

## Frana Instabile Laurinziano

---

**Sebastiano Rampello**



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

### caratteristiche corpo di frana

inclinazione media versante	6°-7°
coronamento	320 m s.l.m.
punto inferiore: Rio	210m s.l.m.
lunghezza	780m
larghezza	280m
area in pianta	0.12 km <sup>2</sup>
spessore massimo	20 m
volume	2.0 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>



**monitoraggio della frana:**  
**definizione meccanismo di collasso del pendio**

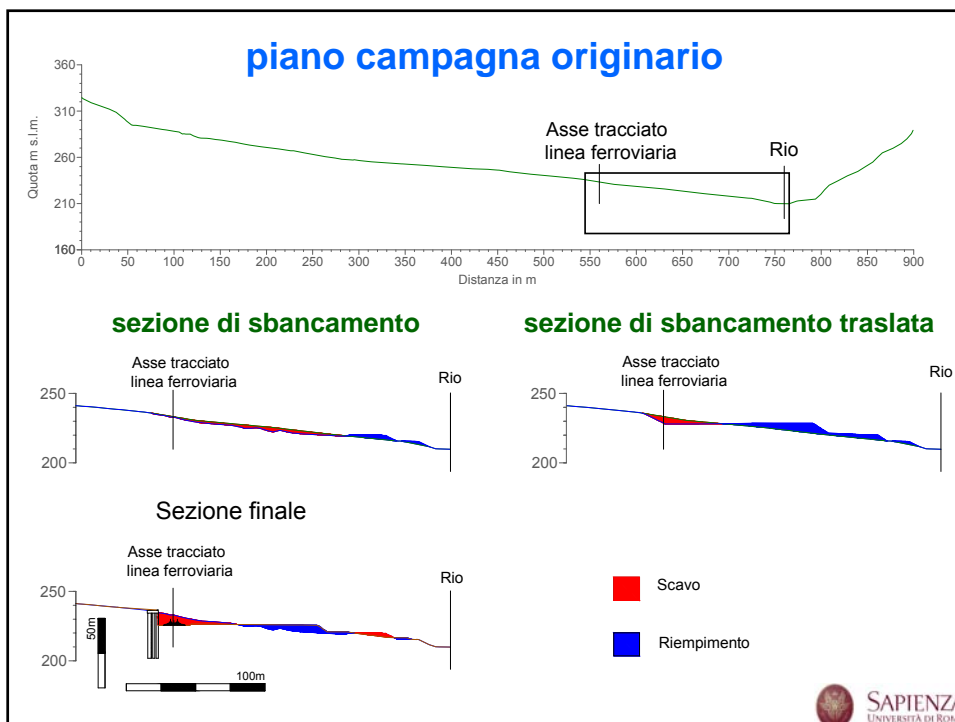
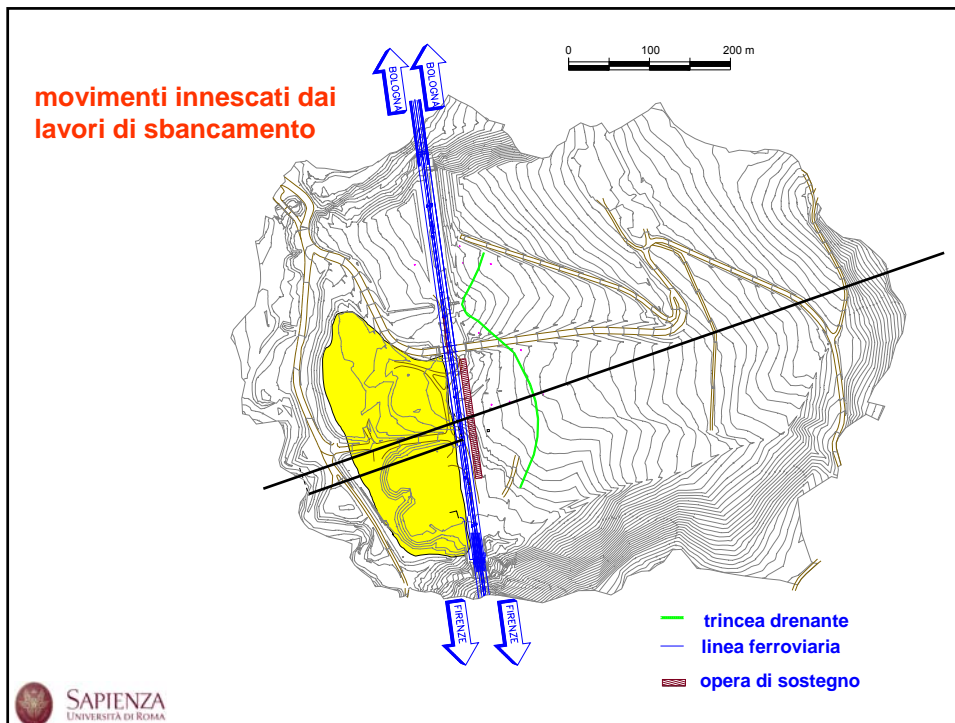
**analisi a ritroso del movimento franoso:**  
**determinazione dei parametri di resistenza**

