



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA



COMITATO ITALIANO  
GRANDI DIGHE



ORDINE DEGLI  
INGEGNERI DI BELLUNO

Nove, 17 Maggio 2018

SEMINARIO E VISITA TECNICA: DIGA DI BASTIA

# Monitoraggio innovativo di opere geotecniche

Paolo Simonini

[paolo.simonini@unipd.it](mailto:paolo.simonini@unipd.it)



ENEL GREEN POWER



MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Direzione Generale Dighe

Associazione Idrotecnica Italiana

## OUTLINE

INTRODUZIONE

MONITORAGGIO DI  
FLUSSI

MONITORAGGIO DI  
STRUTTURE

MONITORAGGIO DI  
PENDII

CONCLUSIONI

## OUTLINE

1. **Introduzione**
2. **Monitoraggio di flussi**
3. **Monitoraggio di strutture**
4. **Monitoraggio di pendii**
5. **Considerazioni conclusive**

OUTLINE

INTRODUZIONE

MONITORAGGIO DI  
FLUSSI

MONITORAGGIO DI  
STRUTTURE

MONITORAGGIO DI  
PENDII

CONCLUSIONI

## STRUCTURAL HEALTH MONITORING

I sistemi di monitoraggio integrati nella struttura e utilizzati per valutare lo stato di danno dell'opera sottoposta a variazioni delle condizioni al contorno o delle proprietà intrinseche dei materiali sono chiamati Structural Health Monitoring (SMH) systems

OUTLINE

INTRODUZIONE

MONITORAGGIO DI  
FLUSSI

MONITORAGGIO DI  
STRUTTURE

MONITORAGGIO DI  
PENDII

CONCLUSIONI

## STRUCTURAL HEALTH MONITORING

**«Il sistema di monitoraggio ottimale»**

Si deve bilanciare tra:

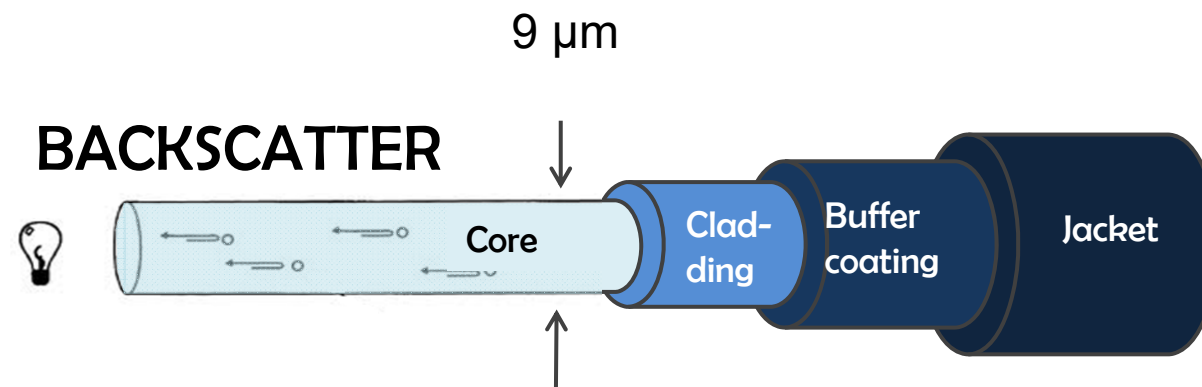
- Affidabilità del sistema
- Qualità del dato
- Costi
- L'installazione non deve compromettere la struttura



## INNOVAZIONE NEL MONITORAGGIO

## LE FIBRE OTTICHE

Una fibra ottica è una guida per trasmettere impulsi luminosi su distanze chilometriche. È costituita da un nucleo in plastica o vetro circondato da un rivestimento con un indice di rifrazione inferiore. Il rivestimento, riflettendo continuamente lungo il cavo il raggio luminoso, trattiene la luce all'interno del nucleo.



Il funzionamento si basa sull'analisi dello spettro del segnale retrodiffuso generato lungo tutta la fibra dall'interazione tra il segnale luminoso immesso e la materia di cui la fibra è composta.

## OUTLINE

### INTRODUZIONE

MONITORAGGIO DI FLUSSI

MONITORAGGIO DI STRUTTURE

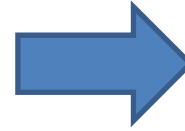
MONITORAGGIO DI PENDII

CONCLUSIONI

## INNOVAZIONE NEL MONITORAGGIO

### LE FIBRE OTTICHE

Variazioni locali di temperatura o deformazioni modificano le proprietà della fibra ottica

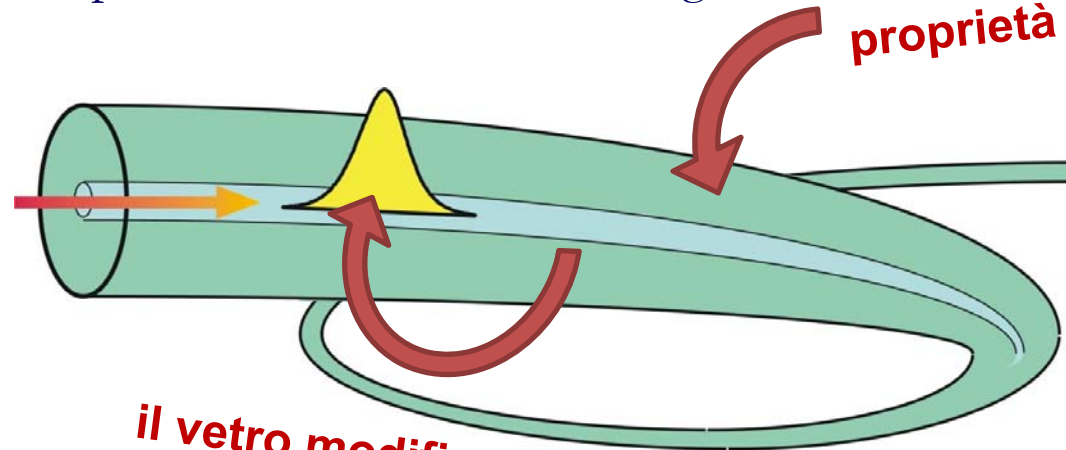


La fibra è il sensore



Con una sola fibra si possono monitorare km con risoluzione spaziale compresa tra 0.5 e 2 m e precisioni inferiori al mezzo grado

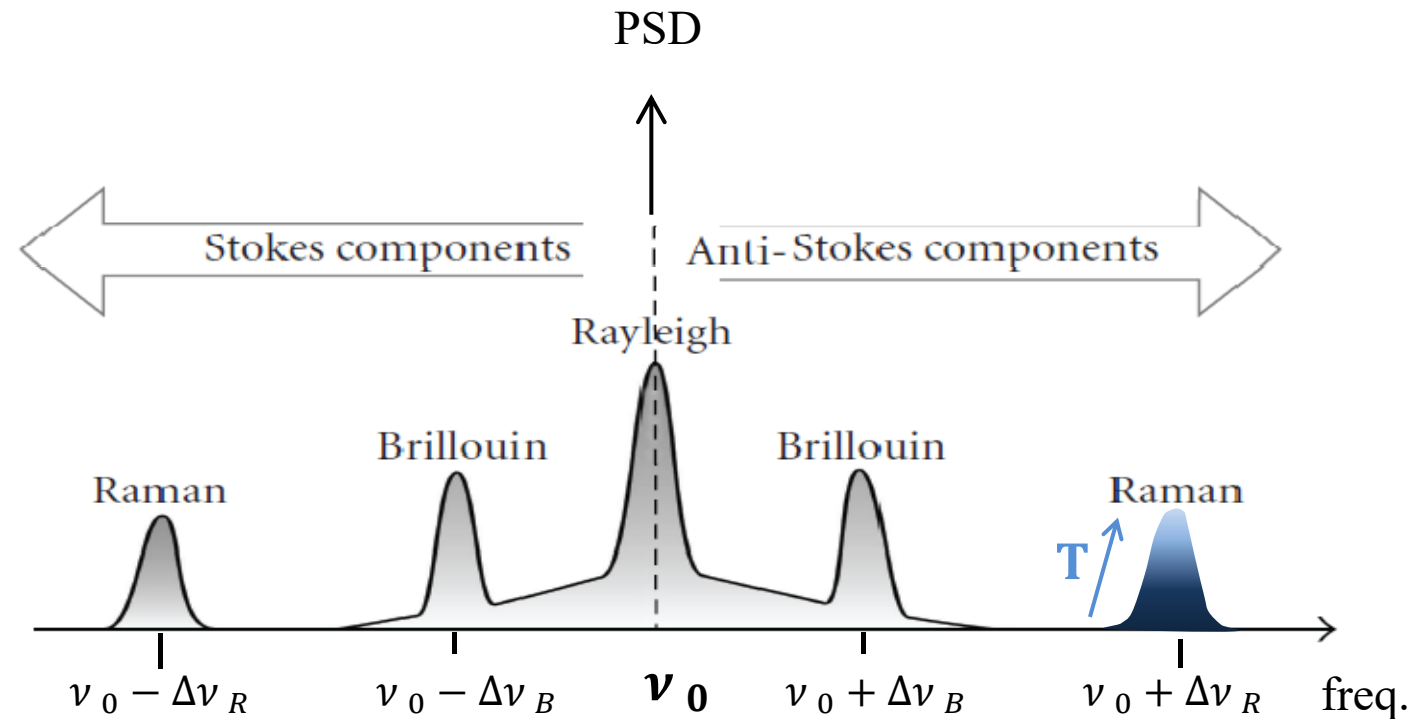
**L'ambiente cambia le proprietà del vetro**



**il vetro modifica la sua risposta alla luce**

## INNOVAZIONE NEL MONITORAGGIO

### LE FIBRE OTTICHE PER LA MISURA DELLA TEMPERATURA



$$\Delta\nu_B = \alpha \Delta T + \beta \Delta\varepsilon$$

L'intensità della componente Raman anti-Stokes è dipendente dalla temperatura assoluta e non dalla deformazione mentre la Raman-Stokes è indipendente da entrambe, cosicché l'effetto Raman è il più utilizzato negli strumenti attualmente in grado di eseguire misure distribuite di temperatura (Distribute Temperature Sensing, DTS).

