



IL CASO DI STUDIO DELLA FRANA DI ORVIETO (TR)

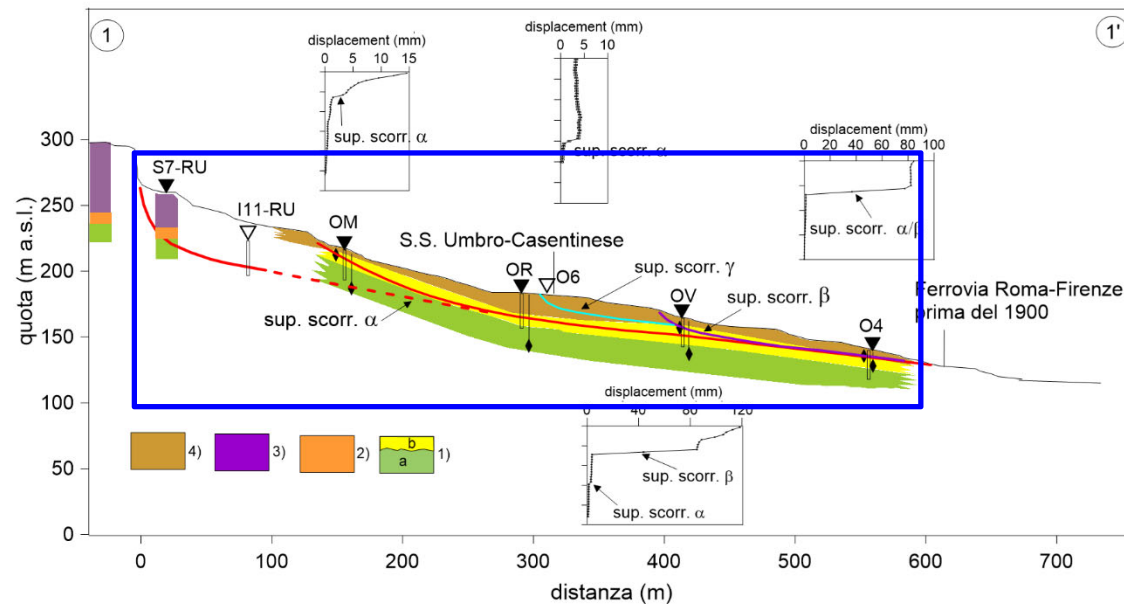
Paolo Tommasi CNR - Istituto di Geologia ambientale e Geoingegneria

Filippo Soccodato IAT Ingegneria

PRESENTAZIONE 21.09.2021
LINEE GUIDA PER IL MONITORAGGIO DELLE FRANE
LG SNPA 32 2021



LA RUPE PIROCLASTICA E IL PENDIO ARGILLOSO SOTTOSTANTE

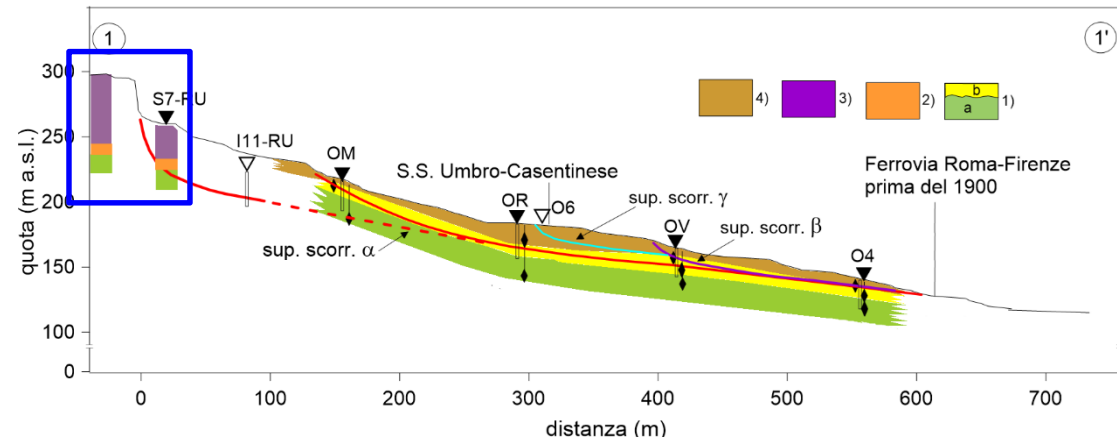


Monitoraggio:

- dei movimenti franosi nel pendio in argilla
- delle deformazioni della rupe

- profondi lenti ($\bar{v} = 1-6 \text{ mm/a}$) nella **formazione argillosa ammorbidita**
- superficiali più veloci ($\bar{v} = 8-20 \text{ mm/a}$) nelle **coltri di frana**

