

## Giornata di Studio

**“La protezione superficiale dei suoli come prevenzione dall’erosione e contributo alla manutenzione di frane stabilizzate”**

# **Studio numerico degli effetti indotti da sistemi di trincee drenanti profonde in pendii argillosi in frana**

**Dr. Ing. Piernicola Lollino**



Consiglio Nazionale delle Ricerche  
Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica

**F. Cotecchia<sup>1</sup>, G. Mitaritonna<sup>1</sup>, G. Elia<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Politecnico di Bari - <sup>2</sup> University of Newcastle

**Politecnico di Bari - 17 giugno 2011**



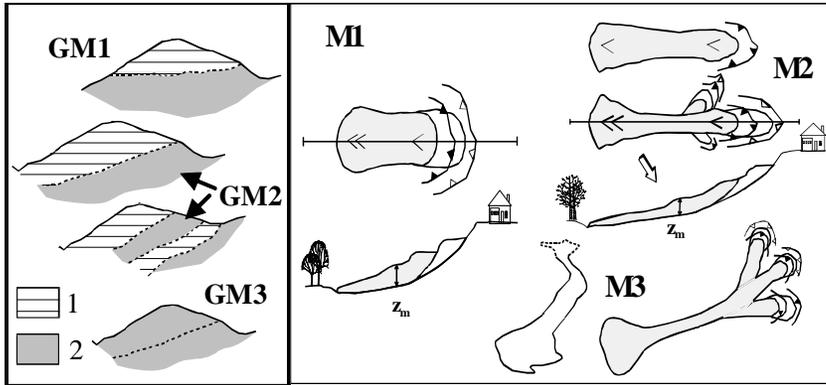
## ***Finalità della ricerca***

razionalizzare le metodologie di mitigazione del rischio da frana in contesti interessati diffusamente da processi di frana - il caso della Daunia

## ***Contenuti della presentazione***

- Descrizione caratteri delle fenomenologie franose nell'area di studio per l'individuazione di sistemi efficaci di intervento
- Strategie di intervento: analisi dello stato esistente
- Proposta di criteri innovativi: analisi numeriche per la verifica degli effetti di sistemi di trincee drenanti sui regimi piezometrici in profondità
- Conclusioni e sviluppi della ricerca

## Il caso di studio: appennino dauno pugliese

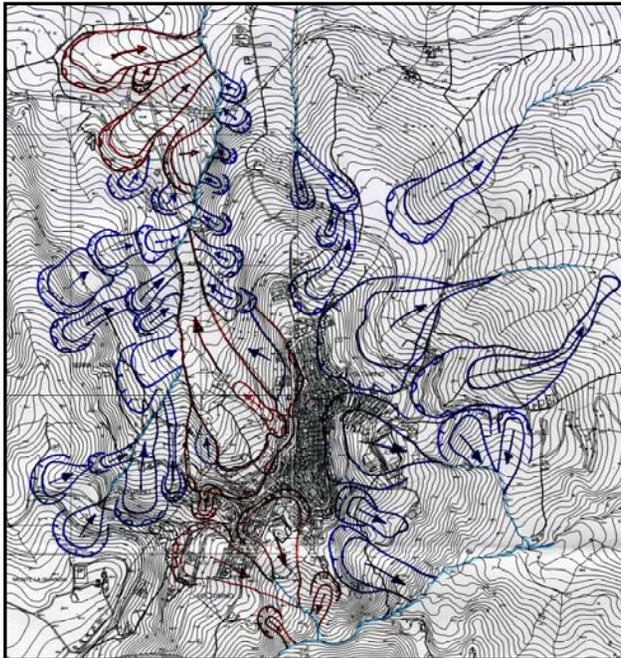


Santaloia et al. (PS\_119, 2011)

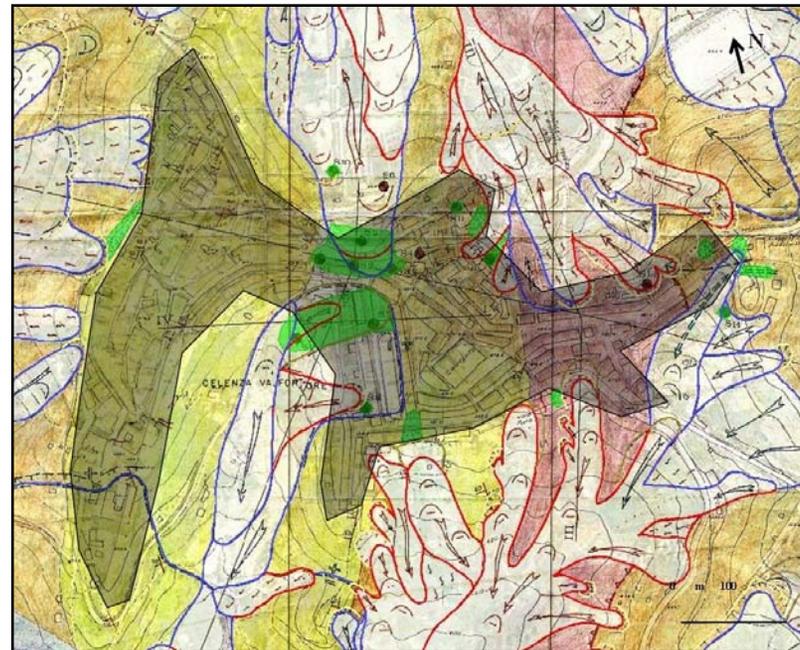
Territorio interessato da processi di frana a cinematica lenta



- Danneggiamento diffuso di strutture ed infrastrutture
- Condizionamento dello sviluppo socio-economico

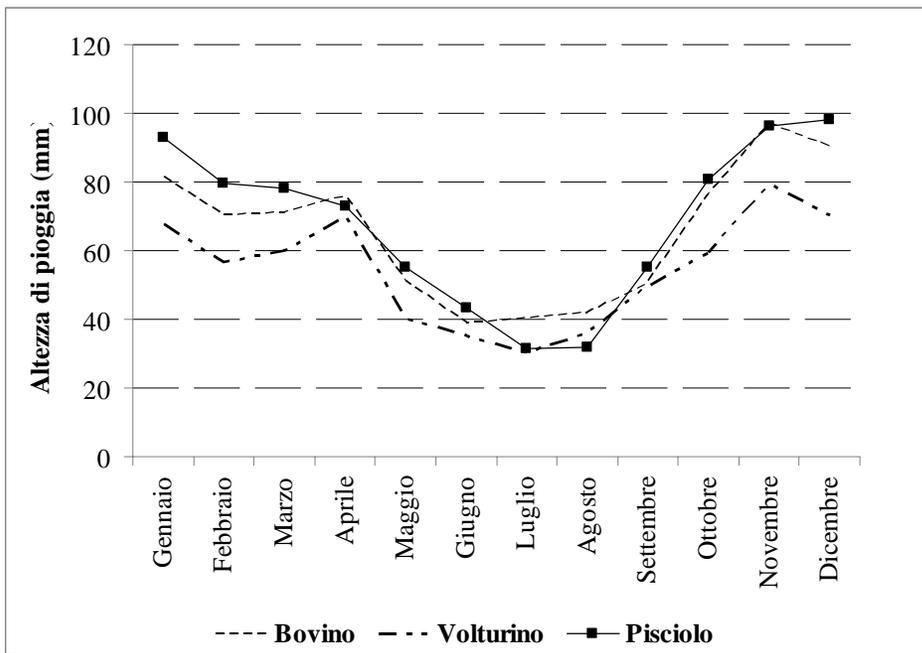


Volturino (FG)