OUTLINE

INTRODUZIONE

MONITORAGGIO DI FLUSSI

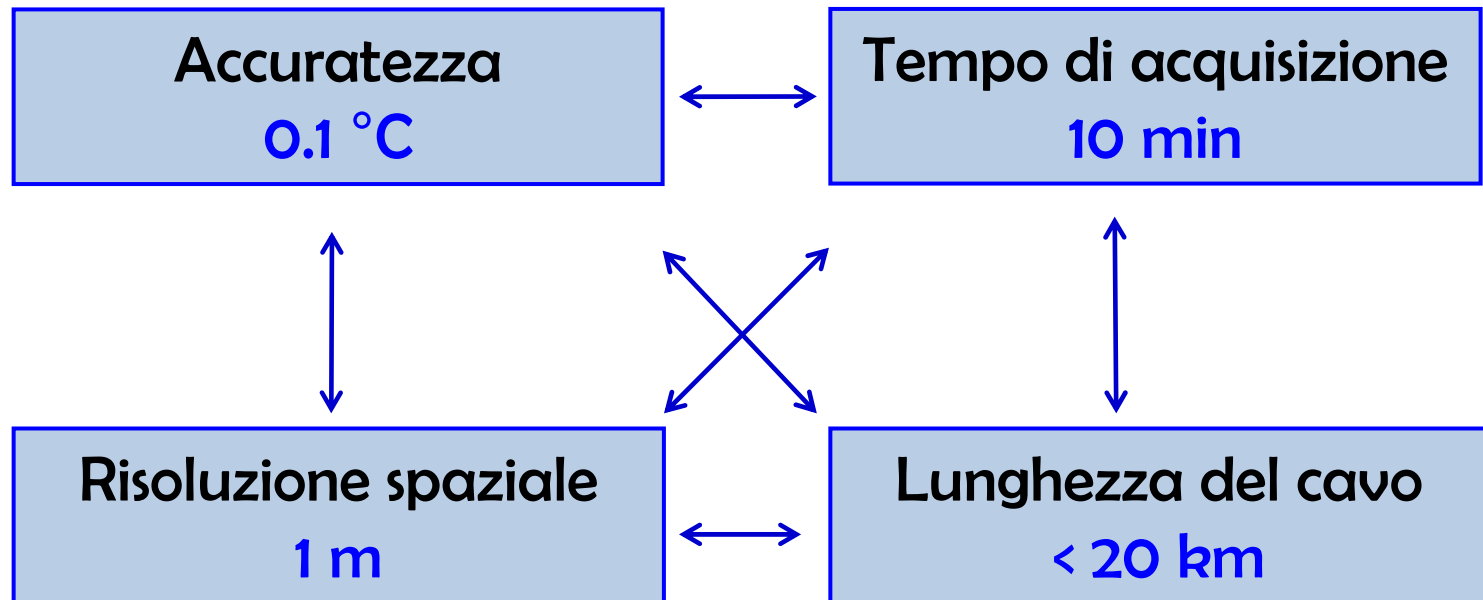
MONITORAGGIO DI STRUTTURE

MONITORAGGIO DI PENDII

CONCLUSIONI

**INNOVAZIONE NEL MONITORAGGIO ARGINALE**  
**LE FIBRE OTTICHE PER LA MISURA DI TEMPERATURA**

**CONTROLLO DEI FLUSSI DI FILTRAZIONE**



## OUTLINE

### INTRODUZIONE

MONITORAGGIO DI FLUSSI

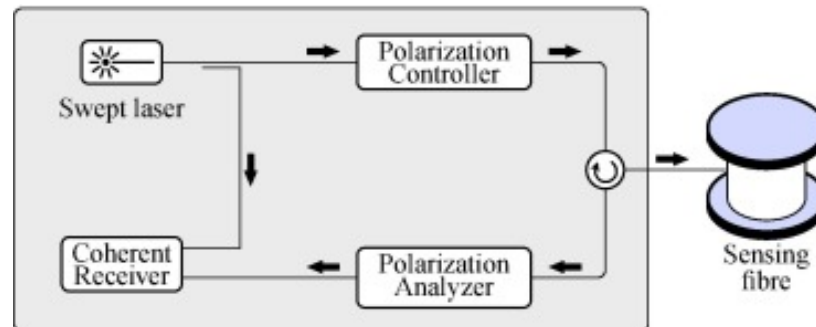
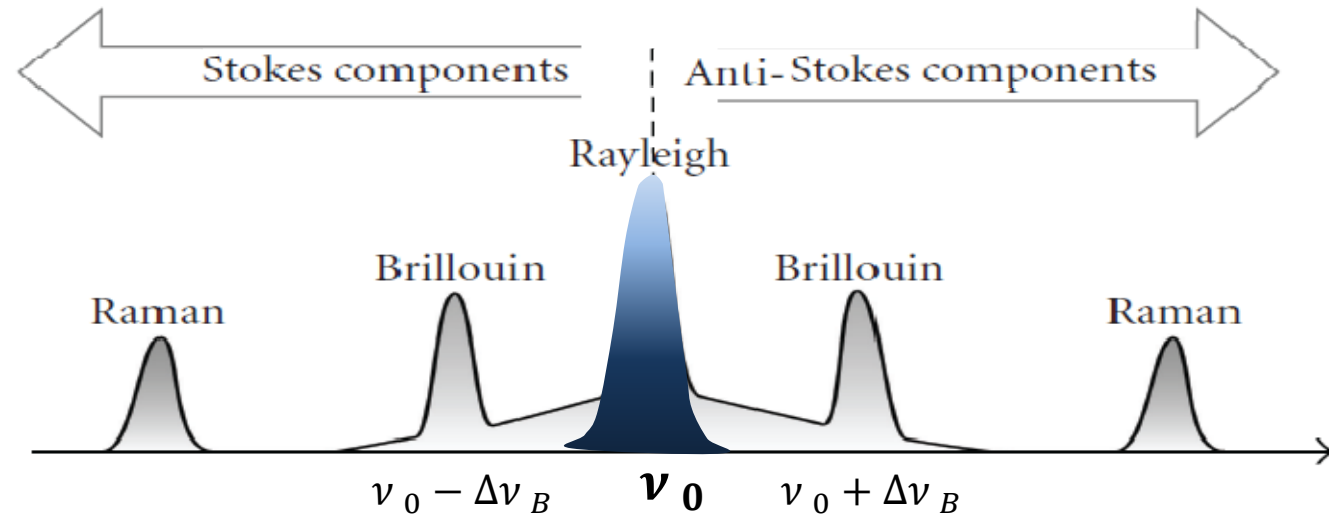
MONITORAGGIO DI STRUTTURE

MONITORAGGIO DI PENDII

CONCLUSIONI

## INNOVAZIONE NEL MONITORAGGIO

### LE FIBRE OTTICHE PER LA MISURE DI DEFORMAZIONE



Per misurare la deformazione lungo una fibra si può analizzare la componente Rayleigh di backscatter confrontando una misura di riferimento con misure eseguite successivamente e confrontando la differenza nel segnale

## OUTLINE

### INTRODUZIONE

MONITORAGGIO DI FLUSSI

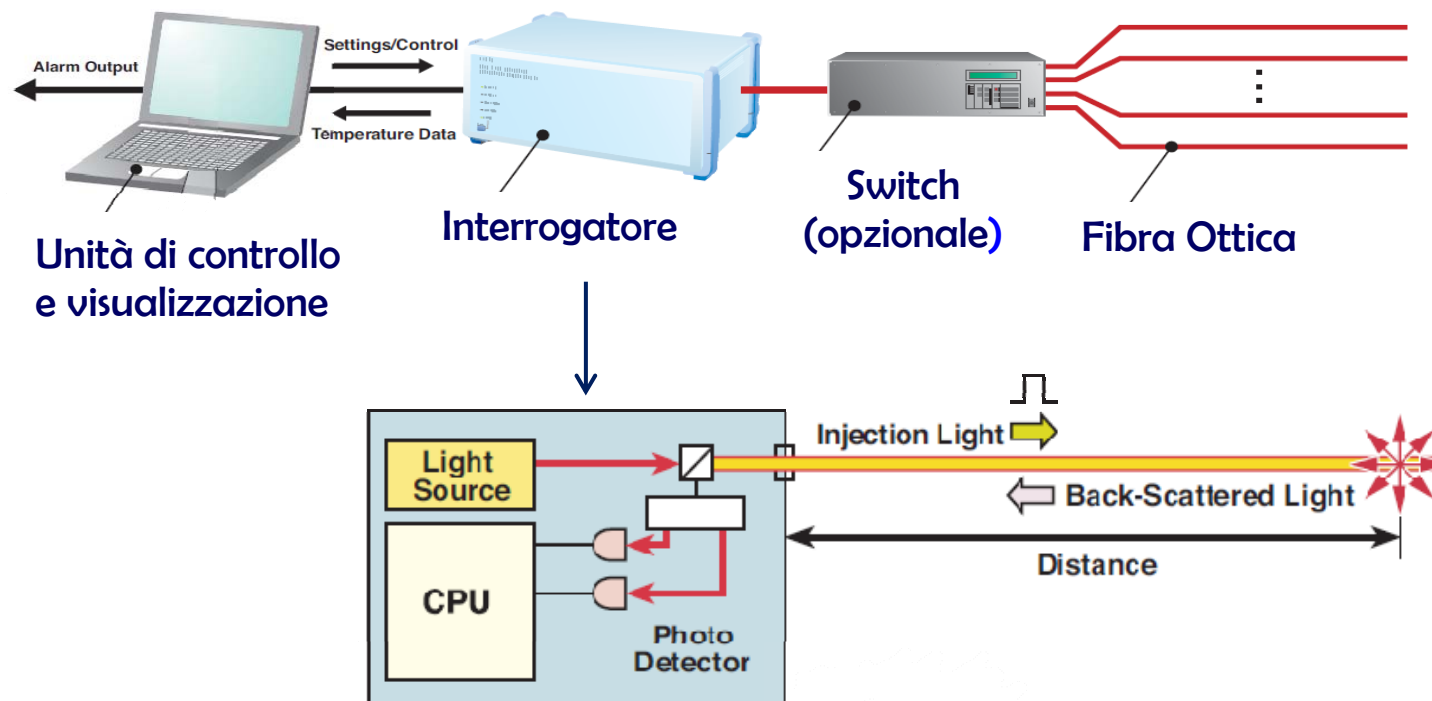
MONITORAGGIO DI STRUTTURE

MONITORAGGIO DI PENDII

CONCLUSIONI

## INNOVAZIONE NEL MONITORAGGIO

### LE FIBRE OTTICHE – STRUTTURA DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO



Il sistema di misura è l'interrogatore, composto da un laser, che invia l'impulso luminoso alla fibra, e da un'unità di lettura che analizza il segnale retrodiffuso determinando il punto da cui proviene la riflessione, ricostruendo così il profilo longitudinale della temperatura o della deformazione (strain).

OUTLINE

INTRODUZIONE

MONITORAGGIO DI  
FLUSSI

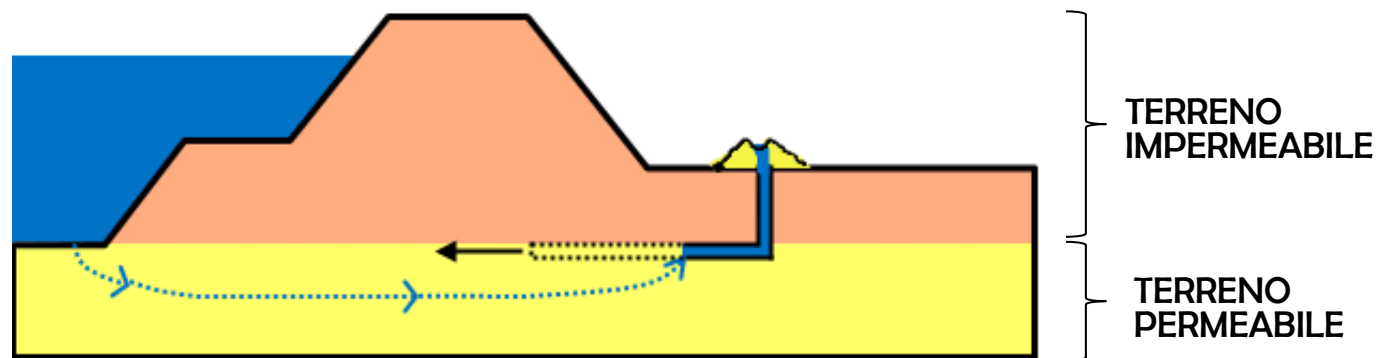
MONITORAGGIO DI  
STRUTTURE

MONITORAGGIO DI  
PENDII

CONCLUSIONI

## MONITORAGGIO EROSIONE INTERNA

- La grandezza rilevante da monitorare è il moto di filtrazione e le pressione neutrale. Considerazioni teoriche e osservazioni di campagna mostrano che il cono di depressione generato da un sifone nel suo stadio iniziale ha un raggio dell'ordine del metro.
- Per essere efficace un monitoraggio di tipo tradizionale richiederebbe l'istallazione di un piezometro ogni 2-3 m, evidentemente impossibile da porre in opera su più sezioni.



OUTLINE

INTRODUZIONE

MONITORAGGIO DI  
FLUSSI

MONITORAGGIO DI  
STRUTTURE

MONITORAGGIO DI  
PENDII

CONCLUSIONI

## MONITORAGGIO EROSIONE INTERNA

I metodi di indagine e monitoraggio per i problemi di sifonamento sono in generale metodi indiretti cioè che misurano quantità non coinvolte direttamente nel meccanismo ma che sono spie indirette del processo.

- resistività elettrica
- potenziale spontaneo
- temperatura

La sfida più grande è rappresentata dal monitoraggio *continuo e distribuito* degli argini. La rete di monitoraggio dovrebbe essere in grado di fornire *dati coerenti* che permettano la *definizione dello stato funzionale della struttura e dalla sua capacità di garantire resilienza*



OUTLINE

INTRODUZIONE

MONITORAGGIO DI  
FLUSSI

MONITORAGGIO DI  
STRUTTURE

MONITORAGGIO DI  
PENDII

CONCLUSIONI

## MONITORAGGIO EROSIONE INTERNA



La tecnica **heat-pulse** accoppia un cavo elettrico alla fibra, il cavo elettrico viene scaldato e misurando le fasi di riscaldamento e raffreddamento è possibile identificare le zone in cui è maggiore il flusso d'acqua (le aree che si scaldano con più difficoltà sono quelle in cui c'è maggiore avvezione)

OUTLINE

INTRODUZIONE

MONITORAGGIO DI  
FLUSSI

MONITORAGGIO DI  
STRUTTURE

MONITORAGGIO DI  
PENDII

CONCLUSIONI

**CASO STUDIO 1 - TEST IN GRANDE SCALA – IJKDIJK 2  
INTERPRETAZIONE RISULTATI DEL MONITORAGGIO DEL  
COMPORTAMENTO DI UN ARGINE SPERIMENTALE  
CON LE FIBRE OTTICHE**