## area Instabile Laurinziano



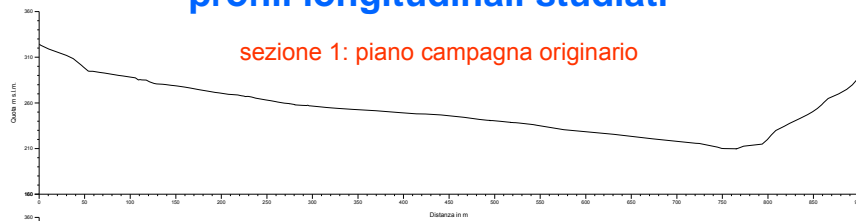
## area Instabile Laurinziano



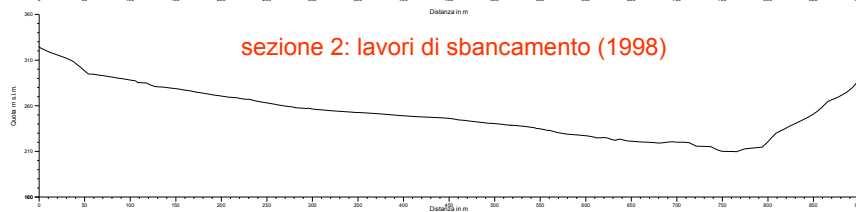


## profili longitudinali studiati

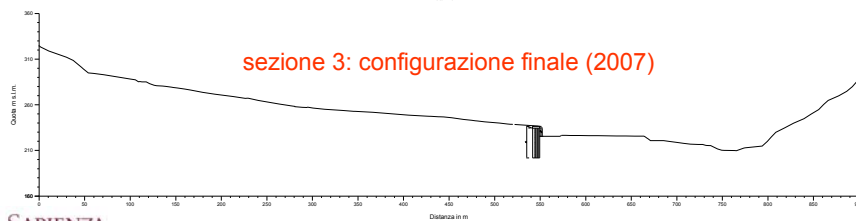
sezione 1: piano campagna originario



sezione 2: lavori di sbancamento (1998)

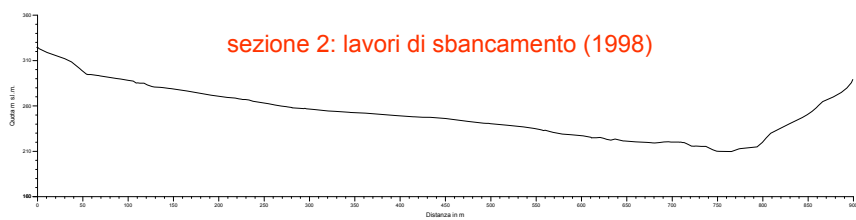


sezione 3: configurazione finale (2007)

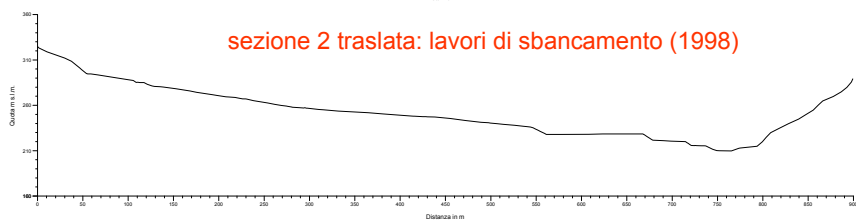


## profili longitudinali studiati

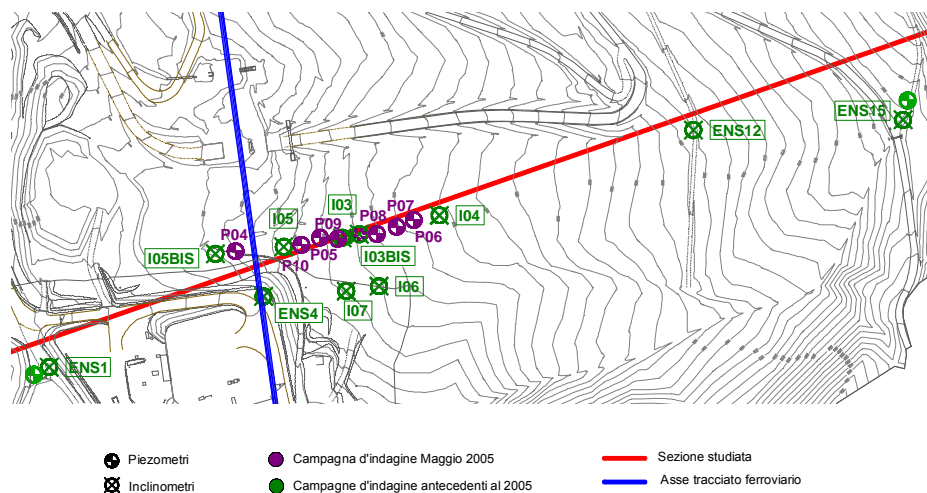
sezione 2: lavori di sbancamento (1998)