LA RUPE PIROCLASTICA E IL PENDIO ARGILLOSO SOTTOSTANTE



Monitoraggio:

- dei movimenti franosi nel pendio in argilla
- delle deformazioni della rupe

- profondi lenti ($\bar{v} = 1-6 \text{ mm/a}$) nella **formazione argillosa ammorbidita**
- superficiali più veloci ($\bar{v} = 8-20 \text{ mm/a}$) nelle **coltri di frana**

DUE INIZIATIVE CON DIVERSE FINALITÀ



- Articolato **sistema di monitoraggio** con **sistema informativo dedicato (SIOR)** (Soccodato et al. 2011) sviluppato dalla Regione Umbria a cavallo tra gli anni '80 e '90 durante i lavori di consolidamento della rupe e delle pendici per il **monitoraggio delle aree di intervento** e il **controllo del comportamento delle opere** eseguite



“Osservatorio per il controllo e la manutenzione permanente della Rupe di Orvieto e del Colle di Todì”

- "**Laboratorio**" di acquisizione dati di un **progetto di ricerca scientifica** avviato a metà degli anni '80 dalla Facoltà di Ingegneria dell'Università Sapienza di Roma e dal CNR attraverso fondi di progetti di ricerca nazionali ed interni dei due Enti per la **comprensione dei meccanismi di instabilità di pendì in argille consistenti**

SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'OSSERVATORIO



- Strumento di base per
- prevenzione dei rischi,
 - verifica dell'efficacia e manutenzione programmata degli interventi,
 - controllo e documentazione,
 - studio e ricerca sulle problematiche relative ai lavori di consolidamento
- Misure di superficie
- misure topografiche terrestri e satellitari con punti di controllo sulle pendici (per misure con stazioni totali robotizzate e ricevitori GNSS)
 - sulle pareti tufacee (misure ottiche)
 - integrazione con rilievi Laser Scanner 3d e InSAR da satellite e da terra
- Misure in foro
- sulla **rupe**: estensimetri multibase al piede ed al ciglio delle pareti (prof max 60)
 - sul **pendio in argilla**: inclinometri (prof max 60) e piezometri Casagrande e a tubo aperto

LE ZONE CAMPIONE



- Suddivisione in 6 zone campione
- Ogni zona campione è caratterizzata da una specificità della situazione geotecnica, dei meccanismi di instabilità e dell'interazione tra rupe e pendio in argilla

The screenshot displays the H.A. SKOR software interface. The main window shows a topographic map with several monitoring points marked. A 'Gestione Strumenti' (Instrument Management) window is open, showing details for instrument 1P07. A 'Tabella STRU' (Instrument Table) window is also open, displaying a list of instruments and their coordinates.

CODESTRI	ZONA	TIPO	N	E
1P12	1	1	4733112,1666	2283326,432
1P13	1	1	4733088,4884	2283327,1961
1P04	1	1	4733191,181	2283211,9892
1P05	1	1	4733155,3656	2283227,6289
1P07	1	1	4733085,6164	2283197,761
1P08	1	1	4733157,0702	2283263,798
1P09	1	1	4733130,3464	2283252,4394
1E01	1	2	4733213,3102	2283400,777
1E14A	1	2	4733237,5613	2283374,606
1E15	1	2	4733231,9766	2283202,7518

The 'Gestione Strumenti' window for instrument 1P07 shows the following details:

- Codice: 1P07
- Zona: Ist. Professionale
- Tipo: Piezometro
- Profondità: 10,5
- E: 2283197,761
- Data Inst.: 01/01/1995
- N: 4733085,6164
- N° di Sens.: 1
- Z: 226

The 'Tabella STRU' window shows a table of instruments with columns for CODESTRI, ZONA, TIPO, N, and E. The total number of records is 22.