Celenza Valfortore (FG)

# 1. Caratteri dei processi franosi



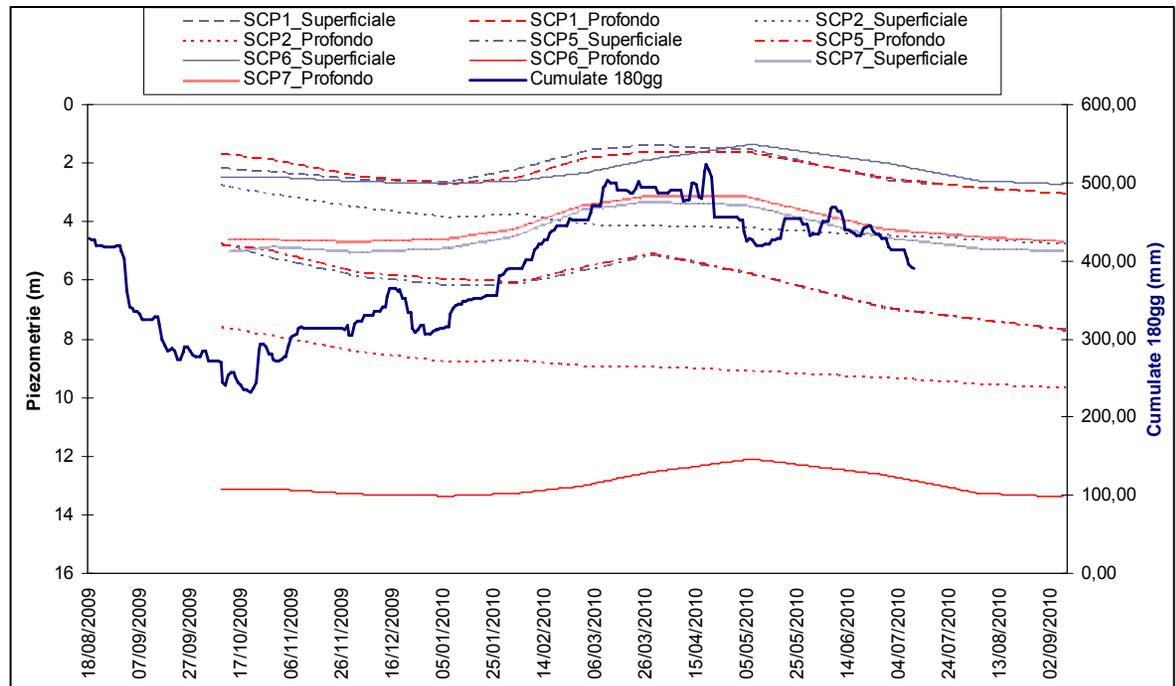
## Fattore predisponente:

regime piezometrico, con superficie libera poco profonda ed elevati carichi piezometrici in profondità

## Fattore innescante:

escursioni piezometriche, come effetto di piogge cumulate nel lungo periodo

Regime pluviometrico tipico nell'area

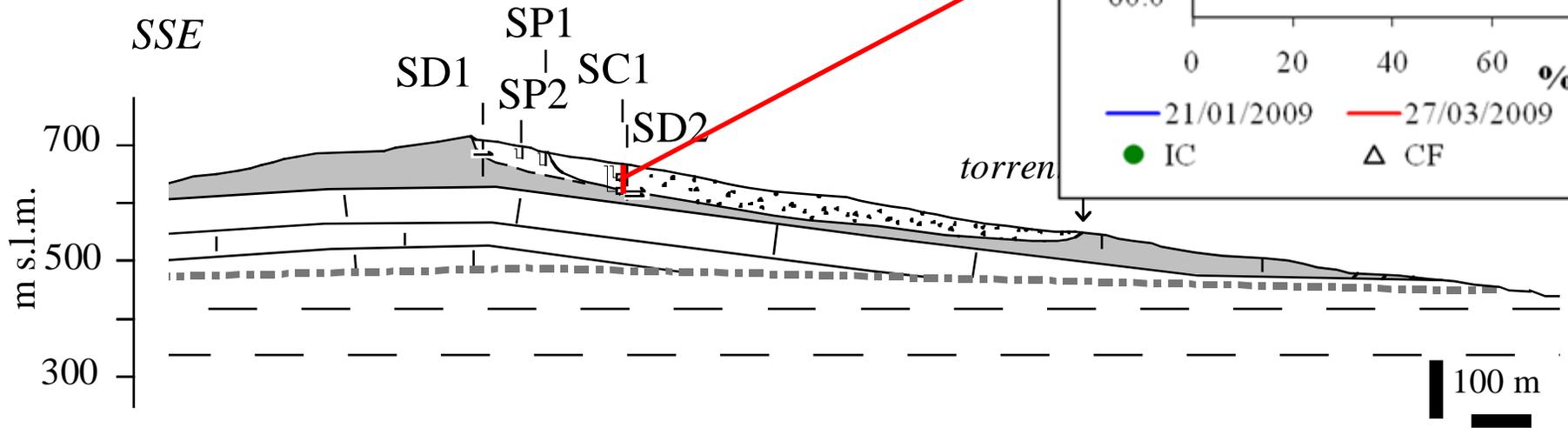
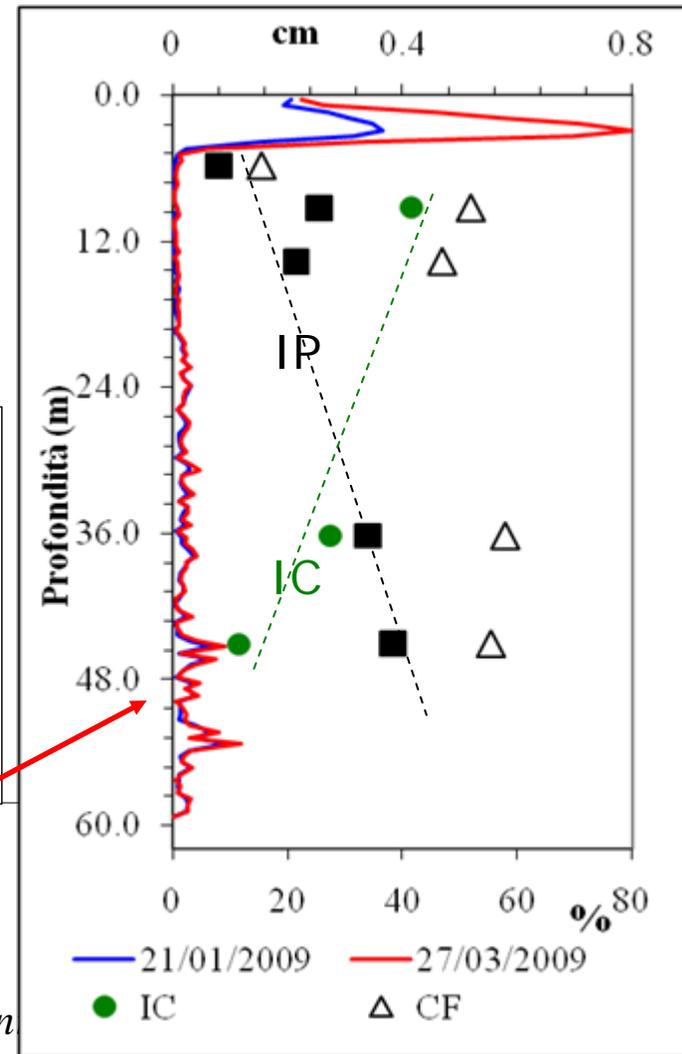
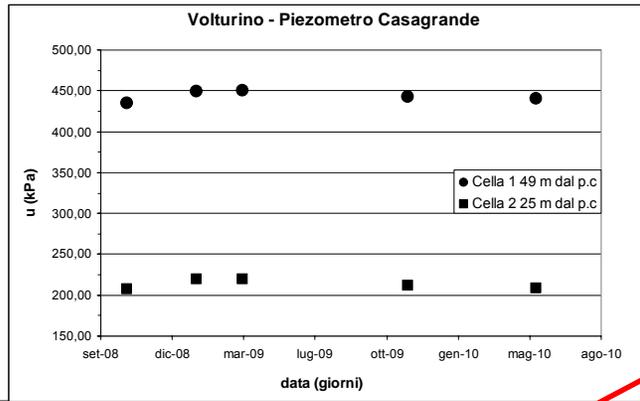
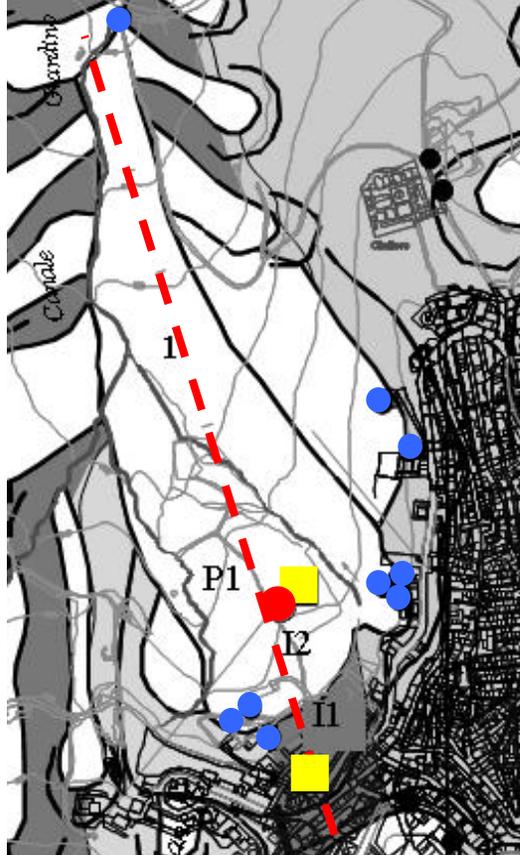