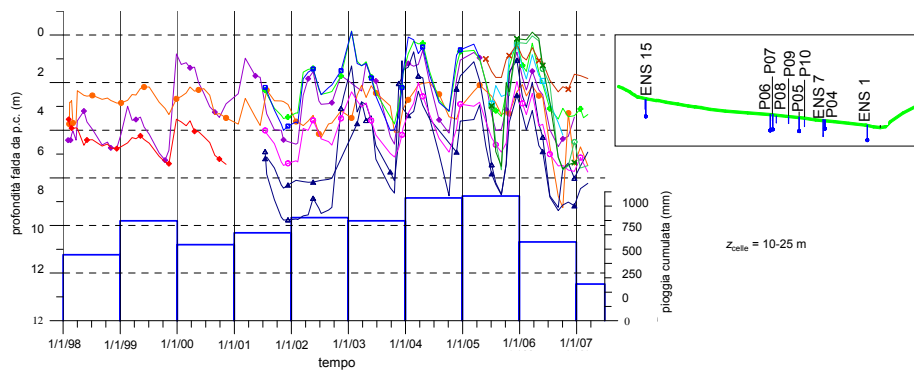
sezione 2 traslata: lavori di sbancamento (1998)



## sezione di monitoraggio



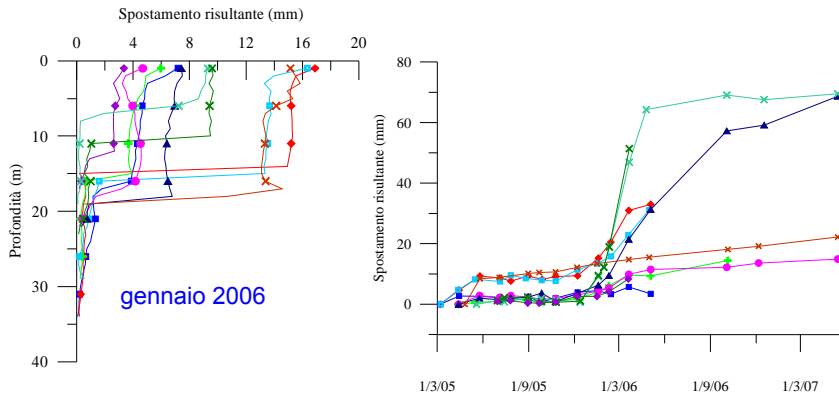
## misure piezometriche



- raggruppate per anno d'installazione dei piezometri
- superficie libera della falda da schema di pendio indefinito
- confronto con precipitazioni annuali cumulate



## misure inclinometriche

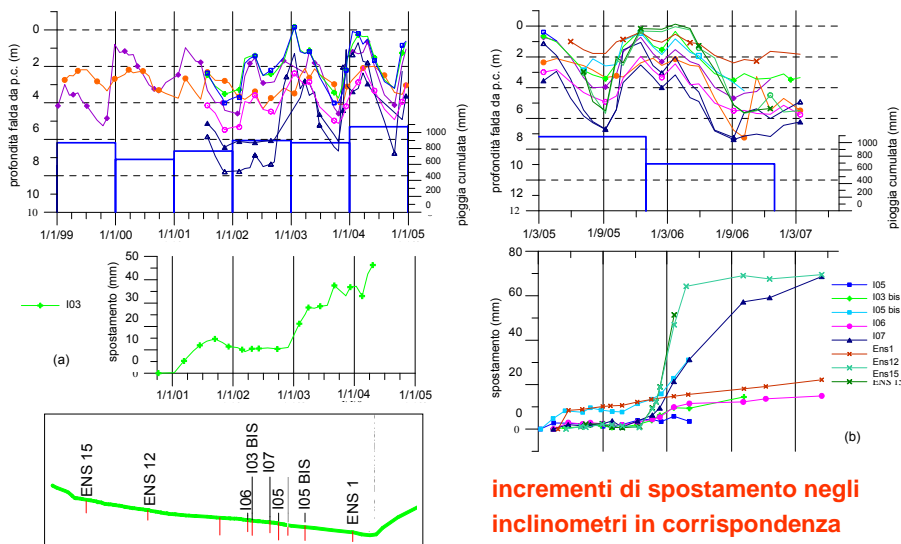


profondità della s.d.s.: parte sommitale 9m, parte centrale 16 m

- profili di spostamento
- cambi di riferimento necessari per confrontare i profili di inclinometri installati in tempi differenti
- andamento temporale spostamento punto medio coltre di frana



## misure piezometriche e di spostamento



**incrementi di spostamento negli inclinometri in corrispondenza dei picchi piezometrici**



## evoluzione meccanismo deformativo

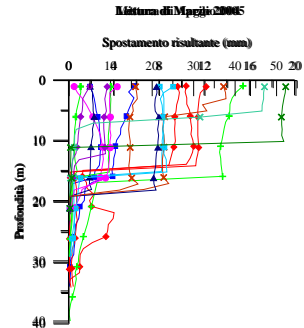
### 1° serie di misure

referimento 11/2003, periodo dic. 03 - feb.05  
scorrimento porzione centrale

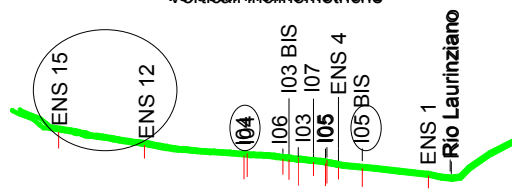
### 2° Serie di misure

referimento 03/2005, periodo mag. 05 - dic. 05  
scorrimento tra inclinometri I04 e I05