OUTLINE

INTRODUZIONE

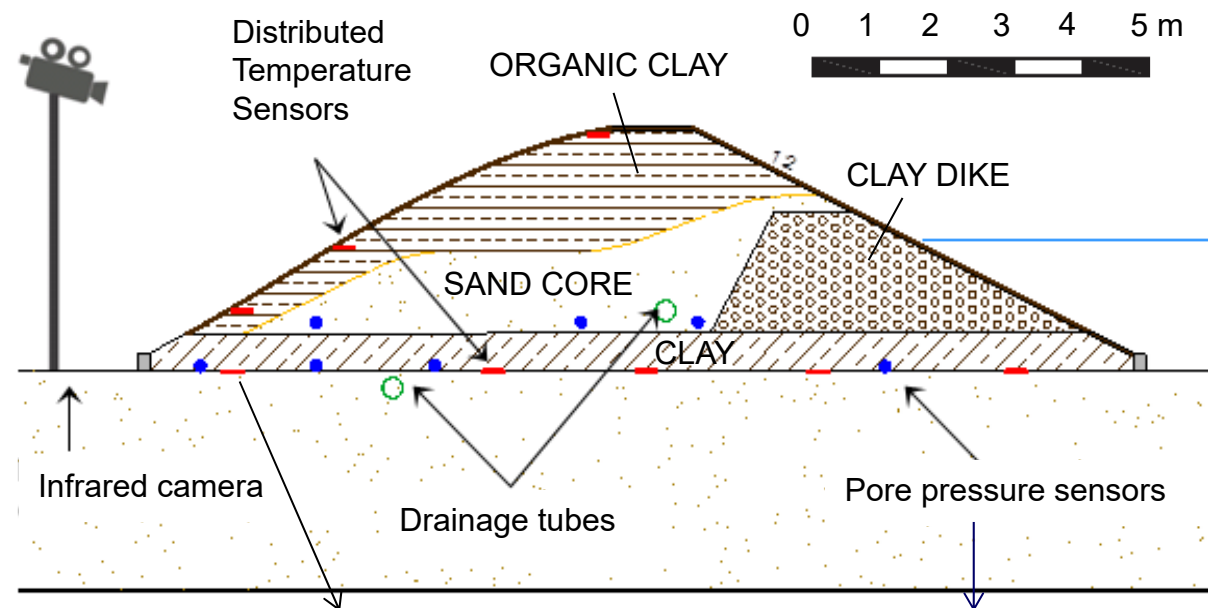
MONITORAGGIO DI  
FLUSSI

MONITORAGGIO DI  
STRUTTURE

MONITORAGGIO DI  
PENDII

CONCLUSIONI

## STRUMENTAZIONE CONVENZIONALE E INNOVATIVA



Posizione di piezometri, fibre ottiche e drenaggi



OUTLINE

INTRODUZIONE

**MONITORAGGIO DI  
FLUSSI**

MONITORAGGIO DI  
STRUTTURE

MONITORAGGIO DI  
PENDII

CONCLUSIONI



OUTLINE

INTRODUZIONE

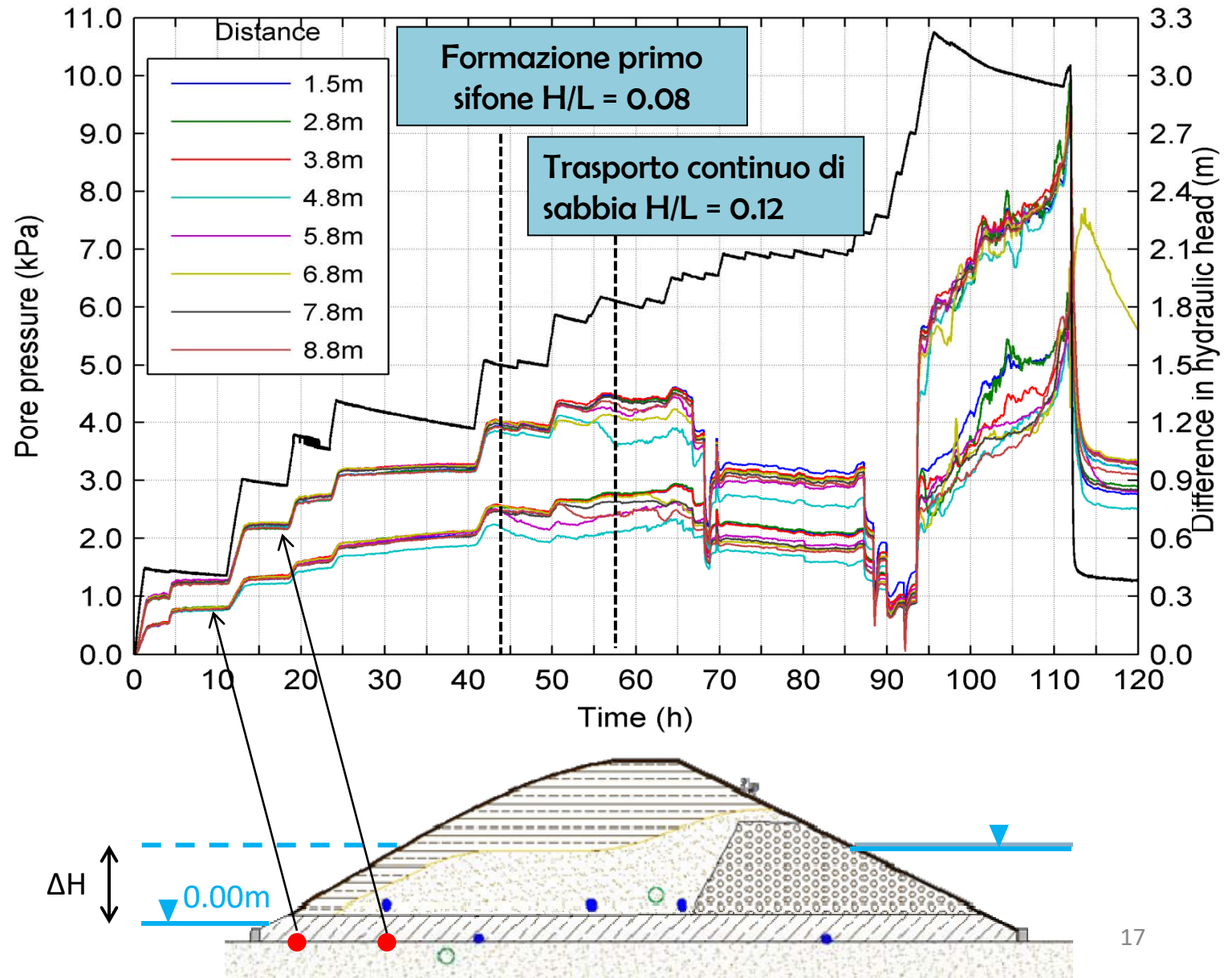
MONITORAGGIO DI FLUSSI

MONITORAGGIO DI STRUTTURE

MONITORAGGIO DI PENDII

CONCLUSIONI

## MISURE DI PRESSIONE NEUTRALE





OUTLINE

INTRODUZIONE

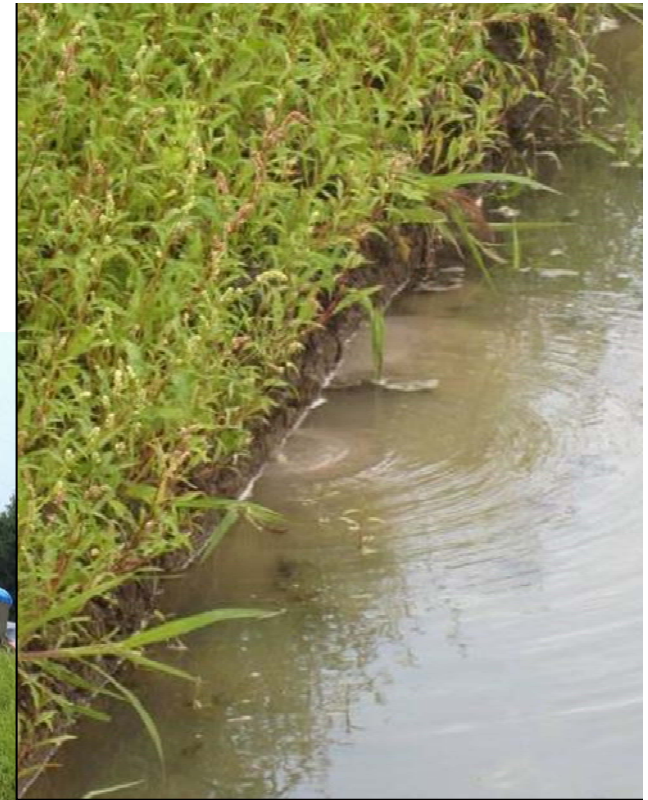
MONITORAGGIO DI  
FLUSSI

MONITORAGGIO DI  
STRUTTURE

MONITORAGGIO DI  
PENDII

CONCLUSIONI

## UBICAZIONE PUNTI DI INNESCO DEL SIFONAMENTO



OUTLINE

INTRODUZIONE

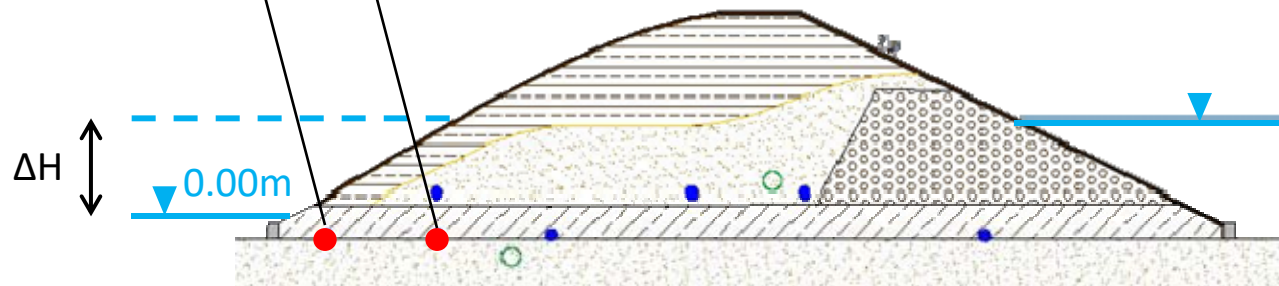
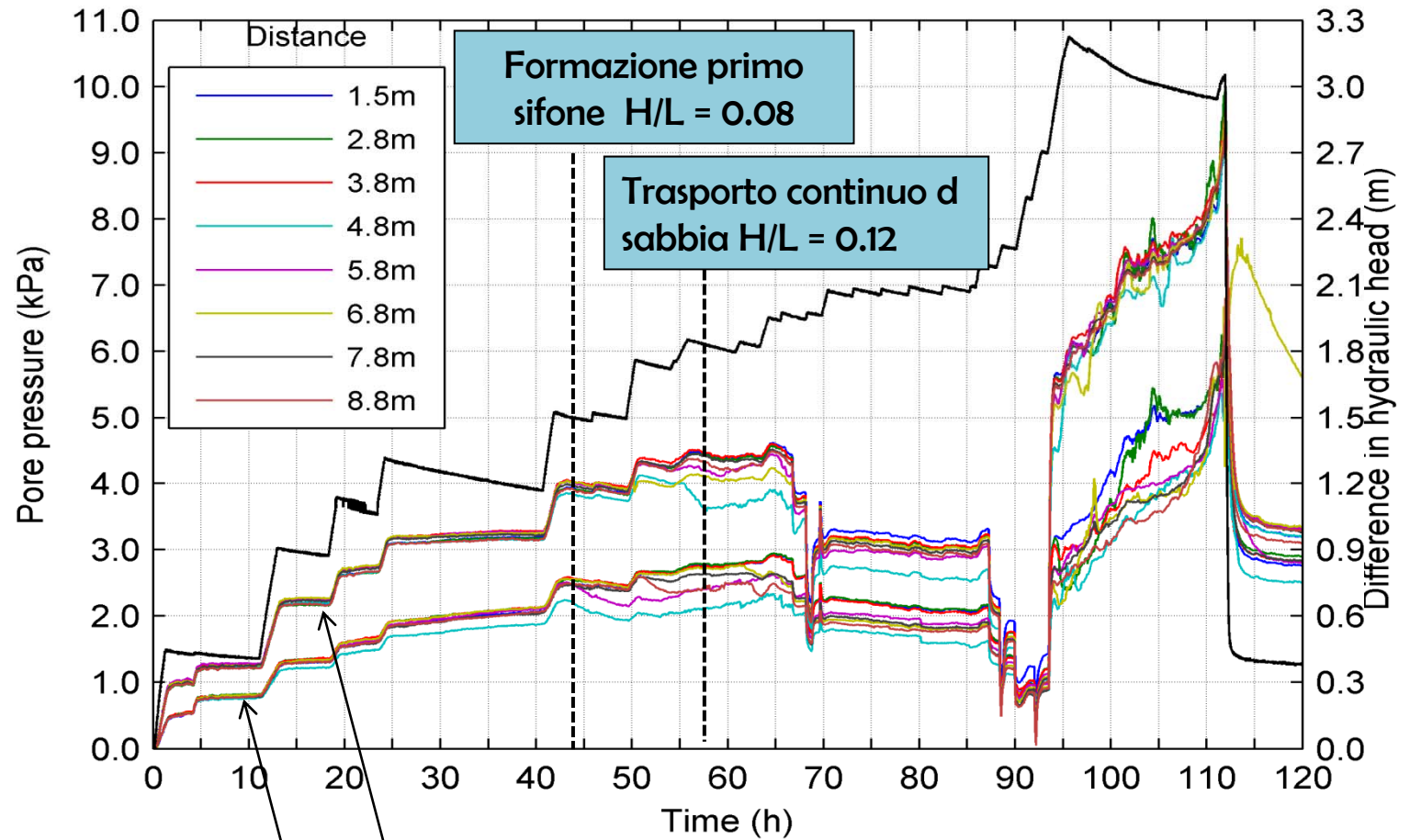
MONITORAGGIO DI FLUSSI

