



Agenzia per la sicurezza territoriale
e la protezione civile



Lo studio di una frana in un contesto geo-strutturale complesso: il caso di Calita (Reggio Emilia)

Ing. Alessandro FRACCICA (ISPRA)

Matteo MAGGI, Mauro BONASERA, Vittorio CHIESSI, Danilo D'ANGIO, Gianluigi DI PAOLA, Gennaro Maria MONTI (ISPRA)

Roberto SPAGNI, Federica PELLEGRINI, Nicola DE SIMONE (Ag. Per la sicurezza territoriale e la protezione civile – Regione Emilia-Romagna)



Indice degli argomenti:

- **Inquadramento generale e geomorfologico**
- Inquadramento geologico
- Caratterizzazione geotecnica
- Dati di monitoraggio
- Modellazione di stabilità
- Opere di mitigazione
- Conclusioni

Reactivation of the Calita landslide in May 2023

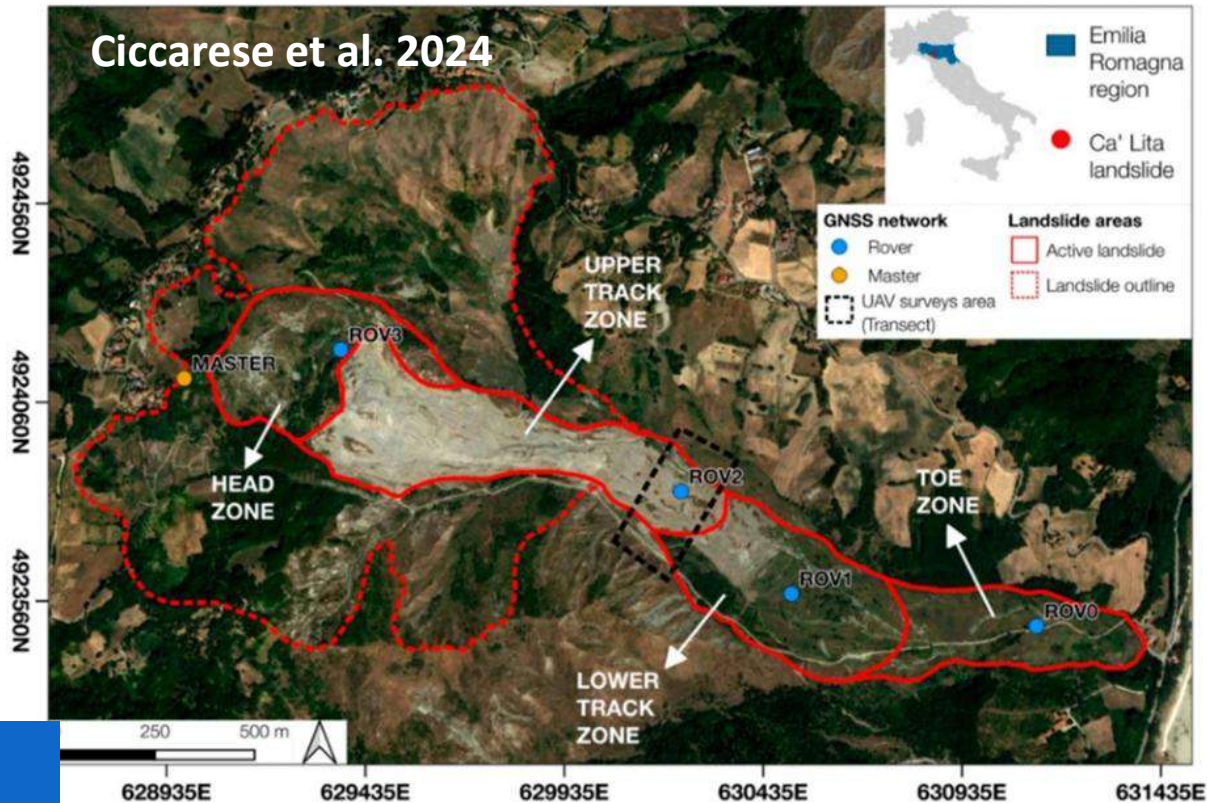


Maximum displacement rates: 0.3 m/h (May 2023)

The province highway and the river located at the base of the landslide are potentially at risk

Calita Landslide – General Characteristics

A complex landslide characterized by a rotational-translational slide in the upper section, which evolves into an earthflow in the lower section, with a length of approximately 2.6 km and an area of 0.9 km².



- Head zone: This area consists mainly of flysch-like rock masses dating from the Cretaceous–Eocene. A rotational-translational landslide originates here, with a well-defined crown located above extensive source areas. Slopes in this zone are almost always steeper than 20°;
- Track (transition) zone: divided into upper and lower sections. This is a relatively narrow area where a translational landslide–earthflow develops. It consists of chaotic clay complexes and debris derived from the weathering of the flysch rock masses;
- Deposition zone: this is the vast toe zone of the landslide, with gentle slopes, sometimes less than 5°.



Geomorphological Analysis of the Calita Landslide

1. Analysis of the movements that have occurred, based on **bibliographic** sources and the examination of orthophotos (dating back to 1499);
2. Identification main geomorphological characteristics of the landslide, based on three **surveys** conducted in July 2024, October 2024, and October 2025;
3. Analysis of the main movements and volumes mobilized within the landslide body between 1973 and 2024, **comparing the DEMs** obtained from aerial photogrammetric surveys equipped with LiDAR sensors (2016–2024) and the 1973 DEM available on the Emilia-Romagna Region website.





Geomorphological Analysis of the Calita Landslide

1. Analysis of the movements that have occurred, based on **bibliographic sources** and the examination of orthophotos (dating back to 1499);
2. Identification main geomorphological characteristics of the landslide, based on three **surveys** conducted in July 2024, October 2024, and October 2025;
3. Analysis of the main movements and volumes mobilized within the landslide body between 1973 and 2024, **comparing the DEMs** obtained from aerial photogrammetric surveys equipped with LiDAR sensors (2016–2024) and the 1973 DEM available on the Emilia-Romagna Region website.





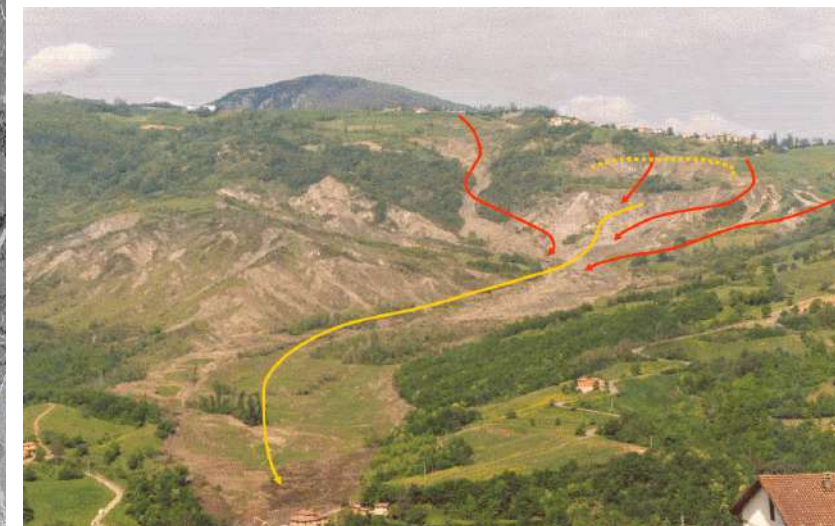
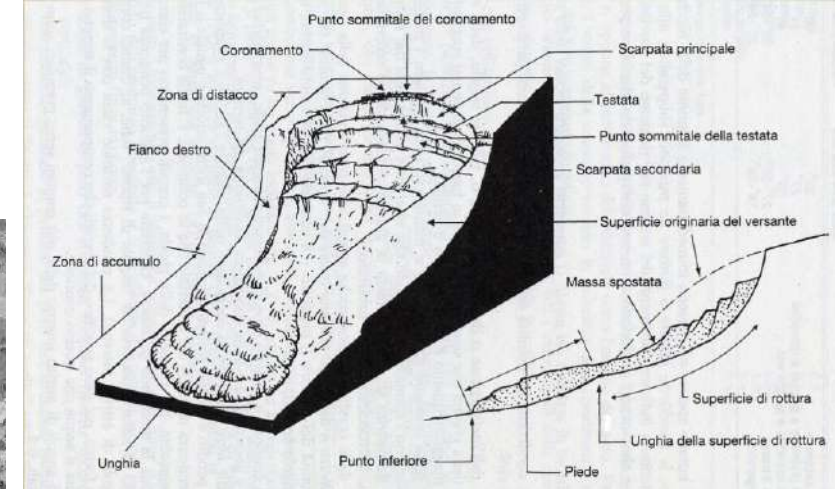
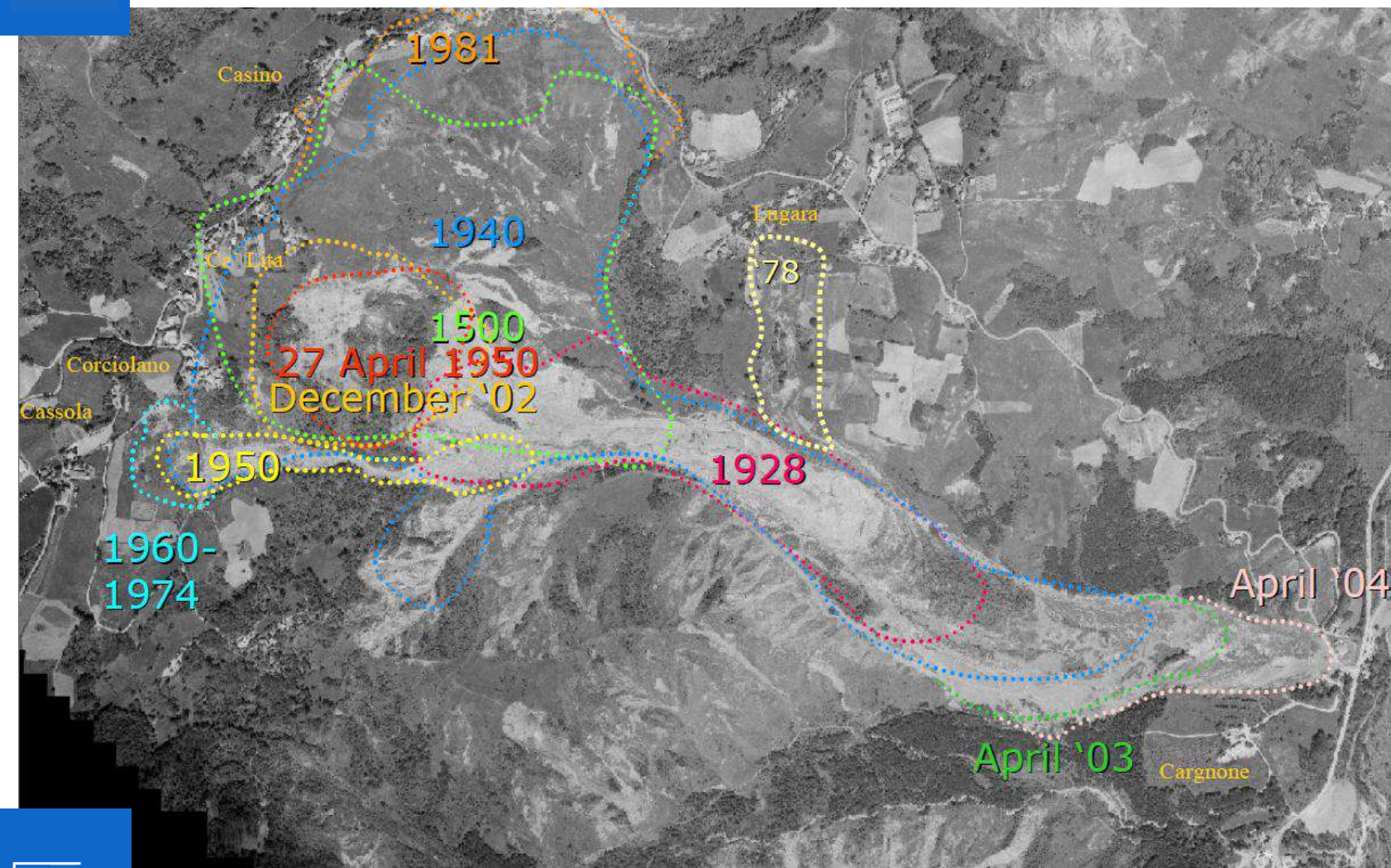
Historical events

Anno/Epoca	Evento/Conseguenza
XV secolo (1499)	La frana risulta già attiva
1928, 1940, 1950, 1973, 1985 e 1992	Numerosi eventi di frana
2002	La frana riprende la sua attività
Inverno 2003 e primavera 2004	Fasi parossistiche che rimobilizzano almeno 10 milioni di m ³ di materiale; il piede è avanzato di ca. 400 m, con picchi di velocità fino a 10 m al Giorno (Sartini et al., 2007)
2016, 2019, maggio 2022, maggio 2023, 2025	Nuove riattivazioni





Historical events



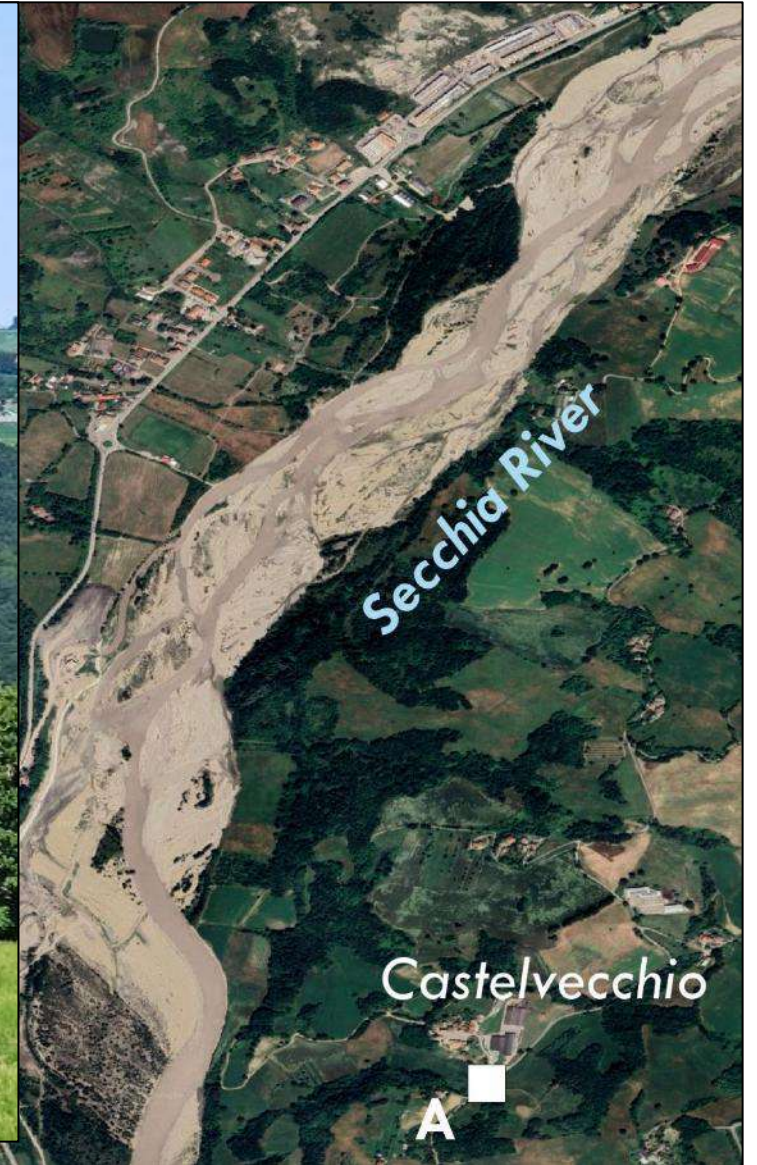


Geomorphological Analysis of the Calita Landslide

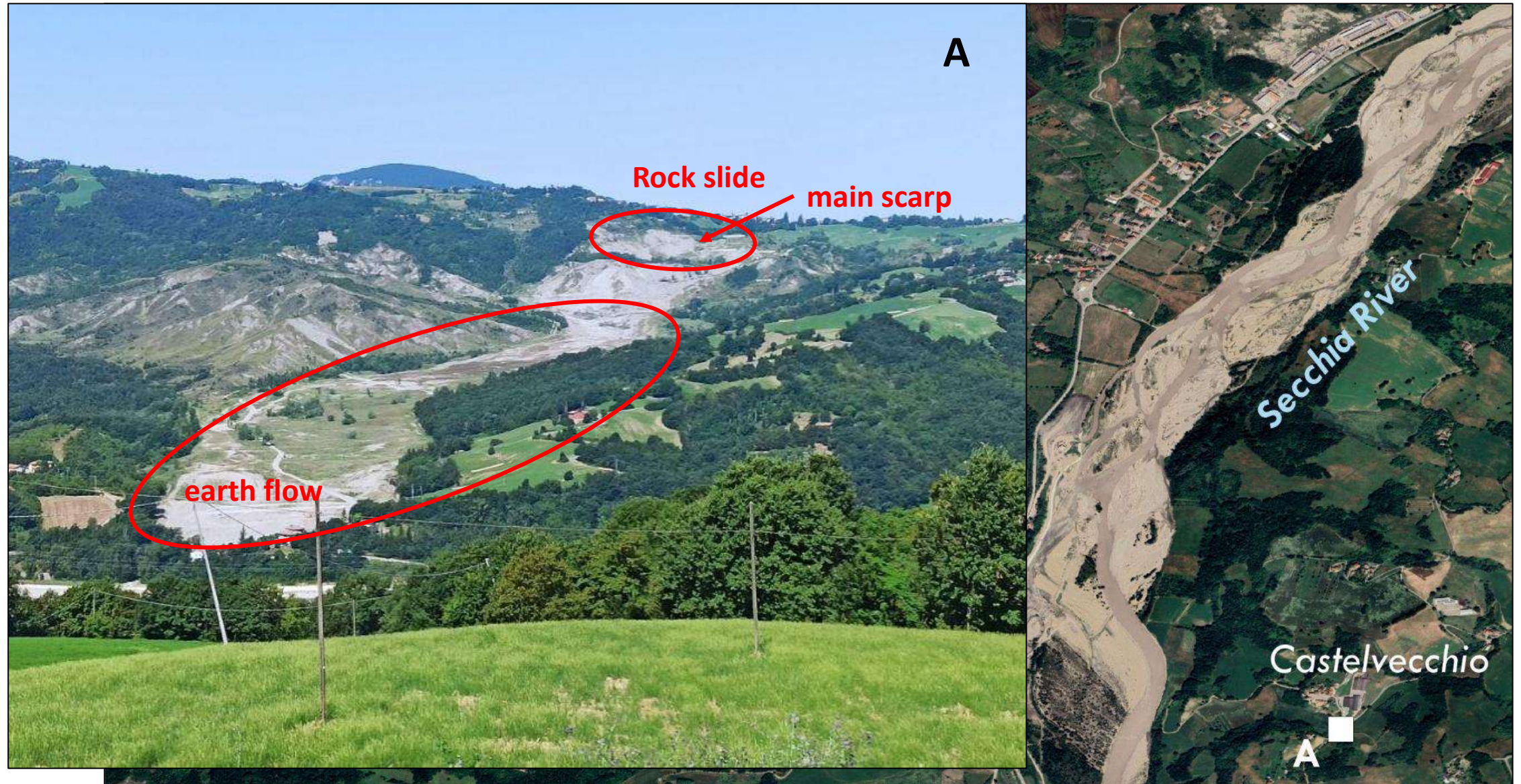
1. Analysis of the movements that have occurred, based on **bibliographic** sources and the examination of orthophotos (dating back to 1499);
2. Identification main geomorphological characteristics of the landslide, based on three **surveys** conducted in July 2024, October 2024, and October 2025;
3. Analysis of the main movements and volumes mobilized within the landslide body between 1973 and 2024, **comparing the DEMs** obtained from aerial photogrammetric surveys equipped with LiDAR sensors (2016–2024) and the 1973 DEM available on the Emilia-Romagna Region website.



Rilevamento geomorfologico

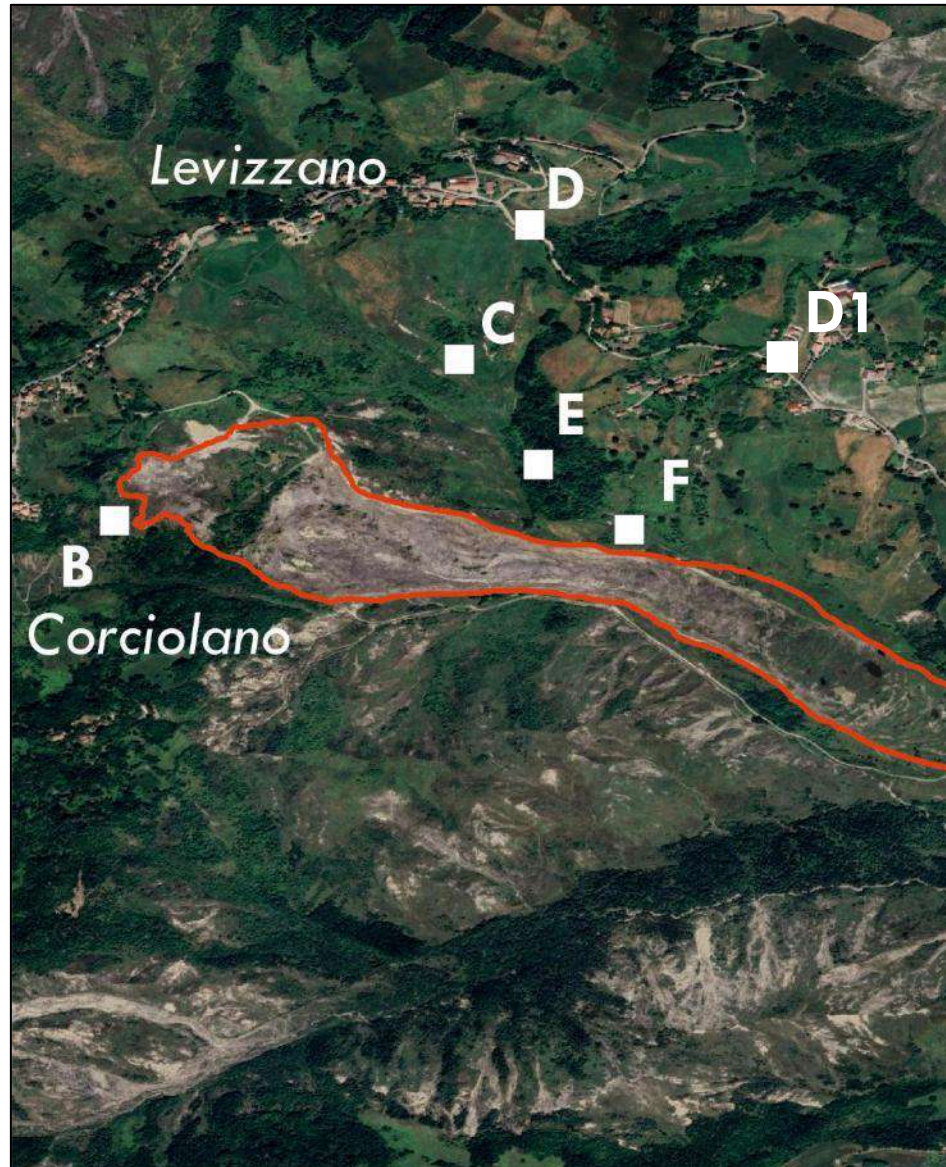


Rilevamento geomorfologico





Rilevamento geomorfologico



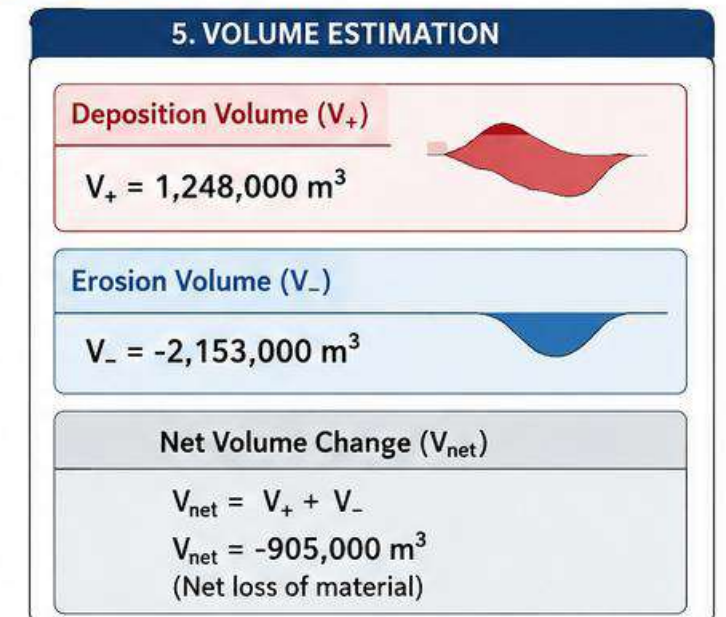
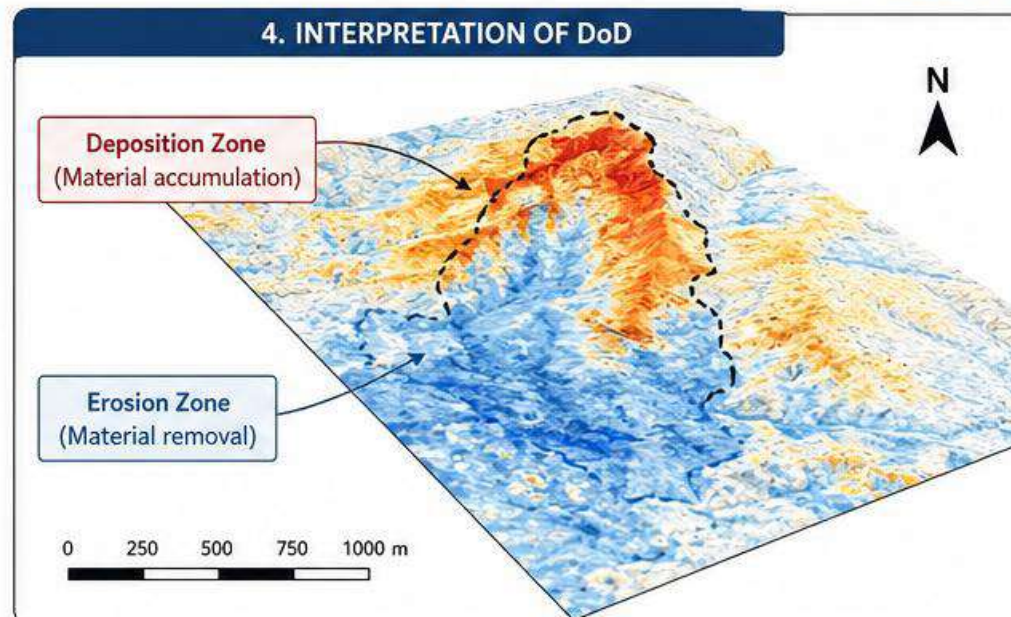
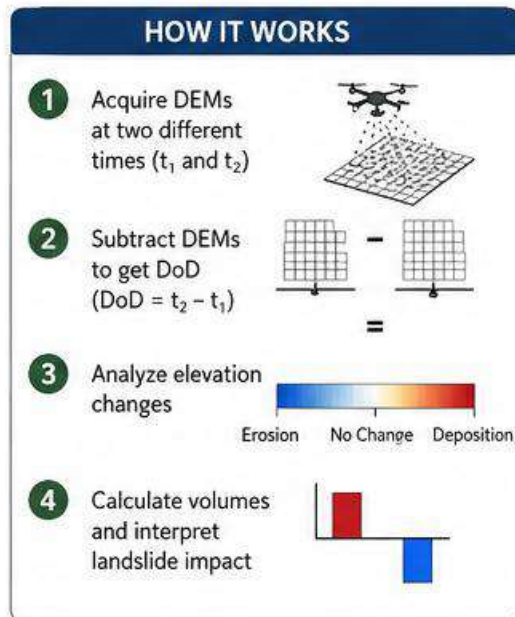
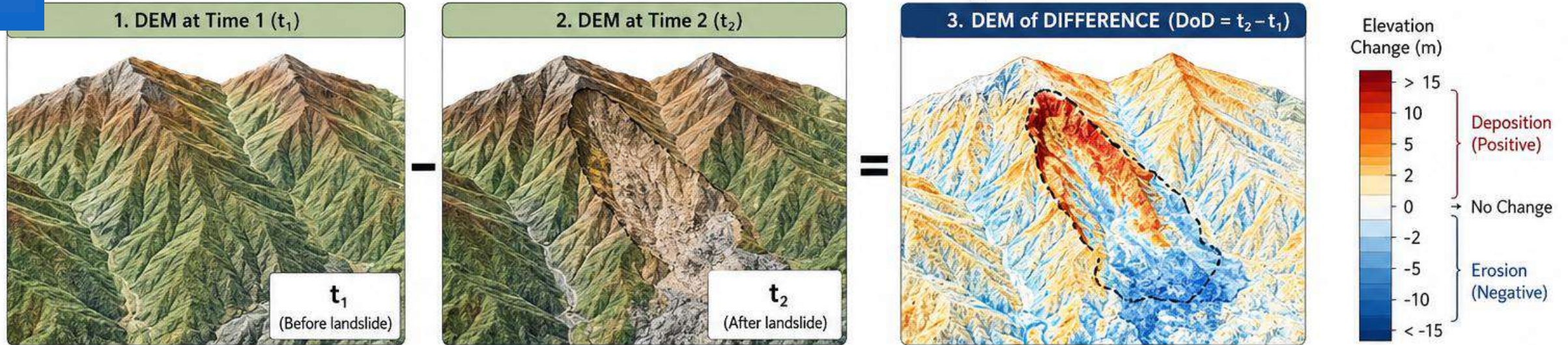


Geomorphological Analysis of the Calita Landslide

1. Analysis of the movements that have occurred, based on **bibliographic** sources and the examination of orthophotos (dating back to 1499);
2. Identification main geomorphological characteristics of the landslide, based on three **surveys** conducted in July 2024, October 2024, and October 2025;
3. Analysis of the main movements and volumes mobilized within the landslide body between 1973 and 2024, **comparing the DEMs** obtained from aerial photogrammetric surveys equipped with LiDAR sensors (2016–2024) and the 1973 DEM available on the Emilia-Romagna Region website.