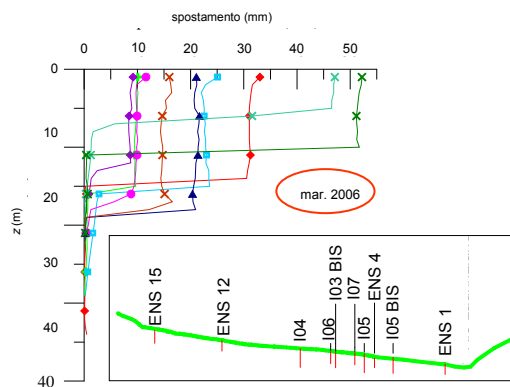
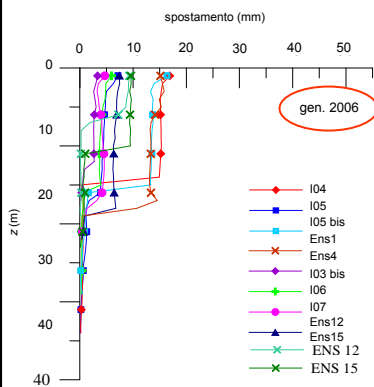
periodo gen. 06 – mag. 07  
scorrimento porzione alta



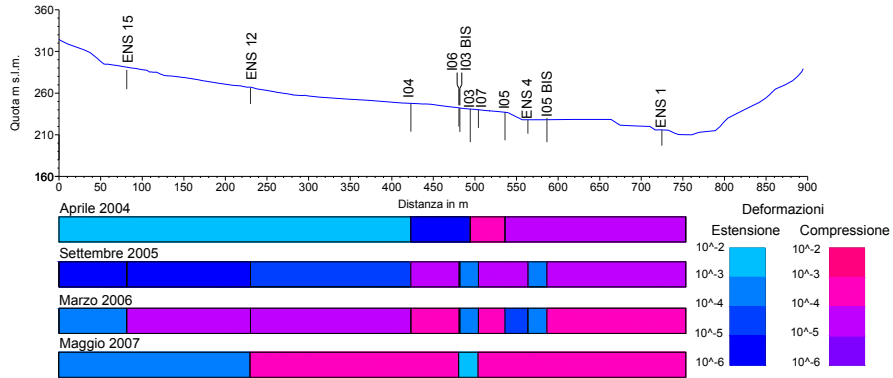
Verticali inclinometriche



## evoluzione meccanismo deformativo



## evoluzione meccanismo deformativo



**sbanramento:**

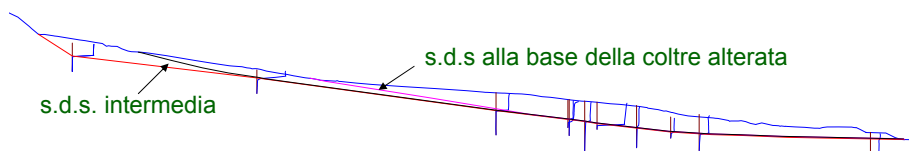
**innescò del movimento nella porzione centrale del pendio**

**aumento pressioni interstiziali:**

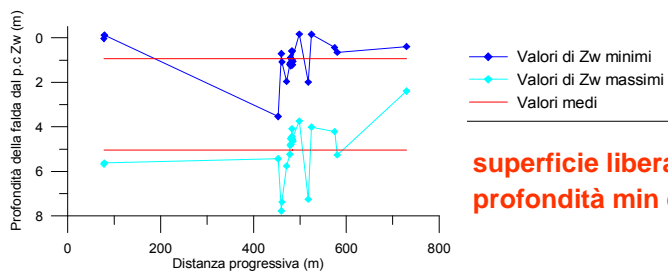
**propagazione verso monte della superficie di scorrimento**



