IF 3 ha registrato uno spostamento sensibile (12-15 mm) dei primi tre elementi, più superficiali, interpretabile come un cedimento lungo un piano di scivolamento posto a circa 16 m dal p. di c., e risentimenti più superficiali (12 e 8 m dal p. di c.). Gli altri elementi della colonna (più profondi) hanno manifestato andamenti regolari con minime dispersioni. La colonna IF 3 si localizza all'esterno dell'area di intervento, ed in particolare all'interno del tornante della vecchia strada provinciale, oltre l'innesto della nuova viabilità.

Gli altri elementi della colonna (più profondi) hanno manifestato andamenti regolari con minime dispersioni. La colonna IF 3 si localizza all'esterno dell'area di intervento ed in particolare all'interno del tornante della vecchia strada provinciale, oltre l'innesto della nuova viabilità.



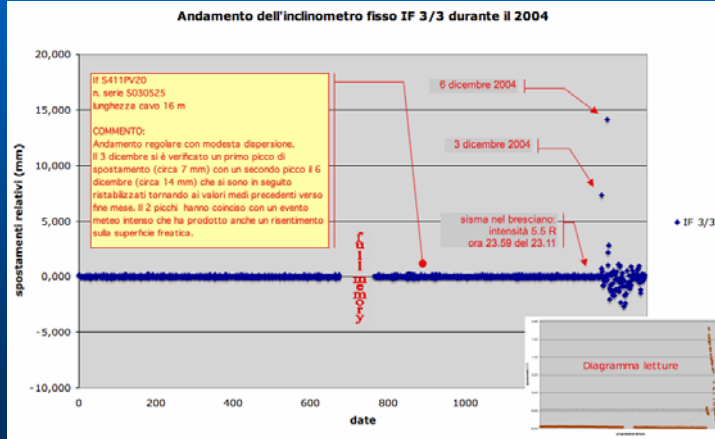


Monitoraggio di esercizio

Colonna inclinometrica IF3/3

COMMENTO:

Andamento regolare con modesta dispersione. Il 3 dicembre si è verificato un primo picco di spostamento (circa 7 mm) con un secondo picco il 6 dicembre (circa 14 mm) che si sono in seguito ristabilizzati tornando ai valori medi precedenti verso fine mese. Il 2 picchi hanno coinciso con un evento meteo intenso che ha prodotto anche un risentimento sulla superficie freatica.



19

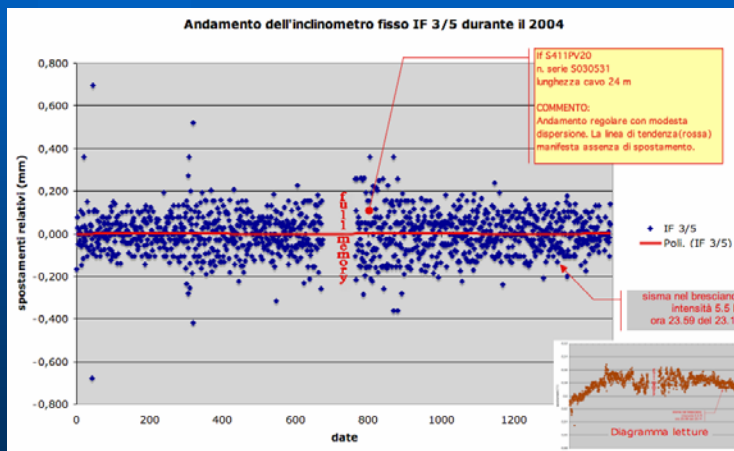


Monitoraggio di esercizio

Colonna inclinometrica IF3/5

COMMENTO:

Andamento regolare con modesta dispersione. La linea di tendenza (rossa) manifesta assenza di spostamento.

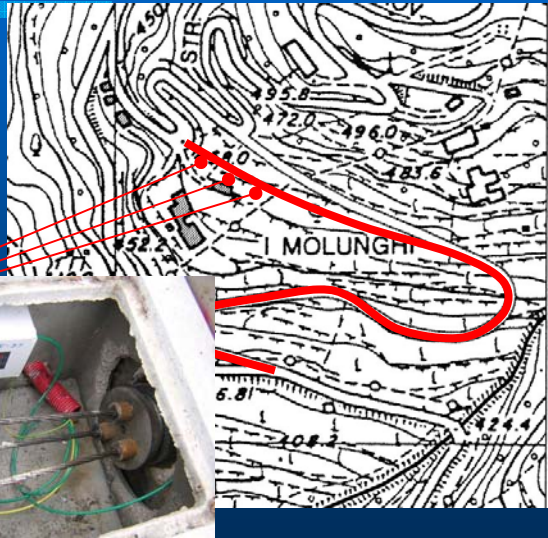


20



Monitoraggio di esercizio

→ n. 3 celle di carico in corrispondenza di altrettanti tiranti c/o il nuovo innesto;