Regime piezometrico – frana Pisciole (PZ)

## Frana "Fontana a monte" – Volturino (FG)

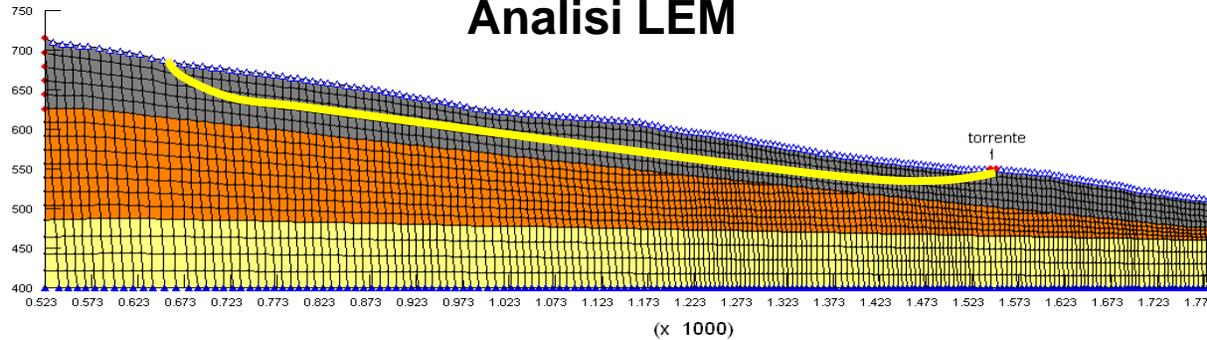
Formazione delle argille di Toppo Capuana

Bande di taglio a profondità di 40 – 50 m, con riattivazioni molto lente



# Frana "Fontana a monte" – Volturino (FG)

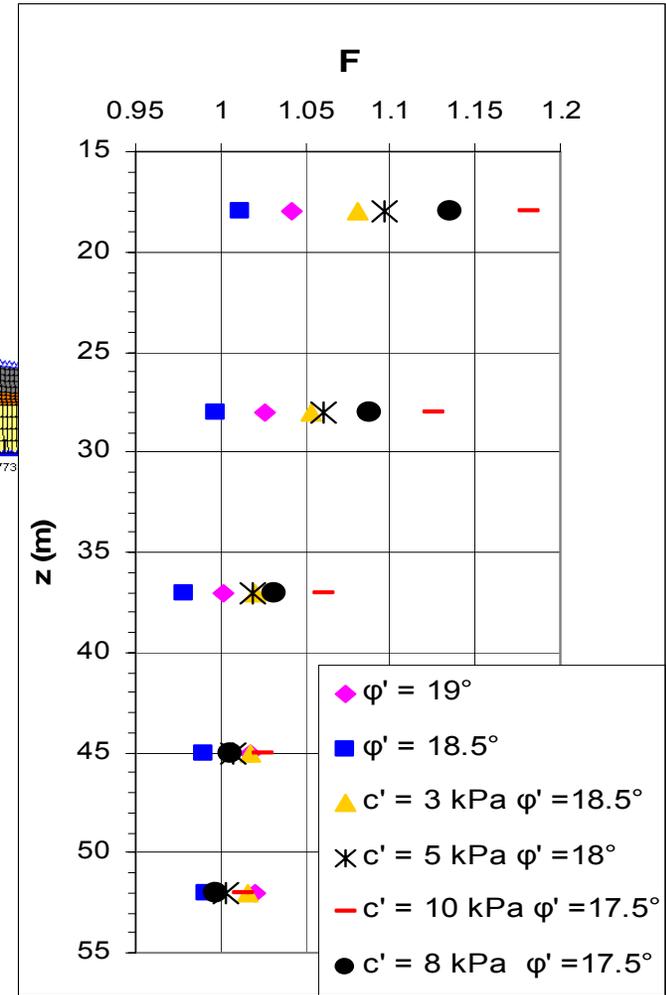
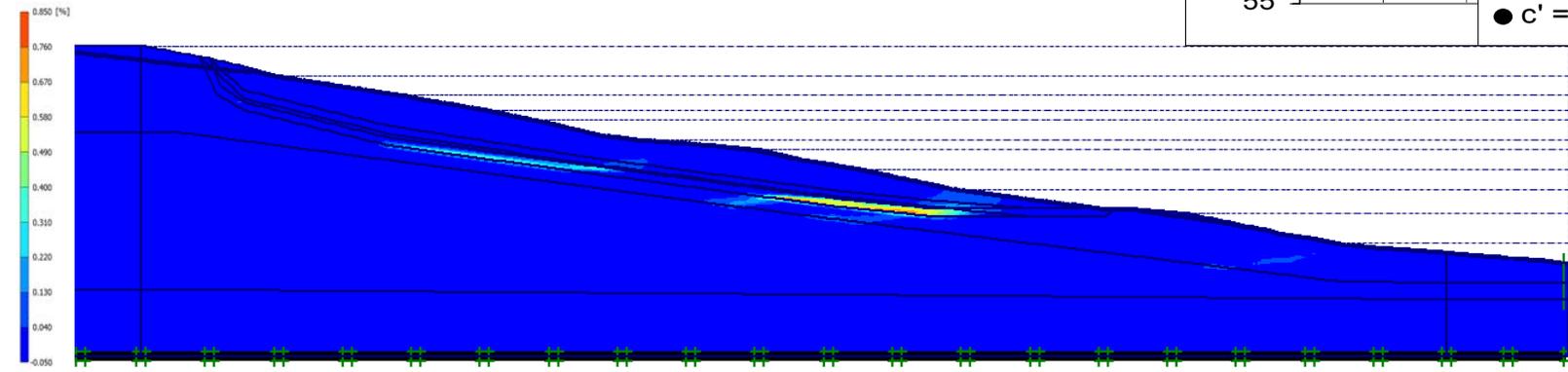
## Analisi LEM