MONITORAGGIO DI STRUTTURE

MONITORAGGIO DI PENDII

CONCLUSIONI

## MISURE DI PRESSIONE NEUTRALE





OUTLINE

INTRODUZIONE

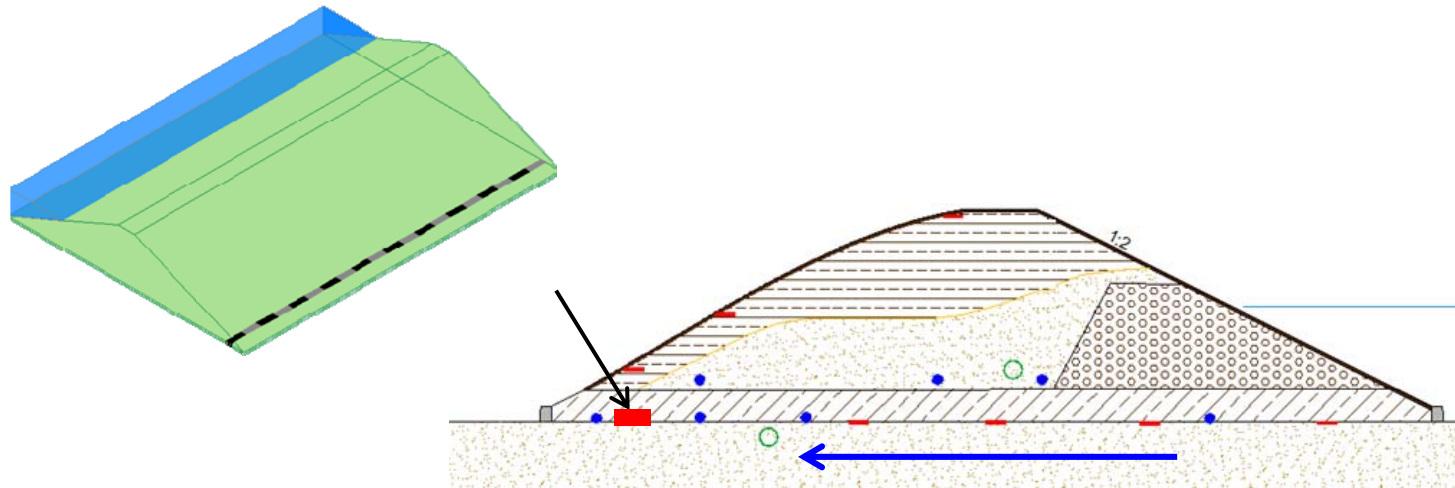
MONITORAGGIO DI  
FLUSSI

MONITORAGGIO DI  
STRUTTURE

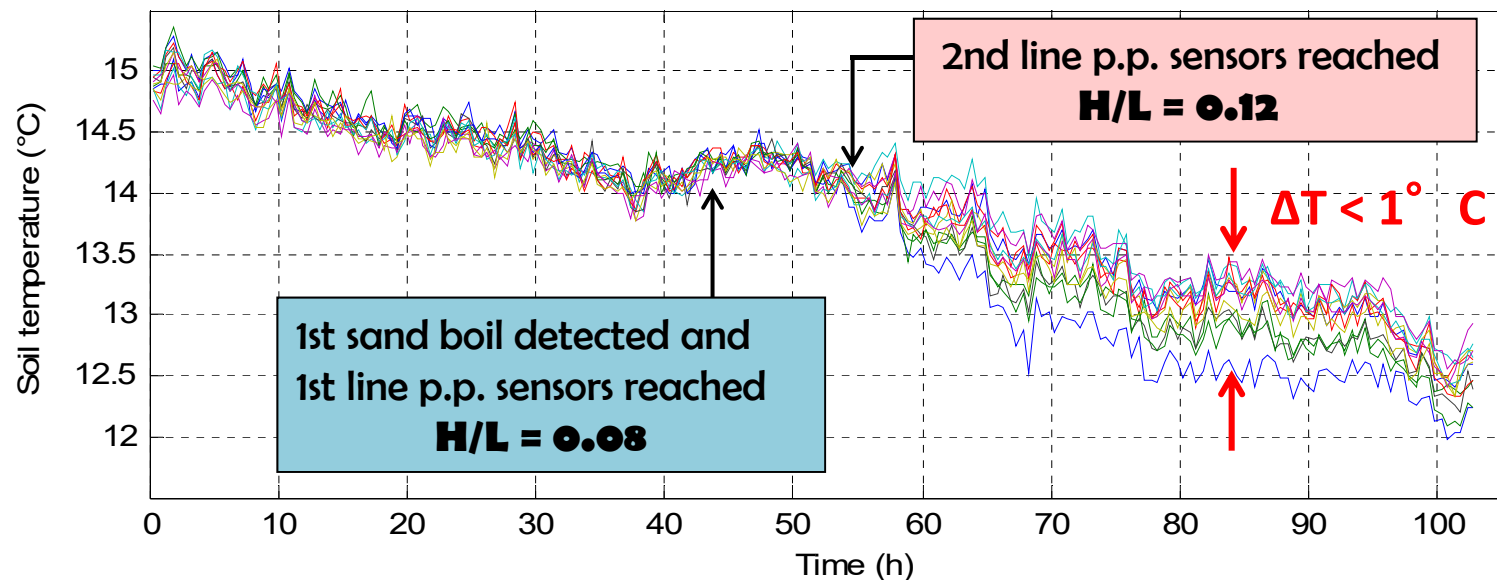
MONITORAGGIO DI  
PENDII

CONCLUSIONI

## MISURE DI TEMPERATURA CON LE FIBRE



Flusso di filtrazione



Evoluzione della temperatura nella prima striscia di fibre ottiche<sup>20</sup>



OUTLINE

INTRODUZIONE

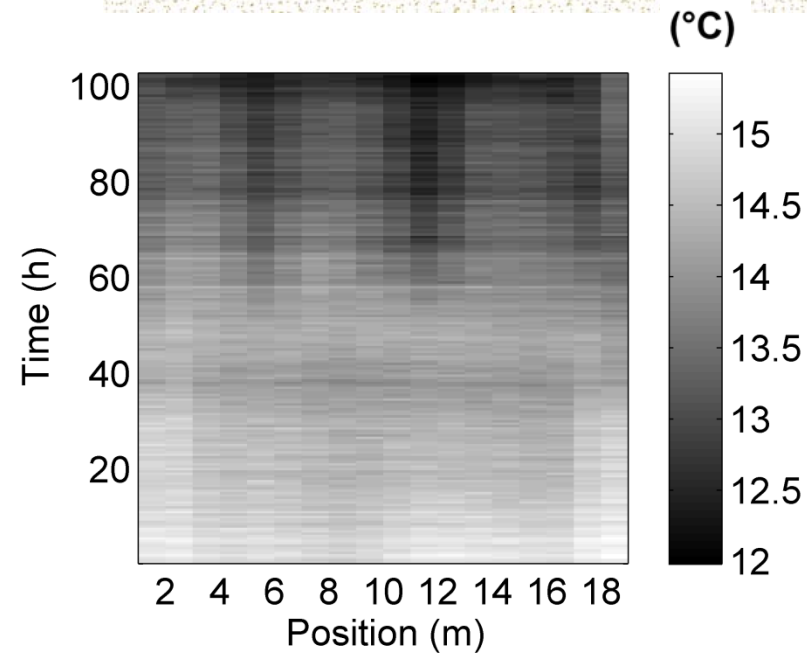
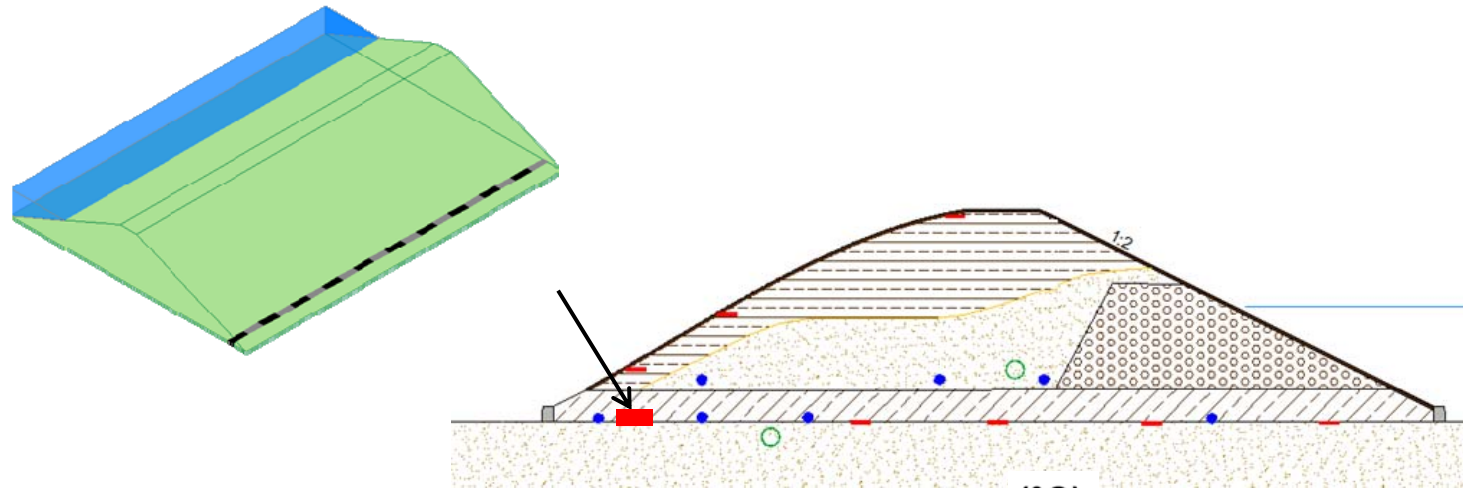
MONITORAGGIO DI  
FLUSSI

MONITORAGGIO DI  
STRUTTURE

MONITORAGGIO DI  
PENDII

CONCLUSIONI

## MISURE DI TEMPERATURA



Evoluzione della temperatura nella prima striscia di fibre ottiche  
I sifoni appaiono come linee verticali più scure.

OUTLINE

INTRODUZIONE

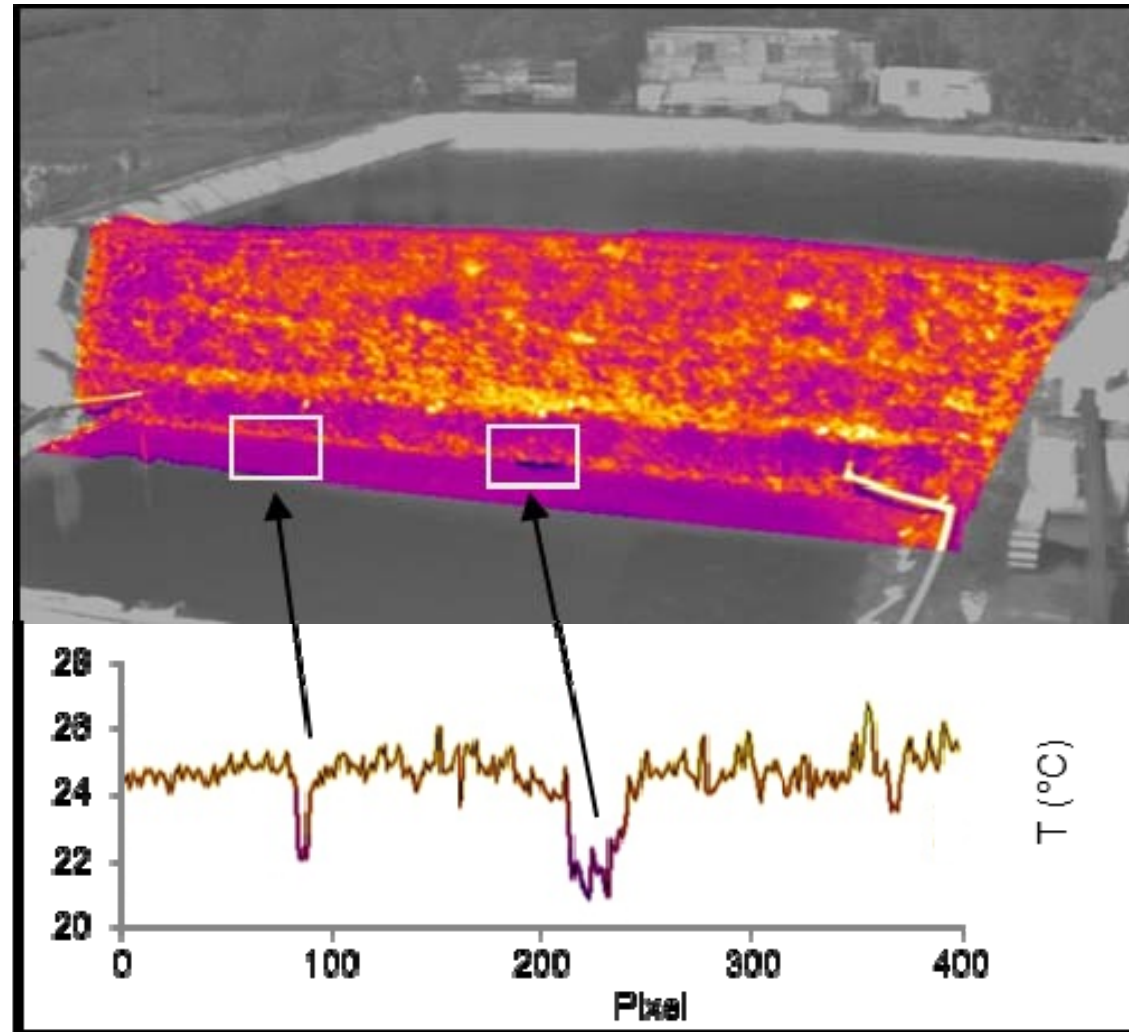
MONITORAGGIO DI  
FLUSSI

MONITORAGGIO DI  
STRUTTURE

MONITORAGGIO DI  
PENDII

CONCLUSIONI

## MISURE DI TEMPERATURA CON CAMERA A RAGGI INFRAROSSI



Vista frontale dell'argine.

OUTLINE

INTRODUZIONE

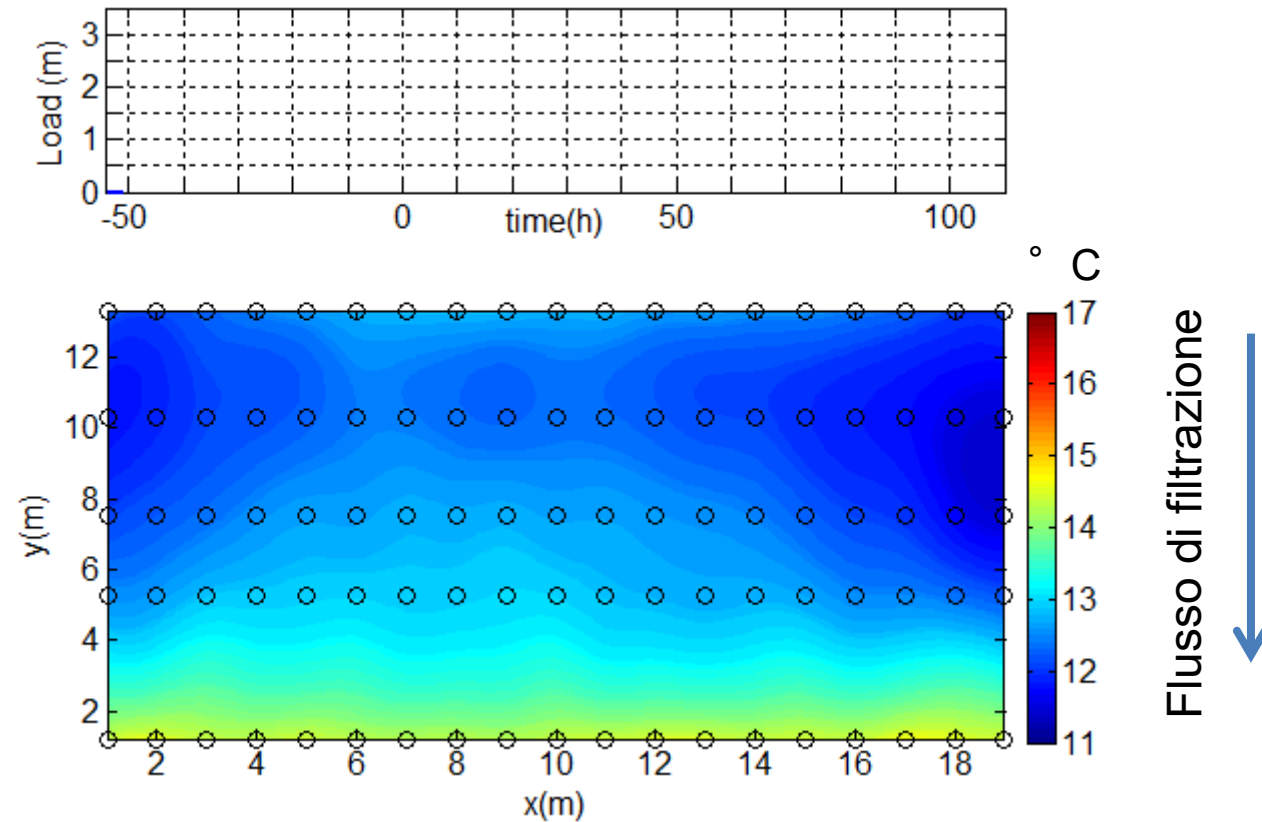
MONITORAGGIO DI  
FLUSSI

MONITORAGGIO DI  
STRUTTURE

MONITORAGGIO DI  
PENDII

CONCLUSIONI

## EVOLUZIONE DELLA TEMPERATURA NELLA FIBRA OTTICA IN FUNZIONE DEL CARICO IDRAULICO



Sezione planimetrica dell'argine in corrispondenza alle fibre ottiche ubicate al contatto tra terreno sabbioso e argilla compattata