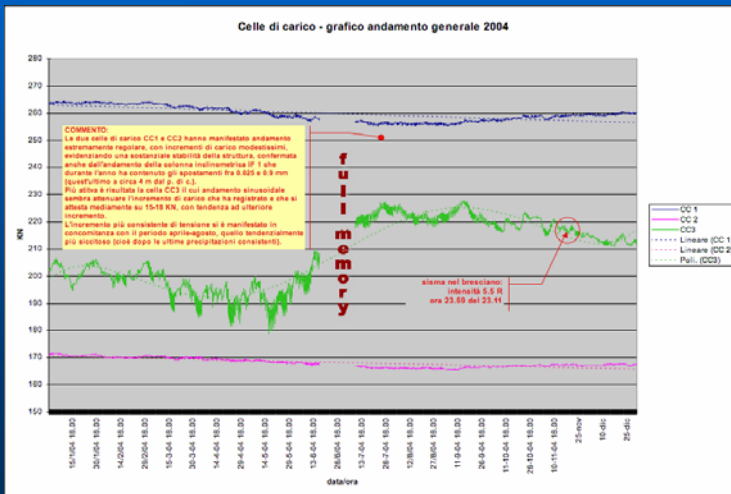


Monitoraggio di esercizio



Colle di carico

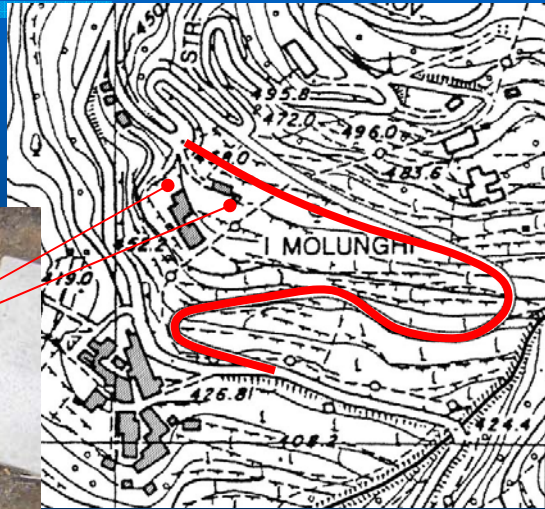
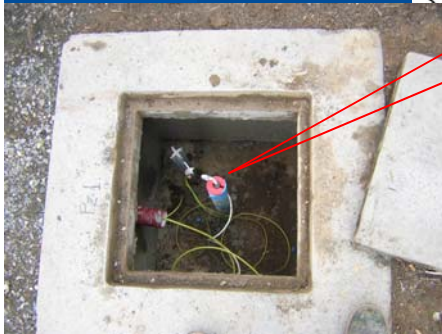
Le due celle di carico CC1 e CC2 hanno manifestato andamento estremamente regolare, con incrementi di carico modestissimi, evidenziando una sostanziale stabilità della struttura, confermata anche dall'andamento della colonna inclinometrica IF 1. Più attiva è risultata la cella CC3 il cui andamento sinusoidale sembra attenuare l'incremento di carico che ha registrato e che si attesta mediamente su 15-18 KN, con tendenza ad ulteriore incremento. L'incremento più consistente di tensione si è manifestato in concomitanza con il periodo aprile-agosto, quello tendenzialmente più siccitoso (cioè dopo le ultime precipitazioni consistenti).





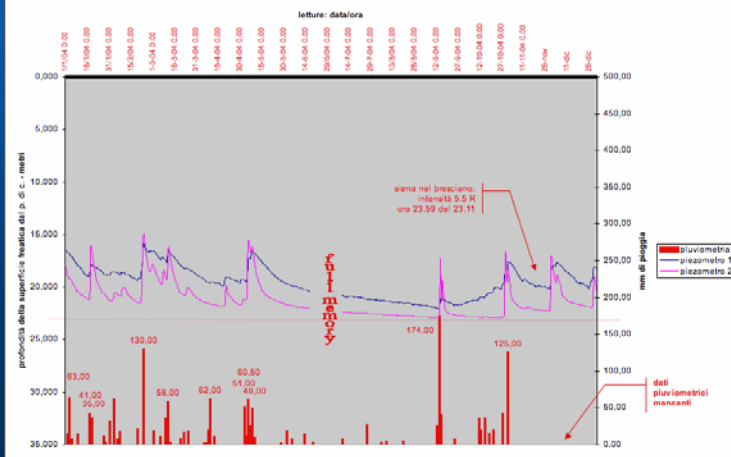
Monitoraggio di esercizio

→ n. 2 piezometri;