Profondità critica = 37 - 45 m

Variazione di F (inverno - estate) = 7 - 10 %

## Analisi FEM



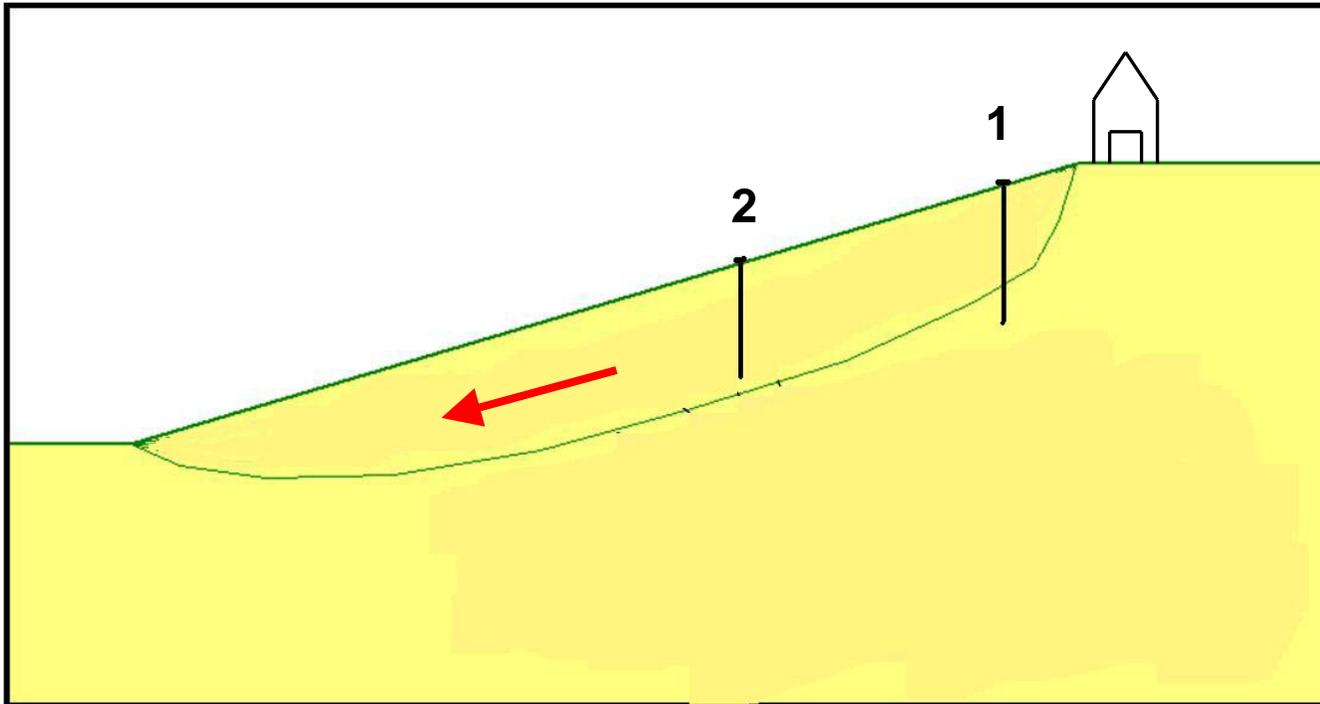
# Strategie di intervento: stato esistente

## Interventi strutturali

Contenimento del danneggiamento strutture in cresta



## ***Criticità degli interventi di tipo strutturale nei contesti indagati***



1. Inefficace nel lungo termine rispetto al corpo di frana (processo motore)
2. Complessa realizzazione per corpi di frana con superfici di scorrimento profonde

## SOLUZIONE INGEGNERISTICA

Obiettivo: incremento del fattore di stabilità di un pendio



Richiede la conoscenza del **MECCANISMO** che governa la rottura, nonché dei **FATTORI CAUSA** che generano l'attivazione del collasso



NECESSITA' DI INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO CHE AGISCANO SUL CORPO DI FRANA CON BUONE GARANZIE DI EFFICACIA NEL LUNGO TERMINE

Anche con lievi incrementi del fattore di stabilità

# Nuove strategie di intervento

Riduzione delle pressioni  
interstiziali in profondità

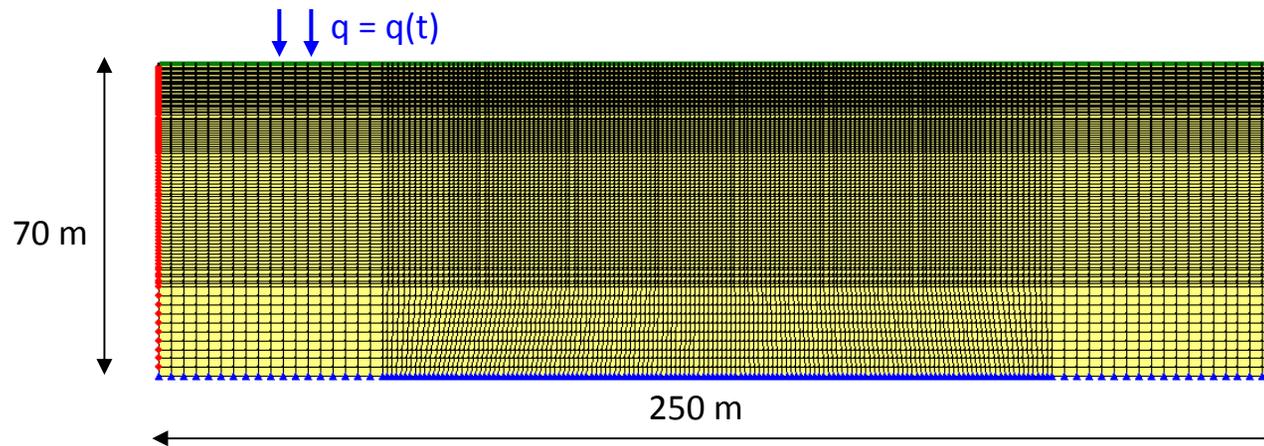


Interventi di drenaggio con effetti in profondità  
 $K_{\text{sito}} \gg K_{\text{lab}}$