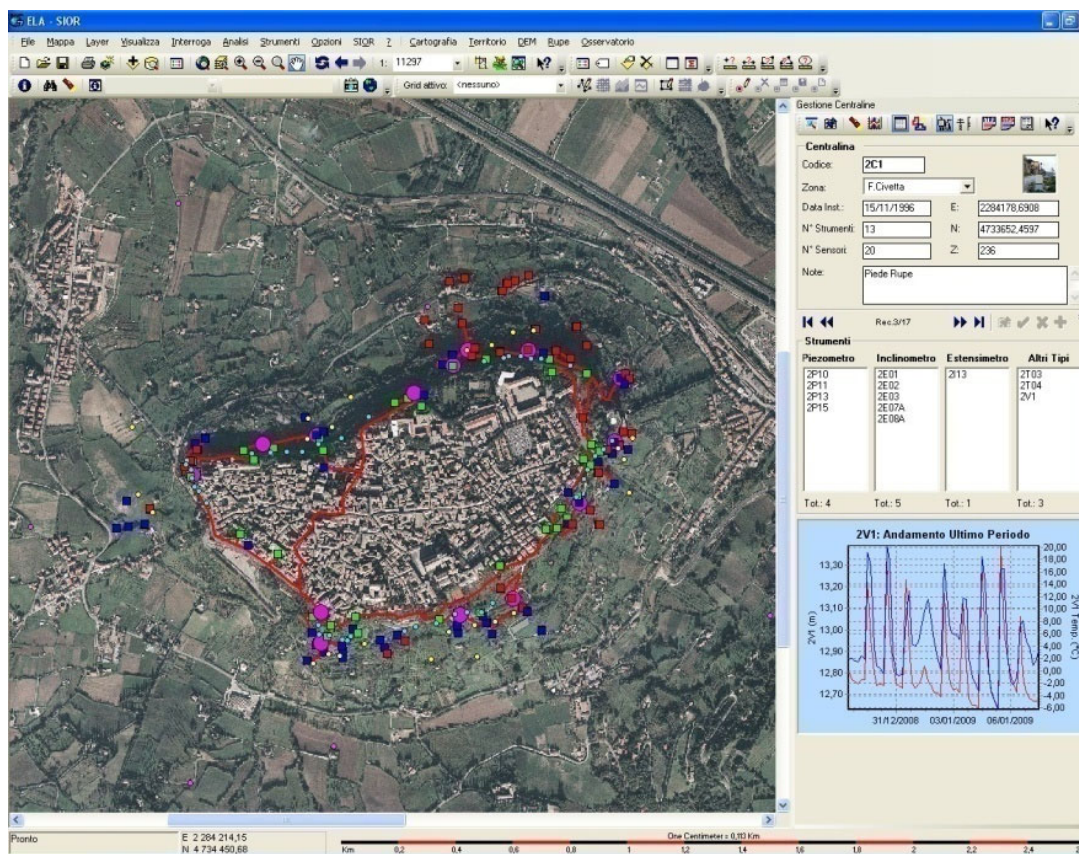
The 'Gestione Strumenti' window also shows a graph titled '1P07: Andamento Ultimo Periodo' (1P07: Last Period Trend). The graph plots depth (1P07 (m)) on the y-axis (ranging from -20,00 to -120,00) against time on the x-axis (ranging from 31/12/2008 to 06/01/2009). The graph shows a fluctuating signal, likely representing water level or pressure changes over time.

PRESENTAZIONE 21.09.2021
 LINEE GUIDA PER IL MONITORAGGIO DELLE FRANE
 LG SNPA 32 2021

LA SRTUMENTAZIONE INSTALLATA



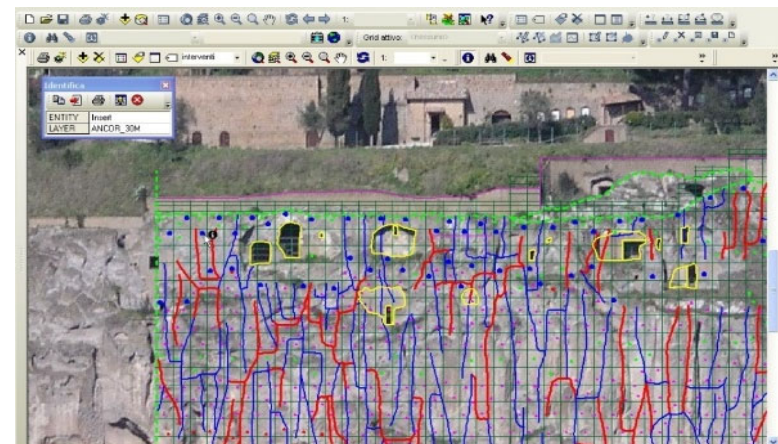
- Integrazione di misure manuali periodiche ed automatiche in continuo
- Misure in continuo acquisite con unità locali e inviate (connessione wireless digitale) a un centro di elaborazione dati
- Dati gestiti ed elaborati con il sistema webgis dedicato SIOR, che prevede anche allertamento (*Early Warning*) con procedure automatiche