Difference of DEM technique





Displacements and volumes 2016–2024

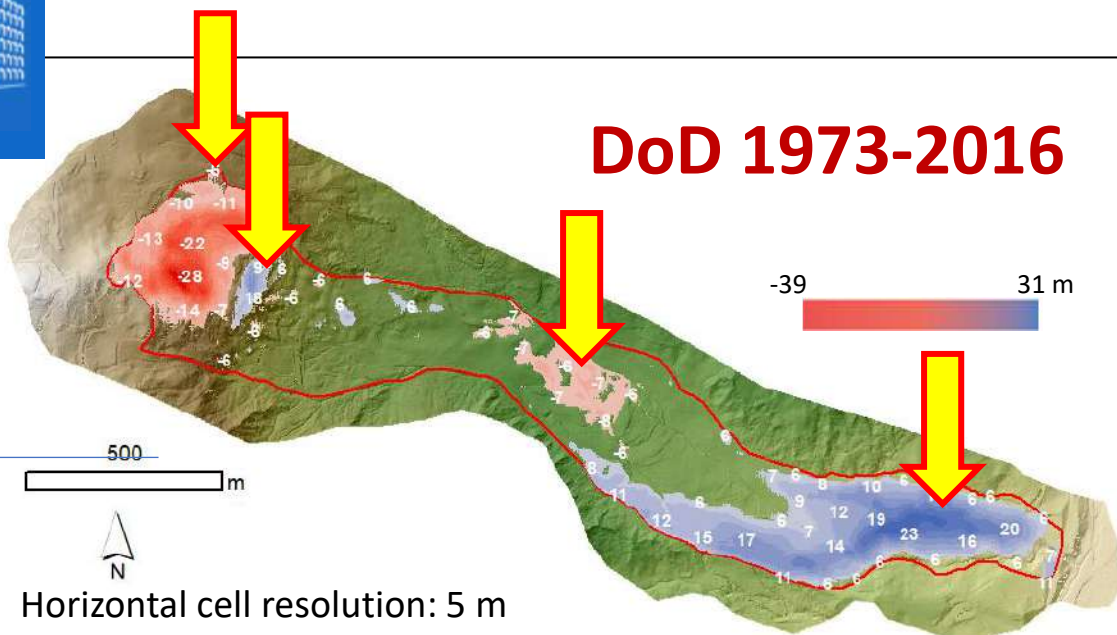
The study involved a detailed analysis of:
the DTM derived from the CTR (1973);
the DTM obtained from drone photogrammetry (2016);
the DTMs obtained from drone flights using LiDAR sensors (2023–2024);

The analysis was conducted in a GIS environment using the difference between the various DEMs (DoD – Difference of DEM). Before proceeding, all DEMs were resized to the cell of the lowest-resolution DEM. The data resulting from the differential DEMs were classified to highlight areas of accumulation and erosion. For the same periods, material volumes were calculated using the GCD (Geomorphic Change Detection) tool in a GIS environment.

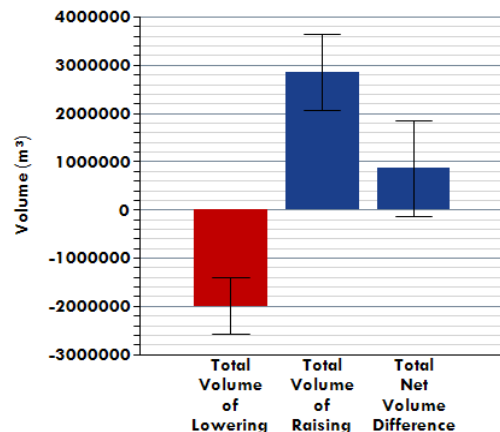
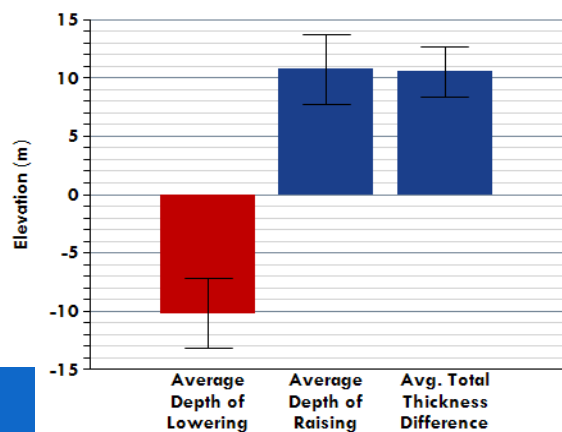
	resolution	Fonte
DTM by CTR 1973	5 m	Emilia-Romagna Region
DTM 2016	1 m	CGRA
DEM LiDAR August 2023	0.5 m	UAV Flight
DEM LiDAR March 2024	0.5 m	UAV Flight
DEM LiDAR May 2024	0.5 m	UAV Flight
DEM LiDAR July 2024	0.5 m	UAV Flight



DoD 1973-2016



Horizontal cell resolution: 5 m
Vertical cell resolution: 3 m

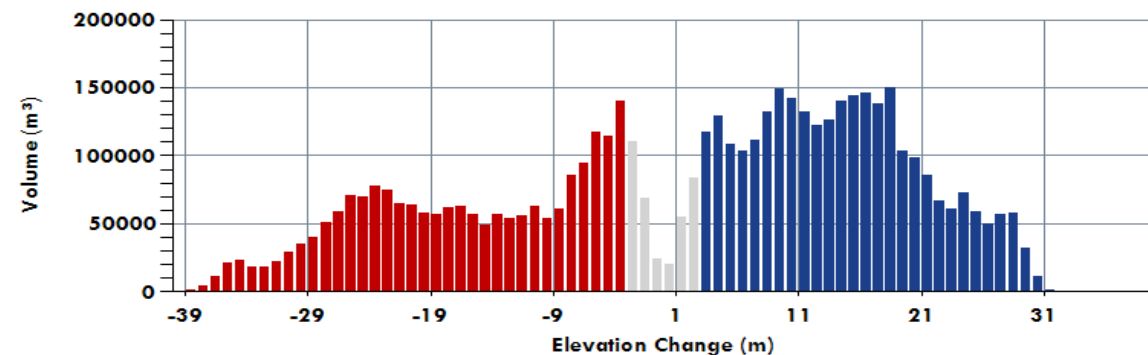


VERTICAL AVERAGES

Depth of surface lowering (m)	10.2
Average depth of surface raising (m)	10.8

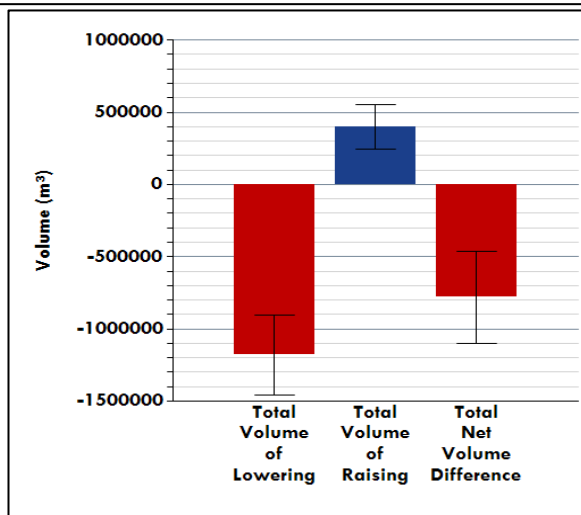
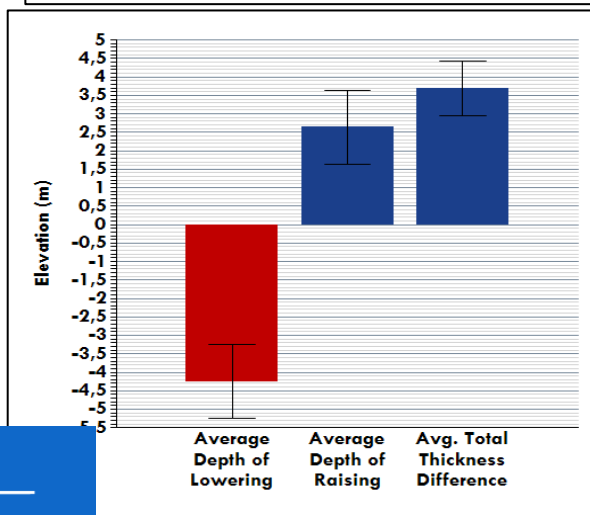
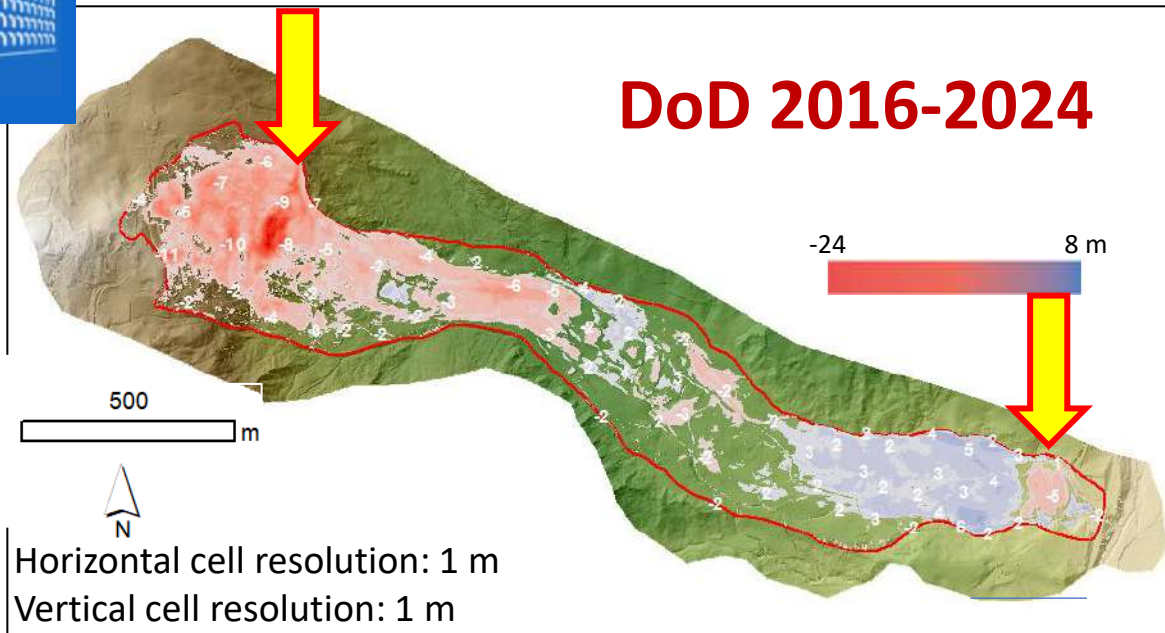
PERCENTAGES (BY VOLUME)

Percent elevation lowering (%)	41.1
Percent elevation raising (%)	58.9



VOLUMETRIC

Volume of surface lowering (m³)	-1,993,904.3
Volume of surface raising (m³)	+2,851,838.5
Net volume difference (m³)	+857,934.2

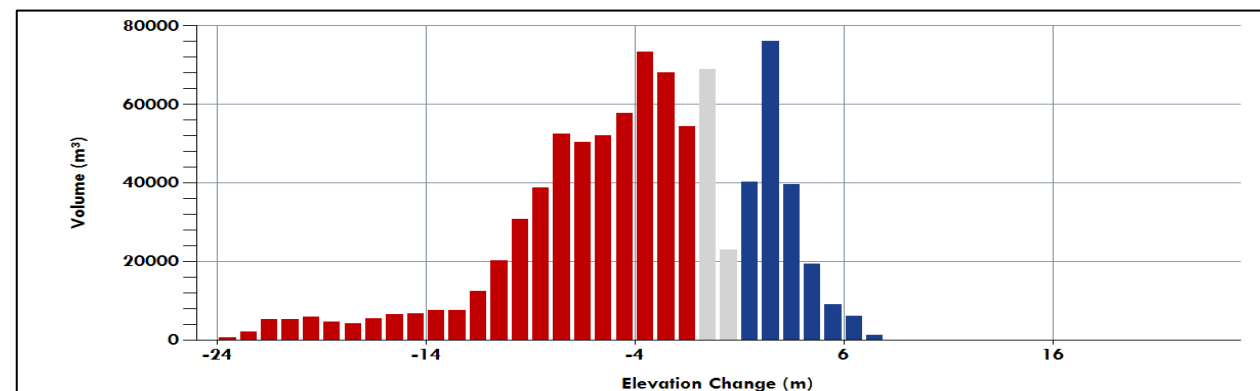


VERTICAL AVERAGES

Depth of surface lowering (m)	4.3
Average depth of surface raising (m)	2.6

PERCENTAGES (BY VOLUME)

Percent elevation lowering (%)	74.8
Percent elevation raising (%)	25.2

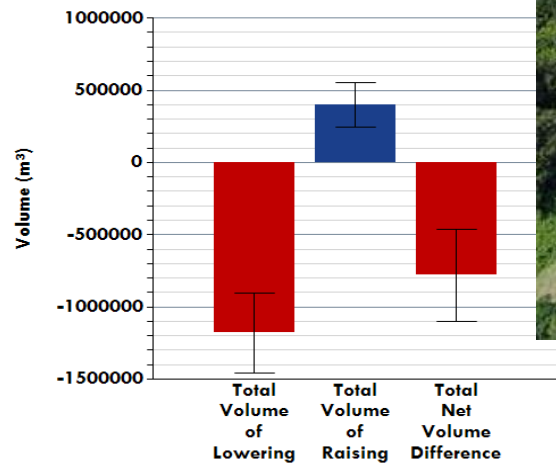
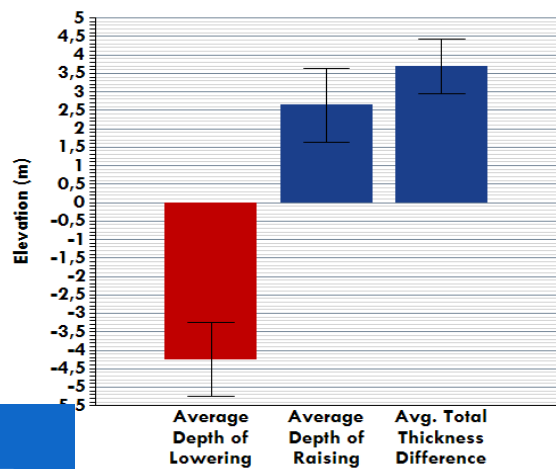
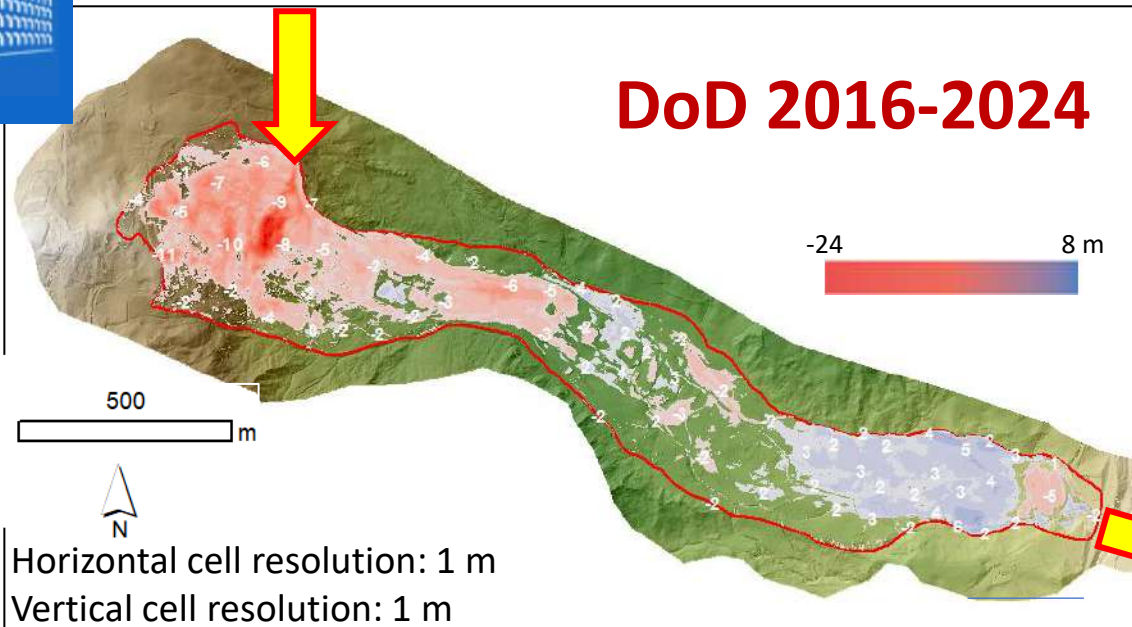


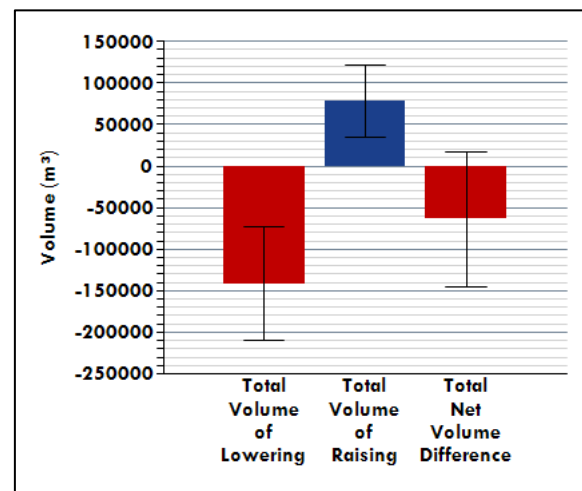
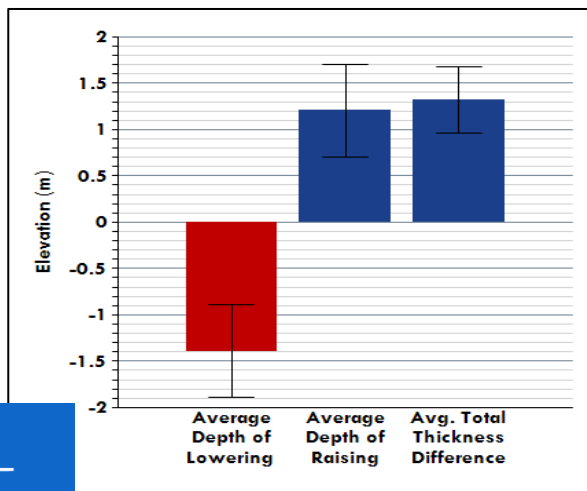
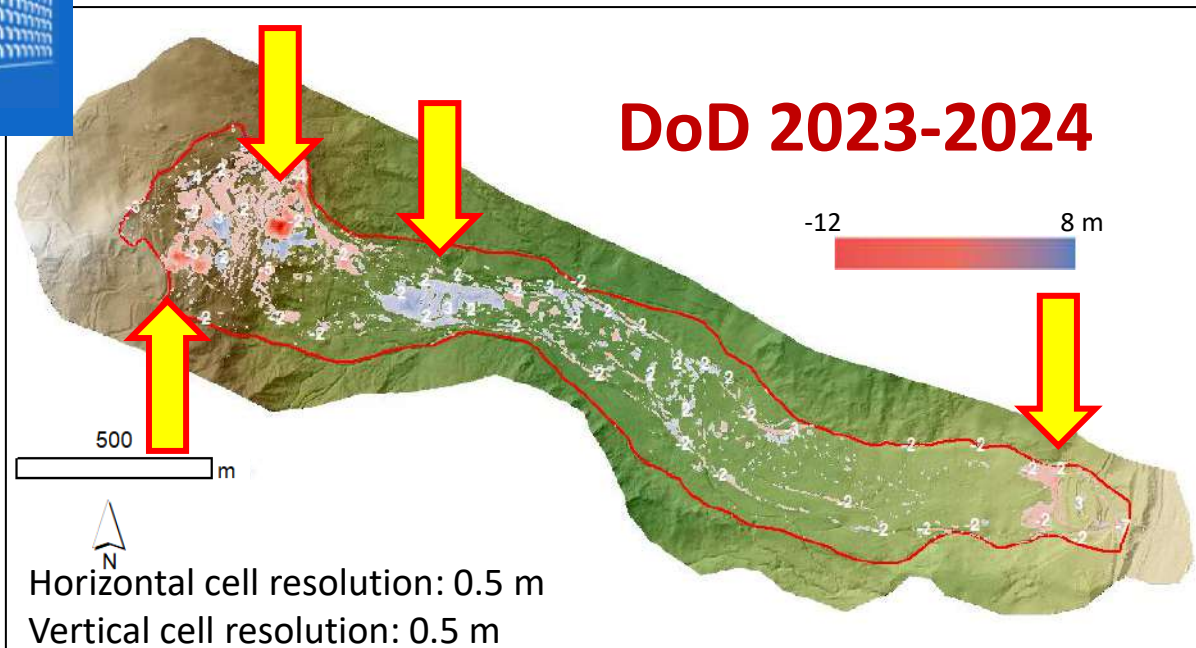
VOLUMETRIC

Volume of surface lowering (m³)	-1,180,497.1
Volume of surface raising (m³)	+398,603.8
Net volume difference (m³)	-781,893.3

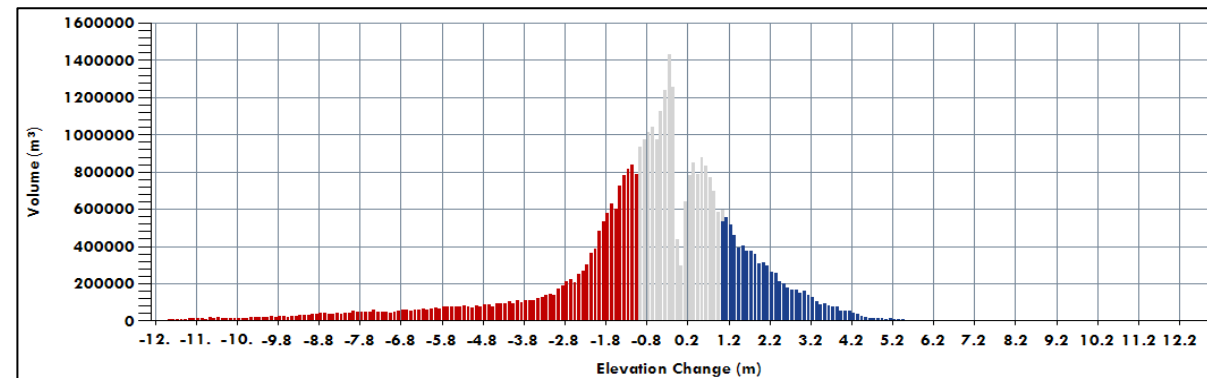


DoD 2016-2024





VERTICAL AVERAGES	
Depth of surface lowering (m)	1.4
Average depth of surface raising (m)	1.2
PERCENTAGES (BY VOLUME)	
Percent elevation lowering (%)	62.4
Percent elevation raising (%)	37.6



VOLUMETRIC	
Volume of surface lowering (m ³)	-191,303.0
Volume of surface raising (m ³)	+115,388.0
Net volume difference (m ³)	-75,915.1

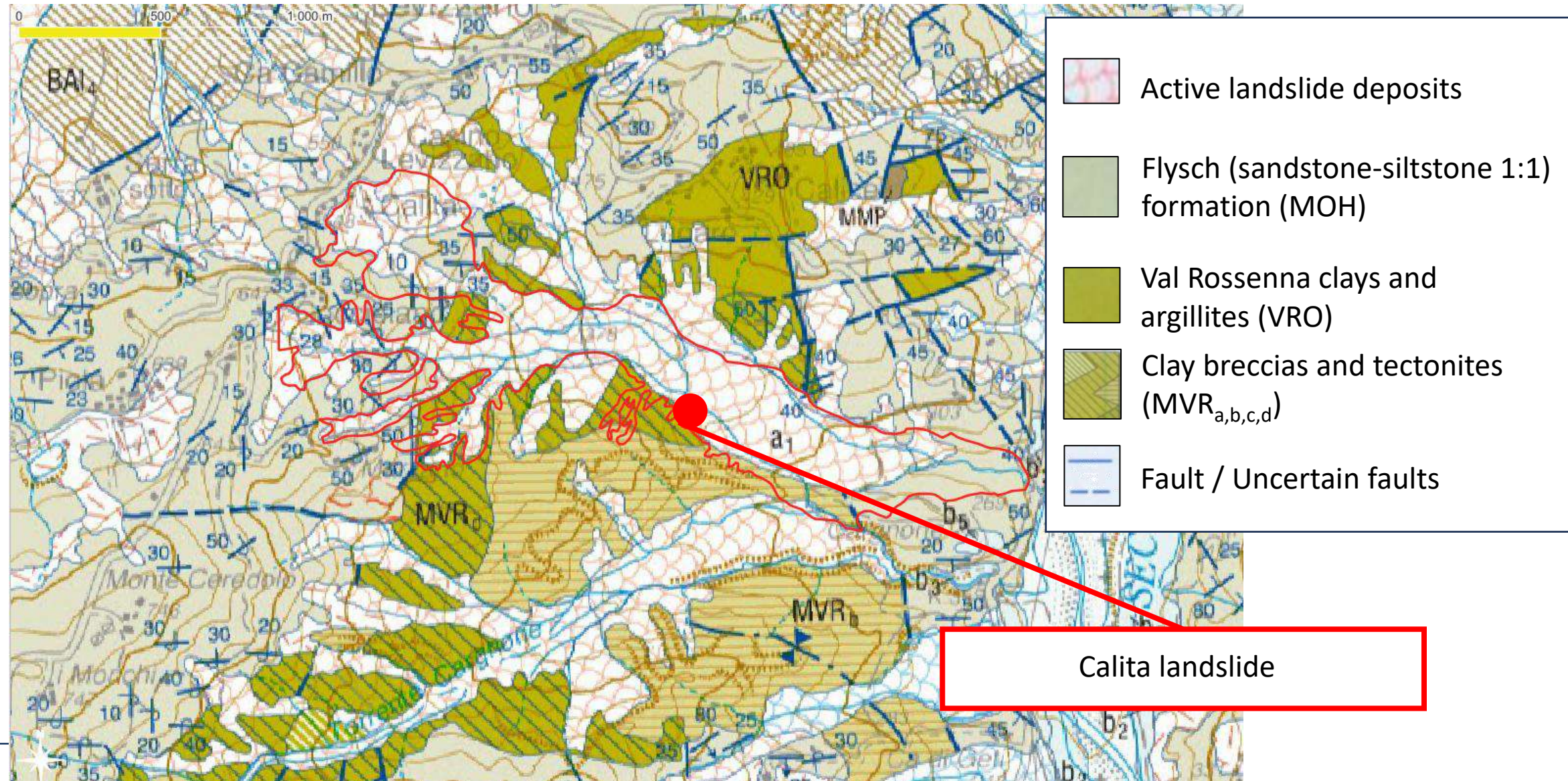




Indice degli argomenti:

- Inquadramento generale e geomorfologico
- **Inquadramento geologico**
- Caratterizzazione geotecnica
- Dati di monitoraggio
- Modellazione di stabilità
- Opere di mitigazione
- Conclusioni

Geological Context





Geological surveys



MOH

*Flysch (sandstone-siltstone 1:1) formation (MOH)
Rock layers mainly dipping into the slope*



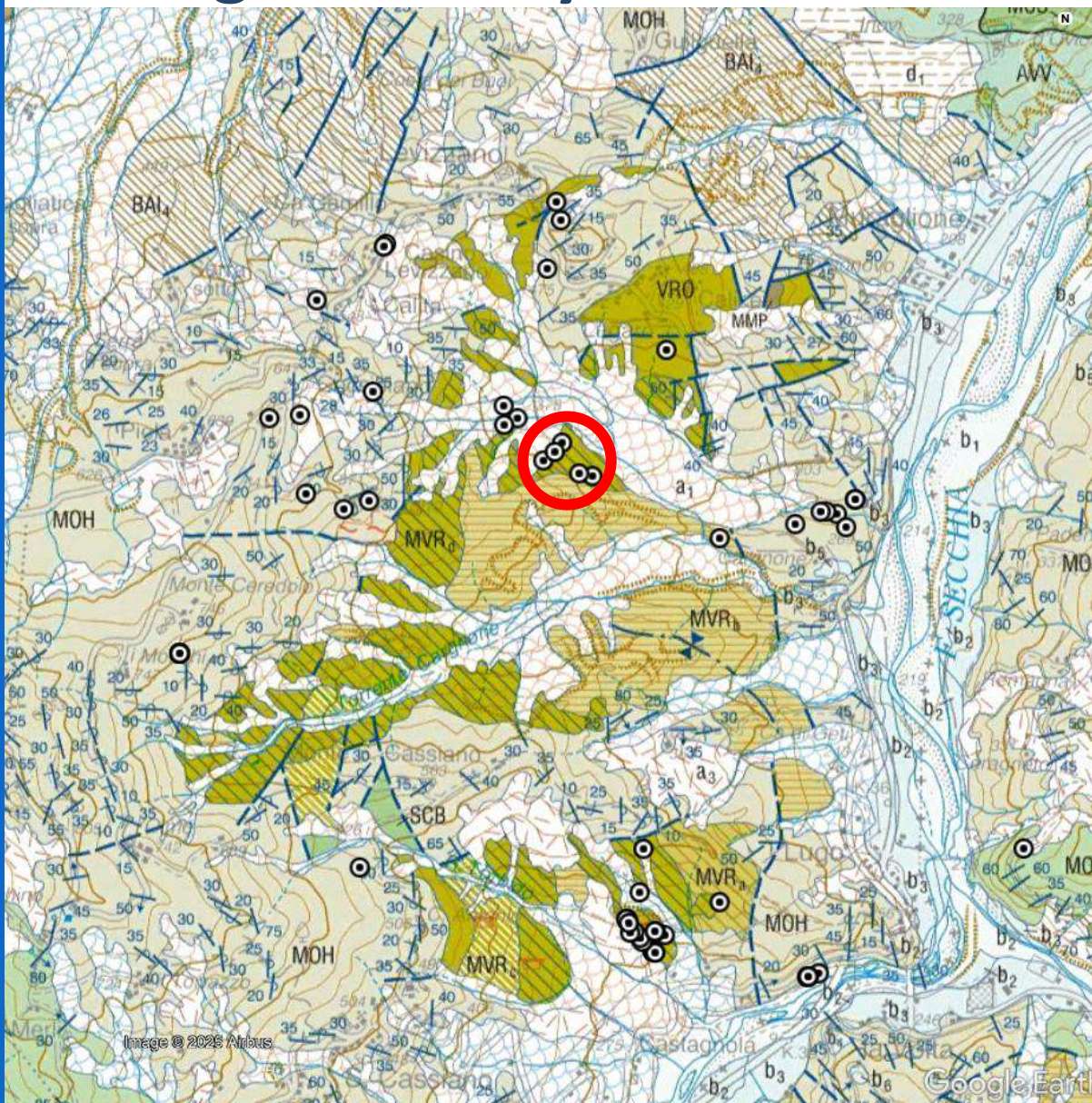
Geological surveys



Flysch (sandstone-siltstone 1:1) formation (MOH)