Analisi FEM-2D (*SEEP/W*) per  
valutare l'efficienza media in una  
sezione trasversale di sistemi di  
trincee drenanti profonde

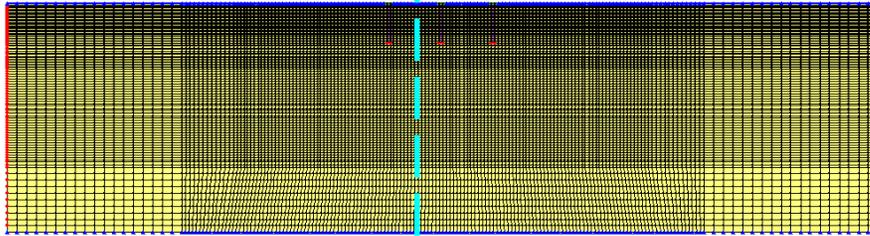
**ANALISI PARAMETRICA** al variare delle:

- ✓ caratteristiche idrauliche del terreno
- ✓ caratteristiche geometriche del sistema di trincee



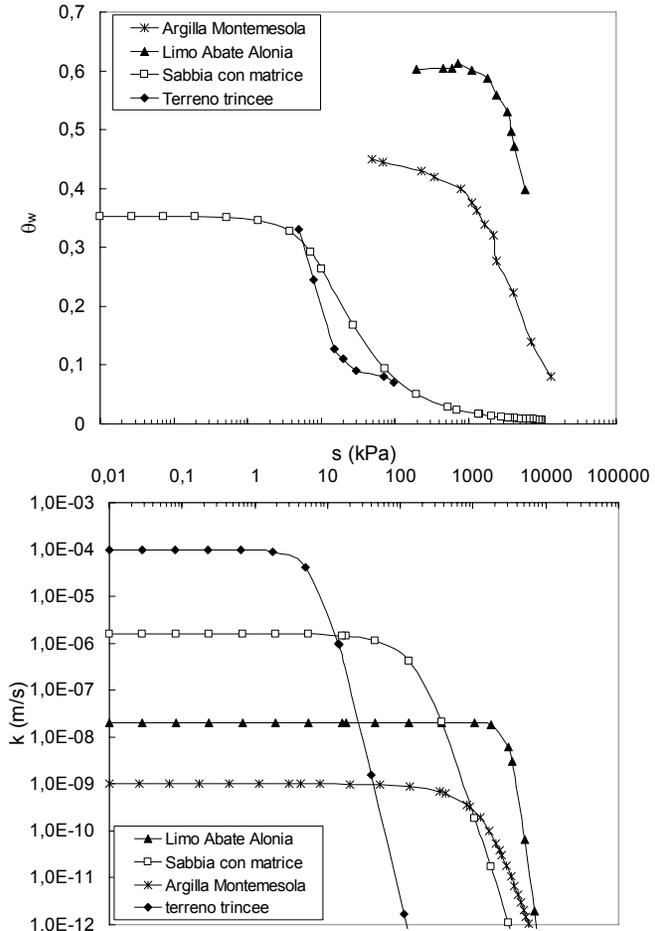
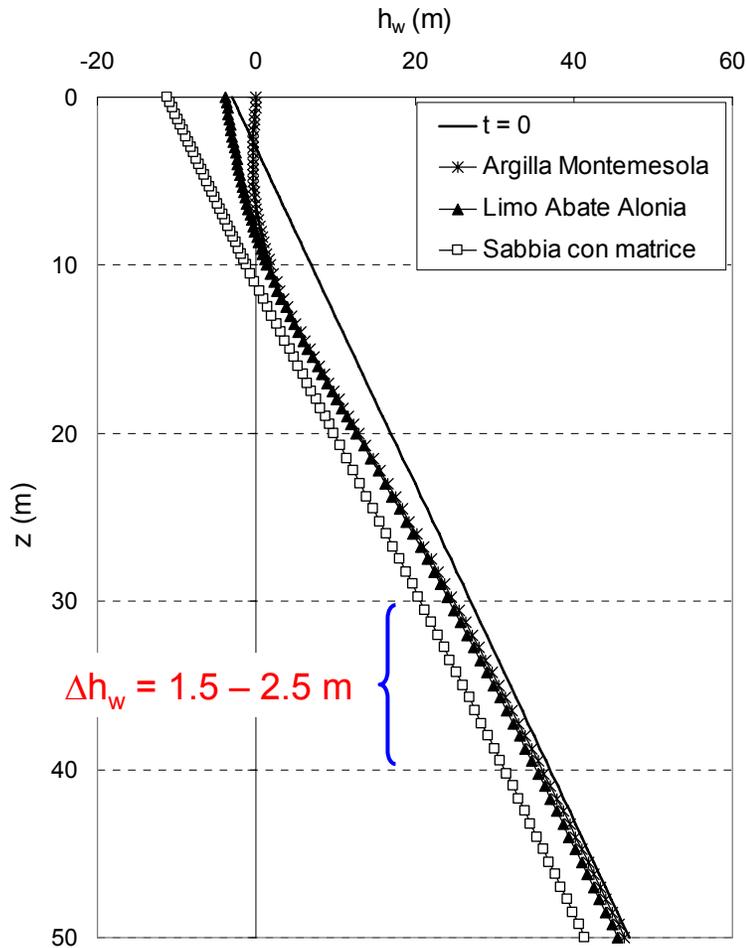
Maglia di calcolo considerata e condizioni al contorno