LA RETE DI CAVITÀ IPOGEE



- Rete di cavità e cunicoli sotterranei scavati nel piastrone piroclastico (oltre 1000 censite)
- Indagini con tecniche geofisiche e georadar, integrate da rilievi geostrutturali e geomatici su alcune cavità rappresentative di condizioni tipiche
- Lungo tratto del lato sud della rupe preso a campione per uno studio sul controllo di deformazioni e spostamenti della parete tufacea e delle cavità ipogee e lo sviluppo di metodologie e tecniche per il monitoraggio strutturale integrate con l'utilizzo delle nuove tecnologie TLS (Soccodato et al. 2019)



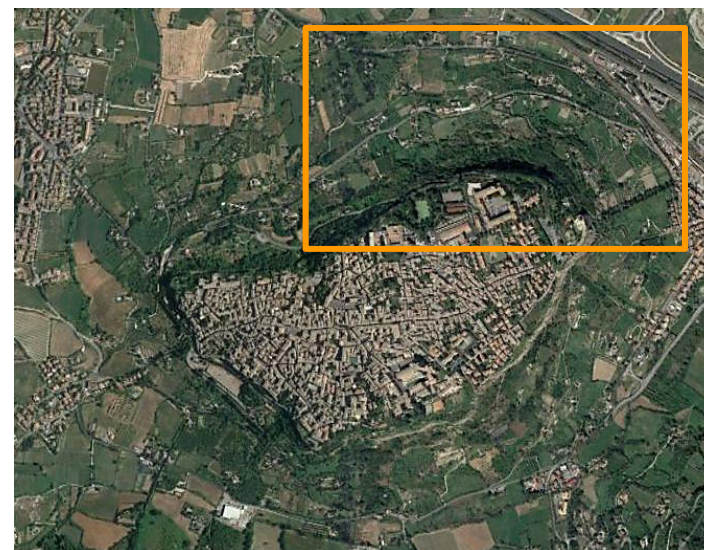
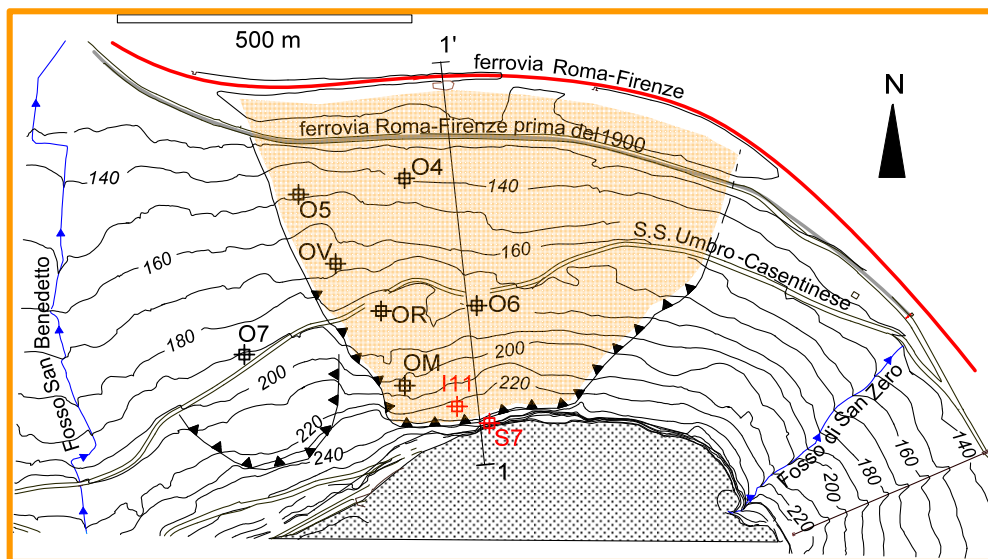
PRESENTAZIONE 21.09.2021