OUTLINE

INTRODUZIONE

MONITORAGGIO DI  
FLUSSI

MONITORAGGIO DI  
STRUTTURE

MONITORAGGIO DI  
PENDII

CONCLUSIONI

## INNESCO DEL COLLASSO PER INSTABILITA' DEL PARAMENTO ESTERNO





OUTLINE

INTRODUZIONE

MONITORAGGIO DI  
FLUSSI

MONITORAGGIO DI  
STRUTTURE

MONITORAGGIO DI  
PENDII

CONCLUSIONI

## INNESCO DEL COLLASSO PER INSTABILITA' DEL PARAMENTO ESTERNO





OUTLINE

INTRODUZIONE

MONITORAGGIO DI  
FLUSSI

MONITORAGGIO DI  
STRUTTURE

MONITORAGGIO DI  
PENDII

CONCLUSIONI

## ROTTA ARGINALE FINALE





OUTLINE

INTRODUZIONE

MONITORAGGIO DI FLUSSI

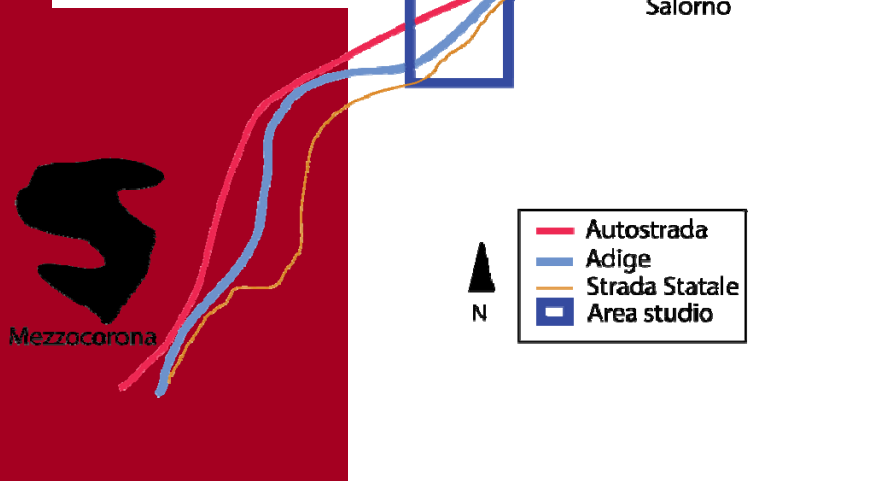
MONITORAGGIO DI STRUTTURE

MONITORAGGIO DI PENDII

CONCLUSIONI

## CASO STUDIO 2: ARGINE OPERATIVO DELL'ADIGE

Un tratto di 500 m di argine destro è soggetto a fontanazzi



- Autostrada
- Adige
- Strada Statale
- ▣ Area studio



OUTLINE

INTRODUZIONE

MONITORAGGIO DI FLUSSI

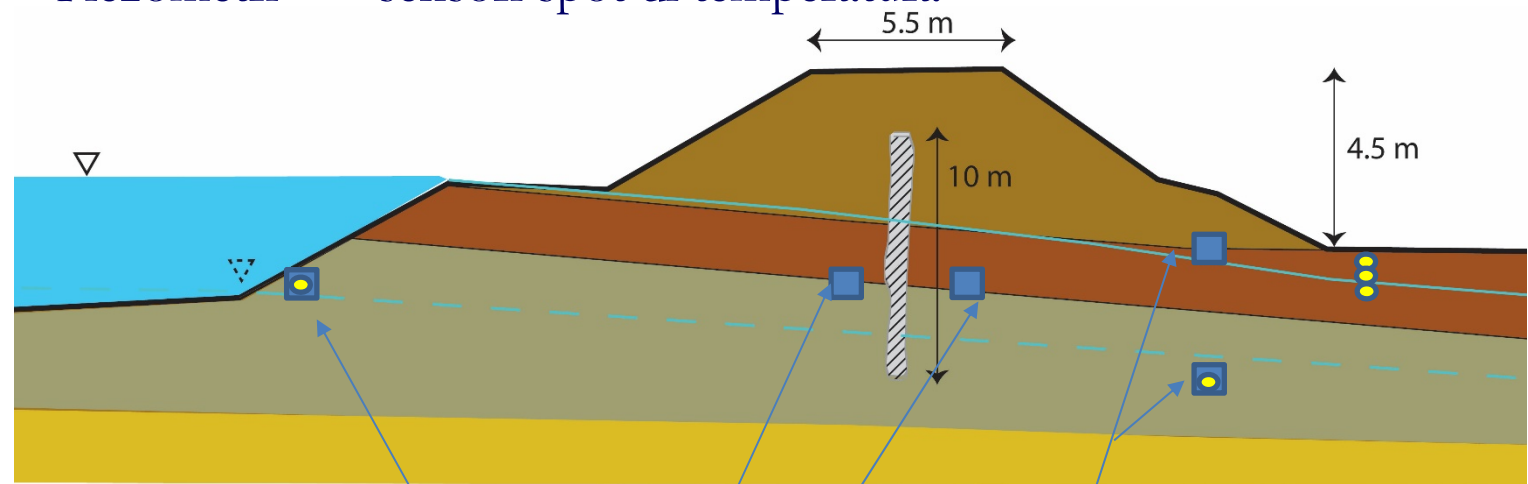
MONITORAGGIO DI STRUTTURE

MONITORAGGIO DI PENDII

CONCLUSIONI

## MONITORAGGIO CON SENSORI TRADIZIONALI

Piezometri + sensori spot di temperatura



- Tout-venant
- Silty sand
- Sandy gravel
- Sand

Casagrande

Multi-level



OUTLINE

INTRODUZIONE

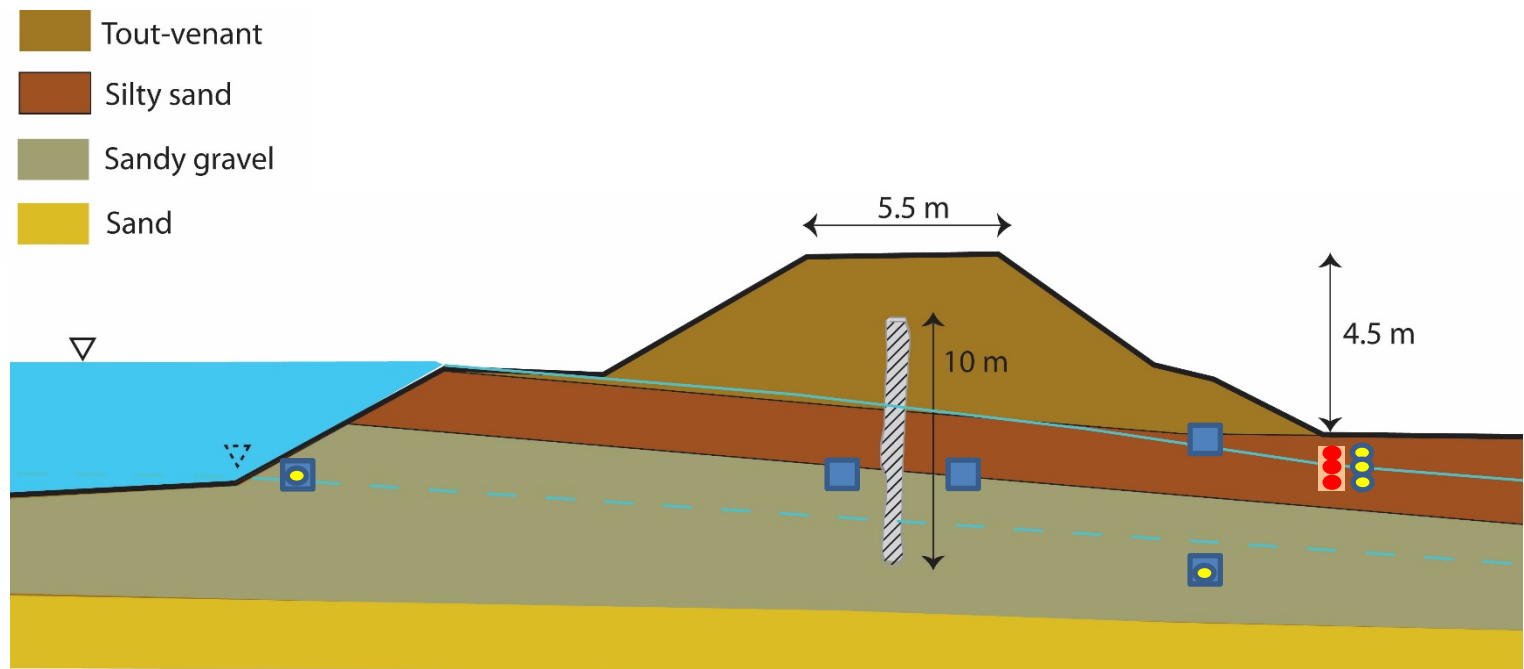
MONITORAGGIO DI FLUSSI

MONITORAGGIO DI STRUTTURE

MONITORAGGIO DI PENDII

CONCLUSIONI

## MONITORAGGIO CON FIBRA OTTICA



Installazione di un cavo in fibra ottica in una trincea profonda circa 1.5 m posta al piede dell'argine lato campagna, la fibra è disposta in tre livelli distanziati di 50 cm lungo la verticale

OUTLINE

INTRODUZIONE

MONITORAGGIO DI  
FLUSSI

MONITORAGGIO DI  
STRUTTURE

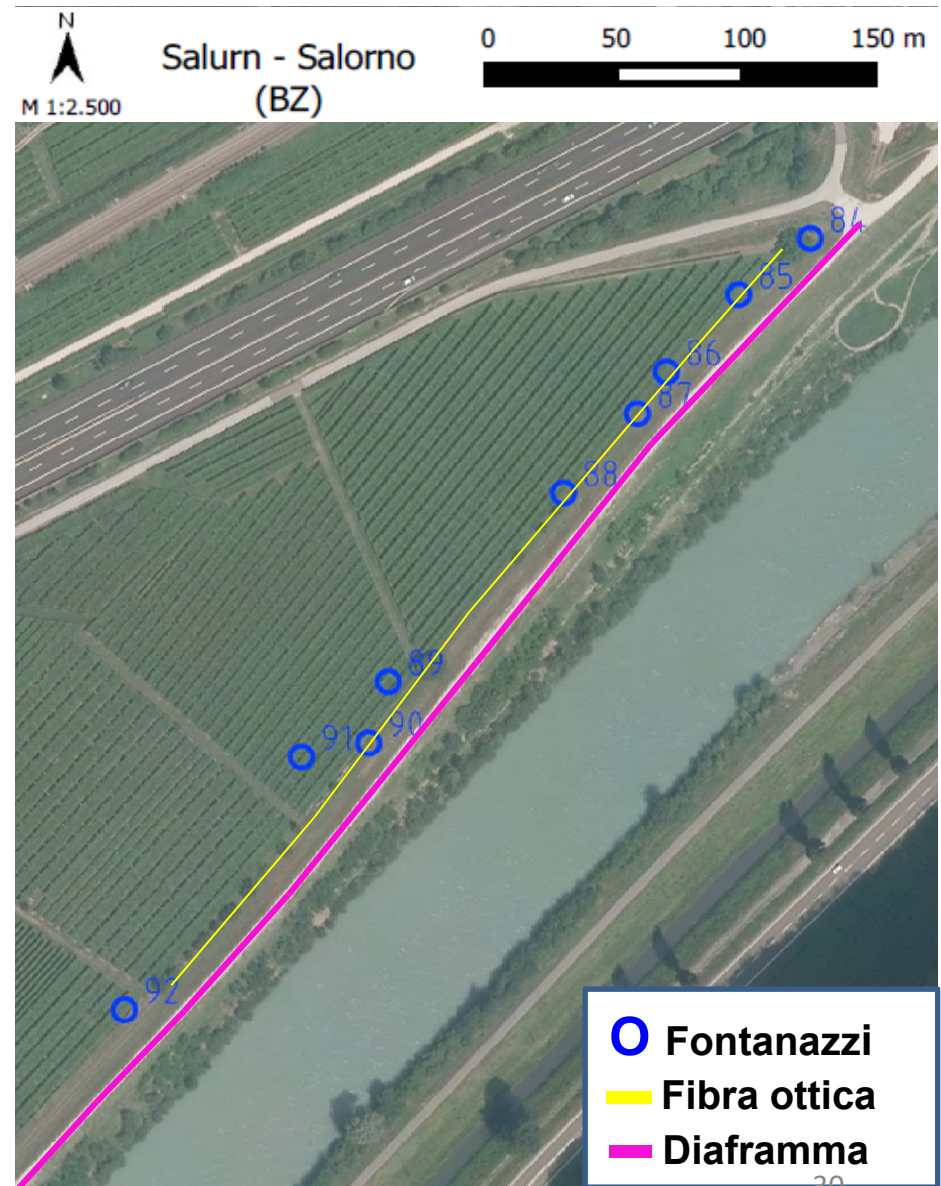
MONITORAGGIO DI  
PENDII

CONCLUSIONI

## INSTALLAZIONE DELLA FIBRA



1050 m di fibra  
(350 m su 3  
livelli)