$N = 3; S = 15 \text{ m}; H = 12 \text{ m}$



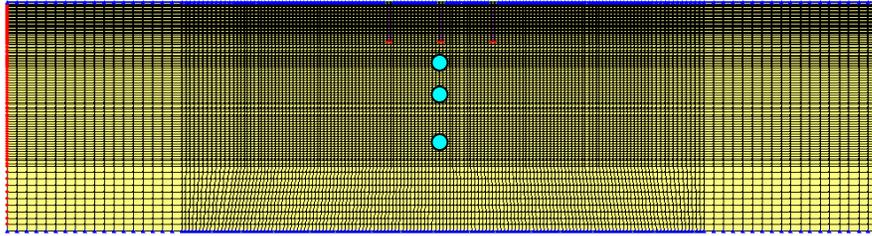
**Analisi parametrica:**

effetto delle proprietà idrauliche del terreno



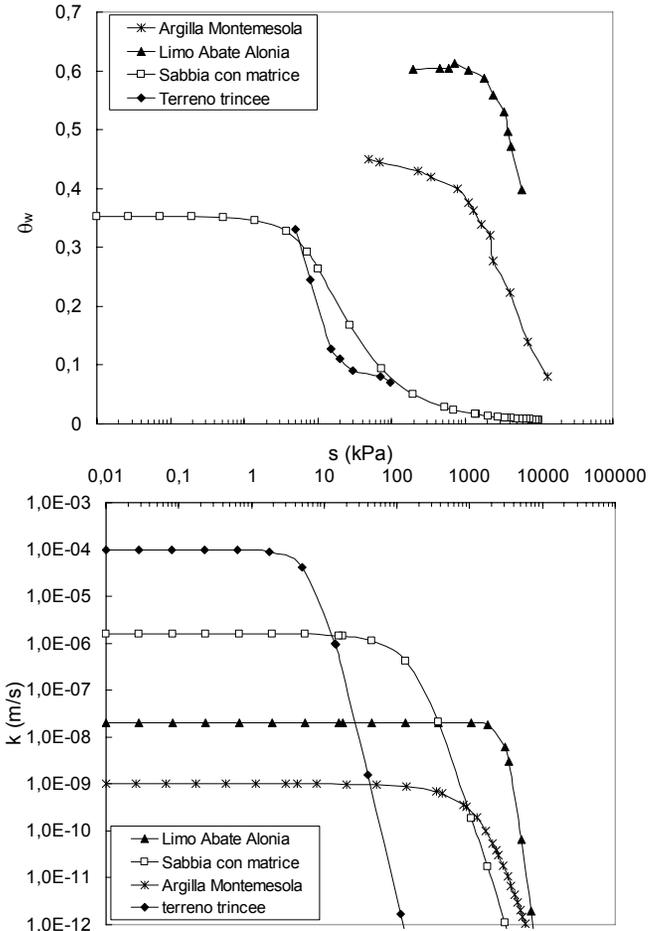
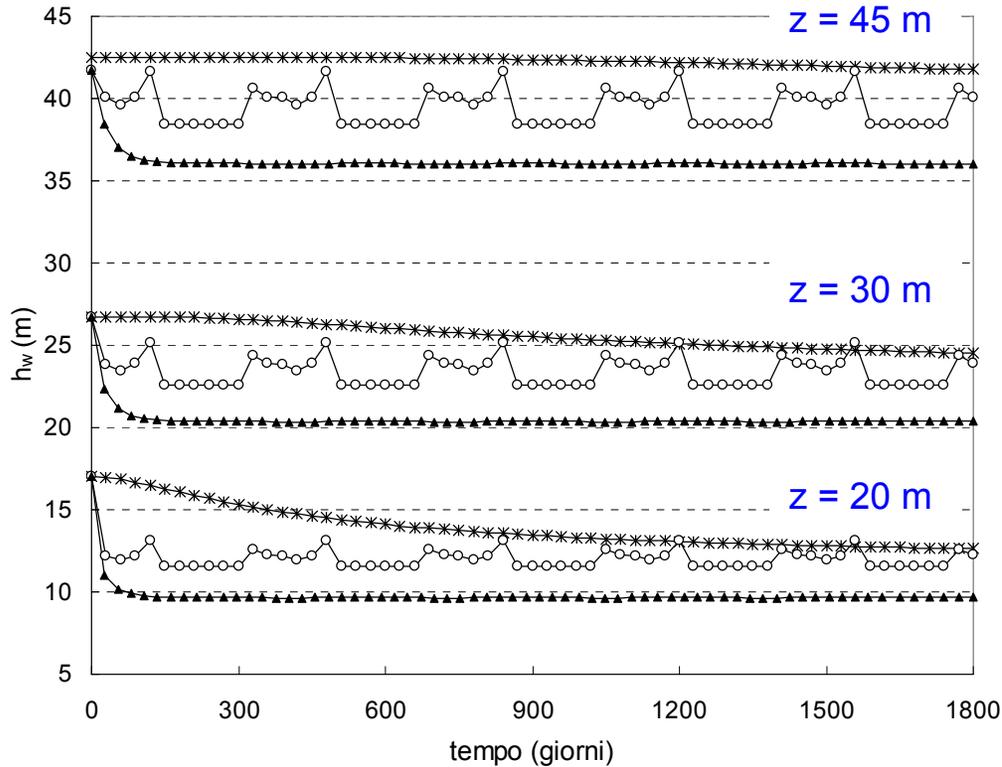
(Cafaro et al. 2008; Bottiglieri 2009)

N = 3; S = 15 m; H = 12 m



Analisi parametrica:

effetto delle proprietà idrauliche del terreno



Analisi	$K_{\text{terreno}}$	N	H	S
	(m/s)		(m)	(m)
1	1E-09	3	12	15
2	1E-09	5	12	15
3	1E-09	3	12	22
4	1E-09	3	16	22
5	1E-09	7	16	22
6	3E-09	3	16	30
7	5E-09	3	16	30

### Analisi parametrica al variare delle:

✓ caratteristiche geometriche del sistema di trincee

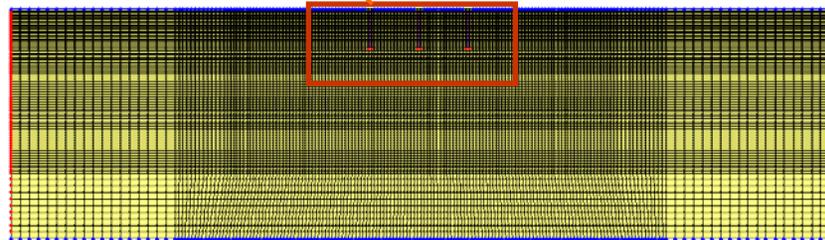
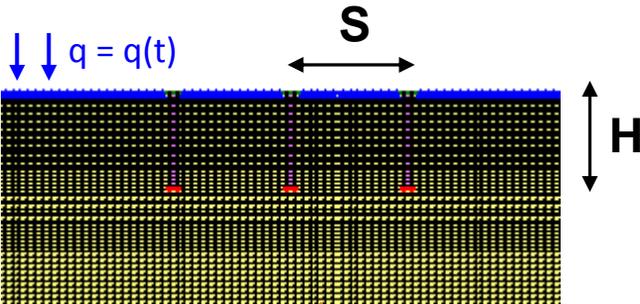
N = numero trincee (3 - 7)

H = profondità trincee (12 – 16 m)

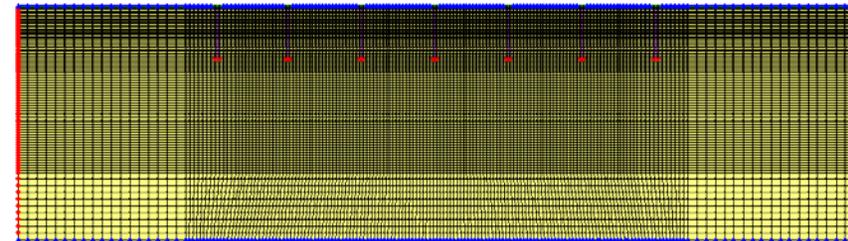
S = interasse trincee (15 – 30 m)

✓ caratteristiche di permeabilità del terreno ( $k_{\text{sat}}$ )