LINEE GUIDA PER IL MONITORAGGIO DELLE FRANE
LG SNPA 32 2021

IL PENDIO STRUMENTATO CNR - UBICAZIONE



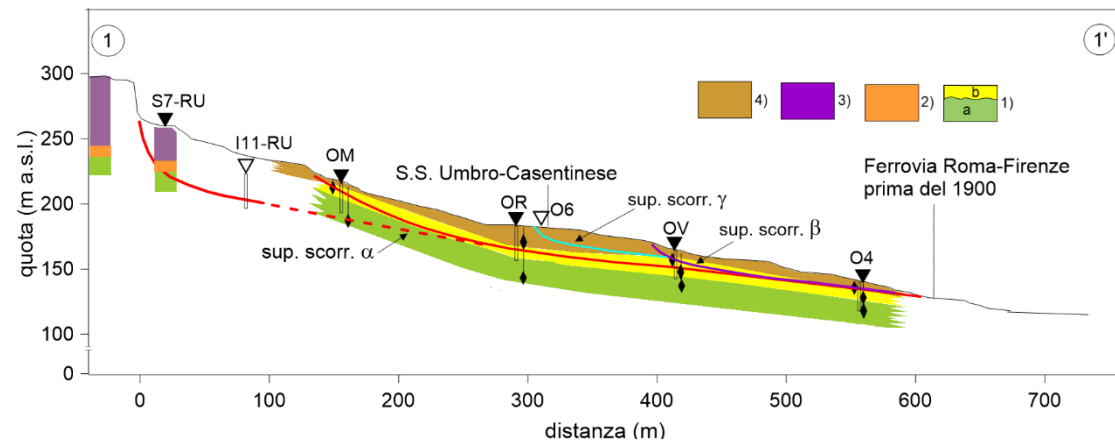
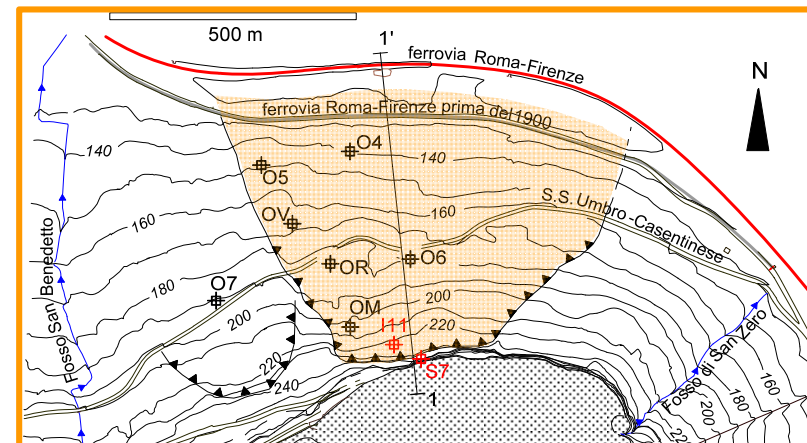
Pendio nord, sede della più grande frana documentata (1900), che causò lo spostamento della linea ferroviaria Roma-Firenze



IL PENDIO STRUMENTATO CNR - STRUMENTAZIONE



- Per ogni postazione:
 - Tubo inclinometrico letto con sonda rimovibile
 - 3 piezometri Casagrande letti dapprima manualmente, e poi attrezzati con trasduttori di pressione
- La pressione viene misurata nel
 - detrito di frana,
 - substrato argilloso molto consistente
 - strato ammorbidito del substrato
- Su 3 postazioni sono state installate nel 2007 celle piezometriche a corda vibrante