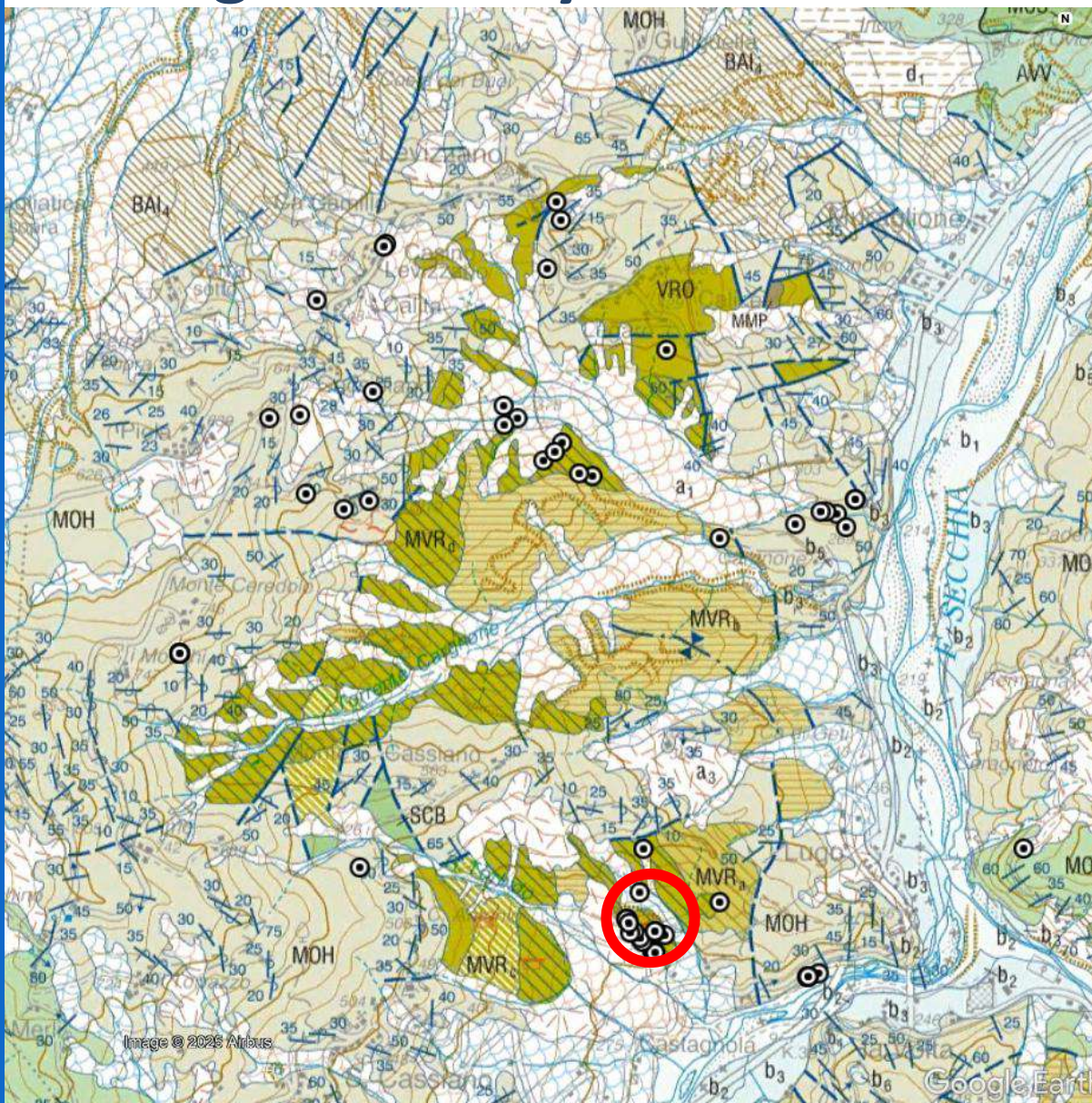
Geological surveys



Clay breccias and tectonized scaly clays



Geological surveys

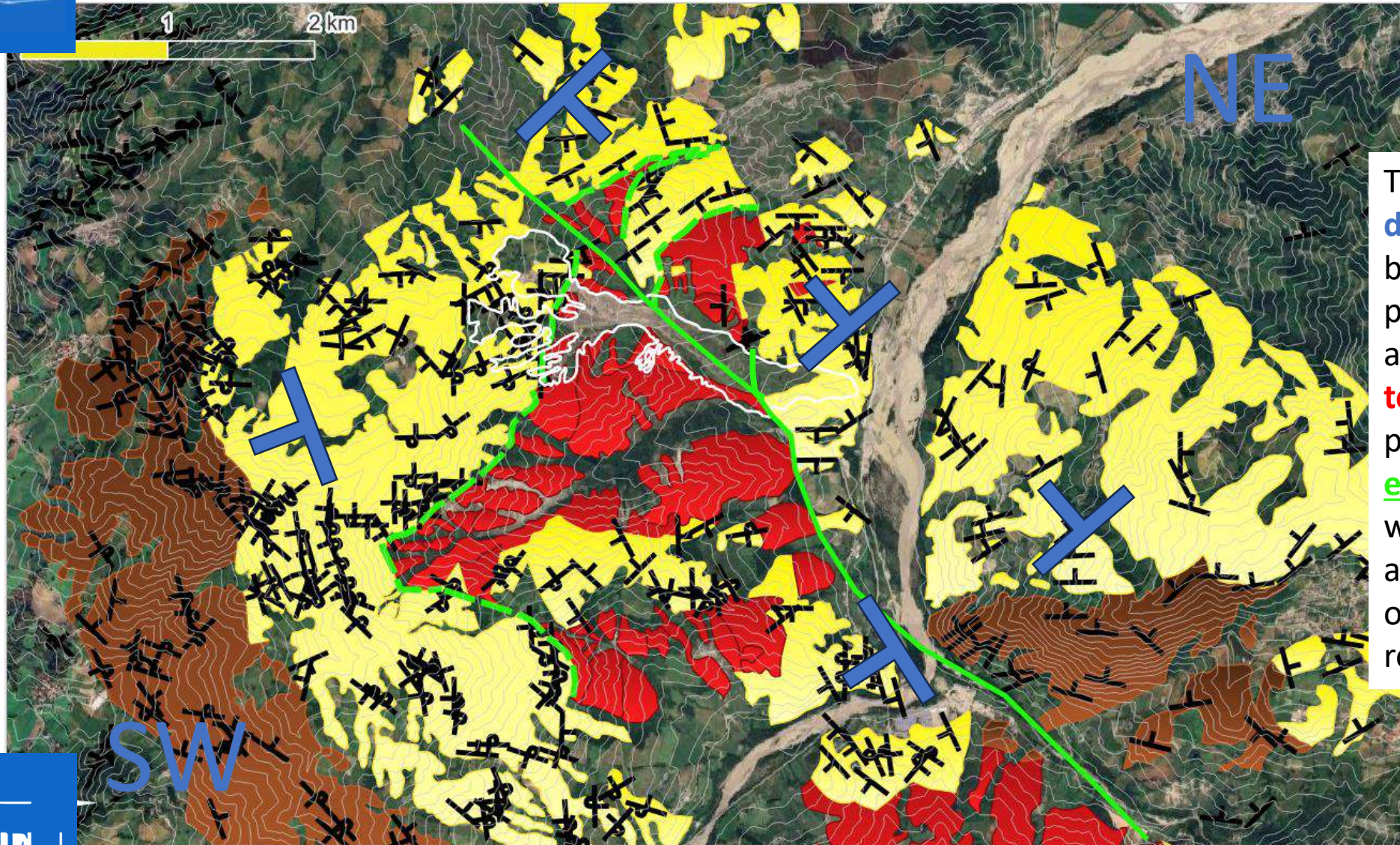


Pyrite



saline efflorescences

Geo-structural model

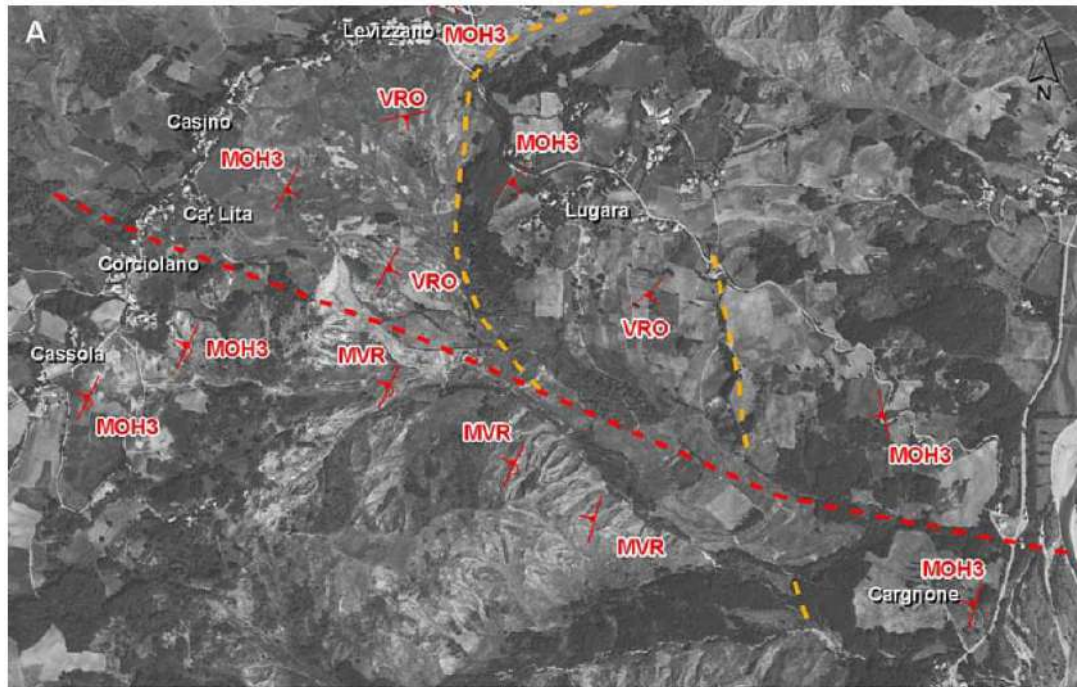


The differences in the **dip directions** of the rock layers between the NE and the SW portions of the landslide area and the presence of **tectonites** suggest the presence of **tectonic elements** at the contact with the **Flysch formations** and below and on the flanks of the earthflow and of the roto-translational landslide

Tectonic elements and deep fluid circulation

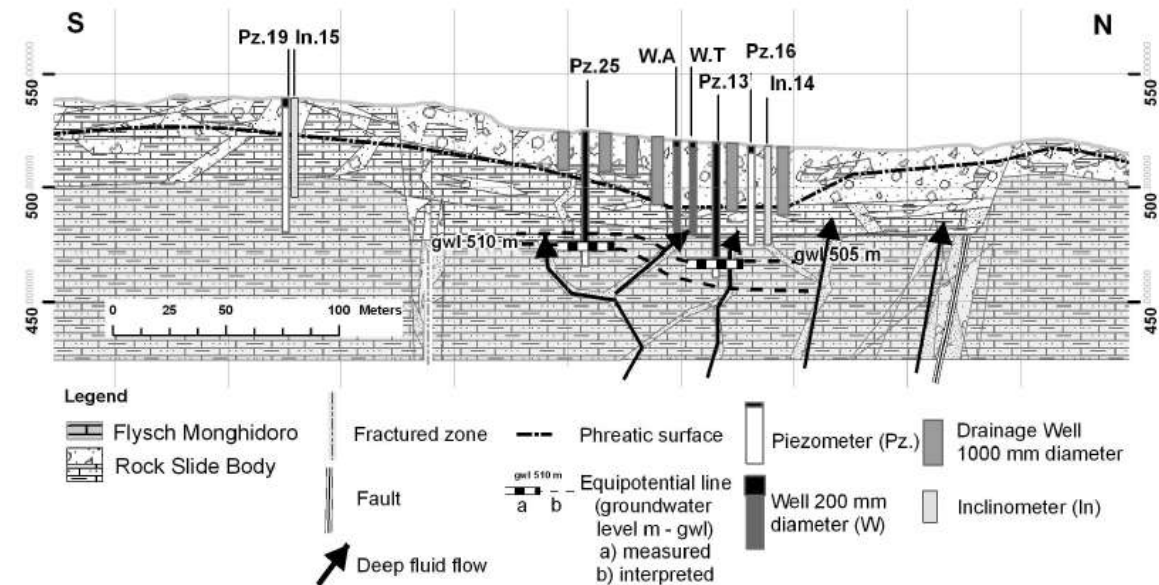
L. Borgatti · A. Corsini · M. Barbieri · G. Sartini · G. Truffelli · G. Caputo · C. Puglisi

Large reactivated landslides in weak rock masses: a case study from the Northern Apennines (Italy)



Groundwater processes in a complex landslide, northern Apennines, Italy

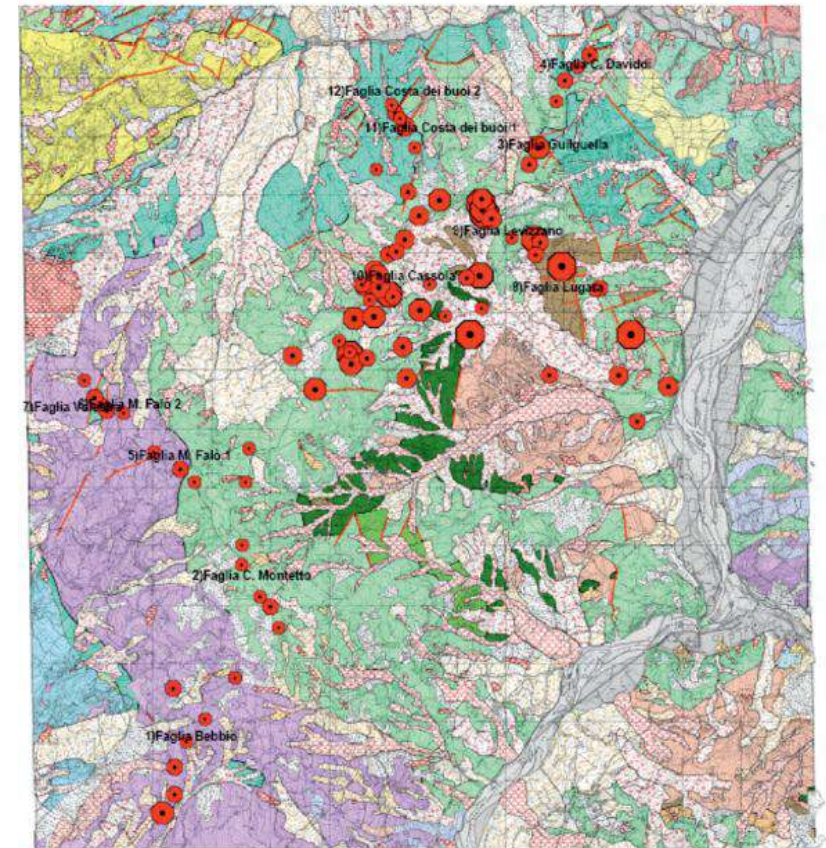
F. Ronchetti¹, L. Borgatti², F. Cervi¹, C. Gorgoni¹, L. Piccinini³, V. Vincenzi³, and A. Corsini¹





Caratterizzazione idrogeologica, idrochimica e radiometrica di alcuni corpi di frana dell'Appennino emiliano. Casi di studio: Vedriano, Cà Lita e Silla

Laureata in Scienze Geologiche, Università di Modena e Reggio Emilia

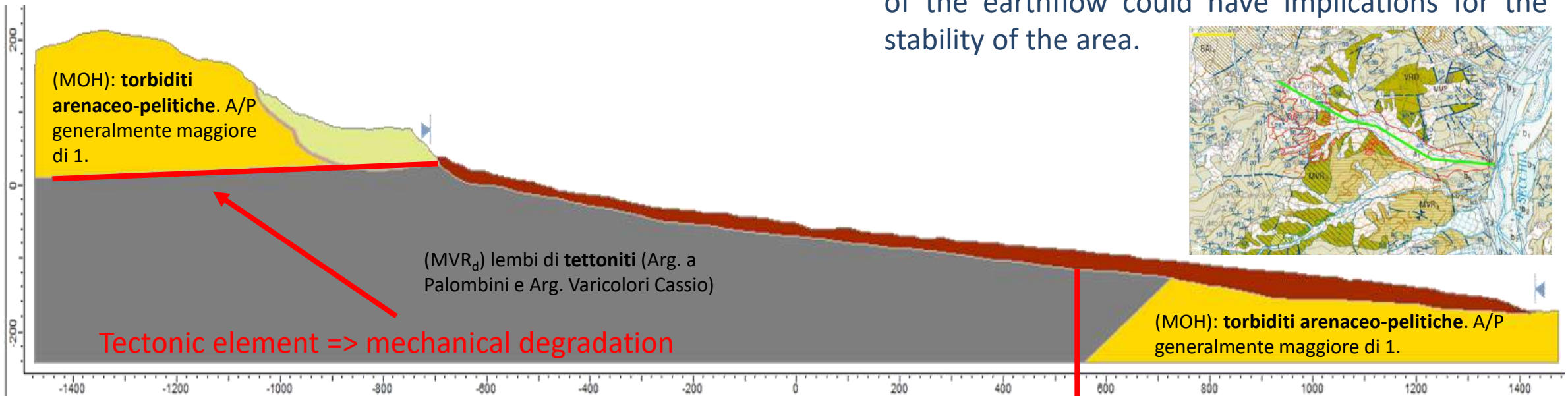


Analisi geochemiche e la presenza di Radon suggeriscono un'origine dei fluidi profonda

Geological section

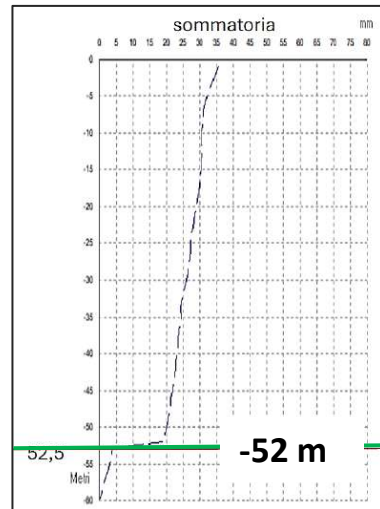
The rotational-translational landslide occurs primarily within the geomechanically stronger units (turbidites) along the tectonized contact with the underlying intensely tectonized and fractured claystones

- The presence of widespread high-angle fracture systems allows deep saline fluids to rise
- Once near the surface, the fluids tend to accumulate along the surface of greatest permeability, which is the interface between the bedrock and the earthflow
- The resulting build-up of overpressure at the base of the earthflow could have implications for the stability of the area.

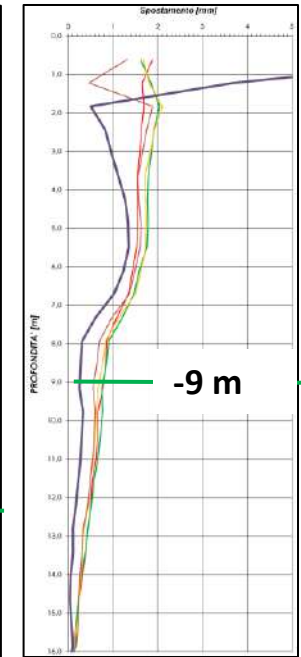
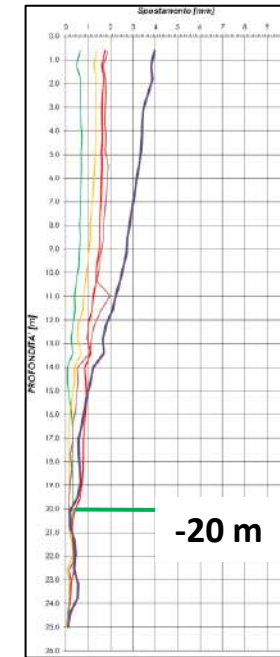
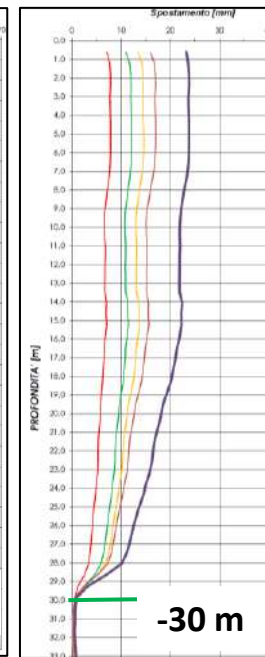
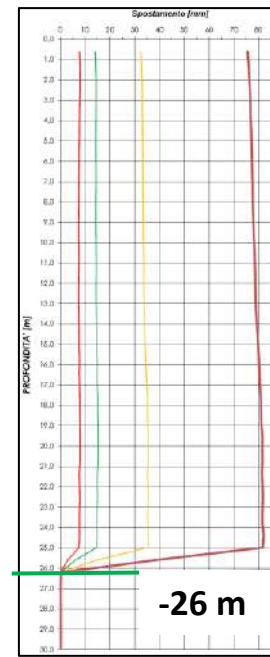
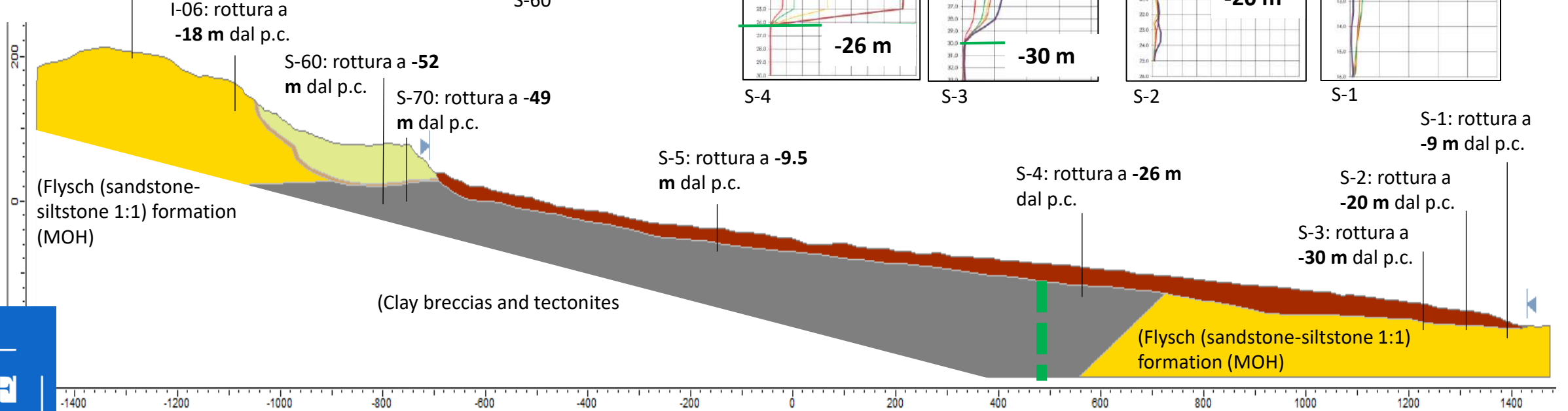


high-angle tectonic element => driver deep fluids

A geological section of the landslide + inclinometers



Corciolano village





Indice degli argomenti:

- Inquadramento generale e geomorfologico
- Inquadramento geologico
- **Caratterizzazione geotecnica**
- Dati di monitoraggio
- Modellazione di stabilità
- Opere di mitigazione
- Conclusioni



A geological section of the landslide + boreholes

(MOH)



Corpo colata



Corpo colata

(MVRd)

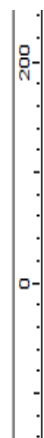


(MVRd)



(MOH)

Corciolano village



(Flysch (sandstone-siltstone 1:1) formation (MOH)

Cal-60

S-5

earthflow

S-4.

S-10

S-3

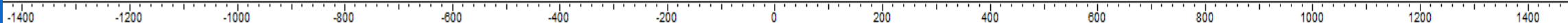
S-2

S-1

Road and river

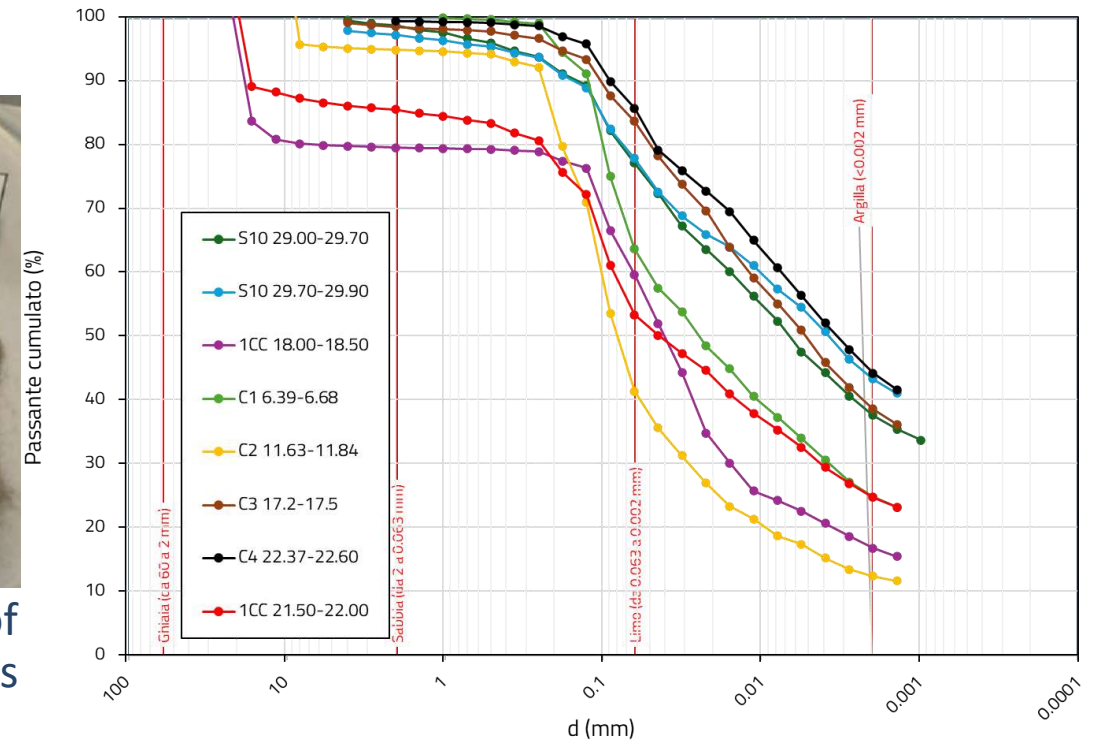
(Clay breccias and tectonites

(Flysch (sandstone-siltstone 1:1) formation (MOH)

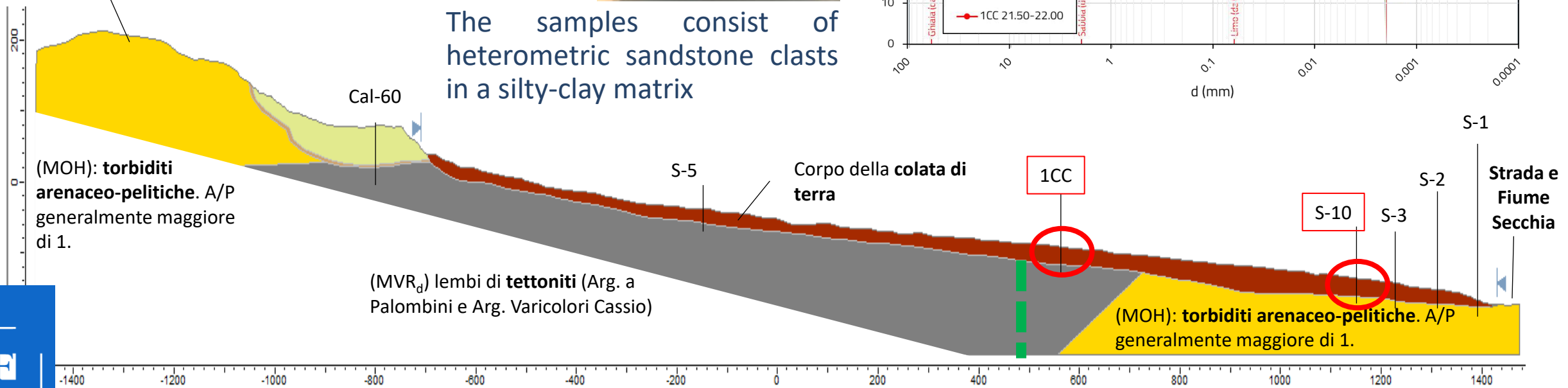


Laboratory tests: earthflow materials

Abitato



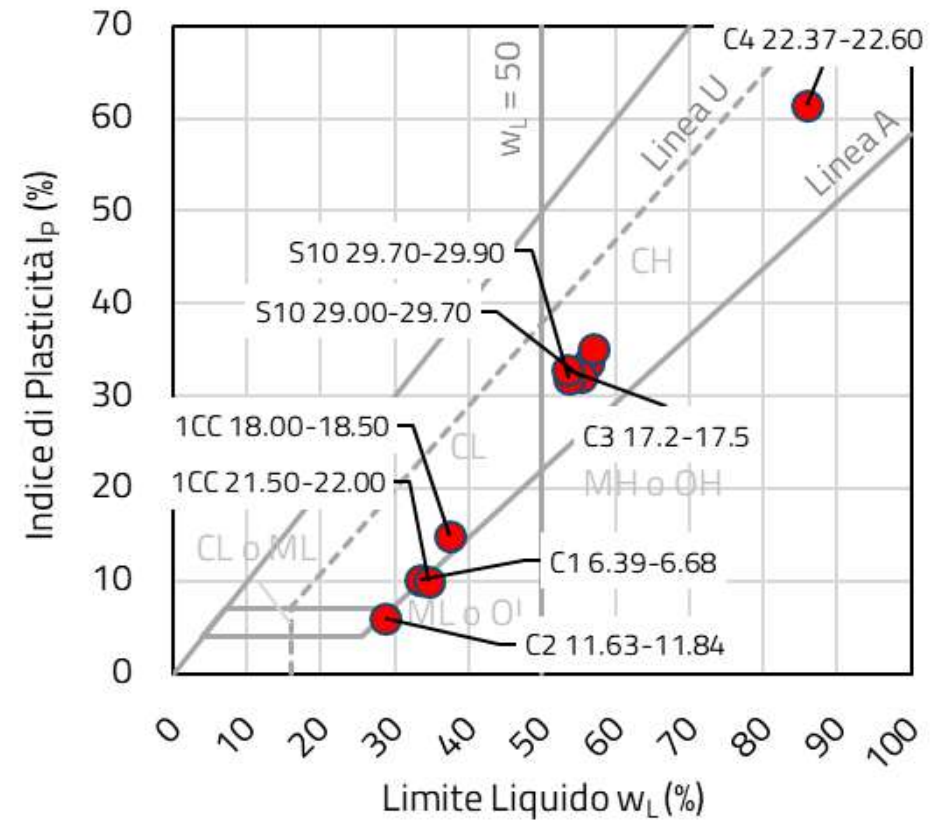
The samples consist of heterometric sandstone clasts in a silty-clay matrix



Laboratory tests: earthflow materials

Atterberg Limits

The particle size heterogeneity of soils is reflected in a wide range of soil plasticity (clays ranging from low to high plasticity)



Abitato di Corciolano

Cal-60

(MOH): **torbiditi arenaceo-pelitiche**. A/P generalmente maggiore di 1.