## superficie di scorrimento



**ultime misure inclinometriche per individuare la s.d.s.**

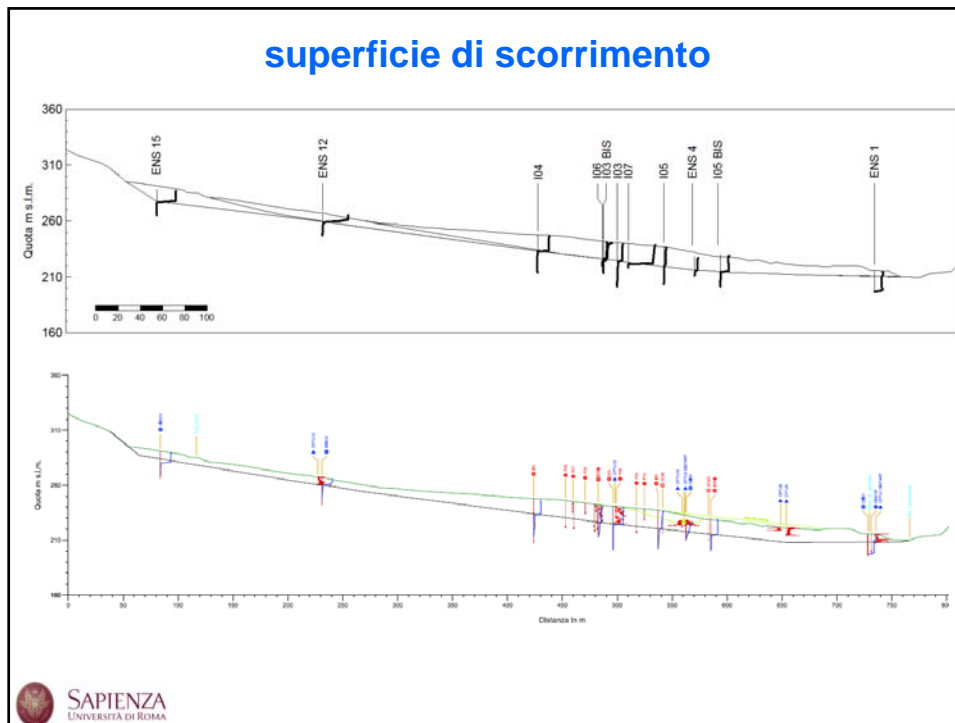


**superficie libera della falda:  
profondità min e max**





## superficie di scorrimento



## analisi a ritroso del movimento

schema pendio indefinito

**inclinazione  $\alpha = 7^\circ$   
profondità s.d.s. 16 m**

**coltre di frana:**

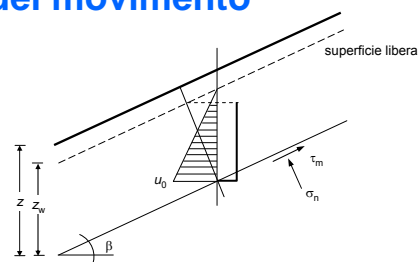
argilla limosa e limo argilloso con livelli argillosi plastici poco consistenti e superfici di scivolamento di origine tettonica estremamente lisce

**resistenza al taglio:**

**prove di taglio anulare**

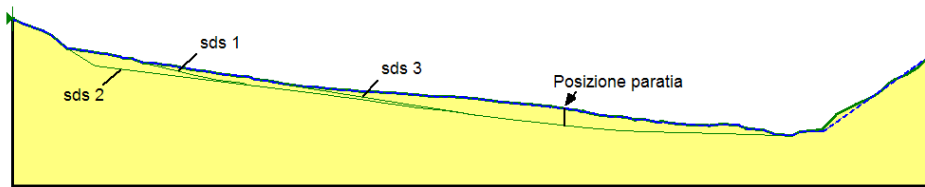
$$F = \frac{c'}{\gamma D \cdot \text{sen} \alpha \cdot \cos \alpha} + \frac{(\gamma D - \gamma_w D_w) \cdot \tan \phi'}{\gamma D \cdot \tan \alpha}$$

**F = 1 per  $z_w = 0$ ,  $c' = 0$  kPa  $\phi' = 13^\circ$**



taglio residuo	F	
	$z_w = 0$	$z_w = 6m$
$\phi'_r$ (°)	17	1.75
$c'_r$ (kPa)	0	1.3
$\phi'_r$ (°)	15.5	1.59
$c'_r$ (kPa)	0	1.18
$\phi'_r$ (°)	14.5	1.1
$c'_r$ (kPa)	0	1.48

## analisi a ritroso del movimento



### configurazioni esaminate

- piano campagna originario
- sezione di sbancamento
- sezione di sbancamento traslata
- apertura trincea ferroviaria
- lavori ultimati (riprofilatura a valle della paratia)

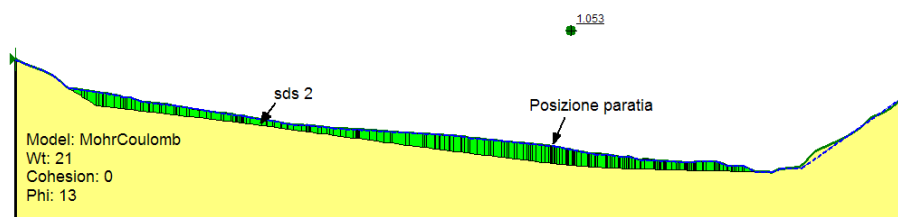
3 possibili s.d.s.  
per ciascuna sezione