IL PENDIO STRUMENTATO CNR - OBIETTIVI MONITORAGGIO

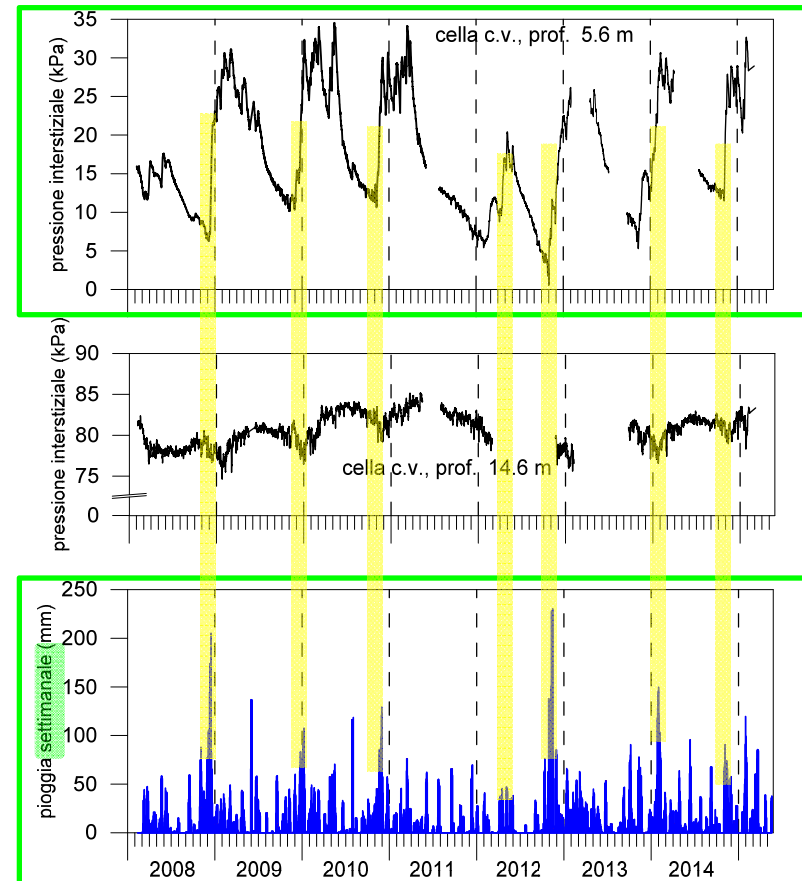


- **Geometria** e caratteri **cinematici** dei movimenti nel pendio in argilla e **relazioni con le precipitazioni** (Tommasi et al. 2006)
- Individuazione di **soglie di riattivazione** tramite monitoraggio + modelli idraulici (Tommasi et al. 2013)
- Valutazione degli **effetti dei cambiamenti climatici** (Rianna et al. 2014)
- Analisi a ritroso di frane storiche per valutazioni sulla pericolosità del versante su lungo periodo

IL REGIME DI PRESSIONI INTERSTIZIALI



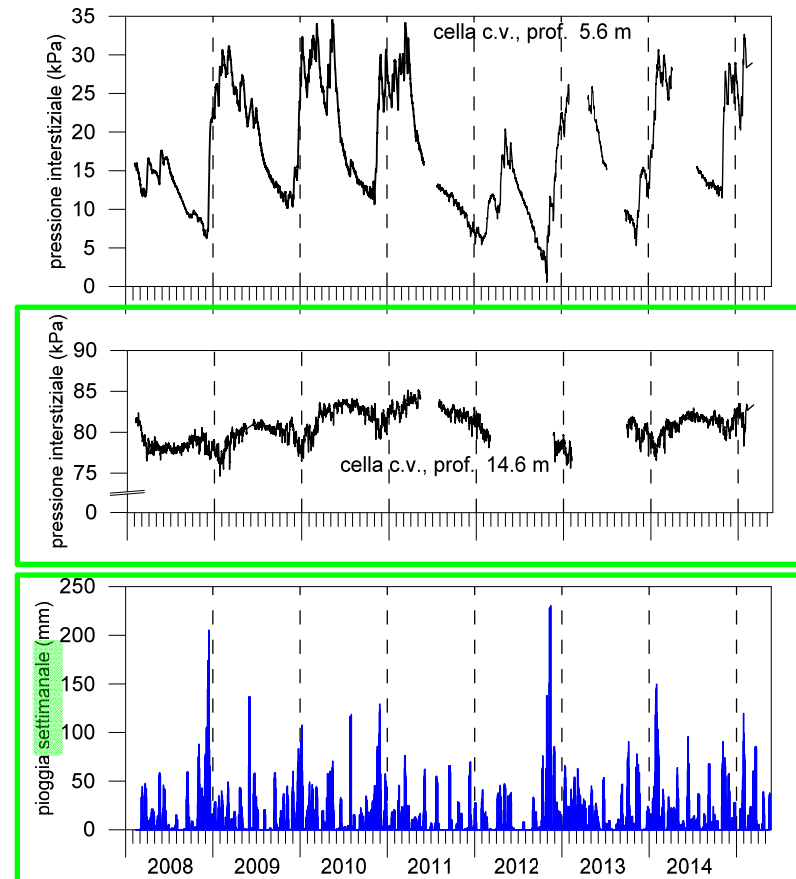
- Nella **coltre di frana e nella fascia sommitale ammorbida e fessurata** dell'argilla in posto la risposta delle pressioni interstiziali all'infiltrazione è **rapida e netta** : i due materiali sono interessati da un unico regime di filtrazione