S-5

Corpo della **colata di terra**

1CC

S-10

S-3

S-2

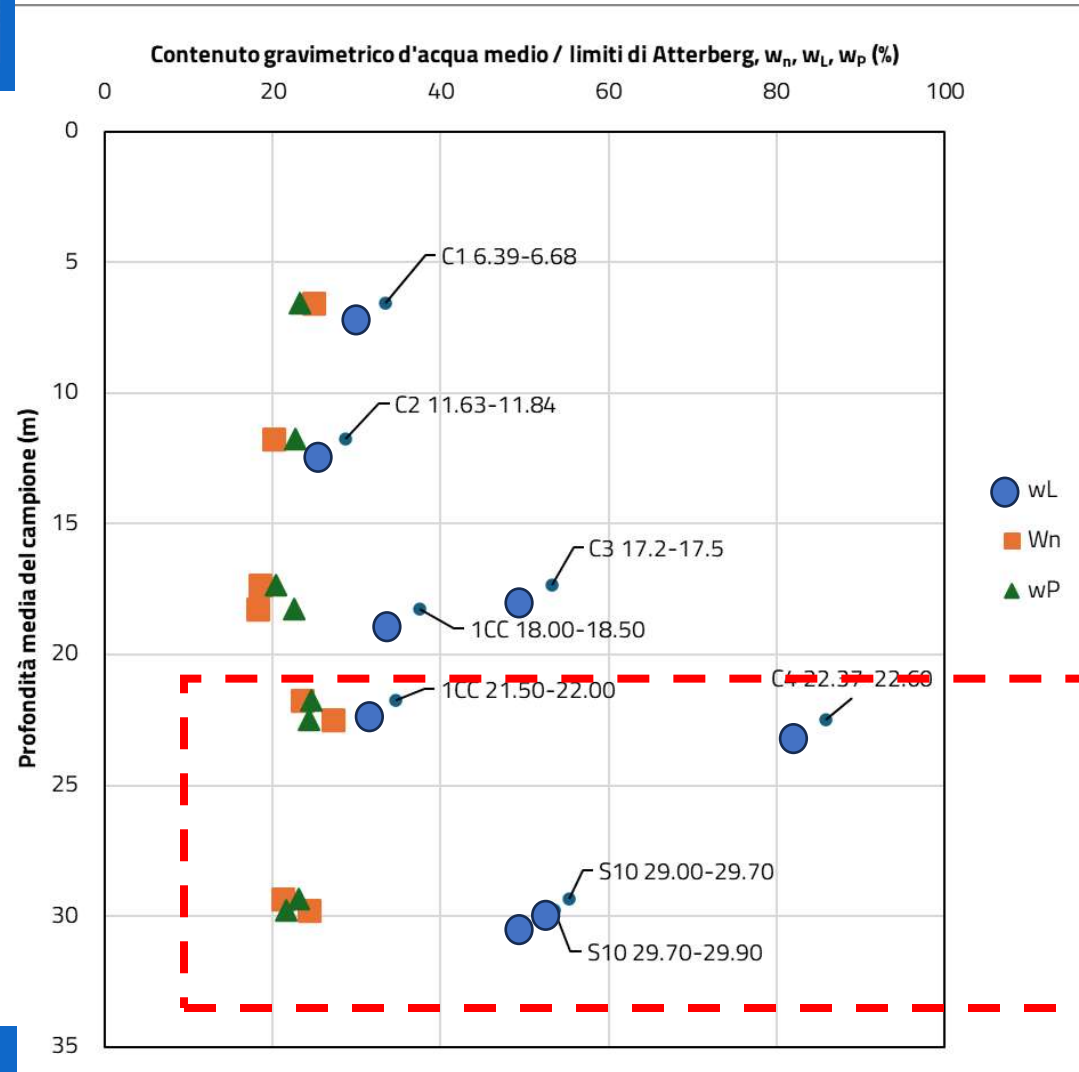
Strada e Fiume Secchia

(MVR_d) lembi di **tettoniti** (Arg. a Palombini e Arg. Varicolori Cassio)

(MOH): **torbiditi arenaceo-pelitiche**. A/P generalmente maggiore di 1.



Laboratory tests: earthflow materials



Atterberg limits and natural water content

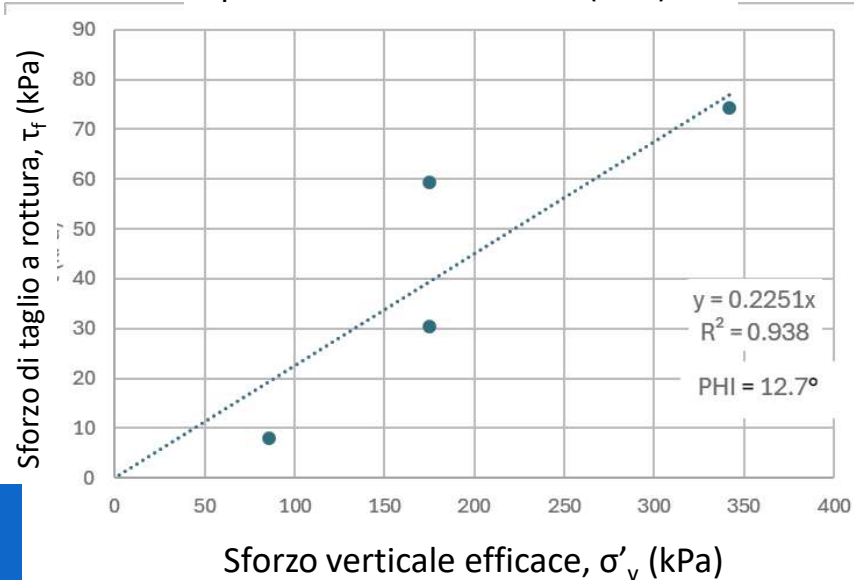
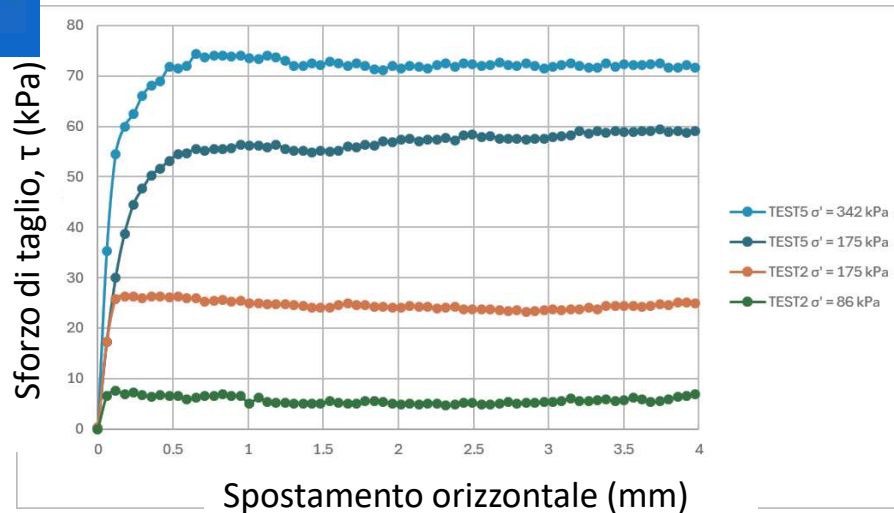
The most plastic soils were found at depths between 22 and 30 m (near the slip surface of the flow)

The natural water content is exceeding the plastic limit within the same depth range



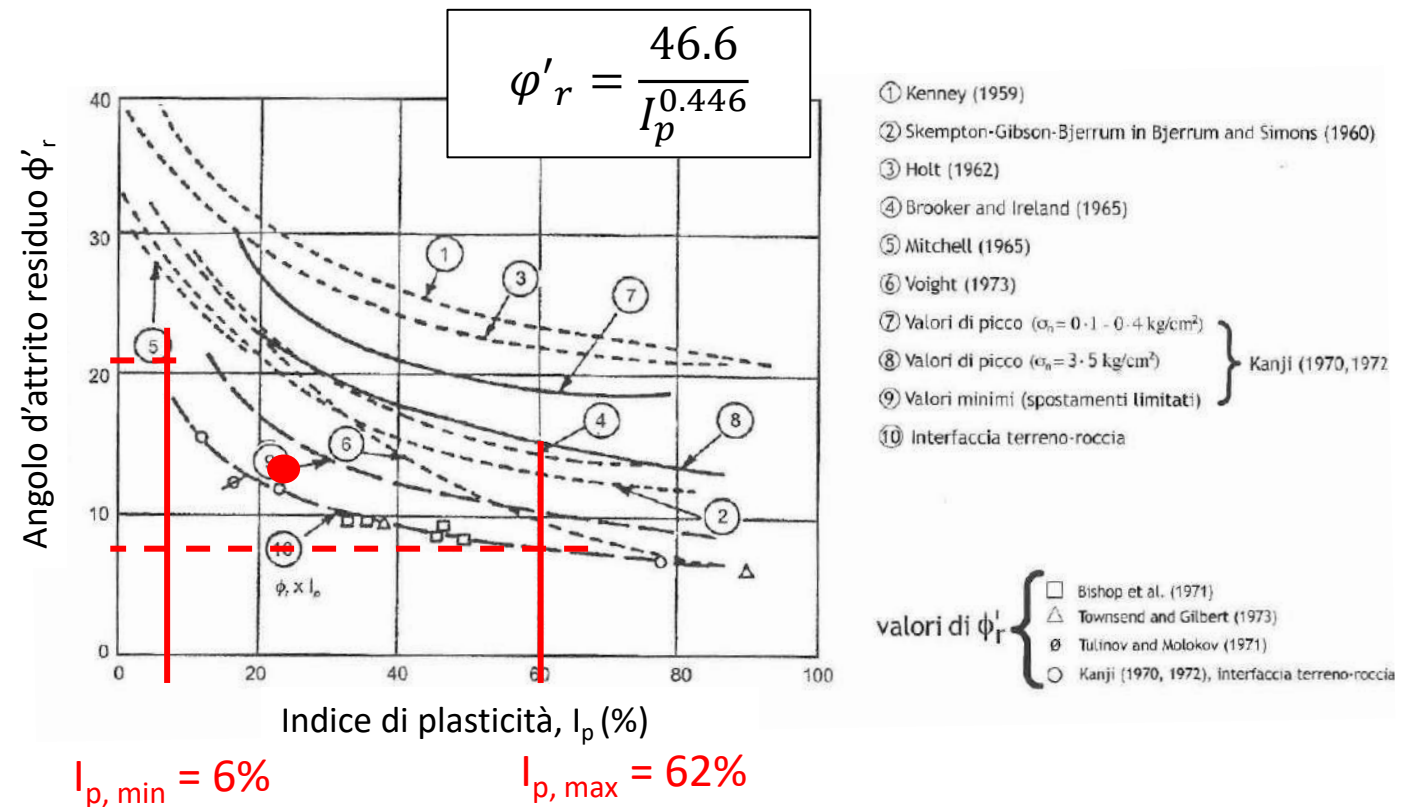


Laboratory tests: earthflow materials



$\varphi'_r = 12.7^\circ$ ring shear tests (water content at average value between liquid and plastic limit).

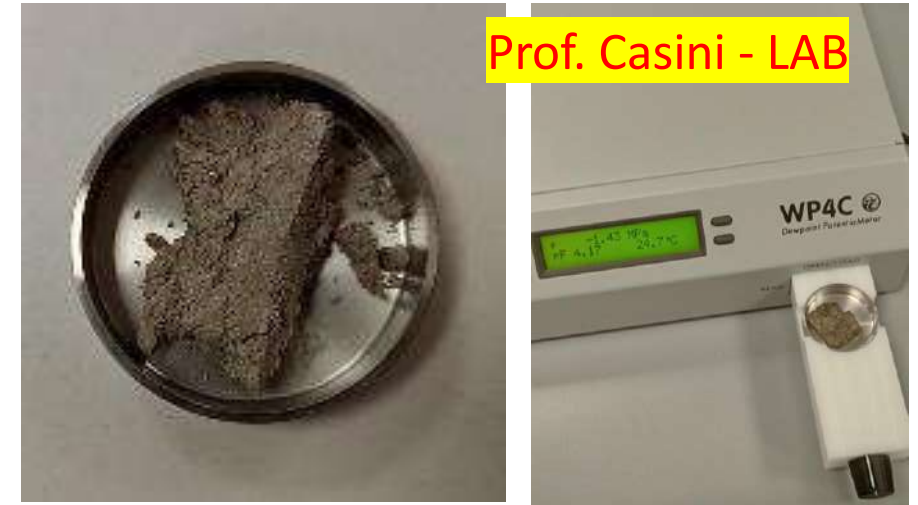
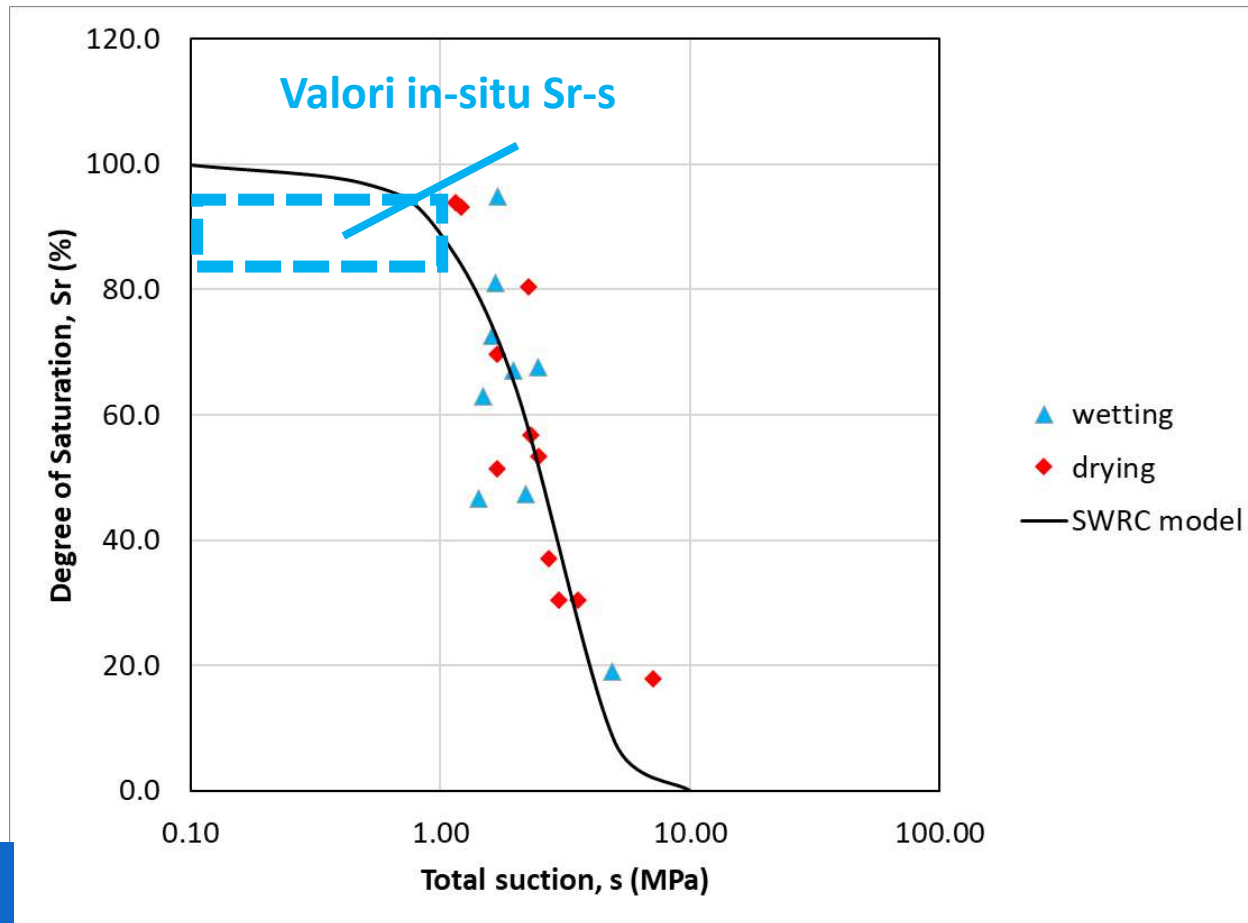
$\varphi'_r = 7^\circ - 21^\circ$ (average 14°) correlation of Kanji (1970)





Laboratory tests: earthflow materials

Soil water retention curve (colata): AEV = 0.7-1 MPa, con fase di desaturazione molto marcata dopo AEV (possibile effetto dei clasti presenti). **Suzioni massime osservate in-situ : $s \approx 1.5 - 2.0$ MPa**



15% clasti arenacei, 40% sabbia, 30% limo, 25% argilla

CL (USCS), $w_L = 35\%$, I_p 10%

$$\frac{e_w}{e} = S_r = C(s) \left[\frac{1}{1 + (\alpha s)^n} \right]^m \quad C(s) = 1 - \frac{\ln \left[1 + \frac{s}{a_r} \right]}{\ln \left[1 + \frac{a}{a_r} \right]}$$

Romero and Vaunat (2000)



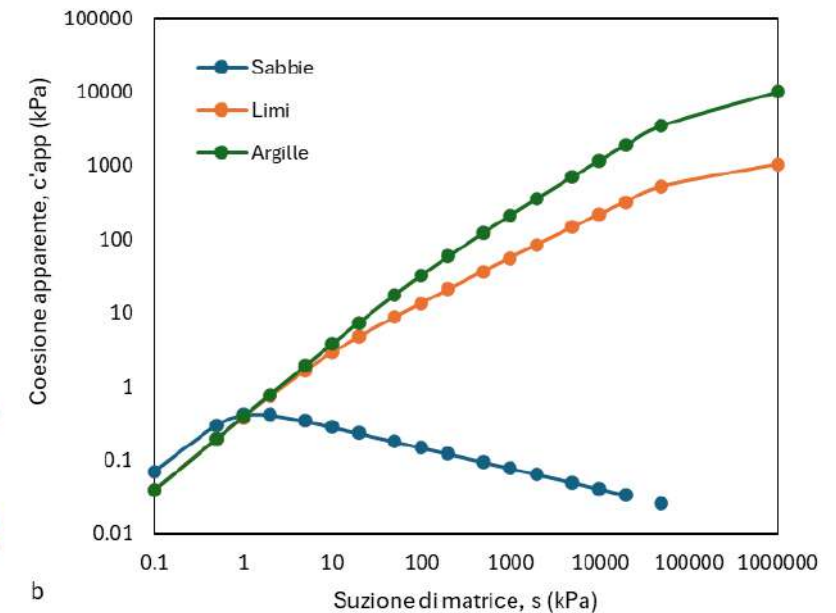
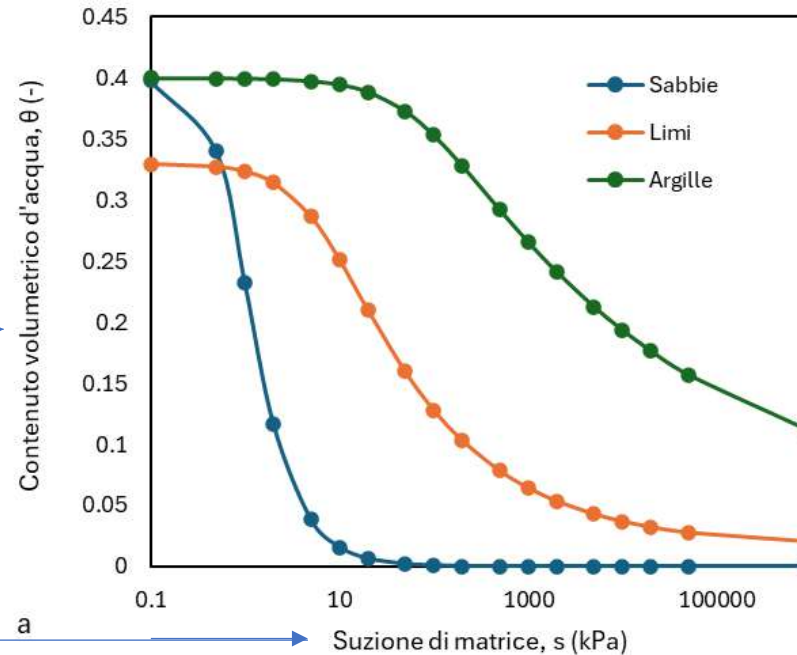


Variazione della resistenza al taglio con la parziale saturazione

La parziale saturazione accresce la resistenza al taglio dei terreni. Questo aumento (coesione apparente, c'_{app}) è formulato tramite l'estensione del criterio di rottura alla Mohr-Coulomb proposto da Vanapalli et al. (1996)

$$\tau_f = c' + (\sigma_n - u_a) \tan \varphi' + (u_a - u_w) \left[\frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \tan \varphi' \right], \theta = S_r n,$$

$$c'_{app} = (u_a - u_w) \left[\frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \tan \varphi' \right]$$

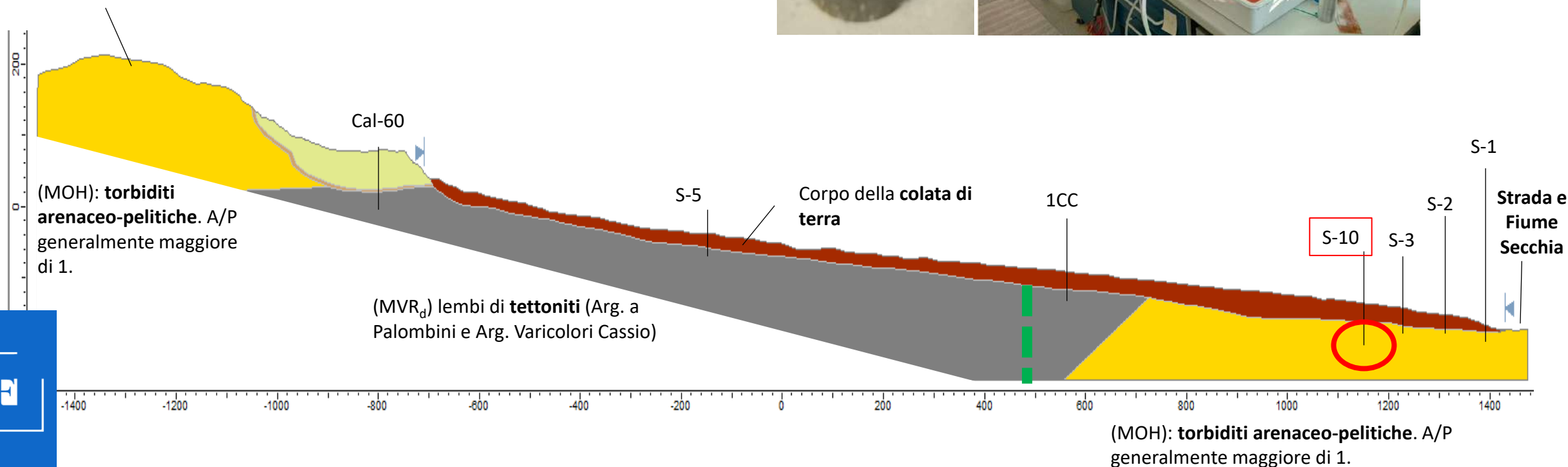




Prove di laboratorio: materiale pelitico del Flysch



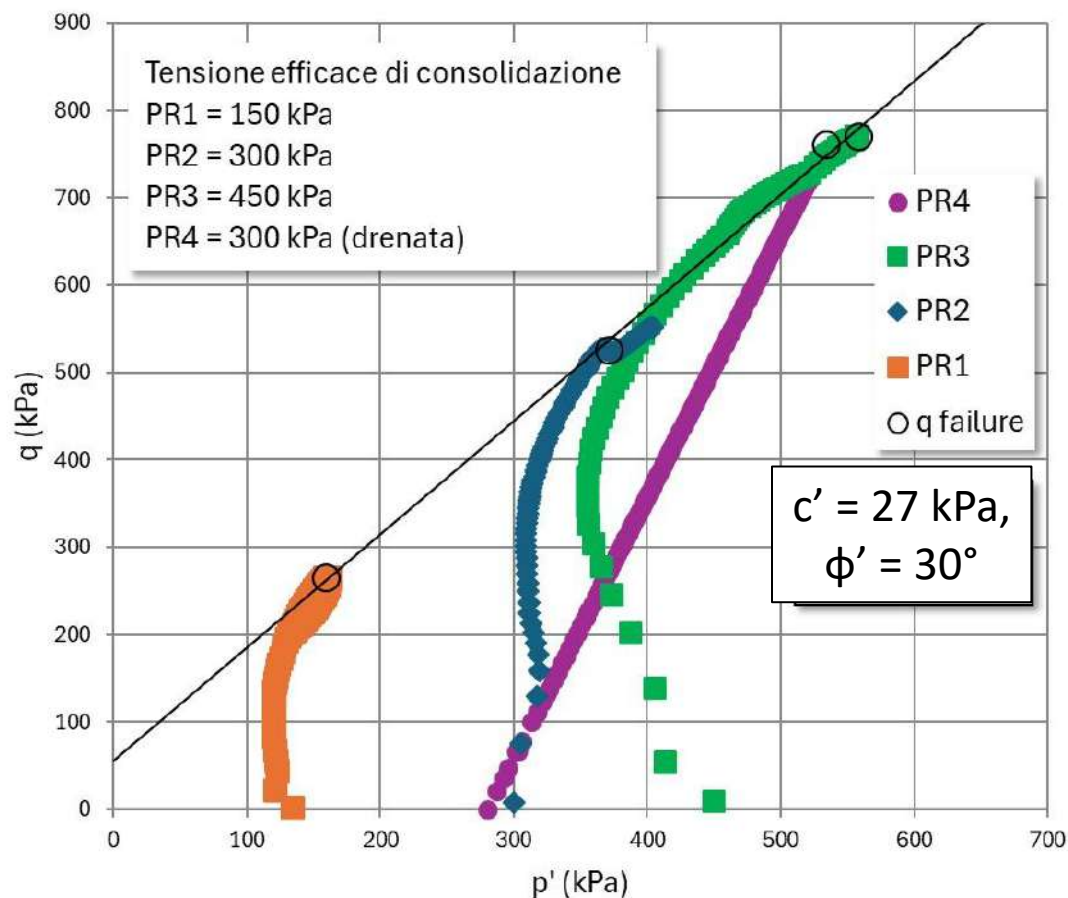
Abitato di Corciolano





Prove di laboratorio: materiale pelitico del Flysch

Compressioni triassiali consolidate isotropicamente drenate e non drenate con determinazione dei parametri di resistenza (c' , c_u e ϕ'), della Rigidezza (E) e della permeabilità (k_w)

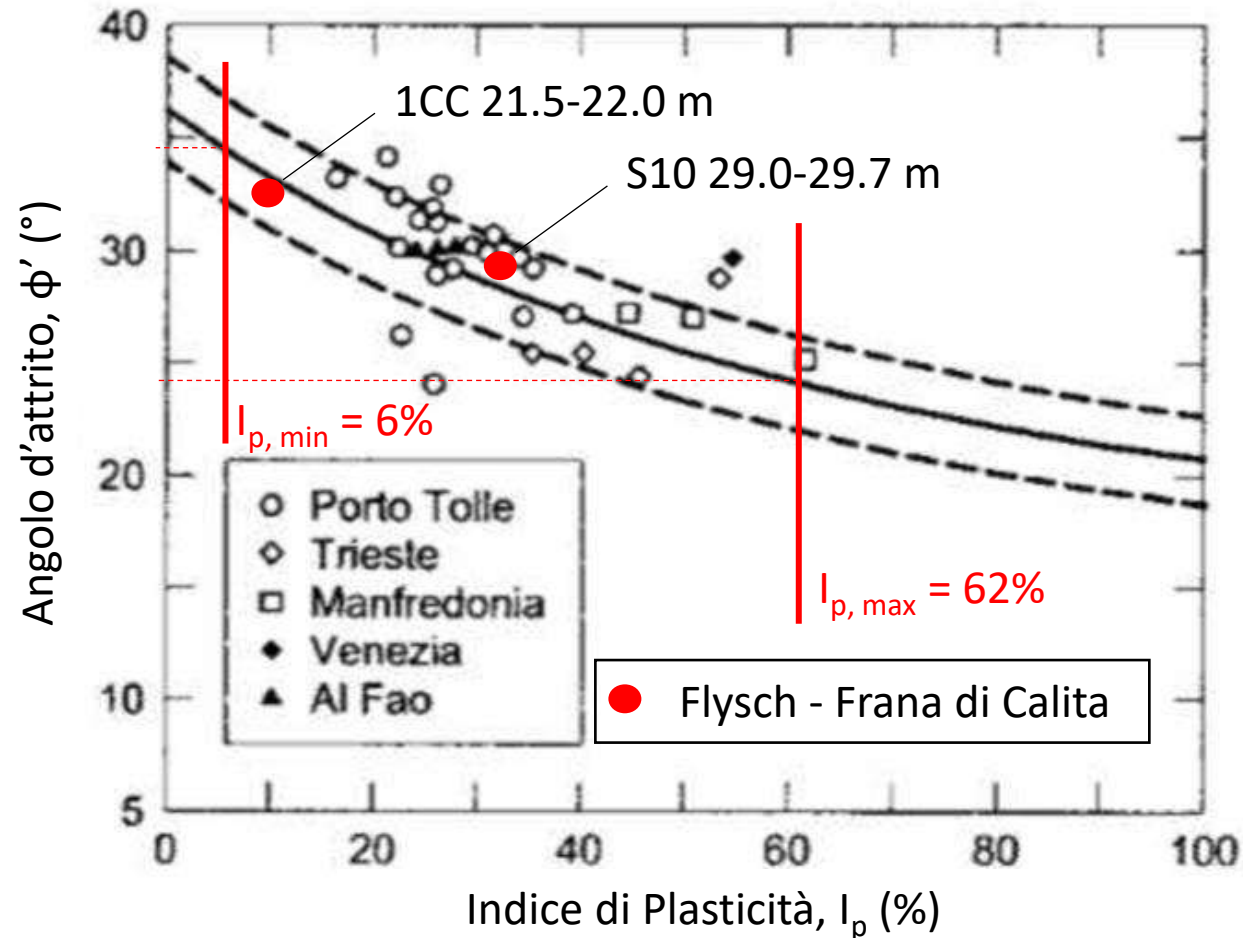


Cam pione	Profondi tà Media (m)	c'_{TX} CU (kPa)	ϕ'_{TX} XCU	c_u_{TX} XCU	c'_{TX} CD	ϕ'_{TX} XCD	k_w_{TXCD} (m/s)
S10 29.00 - 29.70	29.35	29	30	120; 262; 352;			
S10 29.70 - 29.90	29.8				27*	30*	$9.01 \cdot 10^{-11}$

* valutato con 1 provino del TX_CD, per il campione S10 29.70-29.90, e 3 provini del TX_CU, testati per il campione S10 29.00-29.70.