OUTLINE

INTRODUZIONE

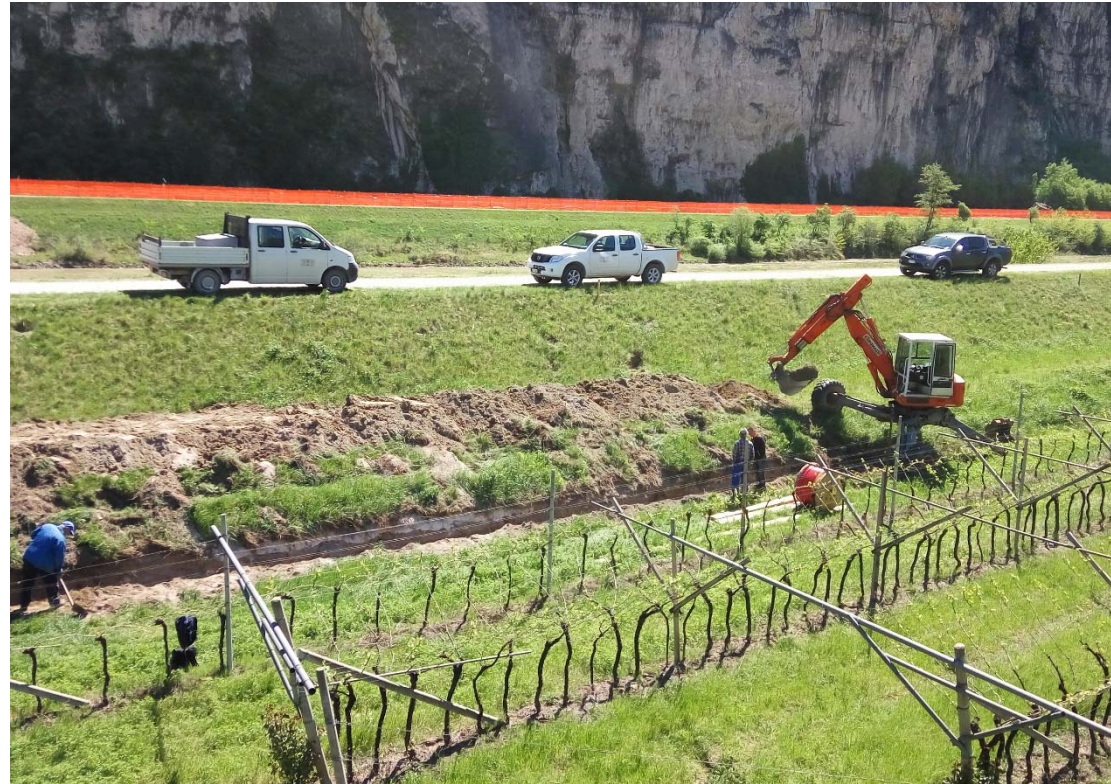
MONITORAGGIO DI  
FLUSSI

MONITORAGGIO DI  
STRUTTURE

MONITORAGGIO DI  
PENDII

CONCLUSIONI

## INSTALLAZIONE DELLA FIBRA



Dato che l'installazione viene svolta su un argine in uso è particolarmente importante garantire che l'installazione non metta a repentaglio la stabilità dell'opera

OUTLINE

INTRODUZIONE

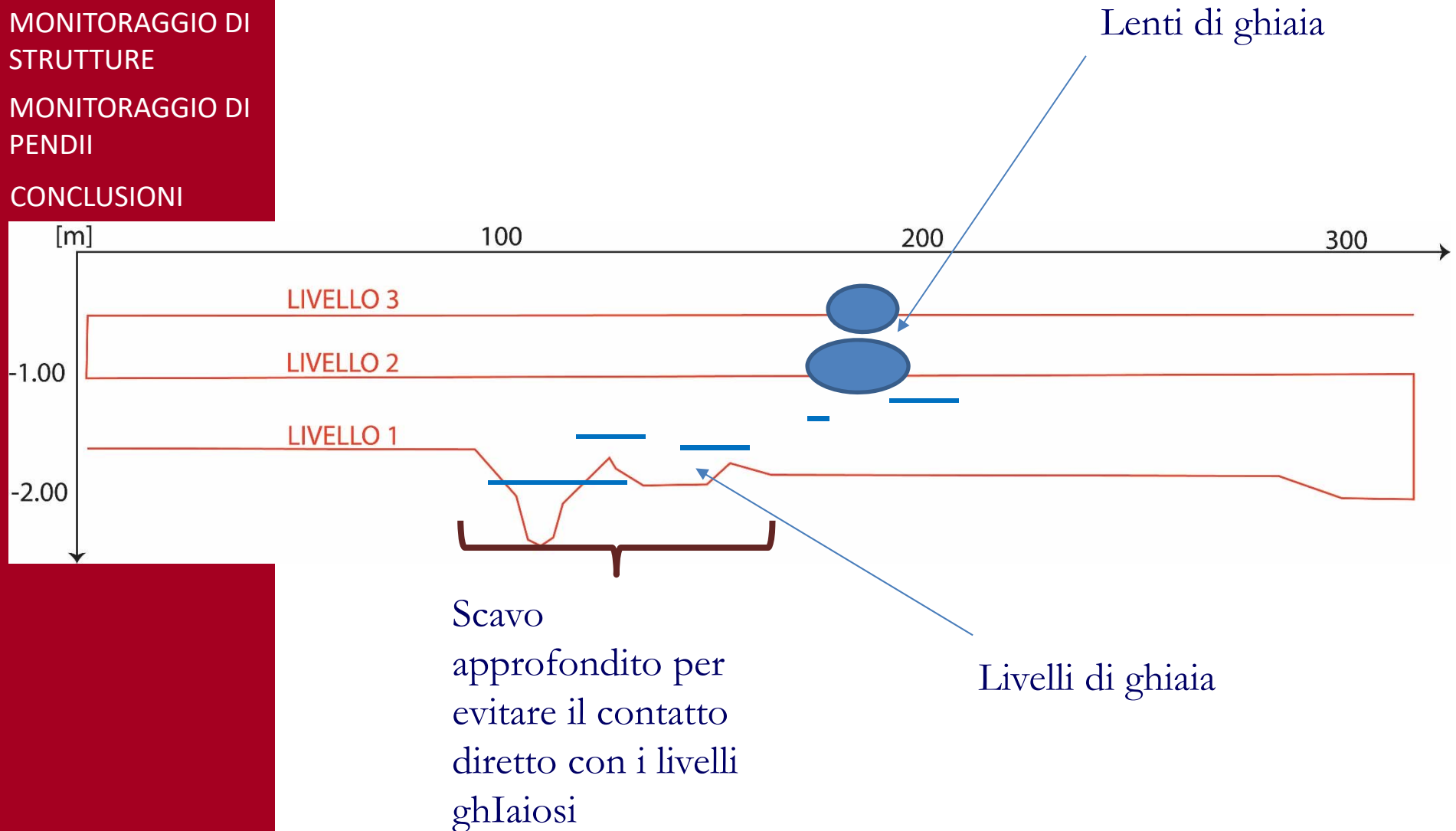
MONITORAGGIO DI FLUSSI

MONITORAGGIO DI STRUTTURE

MONITORAGGIO DI PENDII

CONCLUSIONI

## INSTALLAZIONE DELLA FIBRA



OUTLINE

INTRODUZIONE

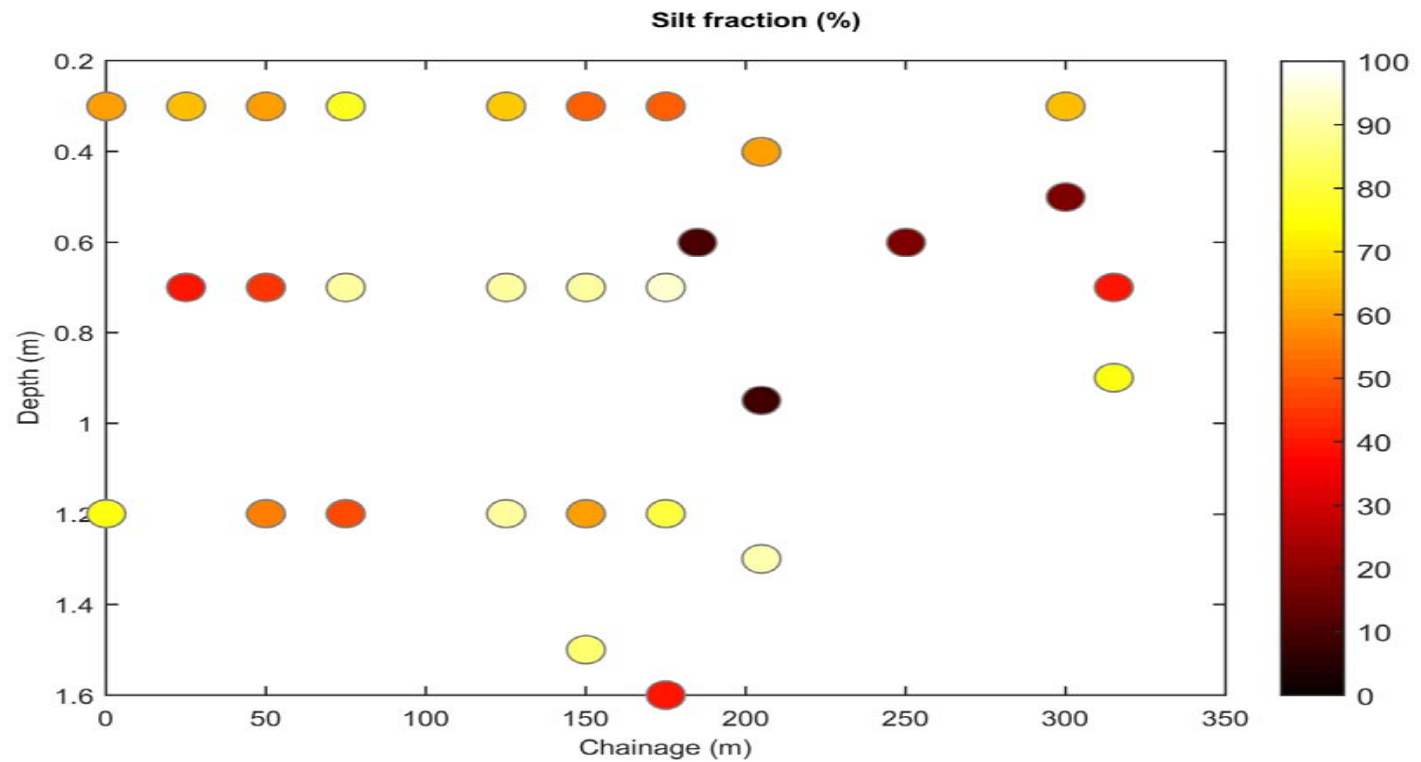
MONITORAGGIO DI  
FLUSSI

MONITORAGGIO DI  
STRUTTURE

MONITORAGGIO DI  
PENDII

CONCLUSIONI

## Prove geotecniche



Marcata eterogeneità dei terreni



OUTLINE

INTRODUZIONE

MONITORAGGIO DI FLUSSI

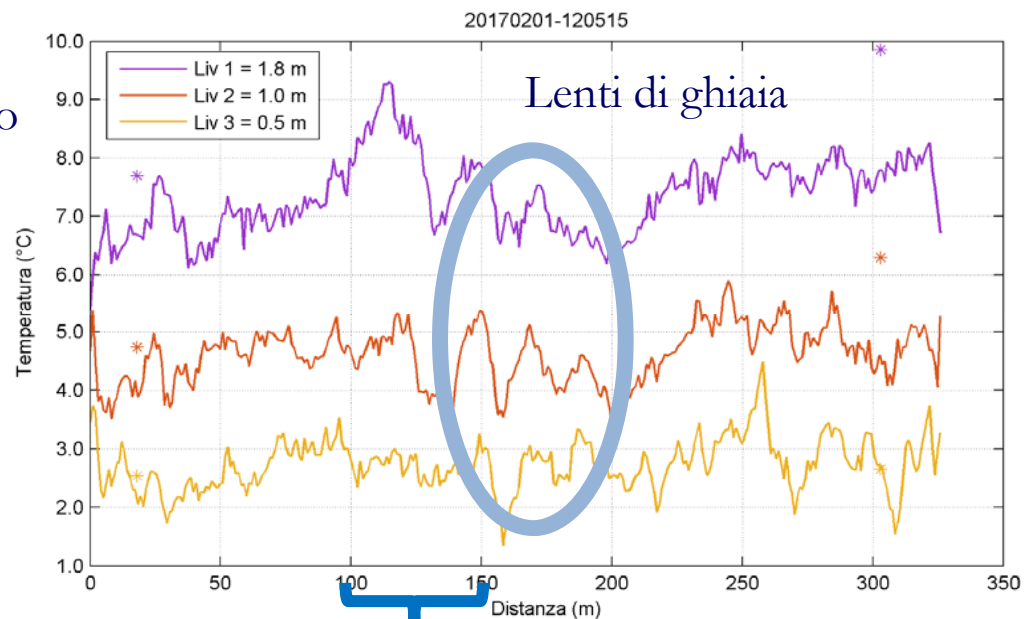
MONITORAGGIO DI STRUTTURE

MONITORAGGIO DI PENDII

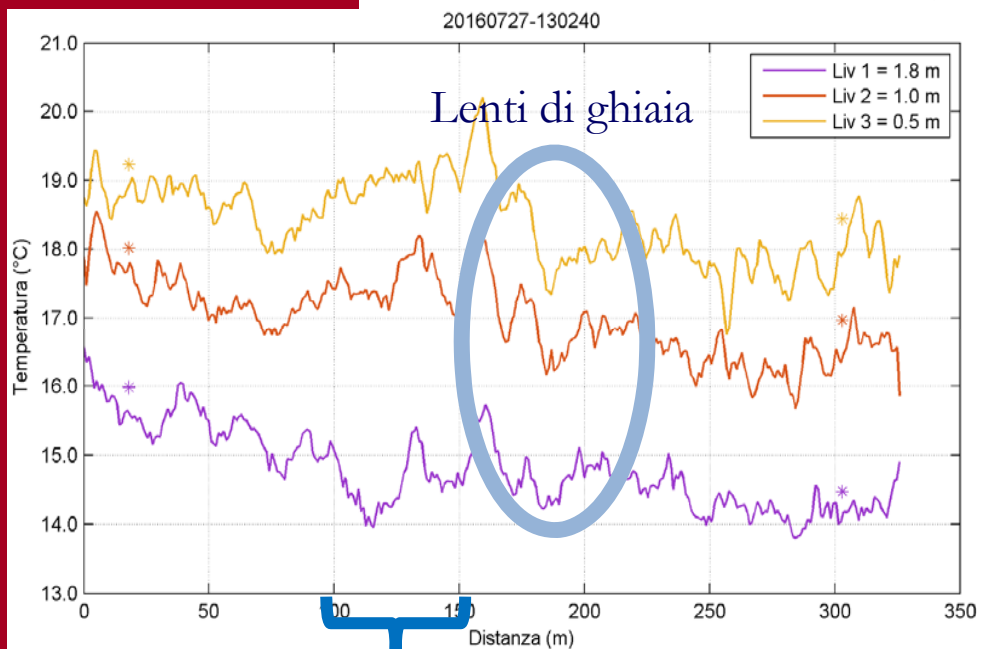
CONCLUSIONI

## PRIMI RISULTATI

Inverno



eterogeneità



Estate

eterogeneità



## CONSIDERAZIONI SUL MONITORAGGIO DEI FLUSSI

- Le eterogeneità del terreno giocano un ruolo centrale nelle dinamiche di sifonamento
- I sensori distribuiti in fibra ottica sono estremamente utili nel identificare le aree in cui c'è maggior flusso
- Il metodo *heat-pulse* può fornire ulteriori informazioni per stimare il flusso d'acqua attorno al cavo
- L'implementazione di metodi *low cost*, distribuiti per le misure indirette porterà un maggior utilizzo di reti di monitoraggio che possano monitorare lunghi tratti arginali
- Questi sistemi potranno essere usati anche per l'allerta, per informare gli operatori di protezione civile dell'imminenza di una collasso e perciò per guidare procedure di evacuazione