IL REGIME DI PRESSIONI INTERSTIZIALI



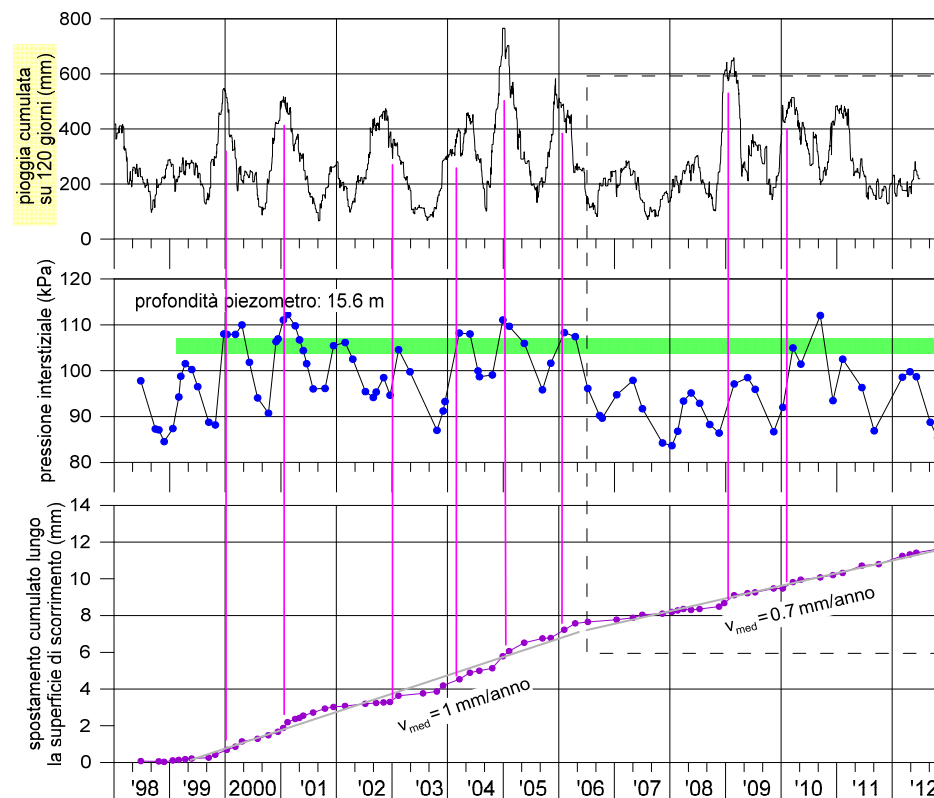
- Nella coltre di frana e nella fascia sommitale ammorbidita e fessurata dell'argilla in posto la risposta delle pressioni interstiziali all'infiltrazione è **rapida e netta** : i due materiali sono interessati da un unico regime di filtrazione
- Nell'argilla in posto profonda le oscillazioni sono **modeste**



IL REGIME DI PRESSIONI INTERSTIZIALI



- Nella coltre di frana e nella fascia sommitale ammorbidita e fessurata dell'argilla in posto la risposta delle pressioni interstiziali all'infiltrazione è **rapida e netta** : i due materiali sono interessati da un unico regime di filtrazione
- Nell'argilla in posto profonda le oscillazioni sono **modeste**
- ... e si hanno significativi aumenti di pressioni interstiziali **solo dopo lunghi periodi piovosi**, (pressioni si correlano alle piogge cumulate su **lungo periodo**)