Monitoraggio di esercizio

Escursione della superficie freatica in correlazione alla piovosità locale
Dati anno 2004



Piezometri

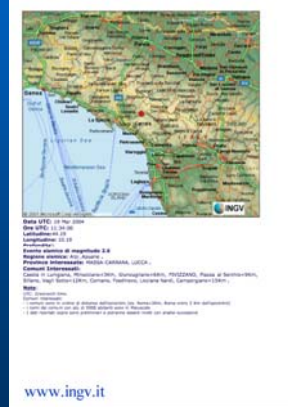
Il dato sostanziale ed essenziale che emerge dall'esame comparato fra i diagrammi piezometrici (escursione della superficie freatica) ed i dati di pioggia rilevati localmente è la loro perfetta rispondenza, associata a tempo di risposta immediato (pochissime ore) ed innesco dell'incremento di falda al di sopra dei 38 mm di pioggia caduta.



Monitoraggio di esercizio

Sismi

I dati e le anomalie rilevate sono stati confrontati con i valori di pioggia misurati nella stazione di Calice al Cornoviglio e gli eventi sismici significativi avvenuti e reperibili su Internet.
In particolare sono stati presi in considerazione quegli eventi con epicentro localizzato in un'area significativamente prossima a Molungghi.

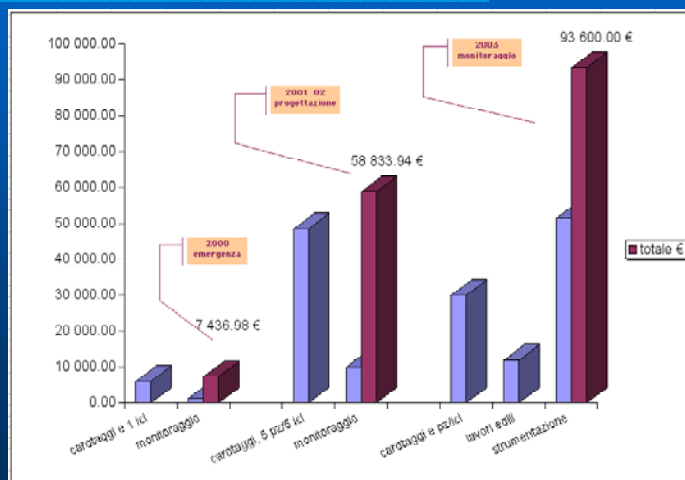


DATA	AREA	MAGNITUDO
2004.12. 13	Lunigiana	2.5
2004.11. 24/25	Lago di Garda	5.2/4.8
2004.10. 25	Garfagnana	2.7
2004.09. 19	Garfagnana	2.5
2004.08. 27	Alpi Apuane	3.7
2004.08. 24	Alpi Apuane	2.8
2004.07. 01	Garfagnana	2.4
2004.06. 11	Genova	2.7
2004.05. 14	Lunigiana	3.2
2004.04.08	Garfagnana	2.9
2004.03. 19	Alpi Apuane	2.6

25



Impegno economico



E infine, si ritiene doverosa un'analisi dei costi sopportati per l'allestimento del sistema di monitoraggio.

Il diagramma a fianco indica i costi delle tre fasi di indagine eseguite a Molungghi:

1. la fase di indagine e monitoraggio in emergenza (nov. 2000);
2. la fase di indagine geologica, geotecnica ed il monitoraggio preliminare alla progettazione (2001-2002);
3. la fase di monitoraggio di esercizio (2003).

26



Riferimenti bibliografici



IL SECOLO XIX del 15.11.2003

Bibliografia

IL SECOLO XIX del 31.12.2003



Ulteriori informazioni e precisazioni sono reperibili su:

- C. CENTO e M. DEL SOLDATO, *La frana di Molunghi (Calice di Cornoviglio)*.
www.geologiliguria.it - alla pagina PG
- www.sisgeo.it - alla pagina monitoraggio frane

Bibliografia