OUTLINE

INTRODUZIONE

MONITORAGGIO DI  
FLUSSI

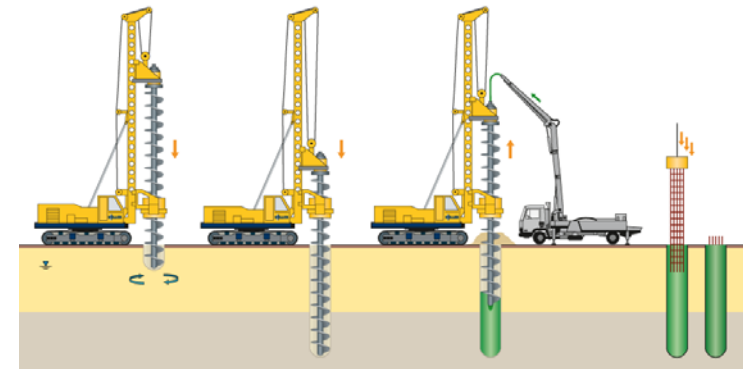
**MONITORAGGIO DI  
STRUTTURE**

MONITORAGGIO DI  
PENDII

CONCLUSIONI

## MONITORAGGIO DI UN PALO DI FONDAZIONE PER LA SPALLA DI UN PONTE

- Palo ad elica continua (CFA- Continuous Flight Auger)
- 24.5 m,  $\phi$  0.64 m);





OUTLINE

INTRODUZIONE

MONITORAGGIO DI  
FLUSSI

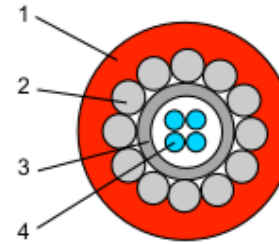
**MONITORAGGIO DI  
STRUTTURE**

MONITORAGGIO DI  
PENDII

CONCLUSIONI

## MONITORAGGIO DI UN PALO DI FONDAZIONE PER LA SPALLA DI UN PONTE

- Quattro fibre ottiche sono raggruppate in un'unico cavo rinforzato: 3 monitorano gli strain e uno la temperatura



### Construction:

- 1) PA outer sheath
- 2) Stainless steel wires, 316L
- 3) Stainless steel loose tube, 316L
- 4) Bend insensitive optical fibers with dual layer acrylate coating for increased micro bending performance

**BRUGG** CABLES  
Well connected.

- La fibra ottica è stata immersa nel cls dopo essere stata opportunamente pretensionata e ancorata alle barre



OUTLINE

INTRODUZIONE

MONITORAGGIO DI  
FLUSSI

MONITORAGGIO DI  
STRUTTURE

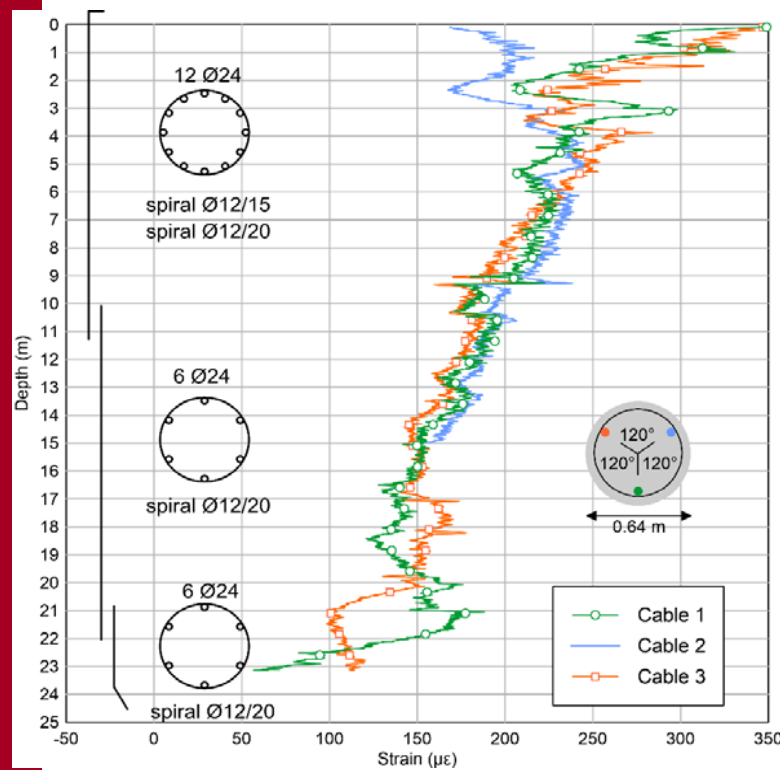
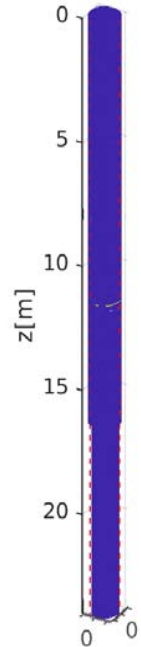
MONITORAGGIO DI  
PENDII

CONCLUSIONI

## TEST di CARICO



Load 0.0 [Ton]



- Un carico variabile è stato applicato alla testa del palo. Si misurano il carico e gli spostamenti. Contemporaneamente viene misurata la deformazione lungo la fibra con risoluzione spaziale di 1 cm.

OUTLINE

INTRODUZIONE

MONITORAGGIO DI FLUSSI

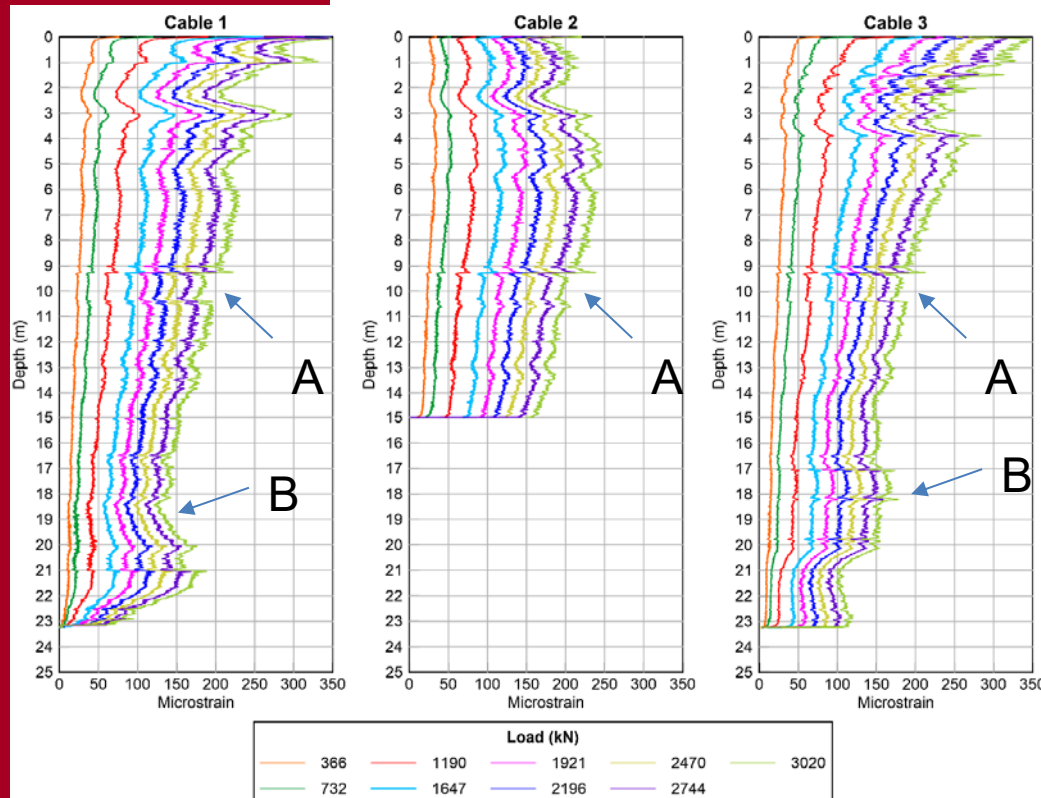
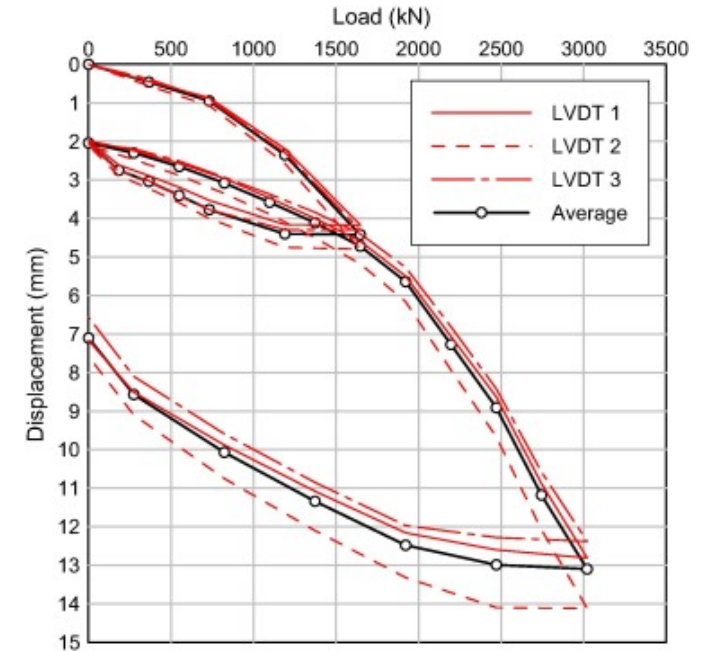
MONITORAGGIO DI STRUTTURE

MONITORAGGIO DI PENDII

CONCLUSIONI

## TEST di CARICO - RISULTATI

Spostamenti in testa al palo misurati con 3 trasduttori di spostamento in funzione del carico →



← Misura nella fibra:

- Le misure sono confrontabili e in tutti i tre cavi (A)
- Risultati diversi (B) possono essere imputati a anomalie/asimmetrie della sezione del palo



OUTLINE

INTRODUZIONE

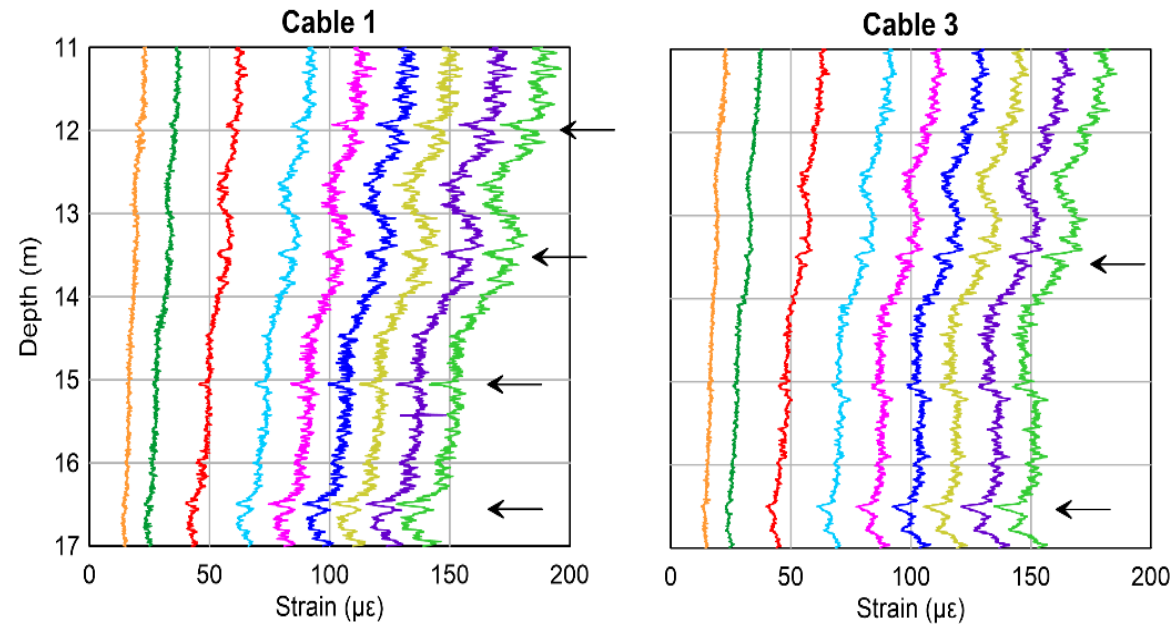
MONITORAGGIO DI  
FLUSSI

MONITORAGGIO DI  
STRUTTURE

MONITORAGGIO DI  
PENDII

CONCLUSIONI

## TEST di CARICO - RISULTATI



Grazie all'elevata risoluzione delle misure lungo la fibra si riescono ad identificare elementi a gran dettaglio.

Le variazioni indicate dalle frecce sono imputabili alla presenza delle staffe sulla gabbia del palo



OUTLINE

INTRODUZIONE

MONITORAGGIO DI  
FLUSSI

**MONITORAGGIO DI  
STRUTTURE**

MONITORAGGIO DI  
PENDII

CONCLUSIONI

## CONSIDERAZIONI SUL MONITORAGGIO DELLE STRUTTURE

- Il monitoraggio con fibra ottica si è dimostrata un ottimo strumento per caratterizzare il comportamento di una struttura geotecnica in calcestruzzo armato e la sua interazione col terreno
- Il monitoraggio con fibra ottica ha permesso di identificare le aree del palo a comportamento anomalo/asimmetrico e pertanto di valutare lo stato della struttura in tutta la sua interezza.