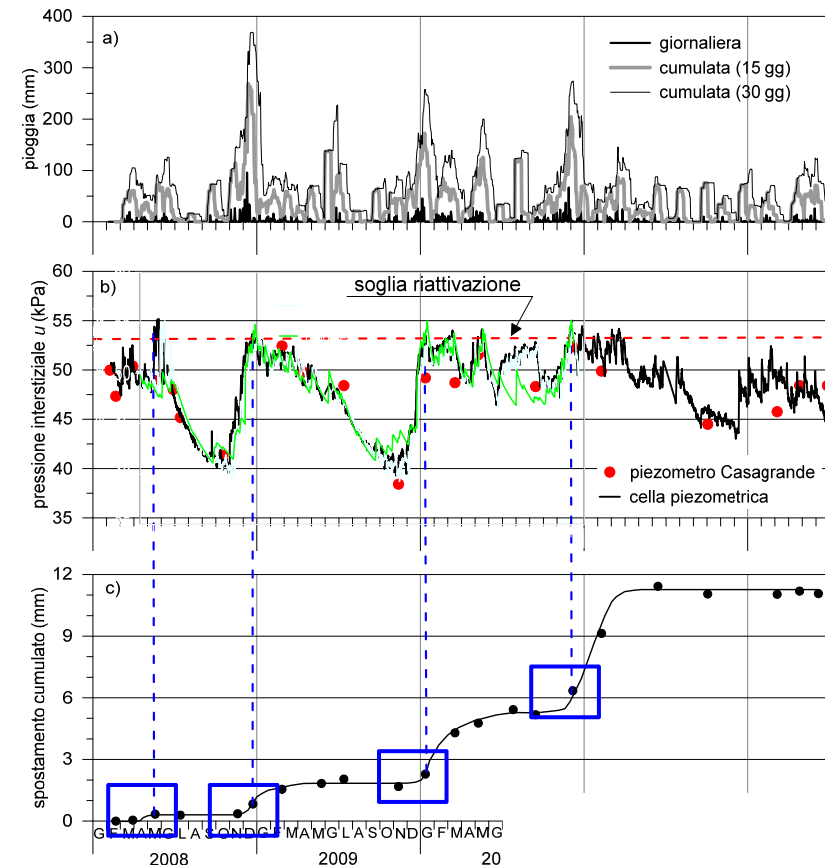
PRESENTAZIONE 21.09.2021

LINEE GUIDA PER IL MONITORAGGIO DELLE FRANE
LG SNPA 32 2021

SOGLIE DI RIATTIVAZIONE DEI MOVIMENTI SUPERFICIALI



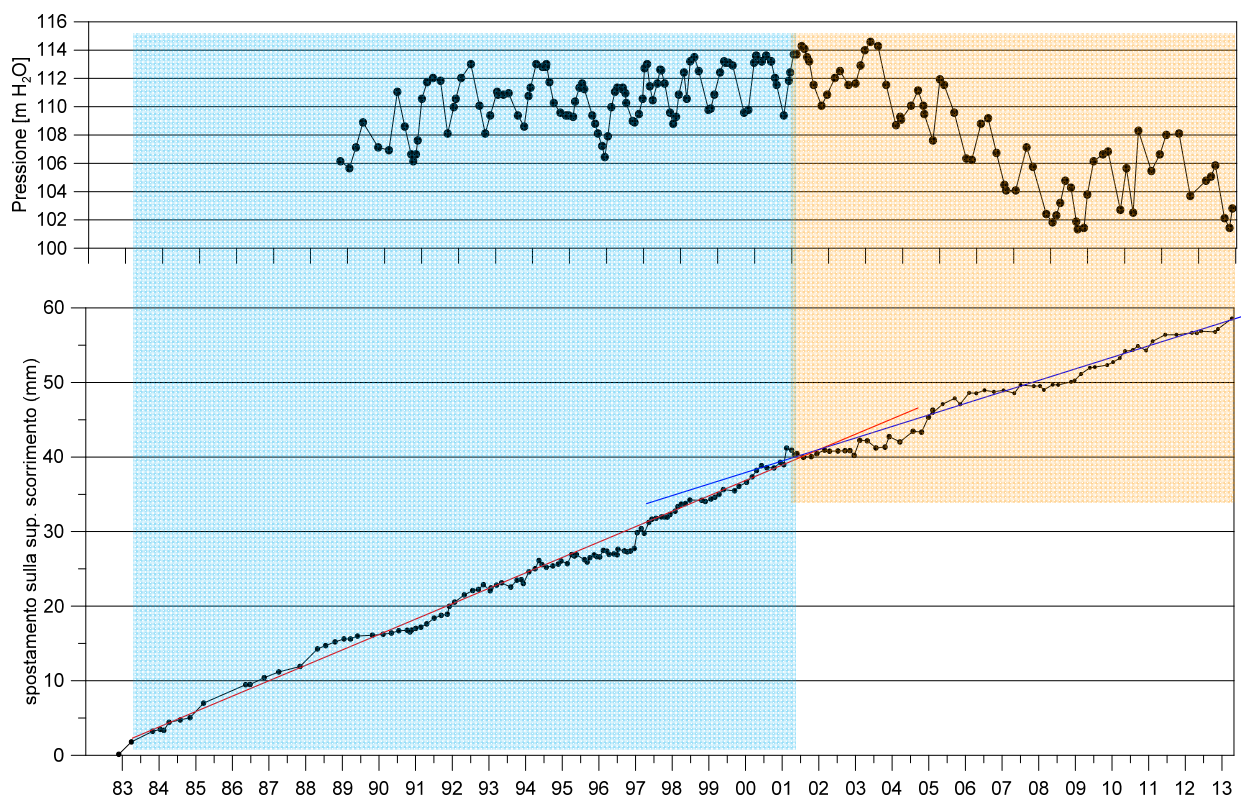
- Nelle coltri superficiali le **soglie piezometriche di riattivazione** sono **ben individuabili** con celle piezometriche
- Attraverso **modelli numerici di versante** si possono **riprodurre le precipitazioni a partire dalle precipitazioni** e quindi individuare le **soglie di precipitazione**



GLI EFFETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI



Il monitoraggio ha fornito anche dati preziosi per la valutazione degli effetti dei cambiamenti climatici con un **dataset di ben 35 anni** (Rianna et al. 2014)



INTEGRAZIONE DEI DATI DEI DUE SISTEMI



L'integrazione dei dati dei due sistemi (**osservatorio** + **CNR-Sapienza**) ha evidenziato come antiche superfici di frana ancora attive (movimenti molto lenti) si estendono dal margine della rupe al piede del pendio argilloso