$1 \cdot 10^{-9} - 5 \cdot 10^{-9}$  m/s

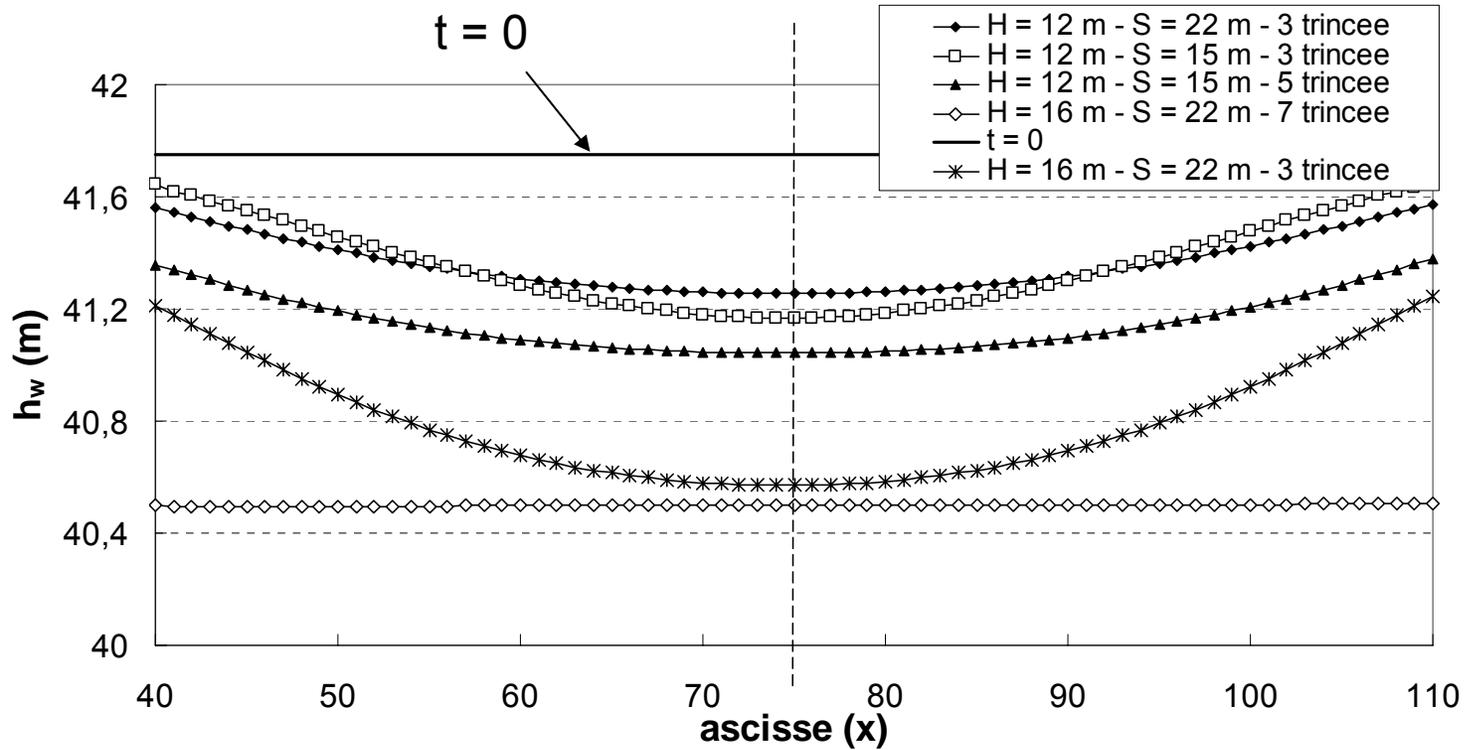
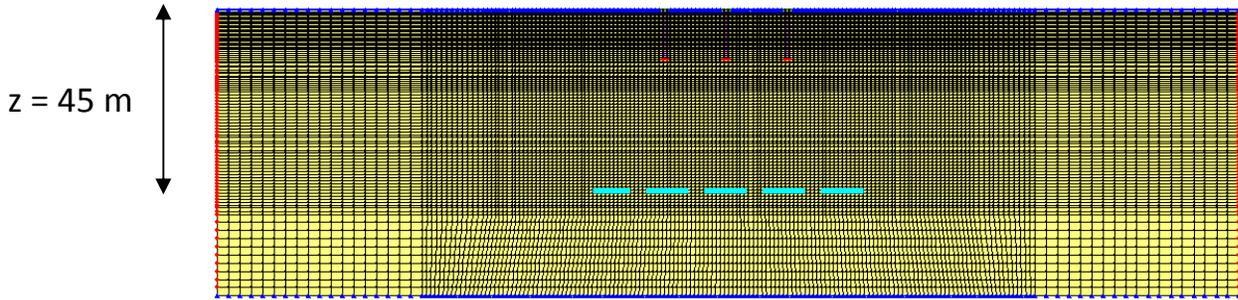