### parametri di resistenza

$c'$ (kPa)	$\phi'$ (°)
0	12
0	13
0	14
0	14.5
0	19



## analisi a ritroso del movimento



Model: MohrCoulomb  
Wt: 21  
Cohesion: 0  
Phi: 13

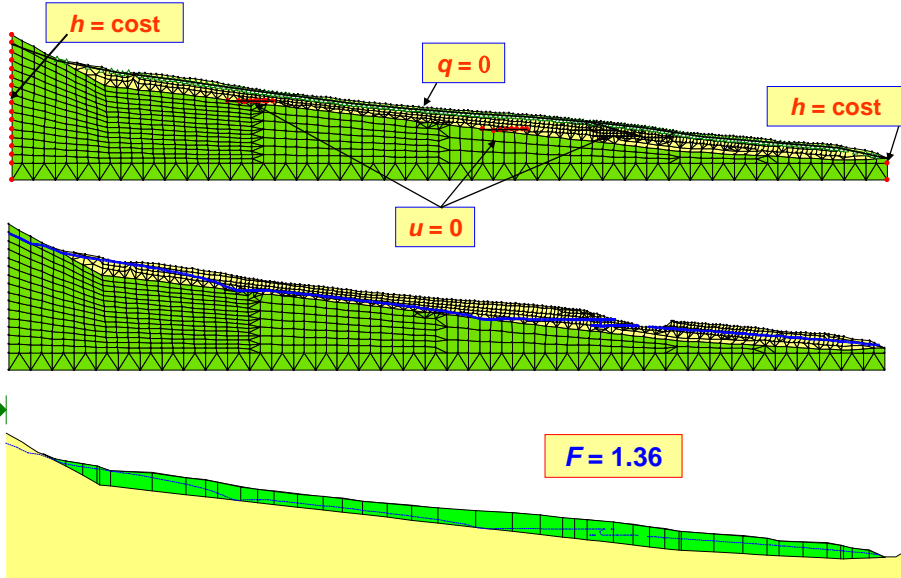
- la s.d.s. 2 è quella critica ( $F_{\min}$ )
- parametri di resistenza ( $F_{\min}$ ):  $c'=0$  kPa  $\phi'=13^\circ$

### risultati:

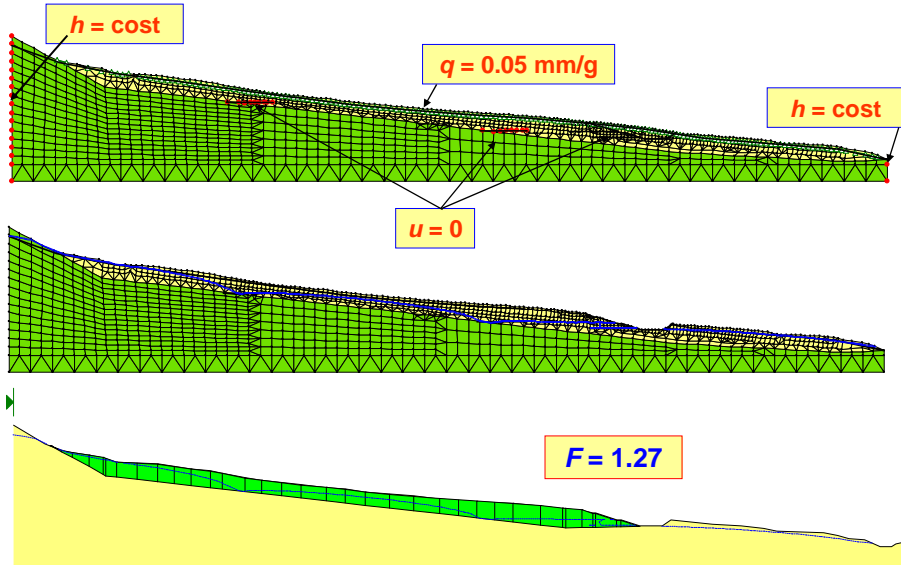
- piano campagna originario:  $F = 1.1$
- sezione di sbancamento e apertura trincea ferroviaria:  $F = 1.04$



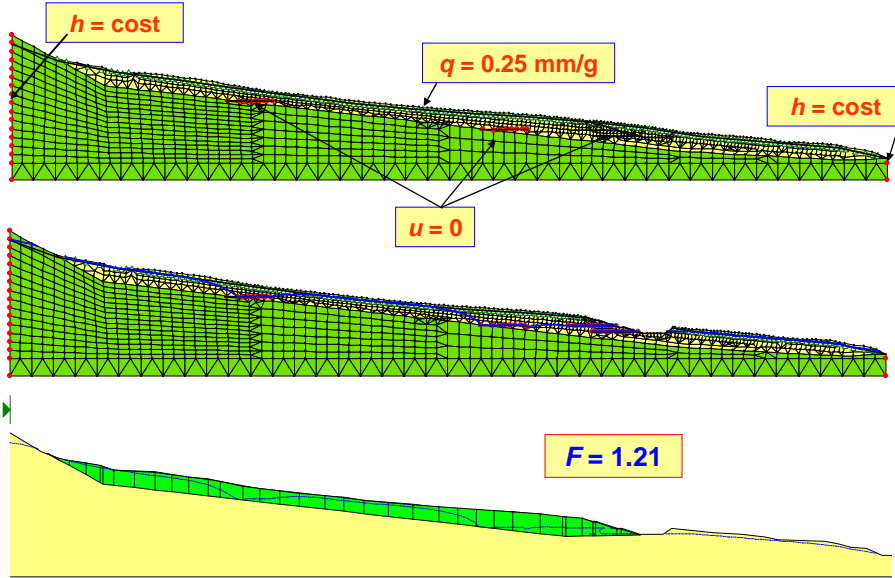
### drenaggi: ipotesi di flusso nullo in superficie