OUTLINE

INTRODUZIONE

MONITORAGGIO DI  
FLUSSI

MONITORAGGIO DI  
STRUTTURE

**MONITORAGGIO DI  
PENDII**

CONCLUSIONI

## MODELLO FISICO DI UNA FRANA SUPERFICIALE

- 30 m di fibra ottica sono stati disposti in un modello fisico di pendio (6x2x3.5 m) insieme a sensori tradizionali che monitorano la pressione nei pori e il contenuto d'acqua
- Un sistema di ugelli genera una pioggia uniforme



L. Schenato *et al.*, "Distributed optical fibre sensing for early detection of shallow landslides triggering," *Scientific Reports*, Oct. 2017.



OUTLINE

INTRODUZIONE

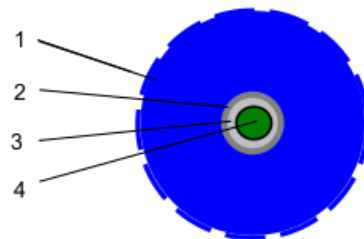
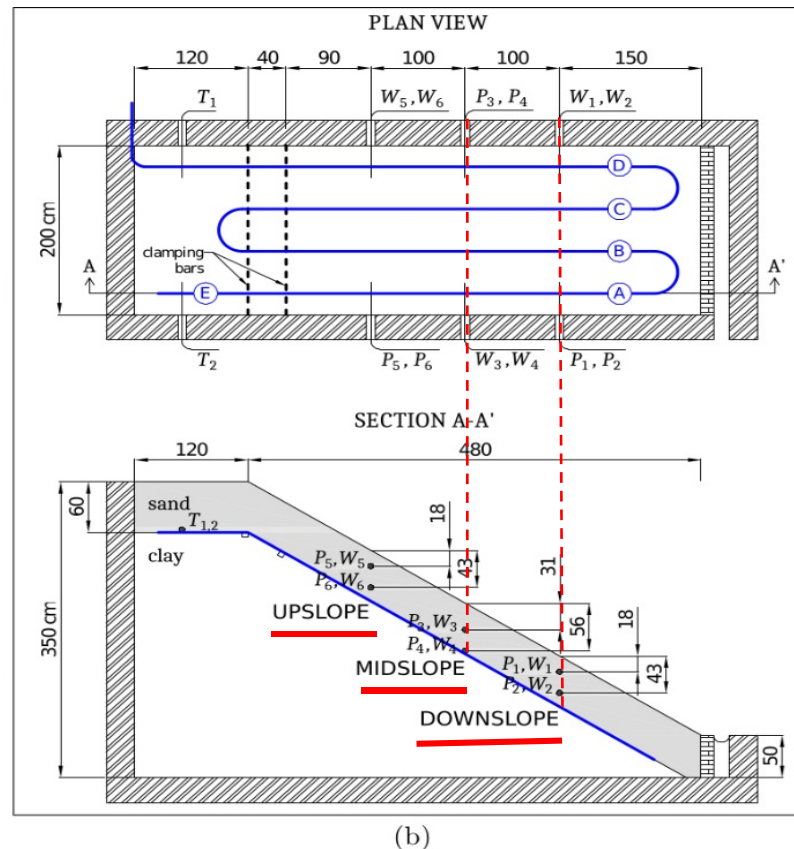
MONITORAGGIO DI FLUSSI

MONITORAGGIO DI STRUTTURE

MONITORAGGIO DI PENDII

CONCLUSIONI

## MODELLO FISICO DI UNA FRANA SUPERFICIALE



### Construction:

- 1) PA outer sheath, with structured surface with interlocking system
- 2) Metal tube SS316L for protection and hermetic seal
- 3) Multi layer buffer and strain transfer layer with interlocking system
- 4) Special strain sensing optical single mode fiber

- Misure di strain lungo A, B, C e D
- Temperature misurate lungo E
- Carico che induce elongazioni nella fibra dell'1%: 470 N
- Coating della fibra con struttura rugosa per garantire un buon contatto cavo-terreno
- Risoluzione spaziale: 1 cm lungo il cavo

OUTLINE

INTRODUZIONE

MONITORAGGIO DI  
FLUSSI

MONITORAGGIO DI  
STRUTTURE

MONITORAGGIO DI  
PENDII

CONCLUSIONI

## MODELLO FISICO DI UNA FRANA SUPERFICIALE





OUTLINE

INTRODUZIONE

MONITORAGGIO DI  
FLUSSI

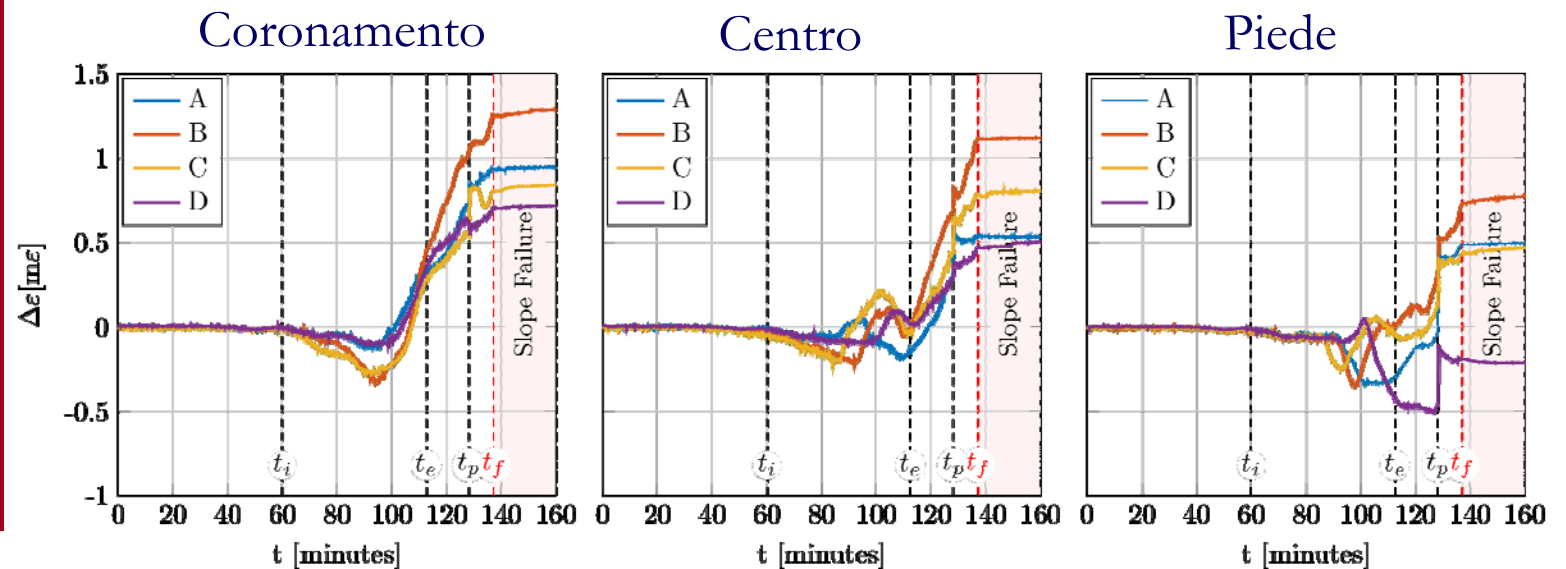
MONITORAGGIO DI  
STRUTTURE

MONITORAGGIO DI  
PENDII

CONCLUSIONI

## PROVA SU MODELLO DI FRANA SUPERFICIALE - RISULTATI

Misure punto per punto della deformazione a risoluzione centimetrica



OUTLINE

INTRODUZIONE

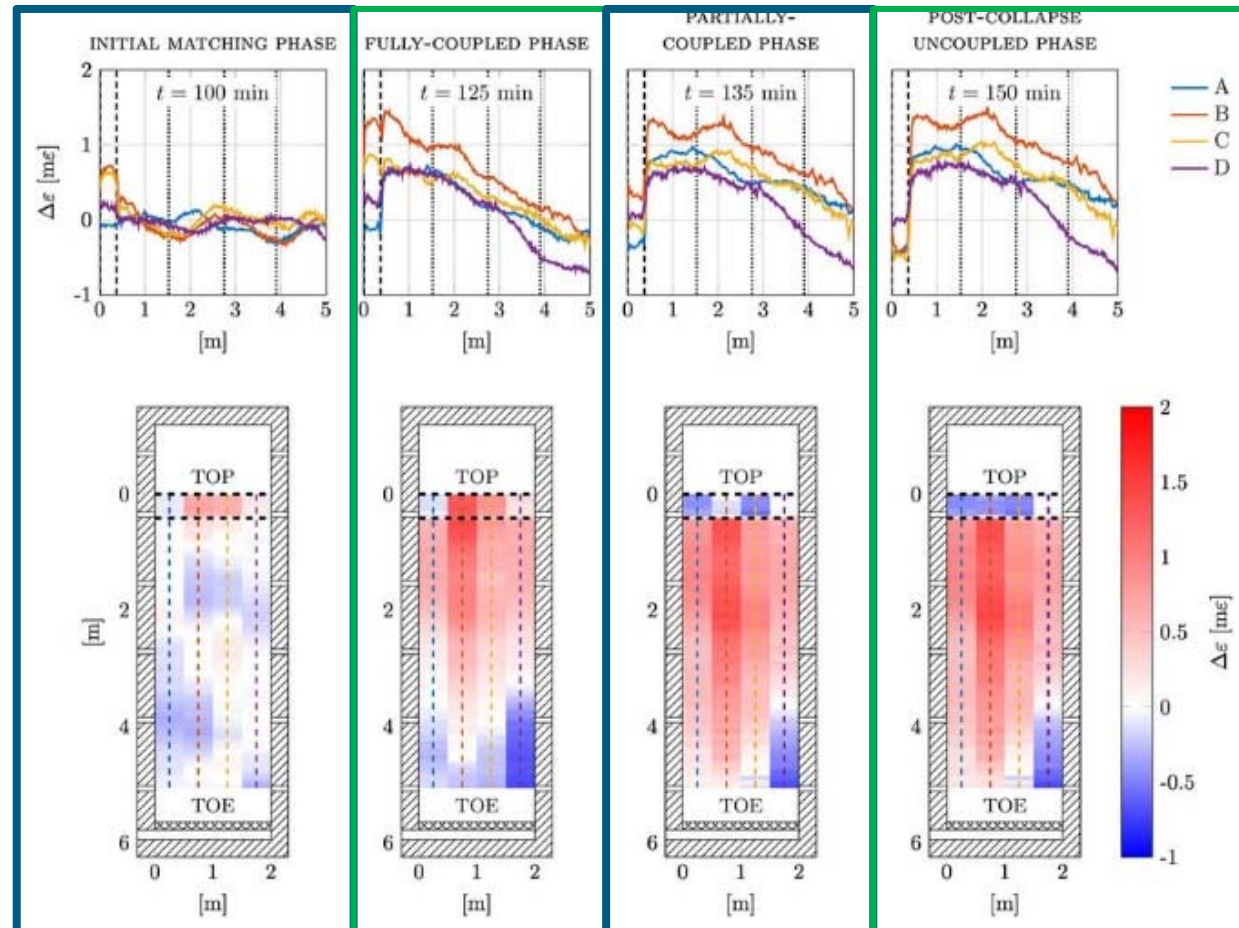
MONITORAGGIO DI FLUSSI

MONITORAGGIO DI STRUTTURE

MONITORAGGIO DI PENDII

CONCLUSIONI

## PROVA SU MODELLO DI FRANA SUPERFICIALE - RISULTATI



2.4. Si formano e si propagano le fibrazioni di fessure di tipo I, la cui apertura si ripropone in seguito a forti variazioni di strano a causa del rapido rilascio di energia.

OUTLINE

INTRODUZIONE

MONITORAGGIO DI  
FLUSSI

MONITORAGGIO DI  
STRUTTURE

**MONITORAGGIO DI  
PENDII**

CONCLUSIONI

## **MODELLO FISICO DI UNA FRANA SUPERFICIALE**

- Il monitoraggio con fibra ottica permette risoluzioni spaziali molto alte e quindi di investigare processi complessi, quale l'instabilità di un versante, con minori effetti di scala
- L'accoppiamento tra fibra e terreno, o tra fibra e altro materiale, deve essere accuratamente valutato e testato per ogni applicazione, considerando diversi tipi di rivestimento e/o vincoli, al fine di selezionare il setting più adeguato per la misura oggetto dell'indagine

OUTLINE

INTRODUZIONE

MONITORAGGIO DI  
FLUSSI

MONITORAGGIO DI  
STRUTTURE

MONITORAGGIO DI  
PENDII

**CONCLUSIONI**

## **CONSIDERAZIONI FINALI**

- Lo Structural Health Monitoring diventerà sempre più importante nei prossimi anni specialmente per quanto riguarda strutture di difesa da calamità naturali e grandi opere. L'economicità del SHM lo rende un'opzione vantaggiosa considerando l'incremento degli elementi esposti a rischi naturali e antropici, l'aumento dell'avversione al rischio e il costo associato al potenziamento/ricostruzione di strutture esistenti
- La messa a punto di metodi low-cost e distribuiti per il monitoraggio con la fibra ottica porterà un maggior utilizzo di questi strumenti in grado di monitorare a alta risoluzione grandi aree di interesse con sempre maggiore affidabilità e usabilità
- Questi sistemi potranno essere usati per l'allerta, per informare gli operatori dell'imminenza di una collasso, o per valutare lo stato di danno e l'evoluzione del danno in una struttura





Un ringraziamento particolare a:

- Dr. Ing. Silvia Bersan, UNIPD-DICEA ora CRUX Engineering BV, NL & Prof. Simonetta Cola, DICEA-UNIPD,
- Proff. Paolo Salandin & Matteo Camporese, UNPD-DICEA
- Dr. Ing. Giulia Bossi, Dr. Ing. Luca Schenato & Dr. Alessandro Pasuto CNR – IRPI
- Dr. Ing. Fabio De Polo, Direttore Ufficio Dighe, Provincia Autonoma di Bolzano
- Dr. André Koelewijn, Deltares, NL
- Proff. Andrea Galtarossa & Luca Palmieri, DEI – UNIPD
- Dr. Ing. Otello Bergamo, Libero Professionista

**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**