**Configurazione minima:** sistema di 3 trincee (H=12 m; S = 15 m)

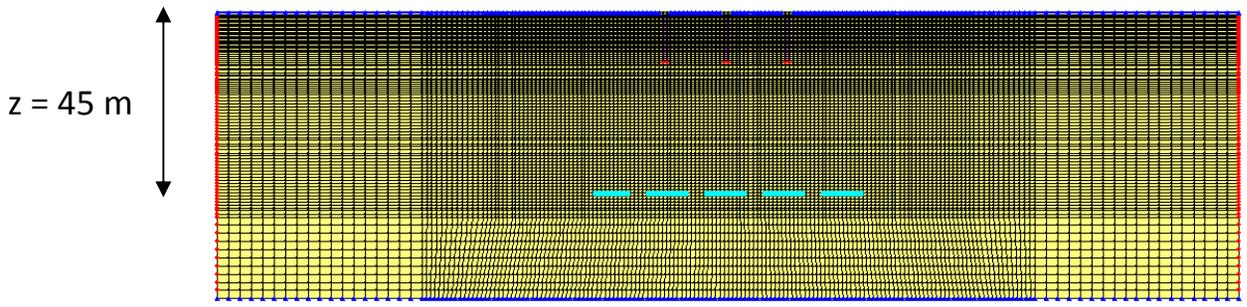


**Configurazione massima:** sistema di 7 trincee (H=16 m; S = 22 m)

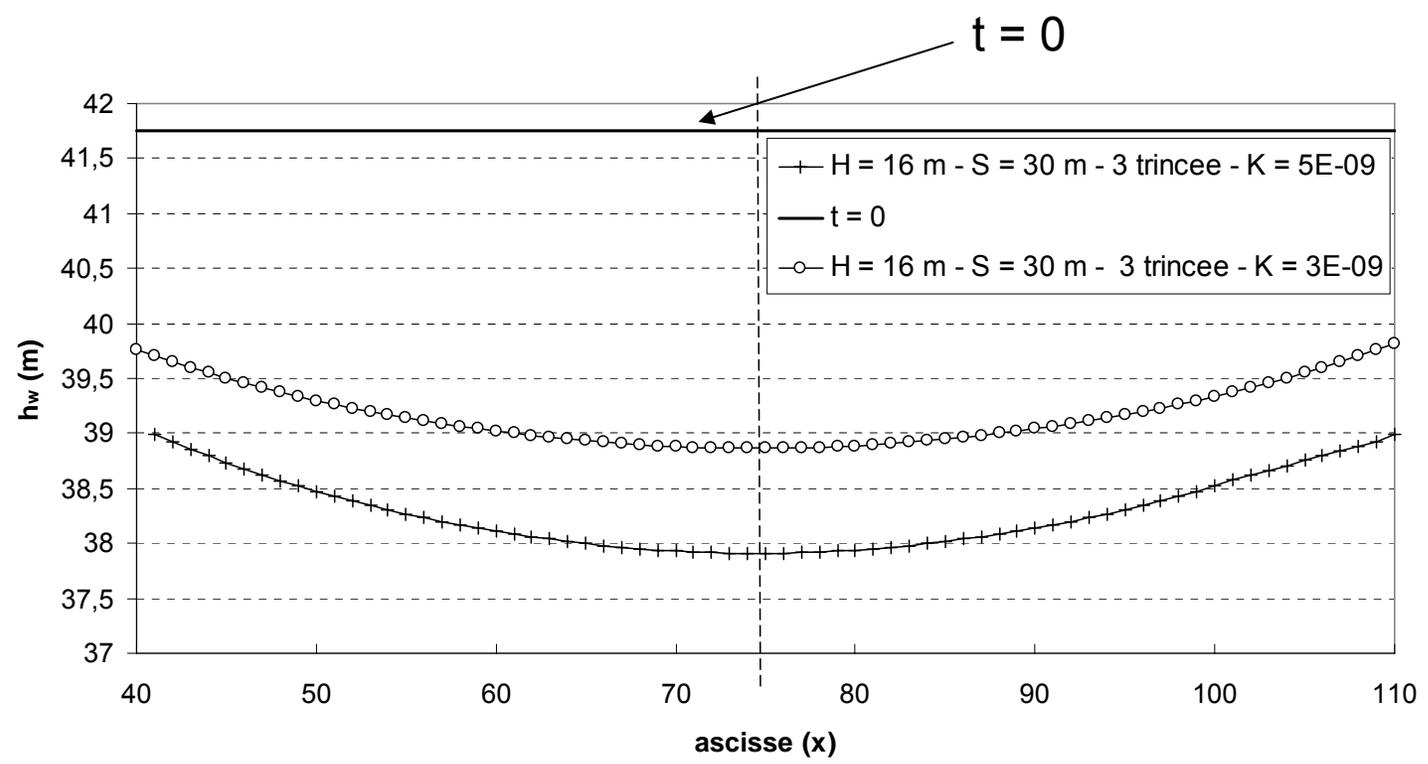
**Effetto del parametro H/S e del parametro  $\Sigma S_i$**



Andamento dell'altezza piezometrica a  $z = 45$  m per diverse combinazioni di trincee drenanti al tempo  $t = 5$  anni

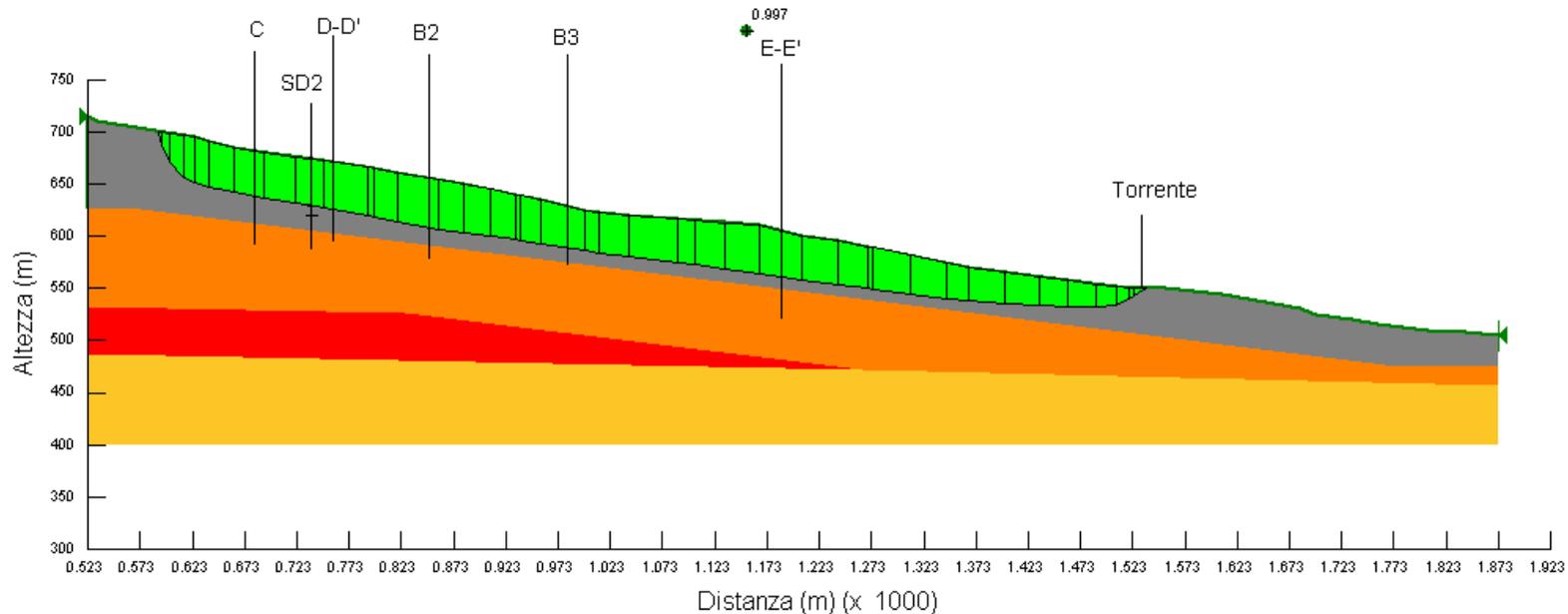


### Effetto del parametro $K_{sat}$



Andamento dell'altezza piezometrica a  $z = 45$  m per diversi valori di  $k_{sat}$  al tempo  $t = 5$  anni

## Frana di Volturino: calcolo LEM dell'efficienza media attraverso l'implementazione delle variazioni delle altezze piezometriche calcolate



### Condizioni pre-intervento

$$F = 1$$

### Condizioni post-intervento

$$k_s = 1E-09 \text{ m/s}, N = 5, H = 12 \text{ m}, S = 15 \text{ m}: F = 1.06$$

$$k_s = 1E-09 \text{ m/s}, N = 7, H = 16 \text{ m}, S = 22 \text{ m}: F = 1.10$$

$$k_s = 3E-09 \text{ m/s}, N = 3, H = 16 \text{ m}, S = 30 \text{ m}: F = 1.14$$

$$k_s = 5E-09 \text{ m/s}, N = 3, H = 16 \text{ m}, S = 30 \text{ m}: F = 1.17$$

## Considerazioni conclusive e sviluppi di ricerca

- L'analisi indica valori accettabili di efficienza dei sistemi drenanti a grande profondità, soprattutto se tali sistemi sono spinti a profondità elevate ( $H > 15 \text{ m}$ )
- Necessità di una valutazione del sistema più efficiente (N, S, H) in relazione alle caratteristiche di permeabilità del terreno in sito
- Intervento efficace nel lungo periodo se protetto in superficie rispetto a rischi di erosione ed infiltrazione nelle trincee
- Necessità di approfondimento della ricerca mediante indagine circa le proprietà idrauliche dei terreni a scala di pendio ( $K_{\text{sito}}$ )