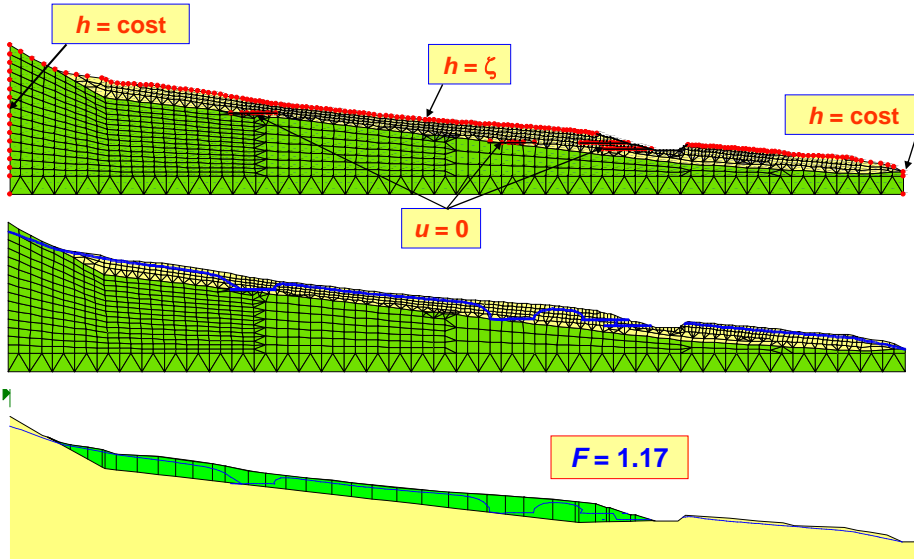
### drenaggi: ipotesi di flusso imposto in superficie



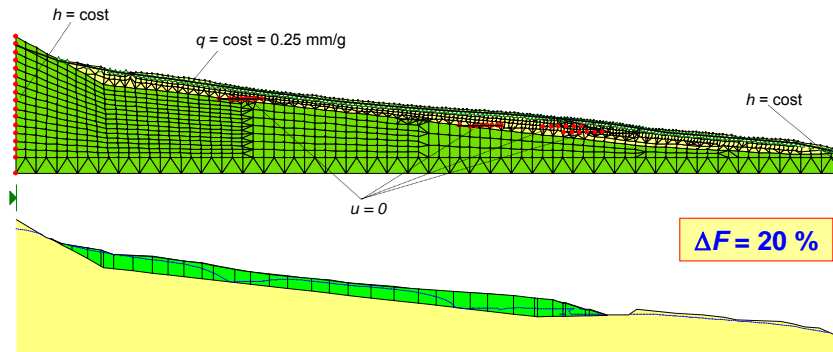
### drenaggi: ipotesi di flusso imposto in superficie



### ipotesi di lama d'acqua in superficie



## stabilizzazione mediante dreni tubolari



- parte bassa del pendio: dreni tubolari installati dal fronte di scavo:  $z_d = 11 \text{ m}$ ,  $i \leq 8 \text{ m}$ ,  $l = 40 \text{ m}$
- parte centrale e sommitale: dreni installati a raggiera da pozzi a 15 m di profondità,  $l = 40 \text{ m}$ , spaziatura angolare  $\alpha \leq 20^\circ$  (2 livelli sfalsati di  $\alpha/2$ )
- $k_{\text{coltra}}/k_{\text{base}} = 10$



## conclusioni

### monitoraggio

- stretto legame tra incrementi di pressione interstiziale e spostamenti della coltre di frana
- fenomeno innescato nella porzione centrale da sbancamento a valle
- successiva propagazione verso monte
- movimenti attivati ciclicamente da incrementi di pressione interstiziale indotti da eventi pluviometrici importanti

### analisi

- modesti margini di sicurezza
- equilibrio limite riprodotto per condizioni di taglio residuo con i massimi valori delle misure piezometriche

### stabilizzazione

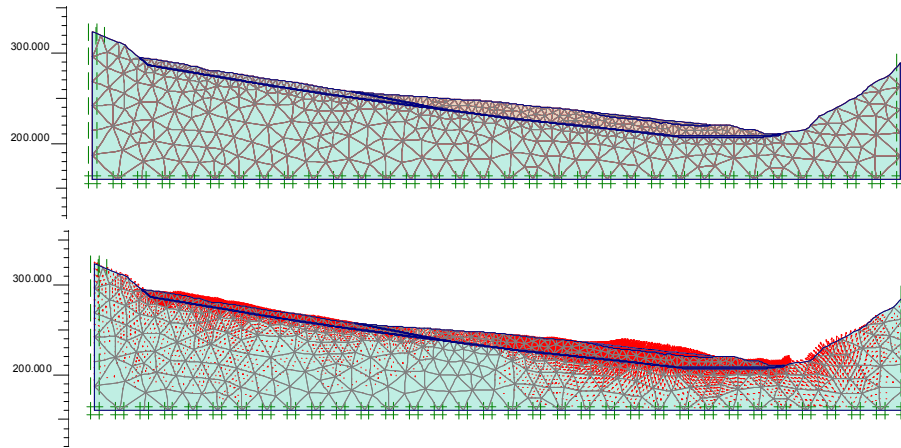
- scelta dell'intervento congruente con le cause individuate