Prove di laboratorio: materiale pelitico del Flysch



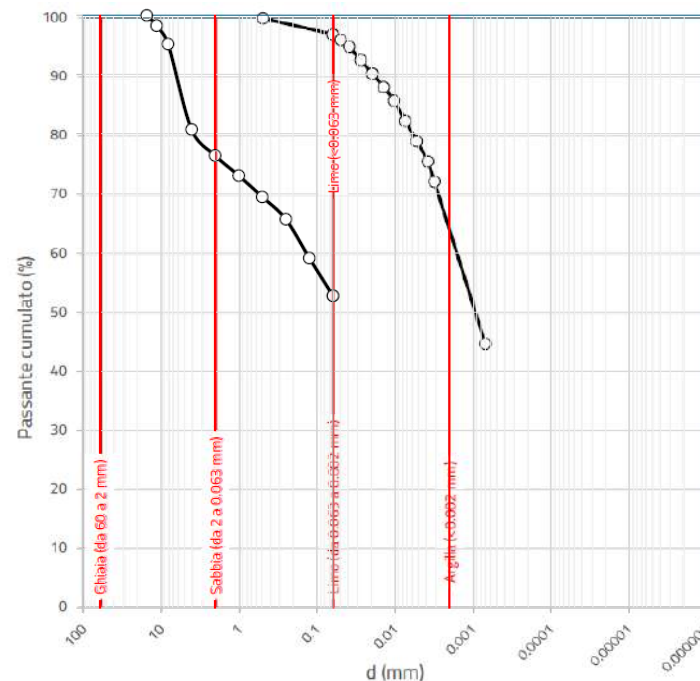
Correlazione tra indice di plasticità ed angolo d'attrito proposta da Jamiolkowski (1979) per argille normal-consolidate

I valori di angoli d'attrito desunti dalle prove effettuate per i campioni di Calita correlano bene con i rispettivi indici di plasticità e seguono la tendenza suggerita. Considerando gli indici di plasticità minimo e massimo misurati per i campioni di Calita, ci si può attendere una **variabilità dell'angolo d'attrito di picco da 24° a 34°** nei materiali coinvolti dalla frana.

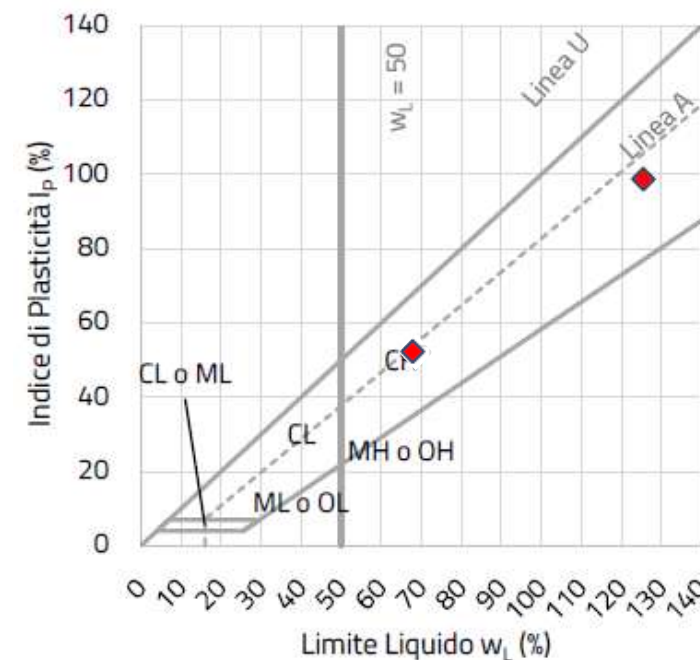


Prove di laboratorio: argilliti tettonizzate

Contenuto di fine molto elevato:
55% - 95%
Argille di alta plasticità
CH (USCS),
 $I_p = 50\% - 100\%$



Carta di plasticità di Casagrande (modificata)



Abitato di Corciolano

Cal-60

(MOH): **torbiditi arenaceo-pelitiche**. A/P generalmente maggiore di 1.

(MVR_d) lembi di **tettoniti** (Arg. a Palombini e Arg. Varicolori Cassio)

S-5

Corpo della **colata di terra**

1CC

S-10

S-3

S-2

S-1

Strada e Fiume Secchia

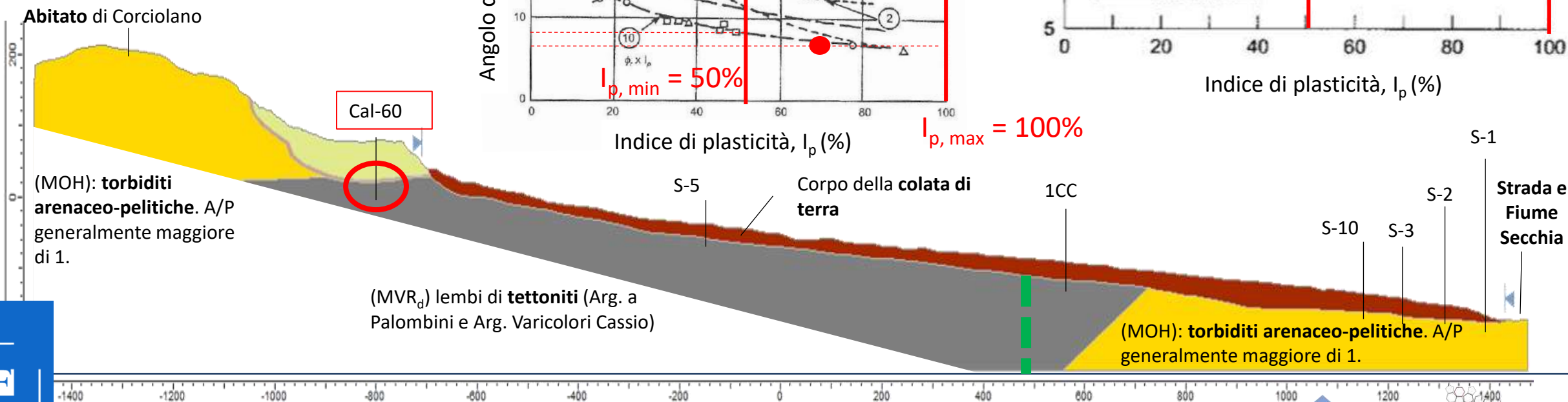
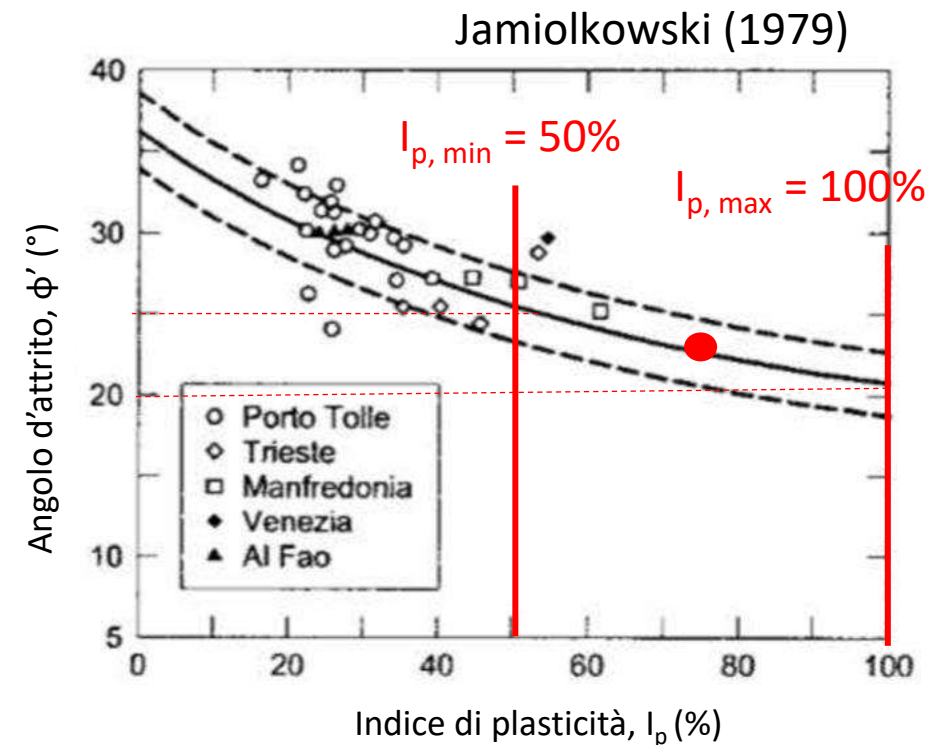
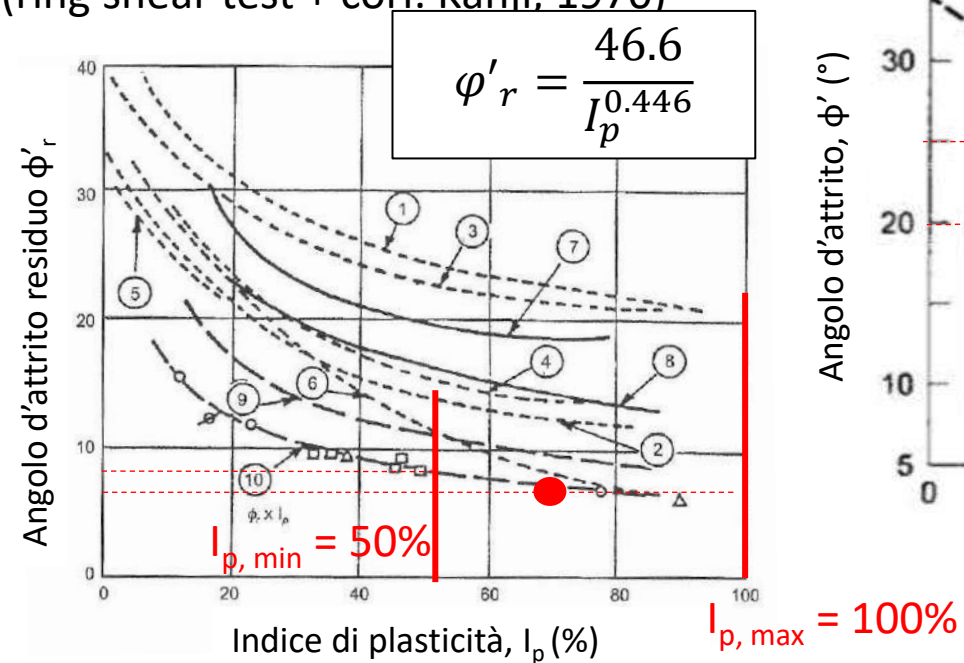
(MOH): **torbiditi arenaceo-pelitiche**. A/P generalmente maggiore di 1.



Prove di laboratorio: argilliti tettonizzate

Angolo d'attrito di picco medio, $\phi' = 22^\circ$ (corr. Jamiolkowski, 1979)

Angolo d'attrito residuo $\phi'_r = 6 - 8^\circ$ (ring shear test + corr. Kanji, 1970)





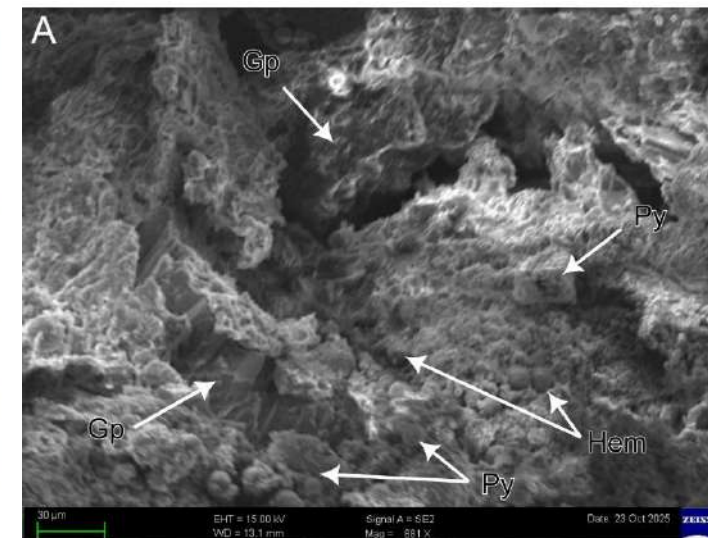
Prove di laboratorio: argilliti tettonizzate



Sondaggio Cal-60 profondità 49-49.5m

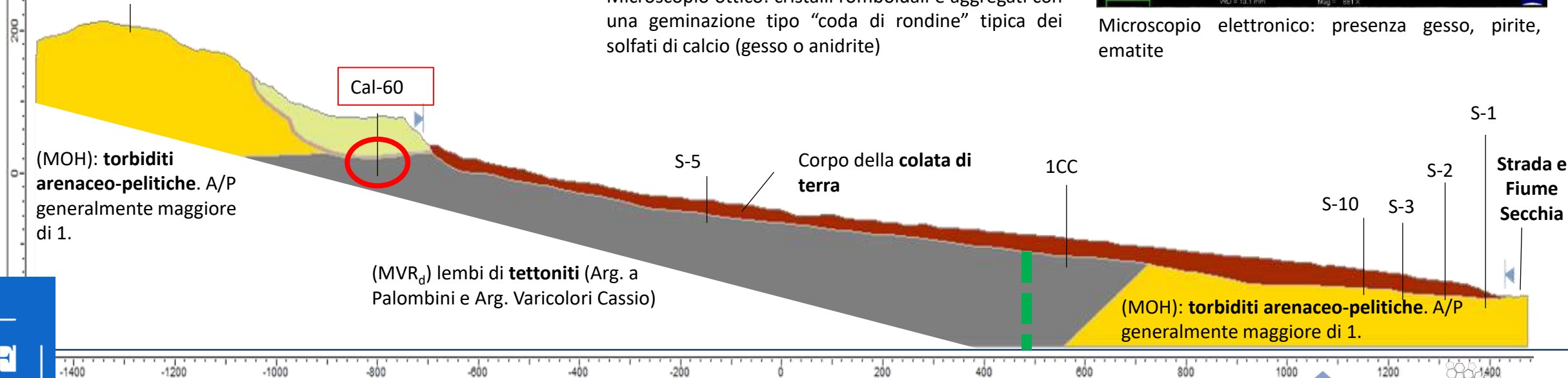


Microscopio ottico: cristalli romboidali e aggregati con una geminazione tipo "coda di rondine" tipica dei solfati di calcio (gesso o anidrite)

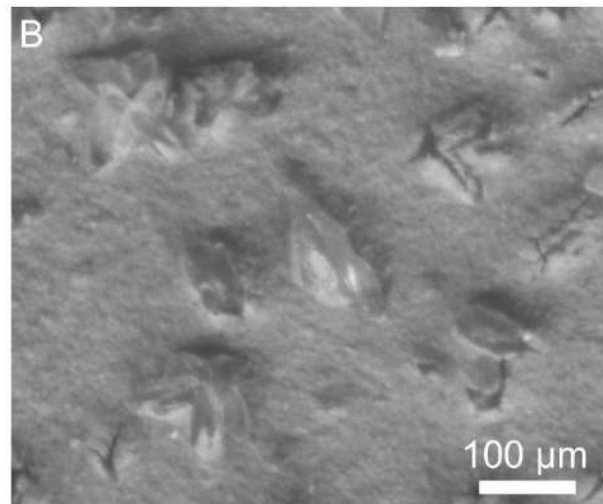
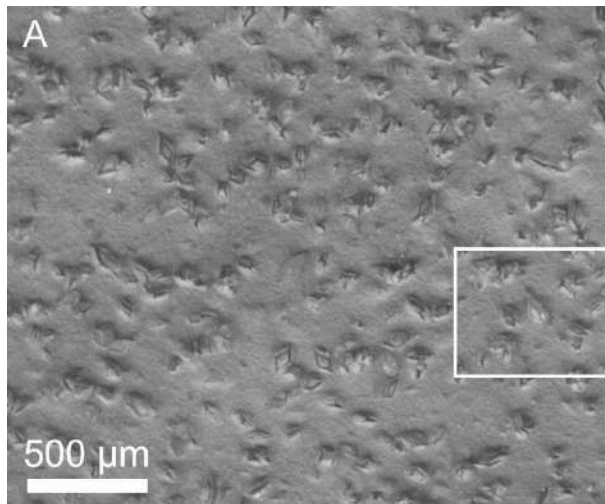


Microscopio elettronico: presenza gesso, pirite, ematite

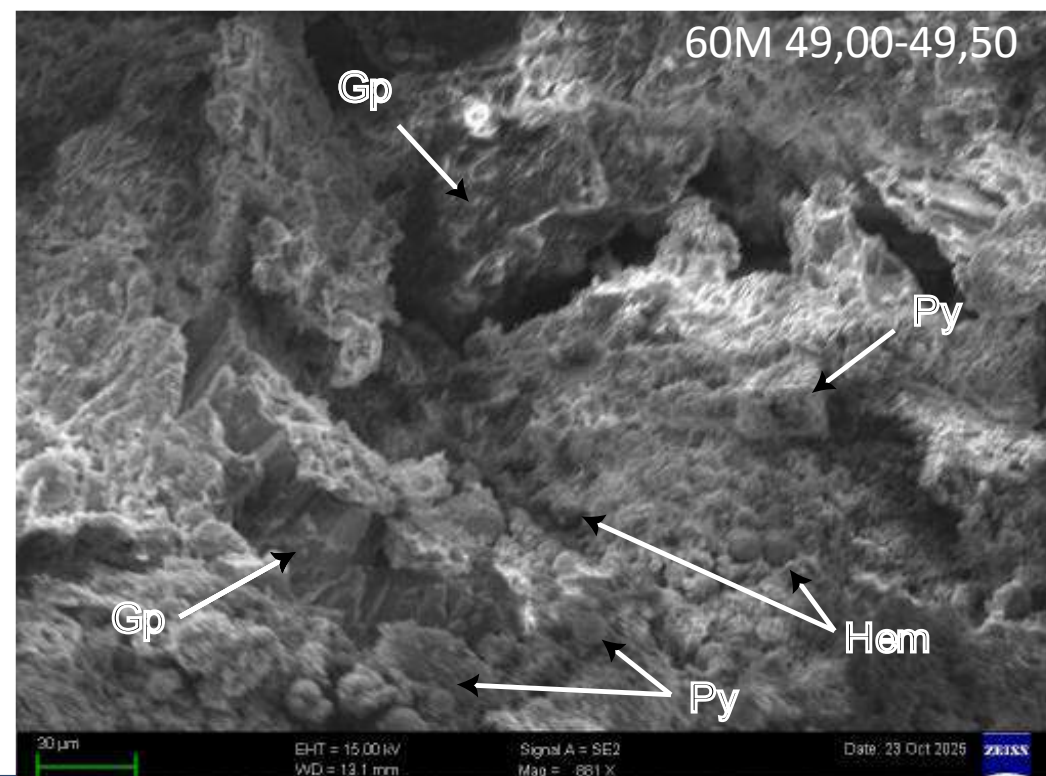
Abitato di Corciolano



Interesting findings from boreholes



Shear surface of the rockslide (-60m below g.l.)
Calcium sulphates, sulphides and iron oxide
mineralization found in the scaly high-plasticity clays
Anhydrite and gypsum minerals



Effect of gypsum hydration

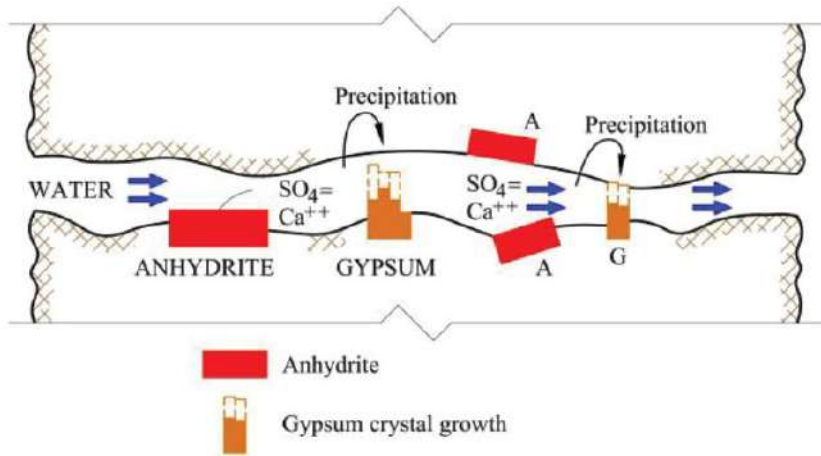


Fig. 23. Sketch to illustrate the dissolution of anhydrite and precipitation of gypsum in a water saturated fissure in the claystone.
Alonso (2023)

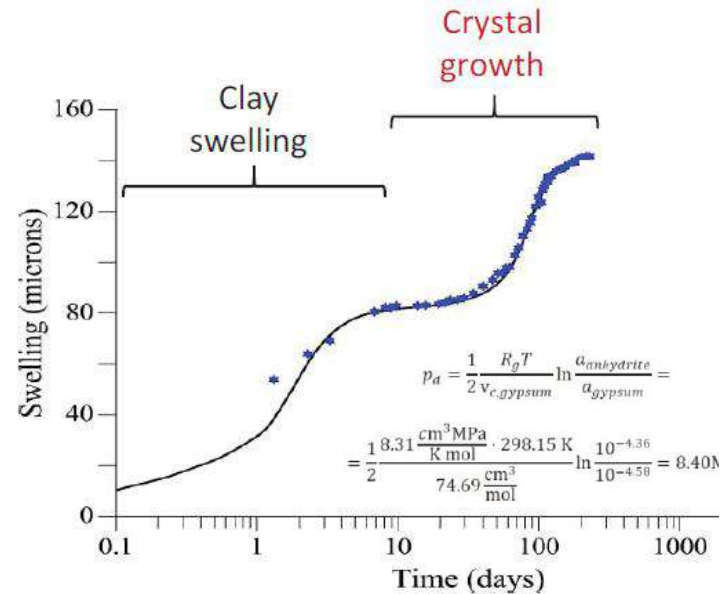
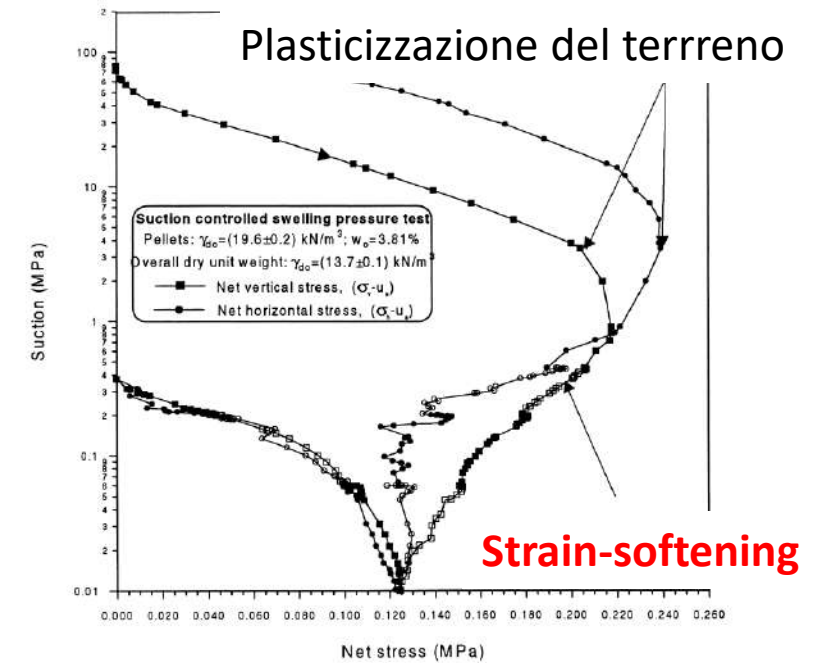


Fig. 21. The two mechanisms contributing to the evolution of claystone swelling in a free oedometer test.
Alonso (2023)



Romero (2002)

As it reaches the clay layers, **rainwater becomes enriched with sulfates** (anhydrites). At temperatures below 80 °C, the equilibrium concentrations of sulfates in aqueous solutions are lower for gypsum than for anhydrite. Aqueous solutions rich in anhydrite are therefore supersaturated with respect to gypsum, facilitating the precipitation of the latter. Gypsum minerals induce **swelling pressures** ranging from 1.7 MPa (Nousiou and Anagnostou, 2025) to 8.4 MPa (Alonso, 2023) against a geostatic pressure of approximately 1.3 MPa (assuming a fracture surface depth of 50 m and a unit weight of 26 kN/m³).

Effect of gypsum hydration

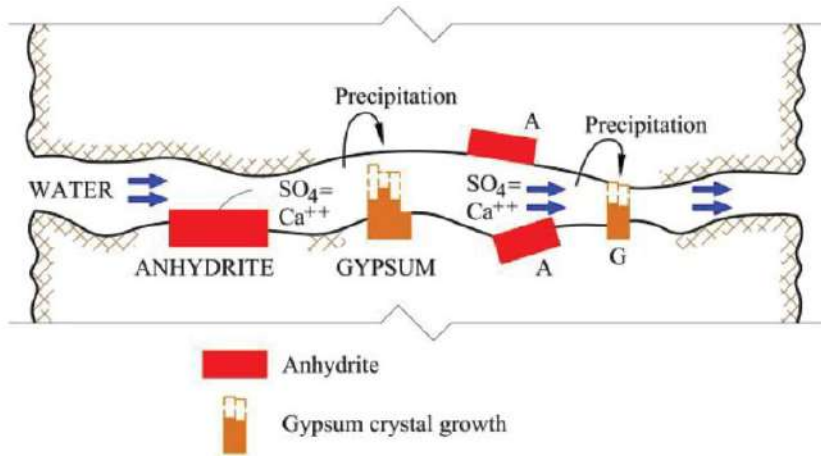


Fig. 23. Sketch to illustrate the dissolution of anhydrite and precipitation of gypsum in a water saturated fissure in the claystone.
Alonso (2023)

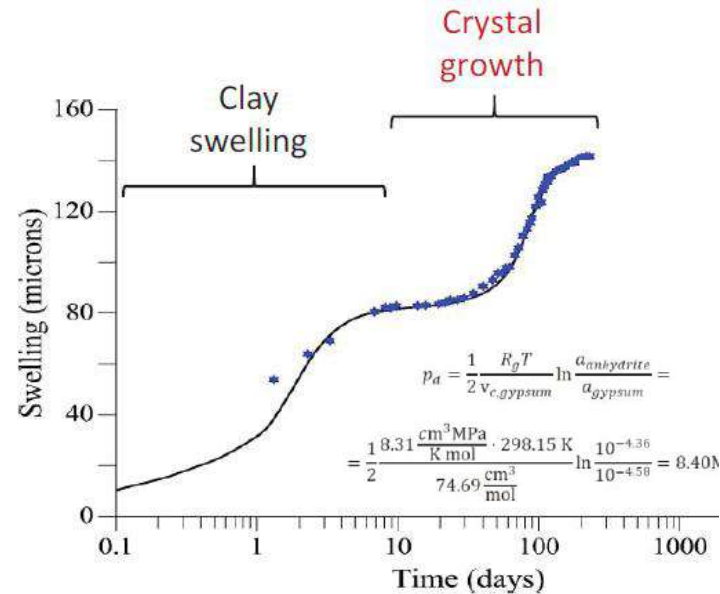
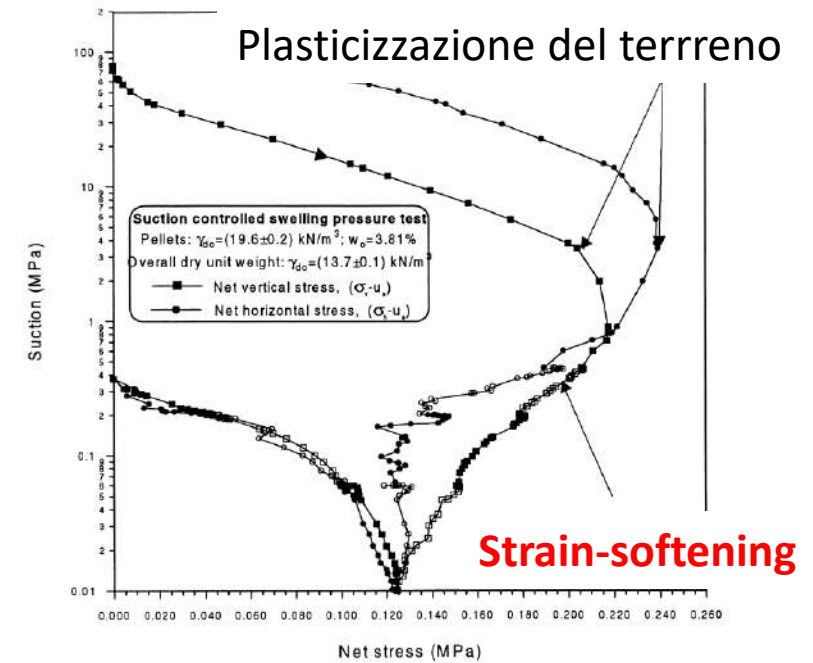


Fig. 21. The two mechanisms contributing to the evolution of claystone swelling in a free oedometer test.
Alonso (2023)



Romero (2002)

From a mechanical standpoint, **swelling phenomena** in highly plastic clay materials can **induce plastic deformations** in the materials (Romero, 2002; Alonso et al., 2003), a **decrease in residual strength** and a reduction in confining stresses. These phenomena are associated with **brittle behavior in the post-peak** shear strength region (so-called strain softening, Qi and Vanapalli, 2016), leading to **sudden** landslide displacements.