## comportamento paratia di sostegno

analisi FEM – riproduzione condizioni EL

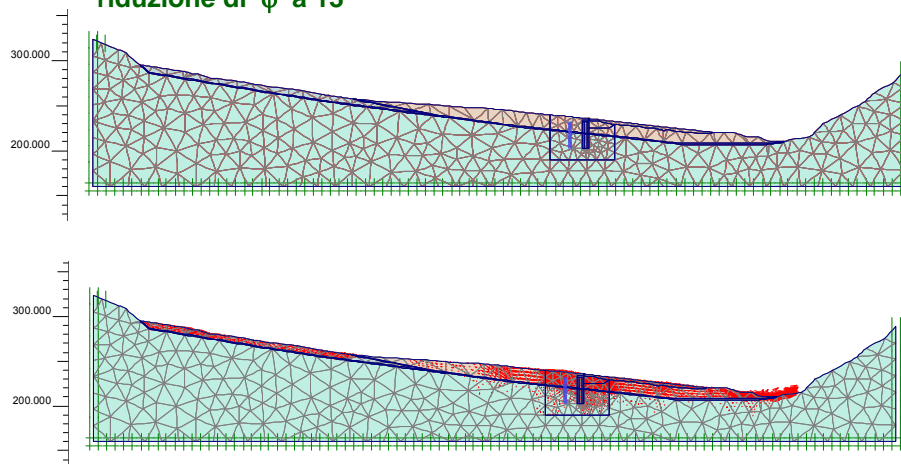
riduzione  $\varphi'$  ( $13^\circ$ ) lungo s.d.s.



## comportamento paratia di sostegno

valutazione spinta sulla paratia

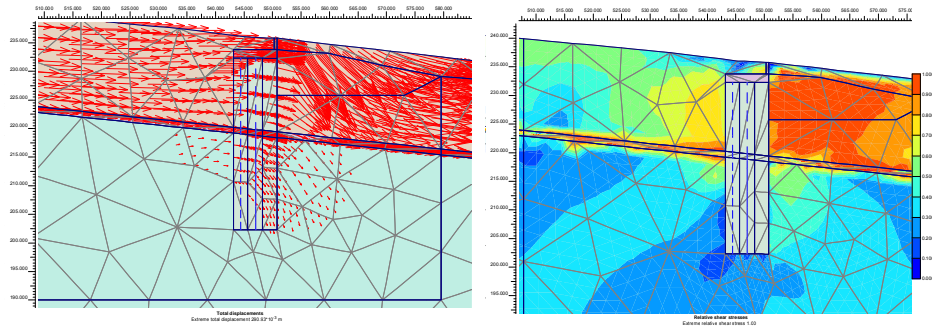
riduzione di  $\varphi'$  a  $13^\circ$



## comportamento paratia di sostegno

campo di spostamenti

isolinee resistenza mobilizzata

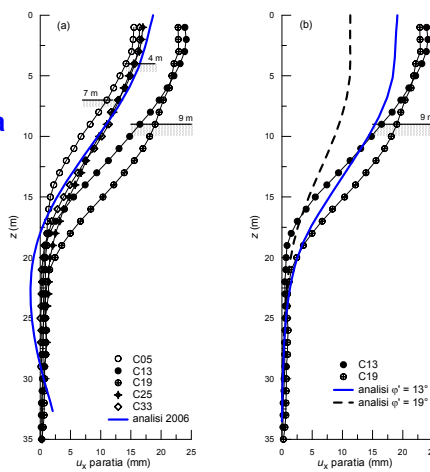
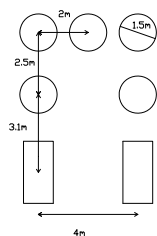


## comportamento paratia di sostegno

scavo trincea

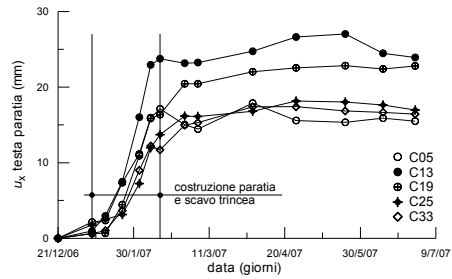
confronto misure analisi

- configurazione originale paratia
- configurazione modificata paratia

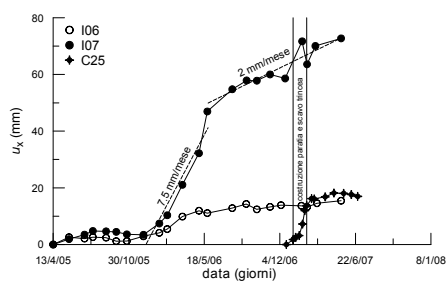


## comportamento paratia di sostegno

spostamenti testa paratia



spostamenti inclinometri a tergo



Analisi, Valutazione e Mitigazione del Rischio Idrogeologico (AVAMIRI)  
Master Universitario di II livello  
Università degli Studi di Udine – Facoltà di Ingegneria

## Frana Instabile Laurinziano

Sebastiano Rampello