In-situ testing

Lefranc and slug-tests to characterize in-situ hydraulic conductivity in the different formations and within the failure surfaces

Formazione geologica	test	depth	Hydraulic conductivity (m/s)	Metodo di calcolo	Section of perforated tube
flysch (siltstone)	Lefranc variable head	44m	8.04×10^{-6}	AGI	3 m
flysch (siltstone)	Lefranc variable head	47m	4.29×10^{-6}	AGI	3m
flysch (siltstone)	Lefranc variable head	57m	2.59×10^{-6}	AGI	3m
flysch (siltstone)	Lefranc variable head	20.7 m	4.03×10^{-8}	AGI	
flysch (sandstone)	Lefranc variable head	33m	8.24×10^{-7}	AGI	3m
flysch (sandstone)	Lefranc variable head	55m	4.14×10^{-6}	AGI	3m
flysch (sandstone)	Lefranc variable head	83.5	7.09×10^{-6}	AGI	3m
Earthflow body	Slug-test	12m	5.3×10^{-7}		
Earthflow shear surface	Lefranc variable head	33m	1.53×10^{-6}	AGI	3m

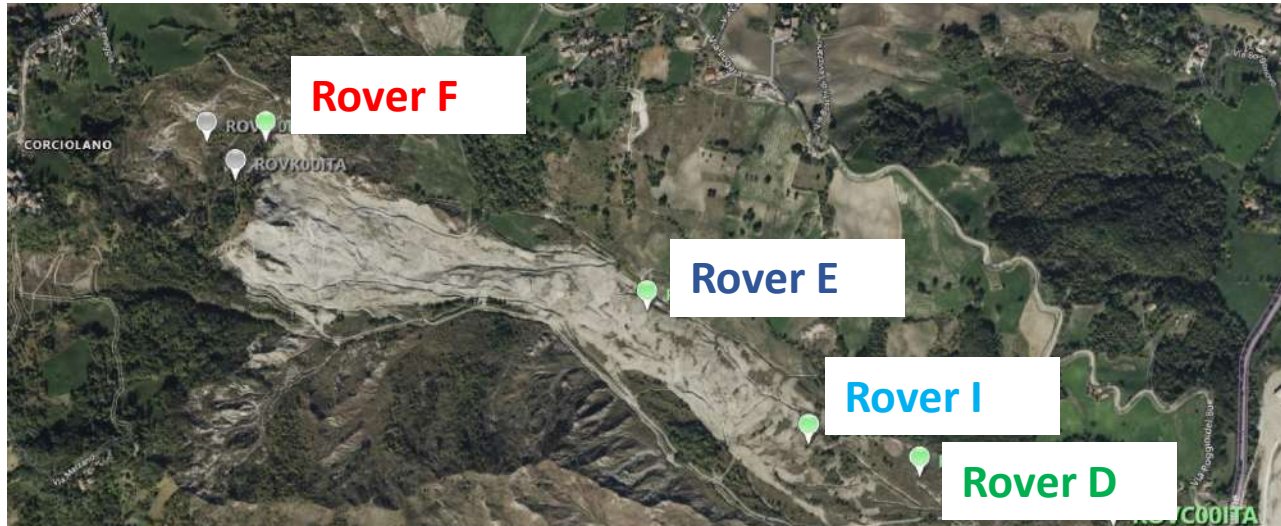




Indice degli argomenti:

- Inquadramento generale e geomorfologico
- Inquadramento geologico
- Caratterizzazione geotecnica
- **Dati di monitoraggio**
- Modellazione di stabilità
- Opere di mitigazione
- Conclusioni

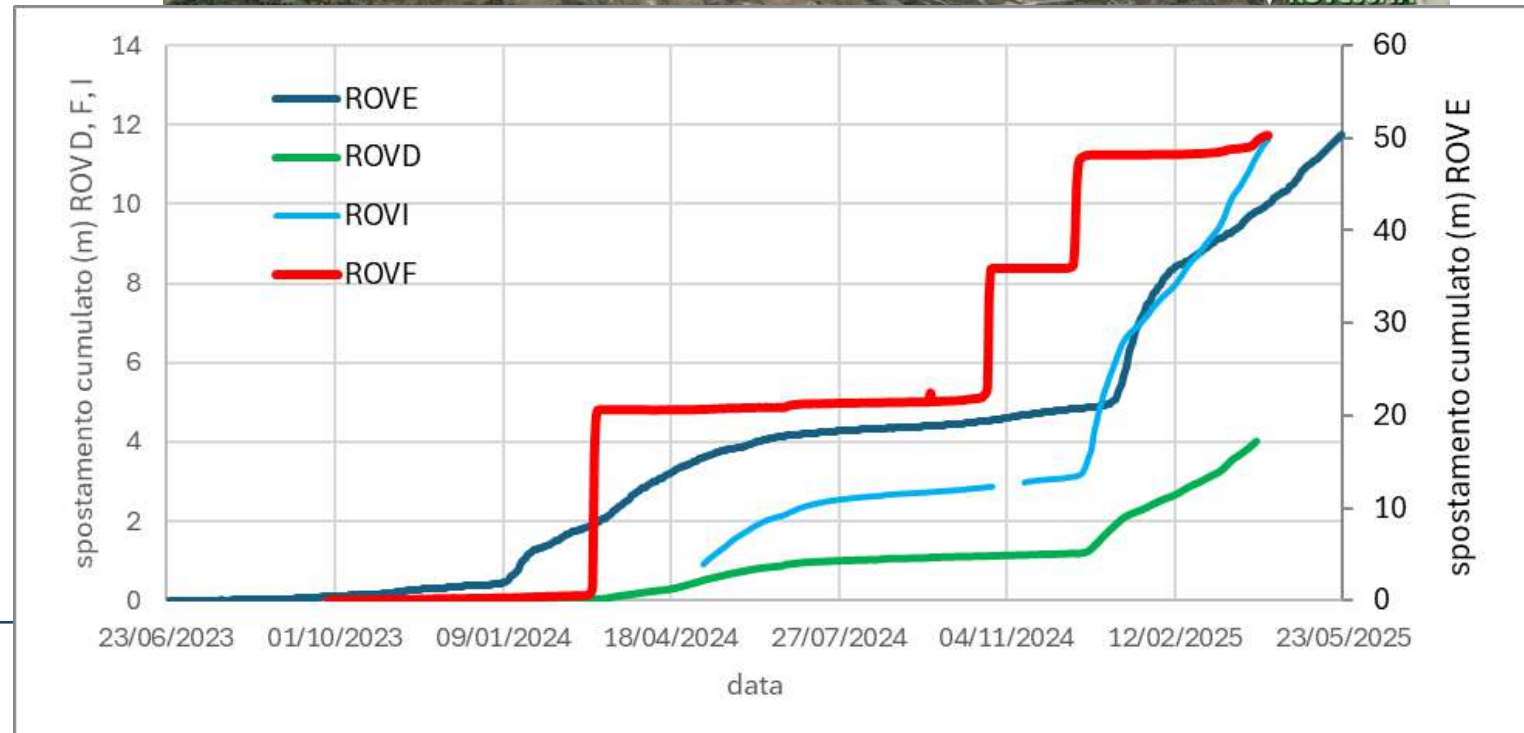
Monitoring ROVER GNSS displacements and derived velocities



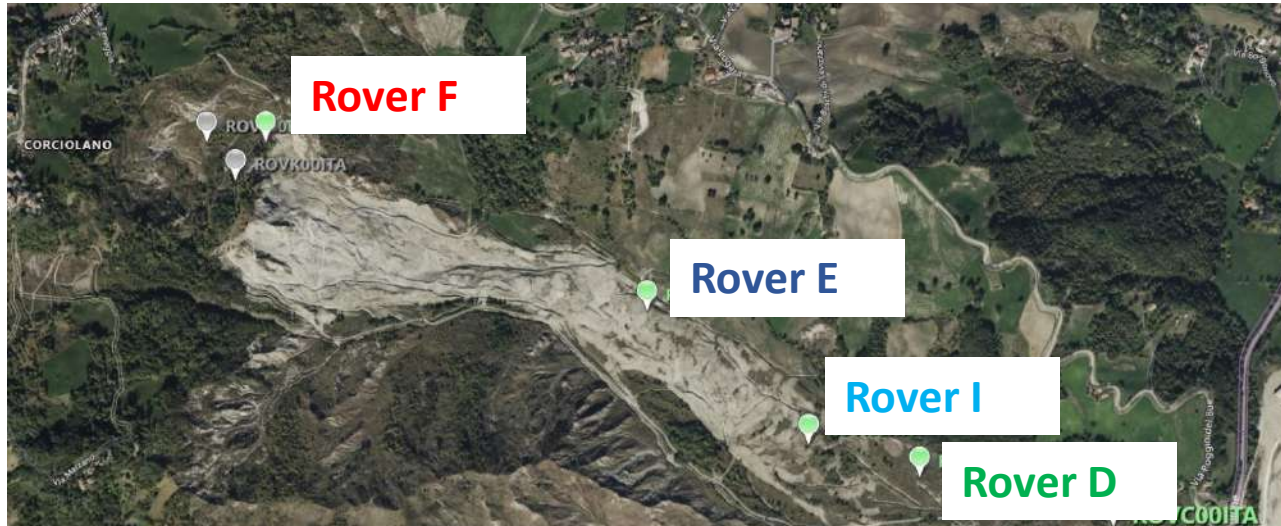
The rotational-translational slide is the first to (suddenly) reach its peak velocity; subsequently, the ROVs on the earthflow also reach their higher velocity.

Even when the rockslide movements (ROVF) stop, the earthflow tends to continue moving for months, with velocities gradually decreasing.

The highest speeds on the earthflow are reached by the ROVE (approximately 1 m/day during the period analysed).



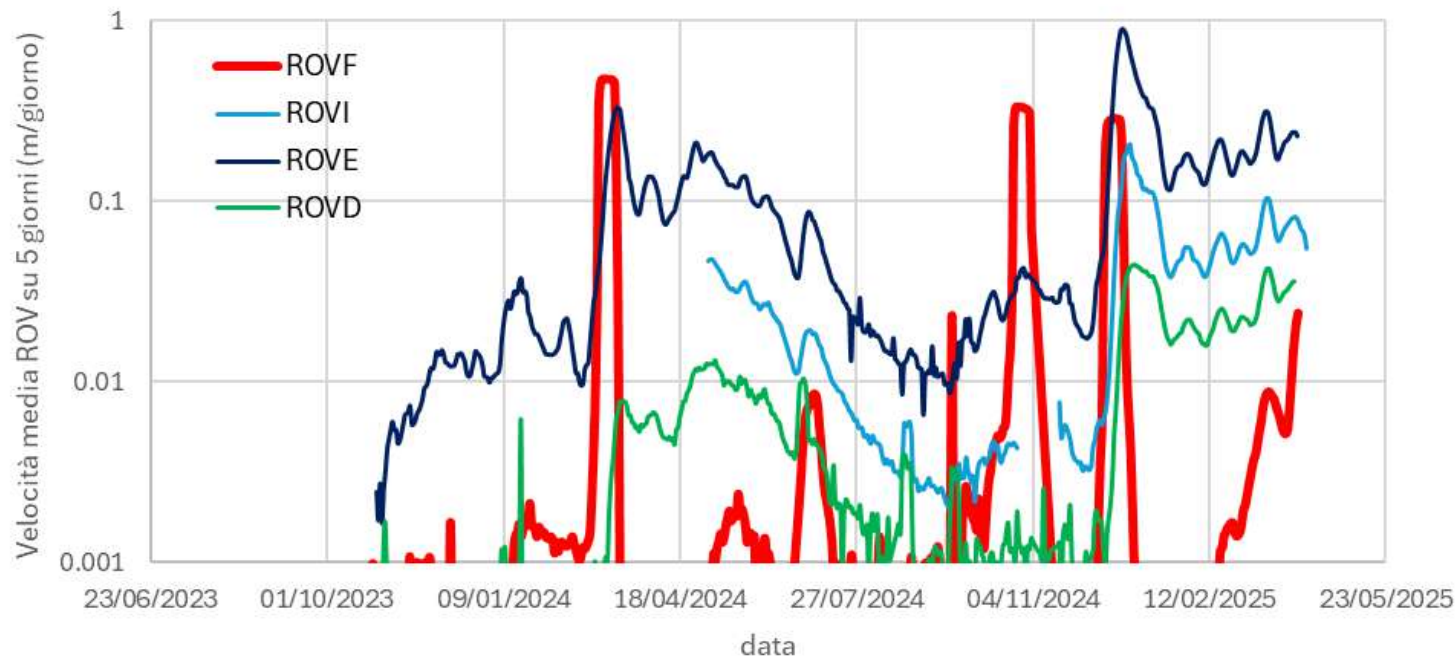
Monitoring ROVER GNSS displacements and derived velocities



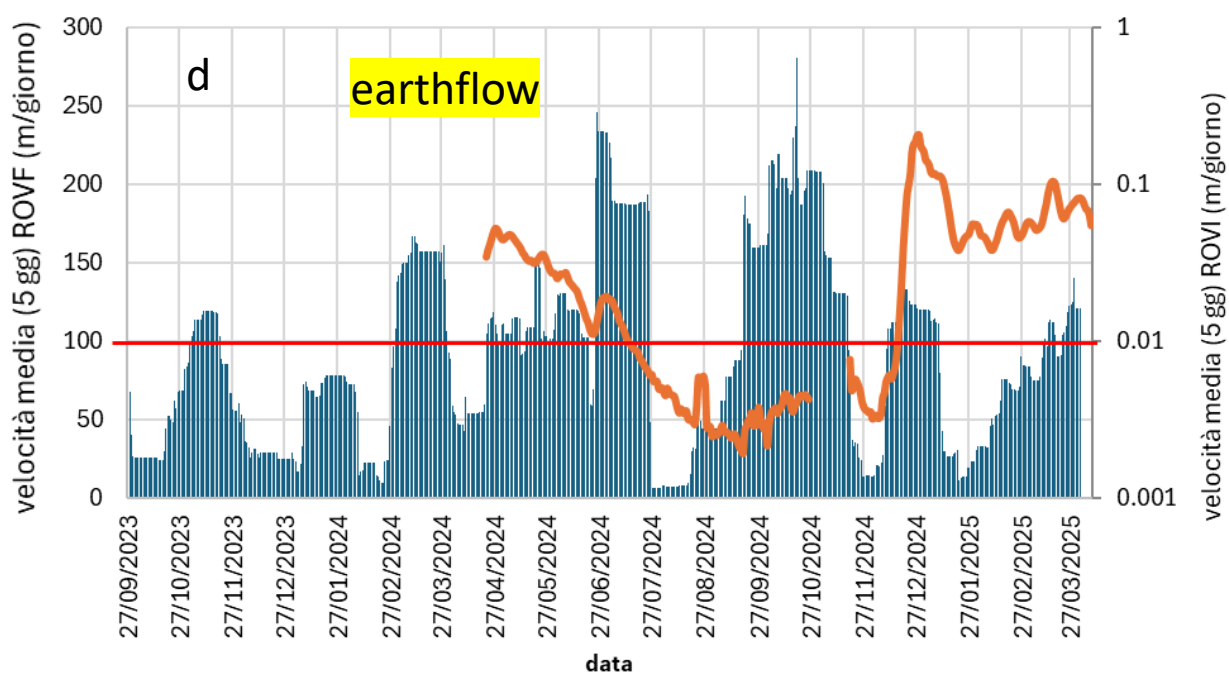
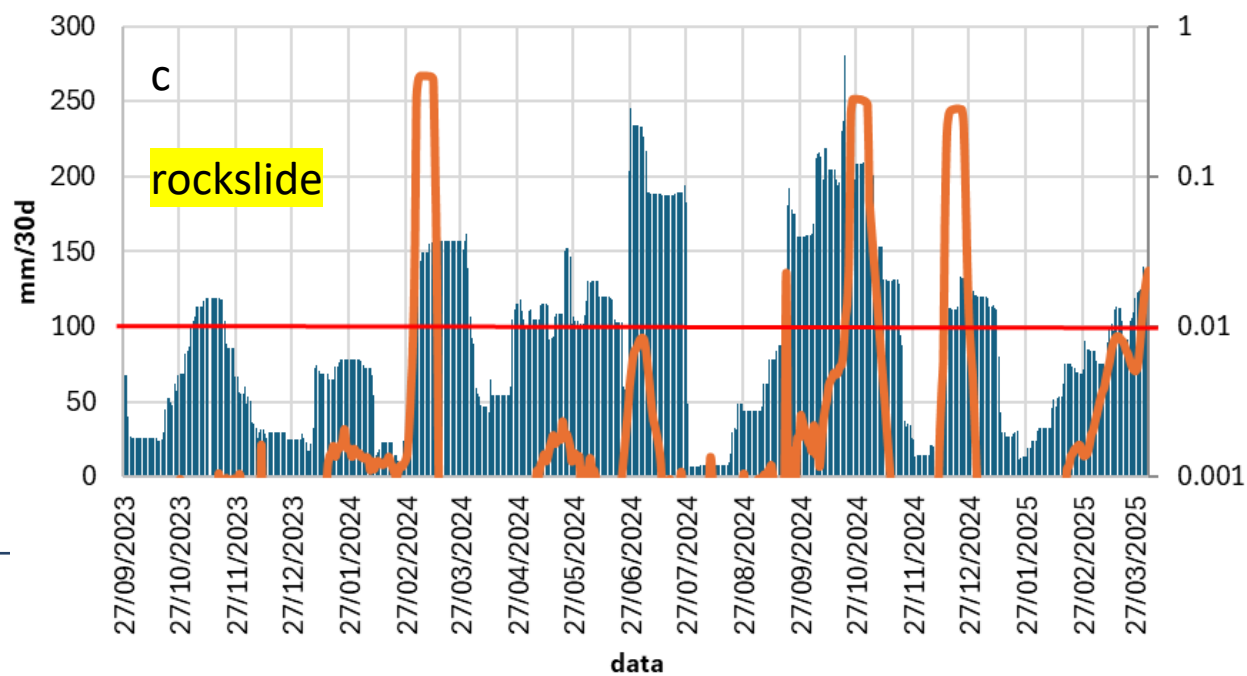
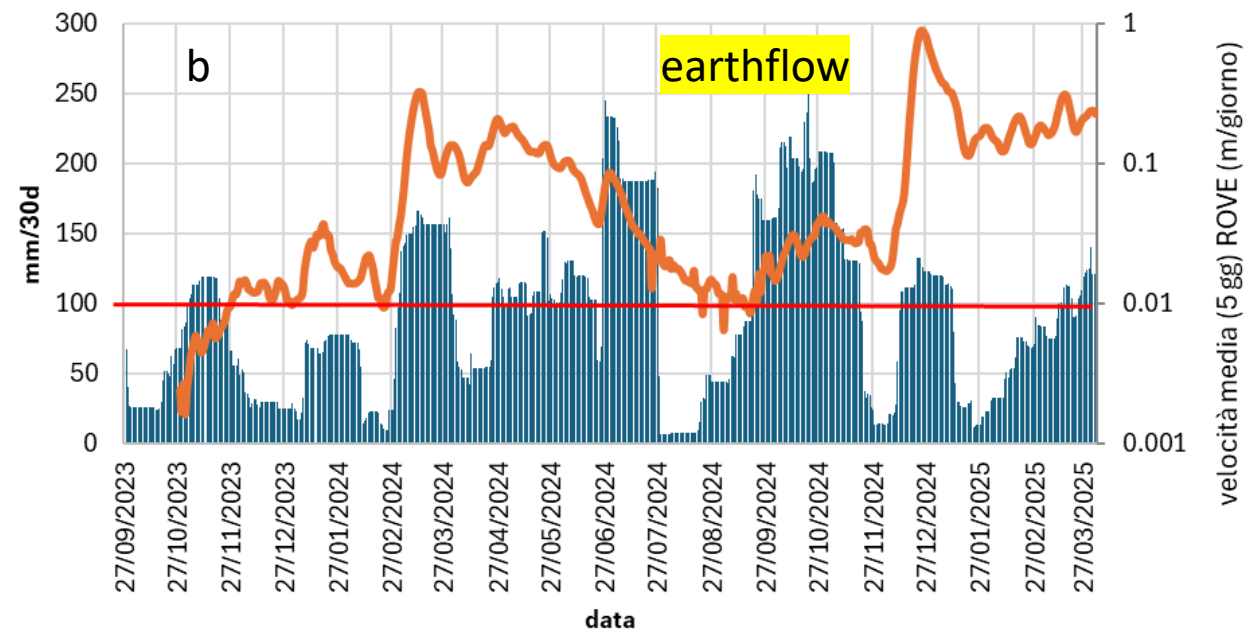
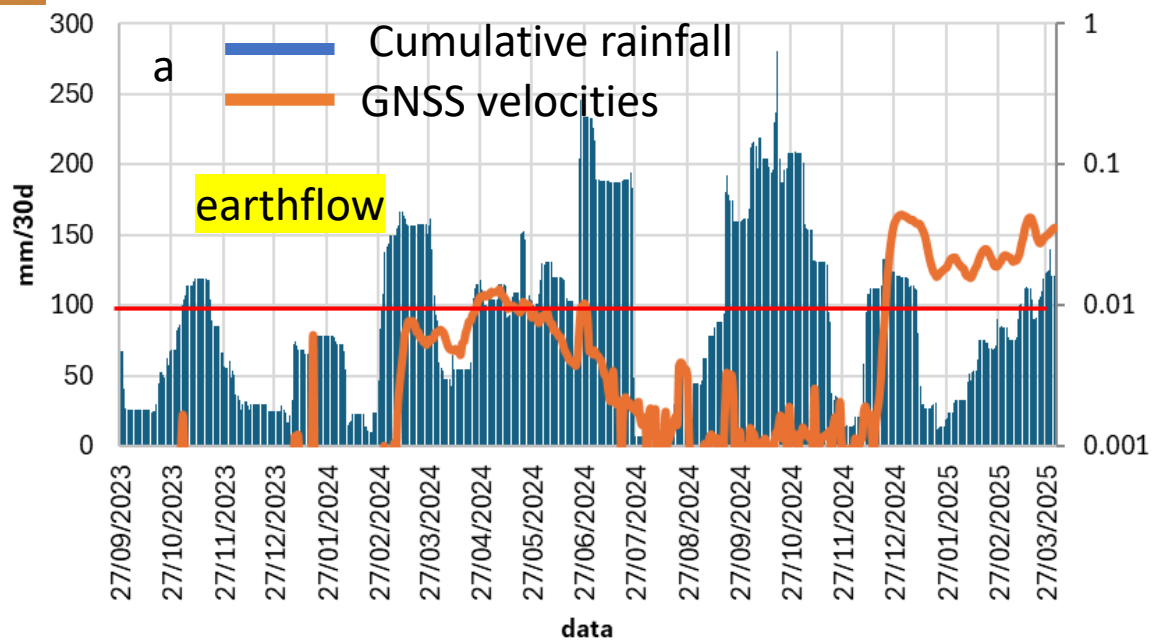
The rotational-translational slide is the first to (suddenly) reach its peak velocity; subsequently, the ROVs on the earthflow also reach their higher velocity.

Even when the rockslide movements (ROVF) stop, the earthflow tends to continue moving for months, with velocities gradually decreasing.

The highest speeds on the earthflow are reached by the ROVE (approximately 1 m/day during the period analysed).



30 days cumulative rainfall vs GNSS velocities

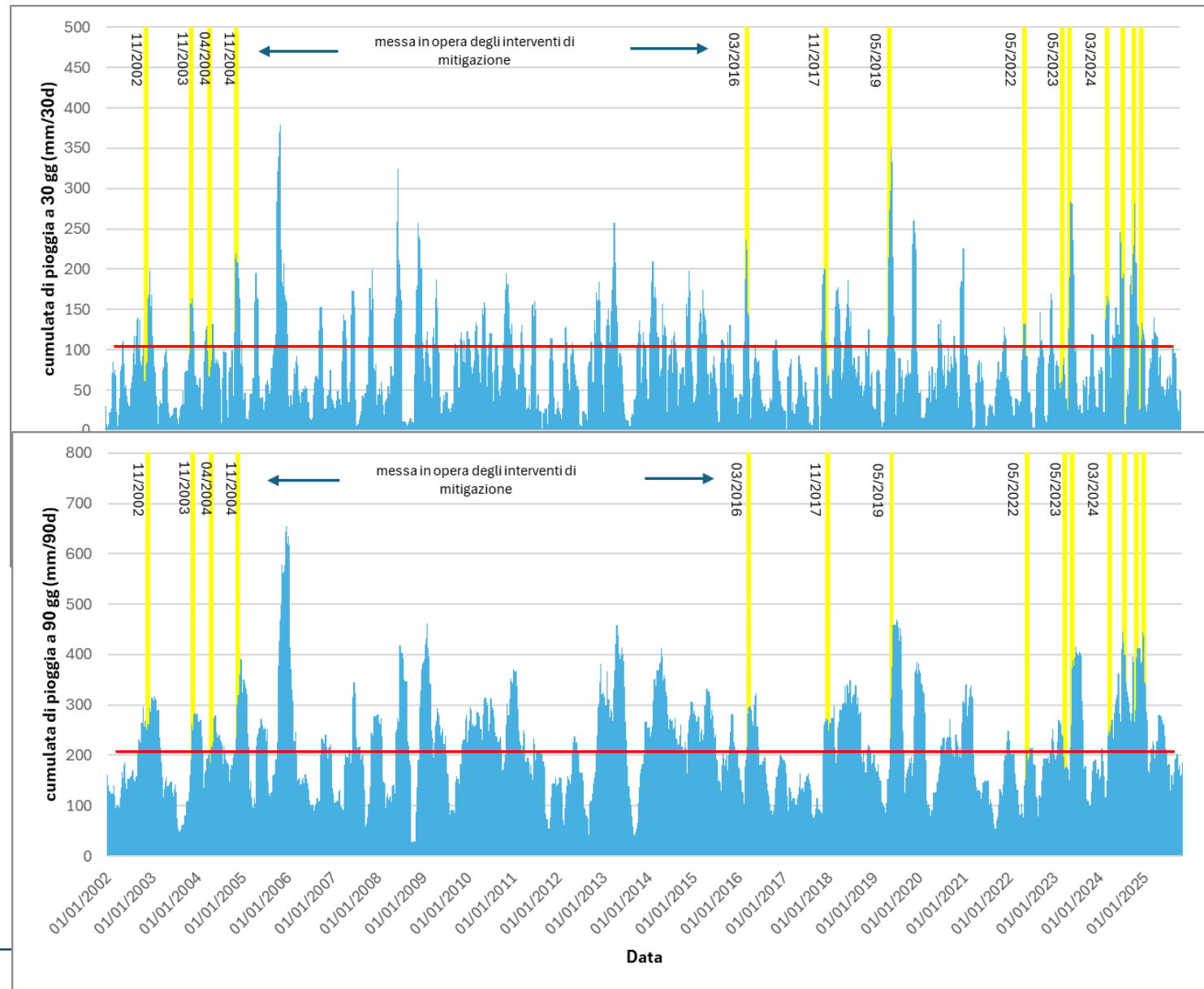




Cumulate pioggia vs eventi riattivazione

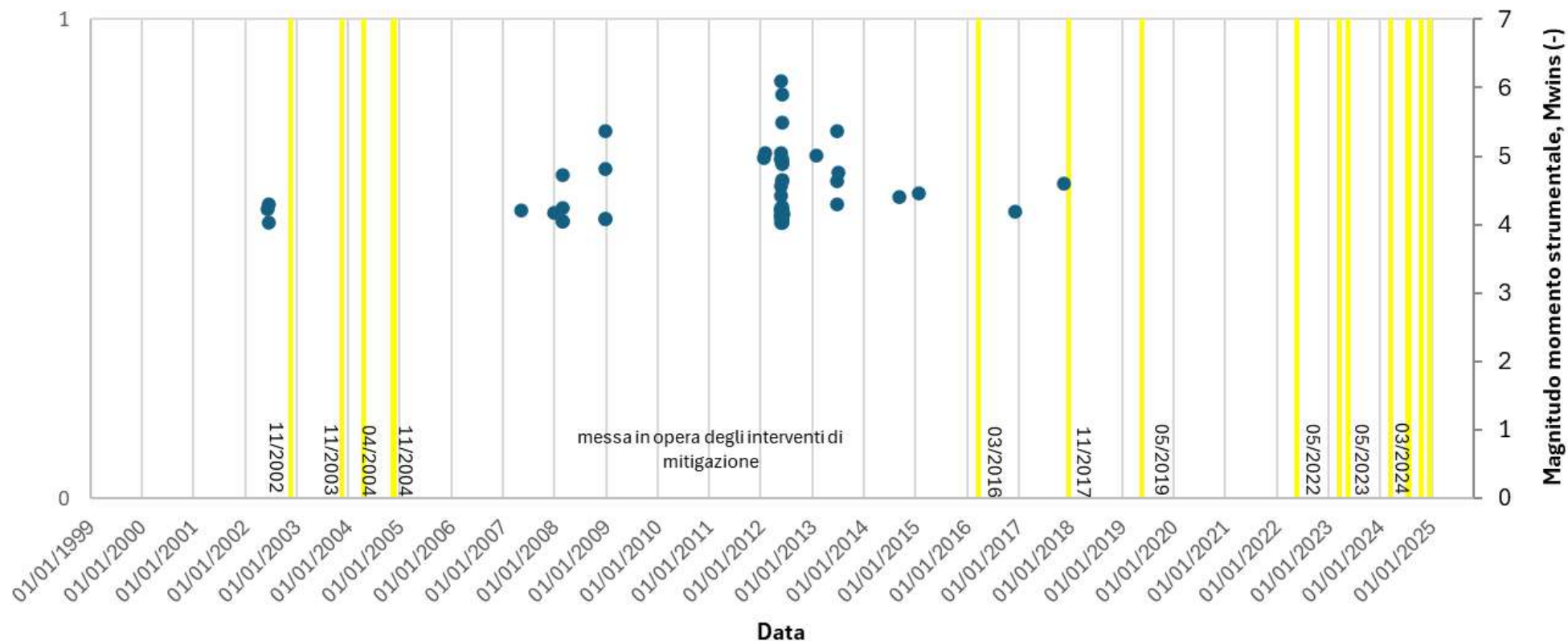
Cumulate di pioggia (in azzurro) rispetto ad i principali eventi di riattivazione (in giallo).

Riportando i valori numerici delle cumulate a 30 e 90 giorni desunte dal monitoraggio strumentale GNSS, si evince che il valore di **210 mm a 90 giorni** presenta la miglior correlazione tra **eventi parossistici storici** e **picchi nella pluviometria**.





Eventi sismici (raggio 50 km) vs eventi riattivazione



Dato sismico è stato ottenuto dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15 v4.0) dell'INGV
il dato sismico (punti blu) non risulta essere correlabile alle riattivazioni (colonne in giallo) principali della frana. Molti eventi sismici (avvenuti tra il 2007 ed il 2015) risultano essere avvenuti in un periodo di inattività della frana.

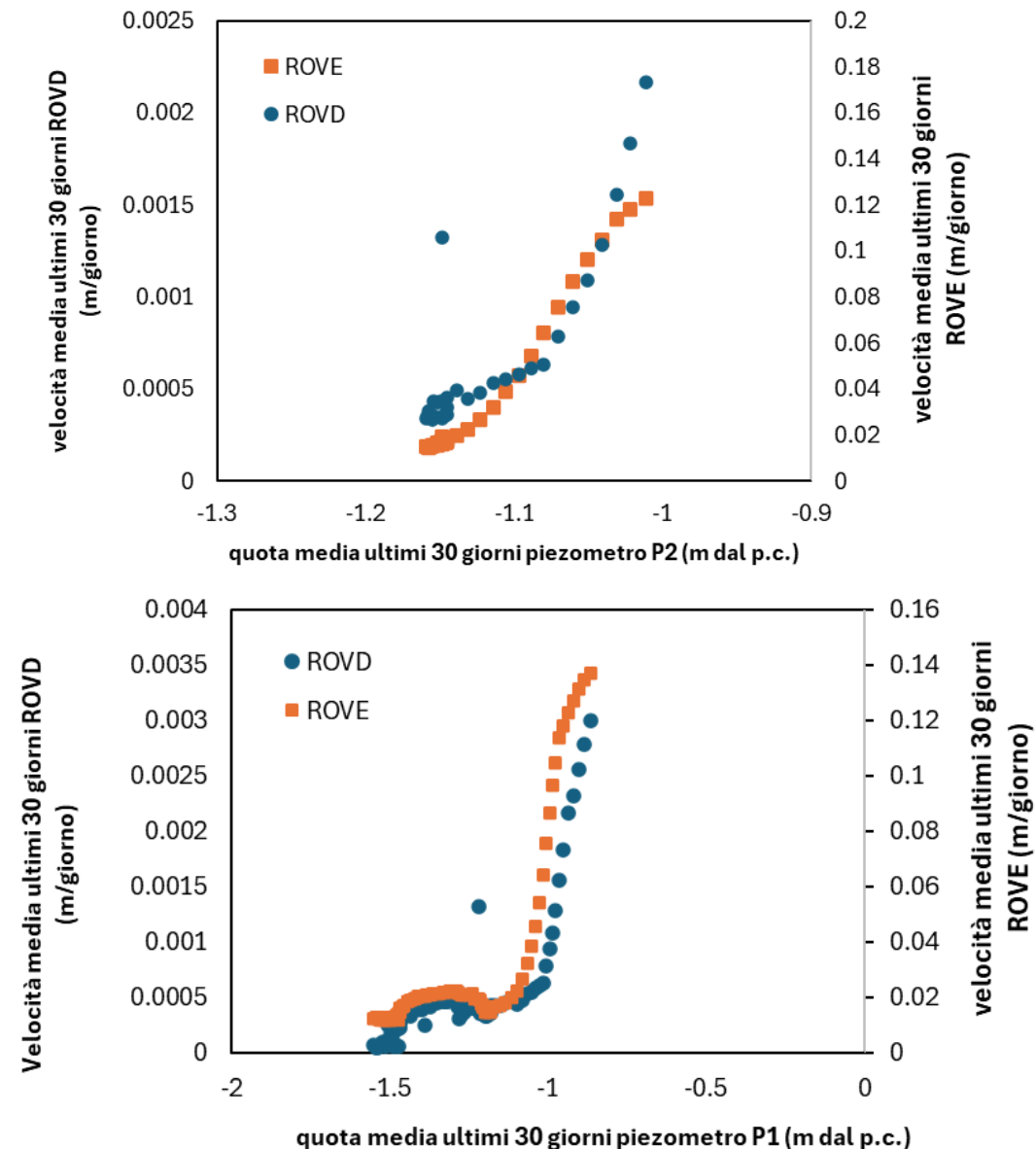




Piezometric level vs GNSS velocities

The relationship between GNSS ROV velocities and piezometric level is clear.

For piezometers P1 and P2, a piezometric level value (approximately -1.1 m below ground level) can be identified at which earthflow displacements occur.





Indice degli argomenti:

- Inquadramento generale e geomorfologico
- Inquadramento geologico
- Caratterizzazione geotecnica
- Dati di monitoraggio
- **Modellazione di stabilità**
- Opere di mitigazione
- Conclusioni

Modello geotecnico

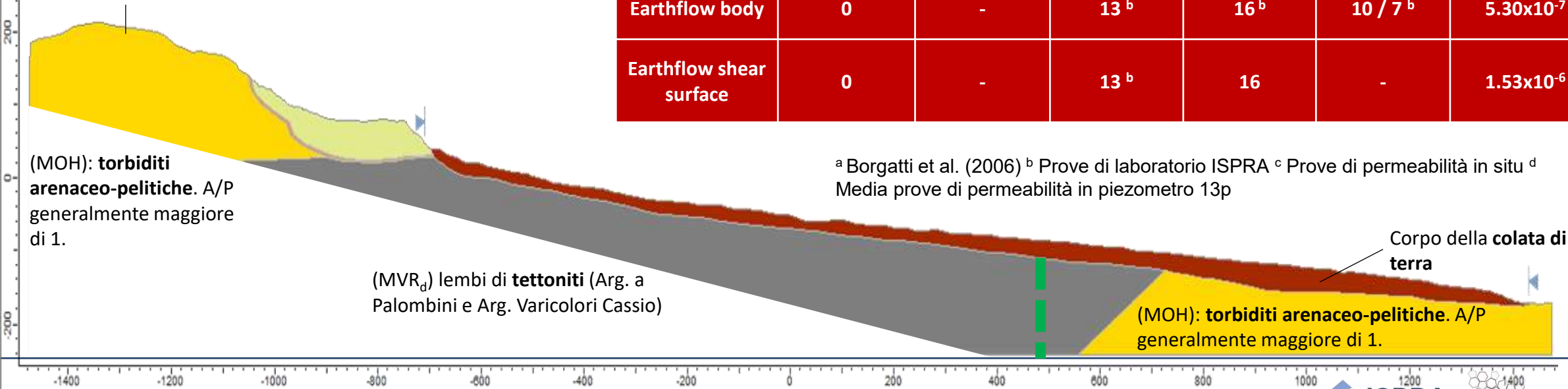
Valori numerici dei parametri e delle proprietà geotecniche:

- **risultati delle prove laboratorio**
- **prove in-situ e da letteratura disponibile.**

Create **unità geotecniche** per le **superfici di scivolamento** per considerare le variazioni di permeabilità e di parametri di resistenza al taglio rispetto alle formazioni geologiche originarie.

Unità geotecnica	Coesione, c' (kPa)	Angolo d'attrito, ϕ' (°)	Angolo d'attrito residuo, ϕ'_r (°)	Peso secco unitario di volume, γ_d (kN/m ³)	Modulo di Young drenato / non drenato, E / E_u (MPa)	Conducibilità idraulica, k_w (m/s)
Flysch	500 ^a	29 ^b	-	20	100 / 70	4.03x10 ⁻⁸ ^c
Flysch -rockslide	20 ^b	29 ^b	-	16 ^b	10 / 7 ^b	8.24x10 ⁻⁷ ^c
Scaly clays	70 ^a	22 ^a	7 ^a	16	-	4.03x10 ⁻⁸ ^c
Rockslide shear surface	0	-	13	16	-	5.00 x10 ⁻⁶ ^d
Earthflow body	0	-	13 ^b	16 ^b	10 / 7 ^b	5.30x10 ⁻⁷ ^c
Earthflow shear surface	0	-	13 ^b	16	-	1.53x10 ⁻⁶ ^c

Abitato di Corciolano



^a Borgatti et al. (2006) ^b Prove di laboratorio ISPRA ^c Prove di permeabilità in situ ^d Media prove di permeabilità in piezometro 13p

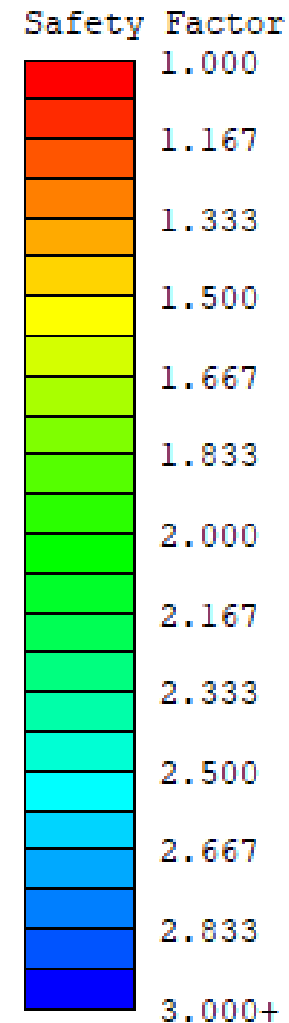
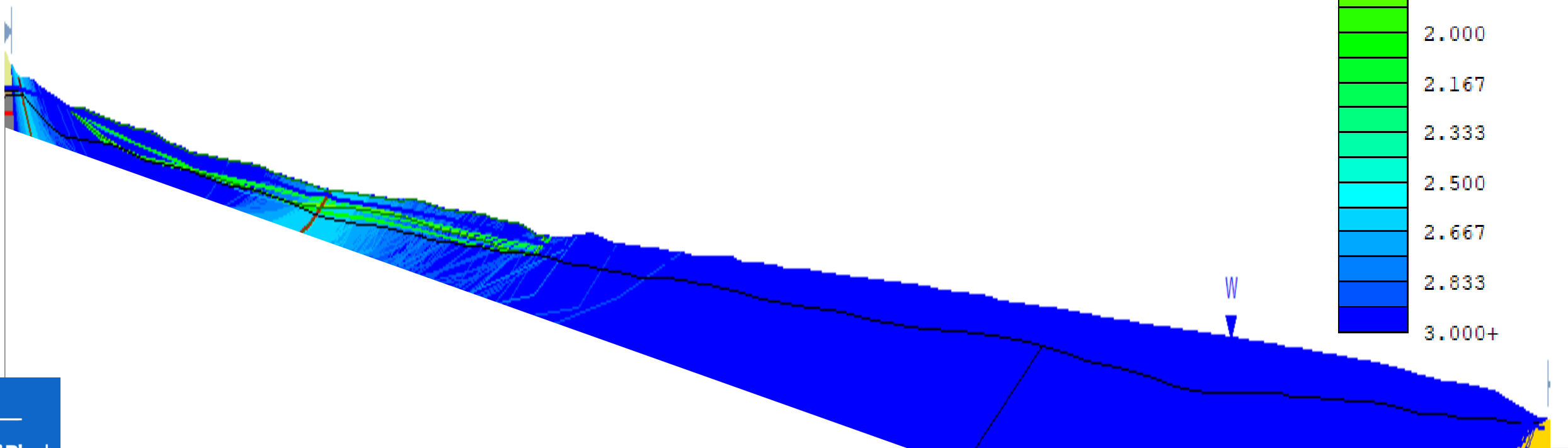


Modellazione di stabilità (LEM) – Colata di terra (SL2_13)

Monitoraggio: piezometriche da -5m a +1m dal p.c.

Quota piezometrica riferita alla superficie di scivolamento = **-5 m dal p.c.**

Materiale colata: $c'_{\text{sat}} = 0 \text{ kPa}$, $\phi' = 13^\circ$, $c'_{\text{unsat}} = S_r * s * \tan \phi' \approx 320 \text{ kPa}$ (at $S_r \approx 93\%$)

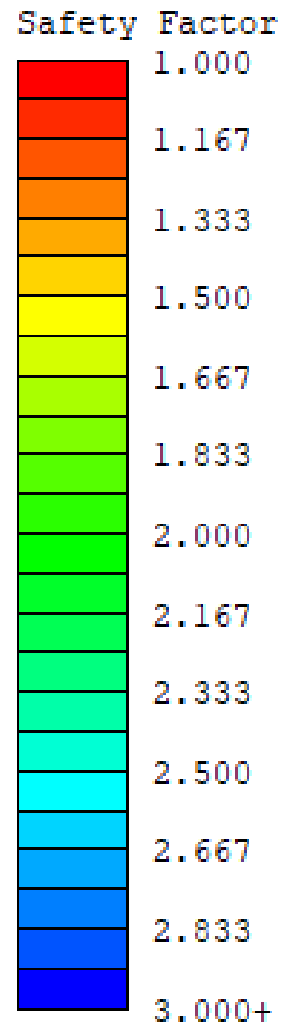
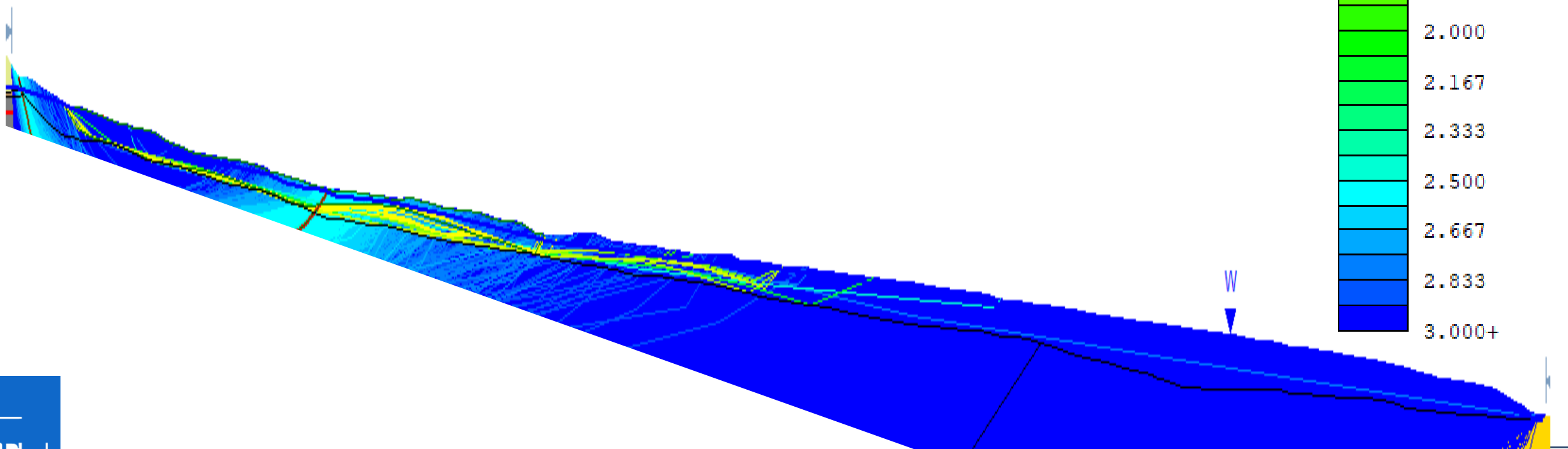


Modellazione di stabilità (LEM) – Colata di terra SL2_14

Monitoraggio: piezometriche da -5m a +1m dal p.c.

Quota piezometrica riferita alla superficie di scivolamento = **-3 m dal p.c.**

Materiale colata: $c'_{\text{sat}} = 0 \text{ kPa}$, $\phi' = 13^\circ$, $c'_{\text{unsat}} = S_r * s * \tan \phi' \approx 320 \text{ kPa}$ (at $S_r \approx 93\%$)



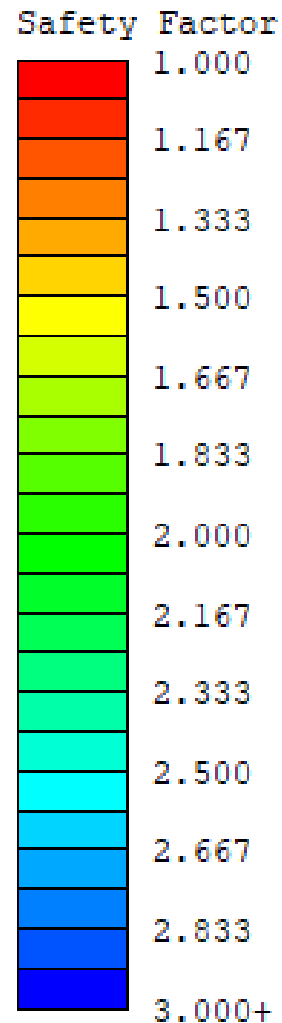
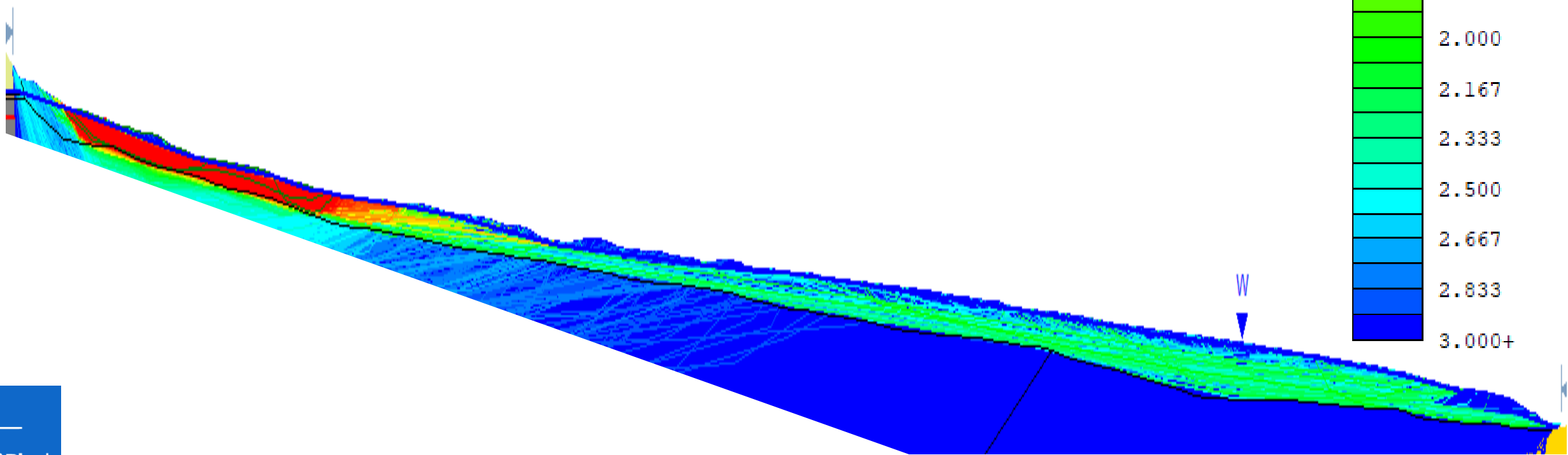


Modellazione di stabilità (LEM) – Colata di terra SL2_15

Monitoraggio: piezometriche da -5m a +1m dal p.c.

Quota piezometrica riferita alla superficie di scivolamento = **-1 m dal p.c.**

Materiale colata: $c'_{\text{sat}} = 0 \text{ kPa}$, $\phi' = 13^\circ$, $c'_{\text{unsat}} \approx 0 \text{ kPa}$



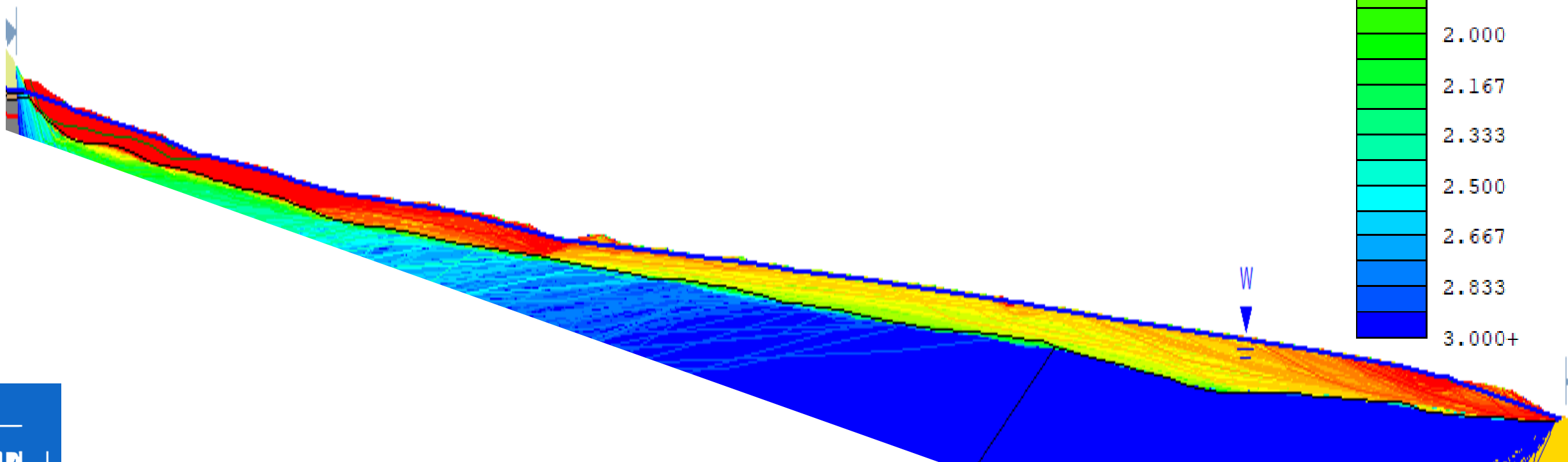


Modellazione di stabilità (LEM) – Colata di terra SL2_12

Monitoraggio: piezometriche da -5m a +1m dal p.c.

Quota piezometrica riferita alla superficie di scivolamento = **p.c.**

Materiale colata: $c'_{\text{sat}} = 0 \text{ kPa}$, $\phi' = 13^\circ$, $c'_{\text{unsat}} \approx 0 \text{ kPa}$

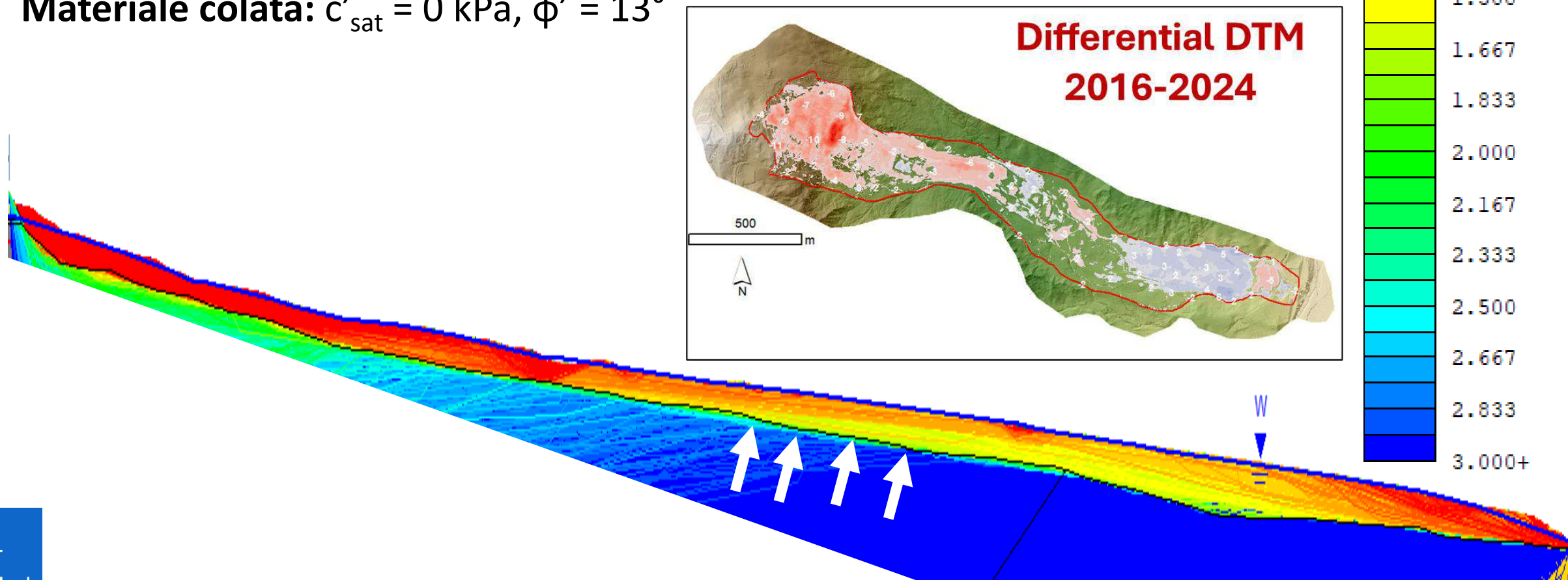




Modellazione di stabilità (LEM) – Colata di terra SL2_16

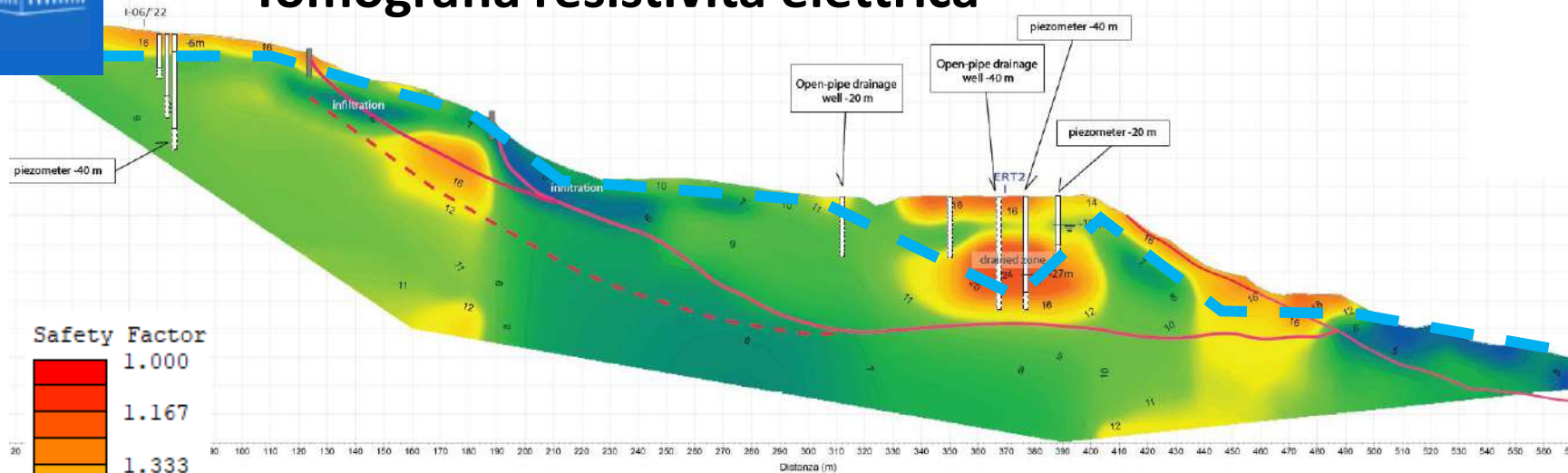
Quota piezometrica riferita alla superficie di scivolamento = **+1 m dal p.c.**
per sovra-pressioni sulla superficie di rottura (fluidi sotterranei? Carico non drenato?)

Materiale colata: $c'_{\text{sat}} = 0 \text{ kPa}$, $\phi' = 13^\circ$



Modellazione di stabilità – Scivolamento roto-trasl. SL2_11bis

Tomografia resistività elettrica



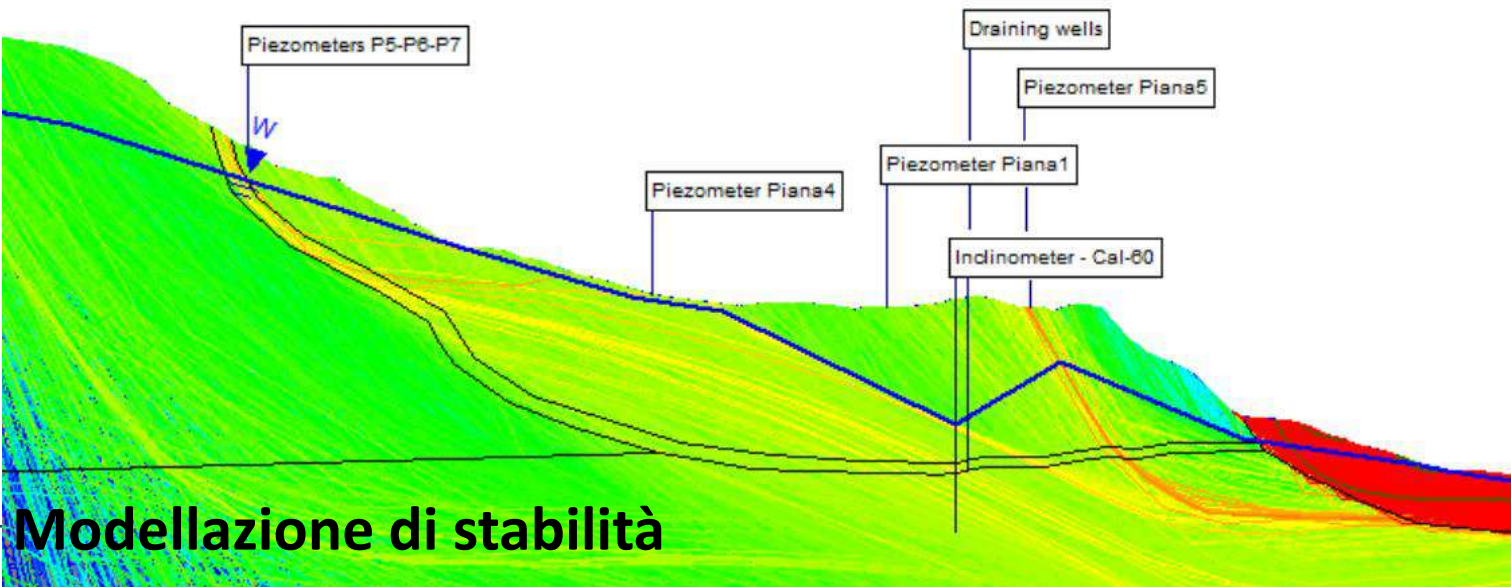
Effetto drenaggi sulla
stabilità (**abbattimento
piezometrie**)

Quota piezometrica da
piezometri e risultati
tomografia ERT

Materiale

scivolamento: $c'_{\text{sat}} = 20$
kPa, $\phi' = 29^\circ$ $c'_{\text{unsat}} =$
 $S_r * s * \tan \phi' \approx 770$ kPa (at
 $S_r \approx 93\%$)

Modellazione di stabilità

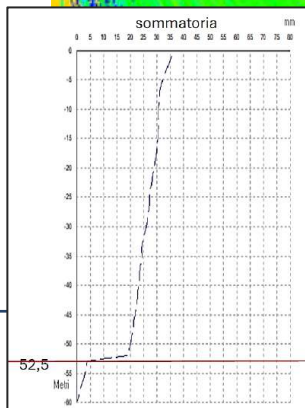
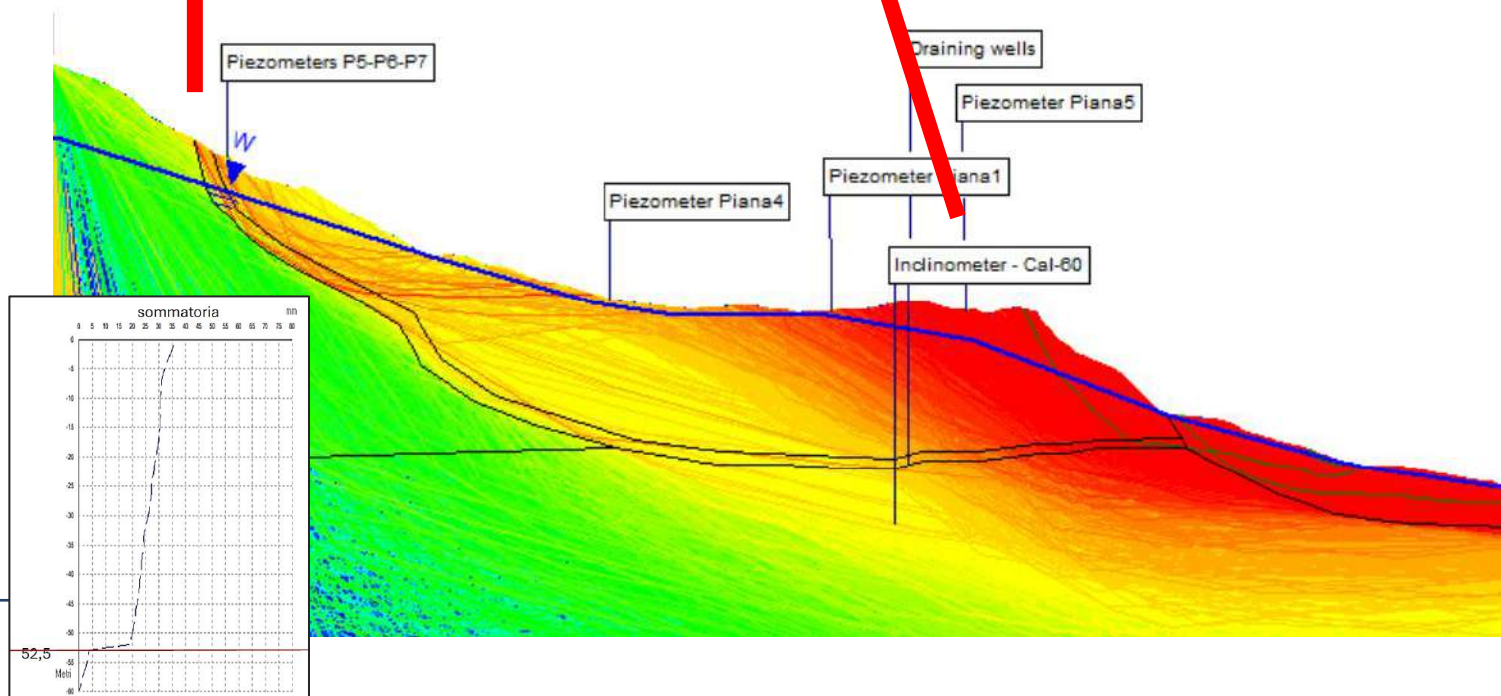
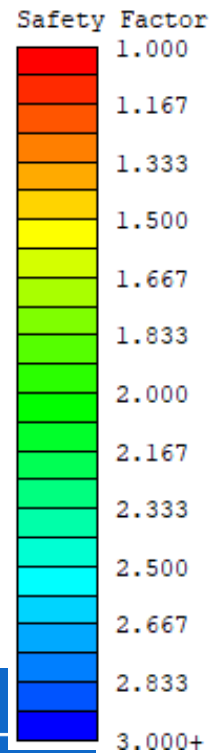
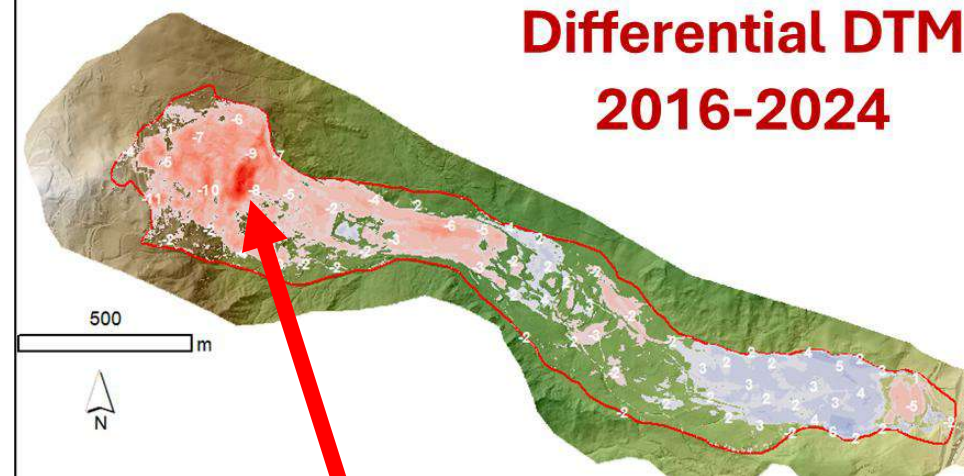


Modellazione di stabilità – Scivolamento roto-trasl. SL2_10

Evidenze di sito



Differential DTM 2016-2024



**Nessun abbattimento
piezometrie**

**Materiale
scivolamento: $c'_{\text{sat}} = 20$
kPa, $\phi' = 29^\circ$**

**Presenti fenomeni di
retrogressione**



Indice degli argomenti:

- Inquadramento generale e geomorfologico
- Inquadramento geologico
- Caratterizzazione geotecnica
- Dati di monitoraggio
- Modellazione di stabilità
- **Opere di mitigazione**
- Conclusioni



Periodo anni
1990-2000

Parossismo
2002-2004

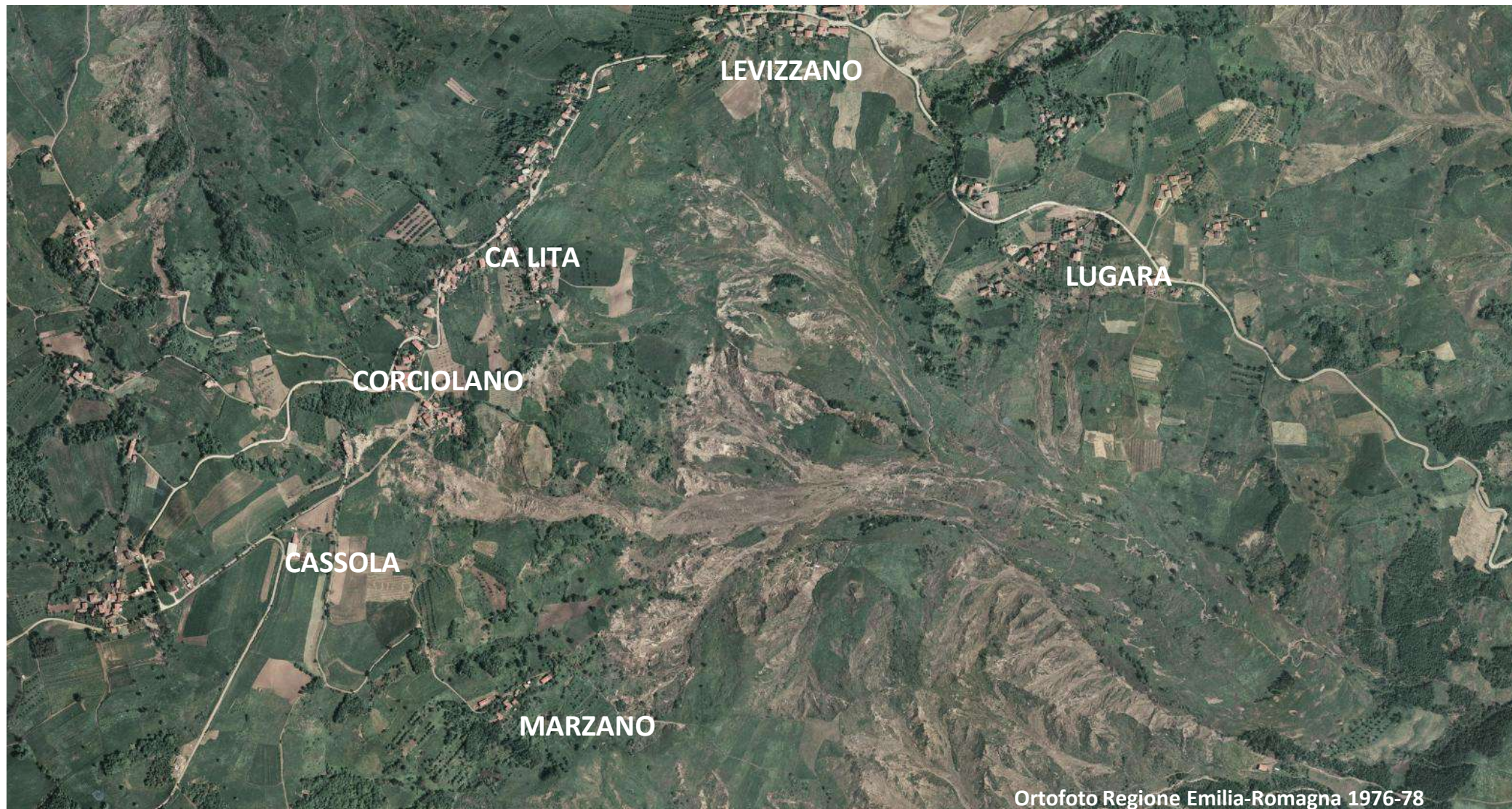
2005 -2013

2013-2016

2017-2023

Parossismo
2023

2024 - Oggi



Ortofoto Regione Emilia-Romagna 1976-78



Periodo anni
1990-2000

Parossismo
2002-2004

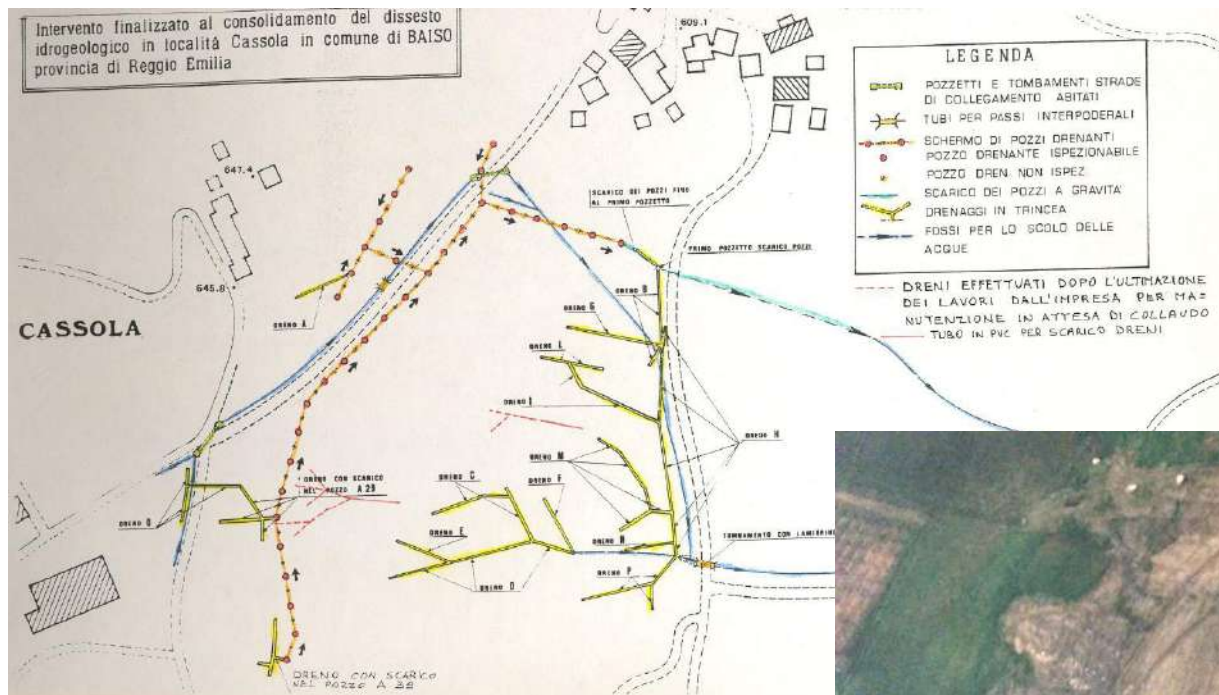
2005 -2013

2013-2016

2017-2023

Parossismo
2023

2024 - Oggi



CASSOLA
REALIZZAZIONE SCHERMO POZZI DRENANTI – 1992/93

drainage wells





CRONOLOGIA DEGLI EVENTI E DEGLI INTERVENTI

- Novembre 2002: Prima segnalazione di movimenti;
- 6 Dicembre 2002: Primo sopralluogo STB;
- 23 Dicembre 2002: 1° sopralluogo Commissione Regionale Grandi Rischi Idrogeologici;
- Primavera 2003: Prima campagna di indagini geognostiche nella zona di monte presso l'abitato di Cà Lita
- Febbraio 2004: frane di Cà Lita e Rossena;
- Primavera 2004: **Fase parossistica** con scivolamento della colata e arretramento delle scarpate di monte;
- 24 Marzo 2004: 2° sopralluogo Commissione Regionale Grandi Rischi Idrogeologici;
- Aprile 2004: Primi lavori di Somma Urgenza: si lavora tutti i giorni, anche di notte; la frana avanza di oltre 10 m al dì;
- Sopralluogo del Dott. Bertolaso alle frane di Cà Lita e Rossena;
- Collaborazione nel finanziamento e gestione di alcuni lavori con la Provincia interessata della viabilità di fondovalle;
- Maggio 2004: Piede della colata controllato giorno e notte da volontari della Protezione Civile;
- Maggio 2004: **Emergenza al piede della colata che avanza con velocità valutabile di circa 10 m al giorno.**



Periodo anni
1990-2000

**Parossismo
2002-2004**

2005 -2013

2013-2016

2017-2023

Parossismo
2023

2024 - Oggi



- Prime attivazioni localizzate Autunno 2002
- Aggravamento inverno 2003-2004
- Primi sopralluoghi Commissione Grandi Rischi
- Marzo – Maggio 2004 avvio fase parossistica

COLATA DICEMBRE 2003



Periodo anni
1990-2000

**Parossismo
2002-2004**

2005 -2013

2013-2016

2017-2023

Parossismo
2023

2024 - Oggi



- Prime attivazioni localizzate Autunno 2002
- Aggravamento inverno 2003-2004
- Primi sopralluoghi Commissione Grandi Rischi
- Marzo – Maggio 2004 avvio fase parossistica

**CIGLIO SCARPATA LA PIANA
DICEMBRE 2003**



Periodo anni
1990-2000

**Parossismo
2002-2004**

2005 -2013

2013-2016

2017-2023

Parossismo
2023

2024 - Oggi



- Prime attivazioni localizzate Autunno 2002
- Aggravamento inverno 2003-2004
- Primi sopralluoghi Commissione Grandi Rischi
- Marzo – Maggio 2004 avvio fase parossistica

LA PIANA – SCARPATA CA' LITA
CORCIOLANO DICEMBRE 2003



Periodo anni
1990-2000

**Parossismo
2002-2004**

2005 -2013

2013-2016

2017-2023

Parossismo
2023

2024 - Oggi



- Prime attivazioni localizzate Autunno 2002
- Aggravamento inverno 2003-2004
- Primi sopralluoghi Commissione Grandi Rischi
- Marzo – Maggio 2004 avvio fase parossistica

LA PIANA – DICEMBRE 2003



Periodo anni
1990-2000

**Parossismo
2002-2004**

2005 -2013

2013-2016

2017-2023

Parossismo
2023

2024 - Oggi



- Prime attivazioni localizzate Autunno 2002
- Aggravamento inverno 2003-2004
- Primi sopralluoghi Commissione Grandi Rischi
- Marzo – Maggio 2004 avvio fase parossistica

COLATA – DICEMBRE 2003



Periodo anni
1990-2000

**Parossismo
2002-2004**

2005 -2013

2013-2016

2017-2023

Parossismo
2023

2024 - Oggi



PIEDE COLATA – RIMOZIONE TERRENO IN AVANZAMENTO SUL FRONTE – APRILE MAGGIO 2004



Periodo anni
1990-2000

Parossismo
2002-2004

2005 -2013

2013-2016

2017-2023

Parossismo
2023

2024 - Oggi



PIEDE COLATA
SISTEMAZIONE FINALE
PROFILO TERRENO

reprofiling of the slope
at the toe



Periodo anni
1990-2000

Parossismo
2002-2004

2005 -2013

2013-2016

2017-2023

Parossismo
2023

2024 - Oggi

PRIMA FASE DEGLI INTERVENTI

• Settembre – Novembre 2004: Realizzazione dei primi lavori di movimento terra e regimazione idraulica: si è raggiunto l'obiettivo di allontanare buona parte delle acque superficiali sia dalle zone di monte che dalla colata e di ridurre in modo significativo l'evoluzione dei movimenti della colata che minacciava la strada provinciale di fondo valle, la strada comunale per Levizzano e gli abitati di Cargnone e altre abitazioni poste al piede.

- Con questi lavori preliminari (1° stralcio) sono stati eseguiti:
 - ✓ Sistemazione morfologica di gran parte del corpo della colata principale con allontanamento delle acque superficiali
 - ✓ Realizzazione di rilevato in terra battuta trasversale al corpo di colata a valle dell'abitato di Cassola
 - ✓ Deviazione ed allontanamento delle acque superficiali e profonde (pozzi già esistenti a monte) dal bacino di Cassola a quello di rio Cargnone, mediante tubazione del diametro 400 mm
 - ✓ Realizzazione dei primi pozzi drenanti provvisori, profondi fino a 22 m, nella piana a valle di Cà Lita per l'emungimento della falda con l'ausilio di pompe sommerse
 - ✓ Realizzazione del sistema di raccolta e smaltimento delle acque superficiali da monte (Cà Lita) lungo la sinistra idrografica della frana principale attraverso la posa in opera di tubazione in polietilene diametro 600-800 e canali rivestiti in sasso e briglie in legname e in terra fino a rio dei Buoi e al rio Cargnone
 - ✓ Realizzazione di gradonature e banche in terra battuta a valle dell'abitato di Marzano, per il contenimento della colata e l'allontanamento delle acque di ruscellamento
 - ✓ A supporto di opere strutturali e drenanti profonde, già in fase di esecuzione, è stata realizzata una risagomatura morfologica della scarpata a valle delle opere, banche in terra battuta a sostegno della tubazioni, in parte a canale pensile, per l'allontanamento delle acque provenienti dal bacino di Lugara e dal sistema di raccolta della zona di Cà Lita
 - ✓ Gradonatura del piede della colata e tombamento di fosso dei Buoi in corrispondenza della strada comunale per Levizzano
 - ✓ Dove era necessario garantire funzionalità del sistema idraulico in corrispondenza di sottoattraversamenti e tombamenti sono stati realizzati sistemi di "troppo pieno" per lo smaltimento delle eventuali piene



Periodo anni
1990-2000

**Parossismo
2002-2004**

2005 -2013

2013-2016

2017-2023

Parossismo
2023

2024 - Oggi



**DETTAGLI PRIMI
INTERVENTI URGENTI**

Shallow water
management





Periodo anni
1990-2000

Parossismo
2002-2004

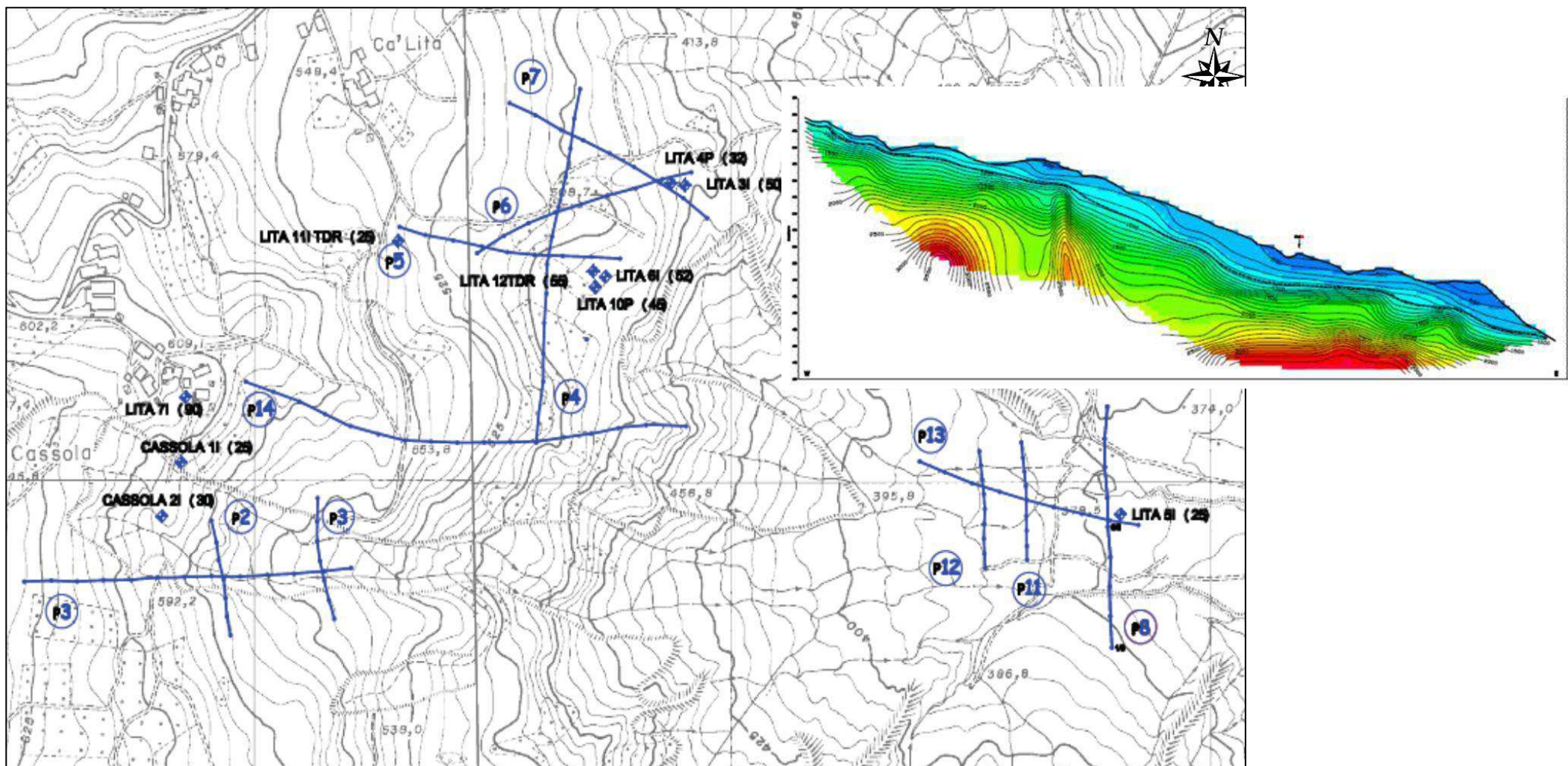
2005 -2013

2013-2016

2017-2023

Parossismo
2023

2024 - Oggi



AVVIO CAMPAGNA INDAGINI GEOGNOSTICHE E SISMICHE



Periodo anni
1990-2000

Parossismo
2002-2004

2005 -2013

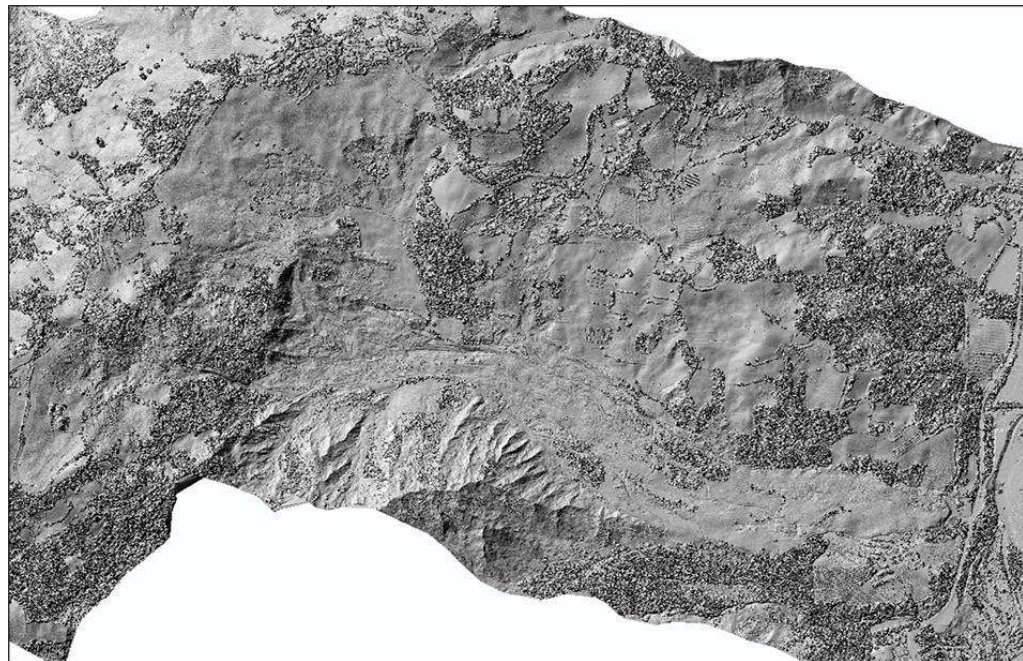
2013-2016

2017-2023

Parossismo
2023

2024 - Oggi

**AVVIO CAMPAGNA INDAGINI,
MONITORAGGIO,
FOTOGRAMMETRIA, LIDAR**





Periodo anni
1990-2000

Parossismo
2002-2004

2005 -2013

2013-2016

2017-2023

Parossismo
2023

2024 - Oggi

SECONDA FASE DEGLI INTERVENTI

- Primavera 2005: continuazione dei lavori specialistici relativi al I° stralcio e inizio degli interventi di consolidamento specialistici degli stralci II° III° e IV°, che si protrarranno senza soluzione di continuità fino all'autunno, attraverso la realizzazione di:
 - ✓ *Pozzi drenanti ispezionabili in località Cà Lita*
 - ✓ *Paratia e pozzi drenanti ispezionabili a valle dell'abitato di Cassola*
 - ✓ *Paratia nel versante a valle dell'abitato di Cà Lita*
 - ✓ *Pozzi drenanti ispezionabili nella piana a Valle di Cà Lita (profondità max 32 m)*
 - ✓ *Paratia e pozzi drenanti ispezionabili nella porzione di monte della colata principale (L= 295 m)*
 - ✓ *Paratia, pozzi drenanti ispezionabili e dreni sub-orizzontali nella scarpata principale a monte della colata*
- Autunno 2005: Inizio interventi di tipo tradizionale relativi al V° stralcio: *ripristino e ulteriore implementazione dei lavori di regimazione idraulica realizzati nell'estate-autunno 2004*
- Estate 2006: esecuzione dei lavori del VI° stralcio per consolidamento del versante a valle di Corciolano attraverso la realizzazione di:
 - ✓ *paratia di pali tirantata (L 142 m) alla base della scarpata a valle di Corciolano*
 - ✓ *Pozzi drenanti e ispezionabili a tergo della paratia*



Periodo anni
1990-2000

Parossismo
2002-2004

2005 -2013

2013-2016

2017-2023

Parossismo
2023

2024 - Oggi

SECONDA FASE DEGLI INTERVENTI

- ✓ dreni suborizzontali (L 80 /90 m) nella paratia Corciolano e dreni suborizzontali nella paratia a valle di Cà Lita
- ✓ Pozzi diametro 200 mm per travaso della falda profonda nei pozzi drenanti ispezionabili della piana a valle di Cà Lita
- ✓ Rinforzo in un settore limitato della paratia a monte della colata principale di conseguenza ad un movimento residuale lungo l'antico alveo completamente sepolto dal corpo della colata
- ✓ Sistemazioni morfologiche generali delle aree interessate dai lavori
 - Agosto - Novembre 2007, esecuzione dei lavori del VII° stralcio attraverso la realizzazione di:
 - ✓ paratia di pali tirantata (L 64 m) alla base della scarpata principale in destra idrografica
 - ✓ dreni suborizzontali (L 100 /30 m) nella paratia alla base della scarpata principale in destra idrografica
 - ✓ dreni suborizzontali (L 60 m) nella paratia a valle di Corciolano (VI° stralcio)
 - ✓ dreni suborizzontali (L 60 m) nella paratia a valle di Cà Lita
 - ✓ lavori di riprofilatura e gradonatura con realizzazione di importanti banche in terra battuta per la stabilizzazione della scarpata a valle di Corciolano
 - ✓ realizzazione dei lavori di riprofilatura della scarpata principale



Periodo anni
1990-2000

Parossismo
2002-2004

2005 -2013

2013-2016

2017-2023

Parossismo
2023

2024 - Oggi



PANORAMICA OPERE REALIZZATE - ANNO 2005-2008

- Più ordini di paratie tirantate
- Schermi pozzi drenanti
- Dreni sub-orizzontali
- Canalizzazioni e Sistemazioni morfologiche



Periodo anni
1990-2000

Parossismo
2002-2004

2005 -2013

2013-2016

2017-2023

Parossismo
2023

2024 - Oggi



- Più ordini di paratie tirantate
- Schermi pozzi drenanti
- Dreni sub-orizzontali
- Canalizzazioni e Sistemazioni morfologiche



Periodo anni
1990-2000

Parossismo
2002-2004

2005 -2013

2013-2016

2017-2023

Parossismo
2023

2024 - Oggi



- Più ordini di paratie tirantate
- Schermi pozzi drenanti
- Dreni sub-orizzontali
- Canalizzazioni e Sistemazioni morfologiche



Periodo anni
1990-2000

Parossismo
2002-2004

2005 -2013

2013-2016

2017-2023

Parossismo
2023

2024 - Oggi



- Più ordini di paratie tirantate
- Schermi pozzi drenanti
- Dreni sub-orizzontali
- Canalizzazioni e Sistemazioni morfologiche



Periodo anni
1990-2000

Parossismo
2002-2004

2005 -2013

2013-2016

2017-2023

Parossismo
2023

2024 - Oggi



- Più ordini di paratie tirantate
- Schermi pozzi drenanti
- Dreni sub-orizzontali
- Canalizzazioni e Sistemazioni morfologiche

FASE INTERMEDIA LAVORI - ANNO 2005 2008

In blu il percorso delle acque drenate



Periodo anni
1990-2000

Parossismo
2002-2004

2005 -2013

2013-2016

2017-2023

Parossismo
2023

2024 - Oggi



MOVIMENTO FRANOSO CORCIOLANO/CASSOLA - ANNO 2011



Periodo anni
1990-2000

Parossismo
2002-2004

2005 -2013

2013-2016

2017-2023

Parossismo
2023

2024 - Oggi



MOVIMENTO FRANOSO CORCIOLANO/CASSOLA - ANNO 2011



Periodo anni
1990-2000

Parossismo
2002-2004

2005 -2013

2013-2016

2017-2023

Parossismo
2023

2024 - Oggi



MOVIMENTO FRANOSO CÔRCIOLANO/CASSOLA - ANNO 2011

DANNI ALLE OPERE ESISTENTI



Periodo anni
1990-2000

Parossismo
2002-2004

2005 -2013

2013-2016

2017-2023

Parossismo
2023

2024 - Oggi





Periodo anni
1990-2000

Parossismo
2002-2004

2005 -2013

2013-2016

2017-2023

Parossismo
2023

2024 - Oggi



INTERVENTO MESSA IN SICUREZZA
FRANA CASSOLA - CORCIOLANO ANNO 2011
INTERVENTO ACCORDO DI PROGRAMMA



- Più ordini di paratie tirantate
- Schermi pozzi drenanti
- Dreni sub-orizzontali
- Canalizzazioni e Sistemazioni morfologiche



Periodo anni
1990-2000

Parossismo
2002-2004

2005 -2013

2013-2016

2017-2023

Parossismo
2023

2024 - Oggi



MOVIMENTI FRANOSI CORCIOLANO/CASSOLA - ANNO 2013
PRIMI SEGNI DI MOVIMENTO DELLA SCARPATA DI CORCIOLANO VERSO LA
PIANA



Periodo anni
1990-2000

Parossismo
2002-2004

2005 -2013

2013-2016

2017-2023

Parossismo
2023

2024 - Oggi



MOVIMENTI FRANOSI LOCALI CA' LITA - ANNO 2013
EVIDENZE DI DEFORMAZIONI NELLE OPERE POSTE SULLA
SCARPATA A VALLE DELLA PIANA





Periodo anni
1990-2000

Parossismo
2002-2004

2005 -2013

2013-2016

2017-2023

Parossismo
2023

2024 - Oggi



SCARPATA A MONTE DELLA PIANA - ANNO 2014

- RIATTIVAZIONI LOCALI
- DANNEGGIAMENTI OPERE



Periodo anni
1990-2000

Parossismo
2002-2004

2005 -2013

2013-2016

2017-2023

Parossismo
2023

2024 - Oggi



SCARPATA A MONTE DELLA COLATA - ANNO 2014

- RIATTIVAZIONI LOCALI
- LIEVI DANNEGGIAMENTI OPERE
- PARZIALE SORMONTO DELLE OPERE



Periodo anni
1990-2000

Parossismo
2002-2004

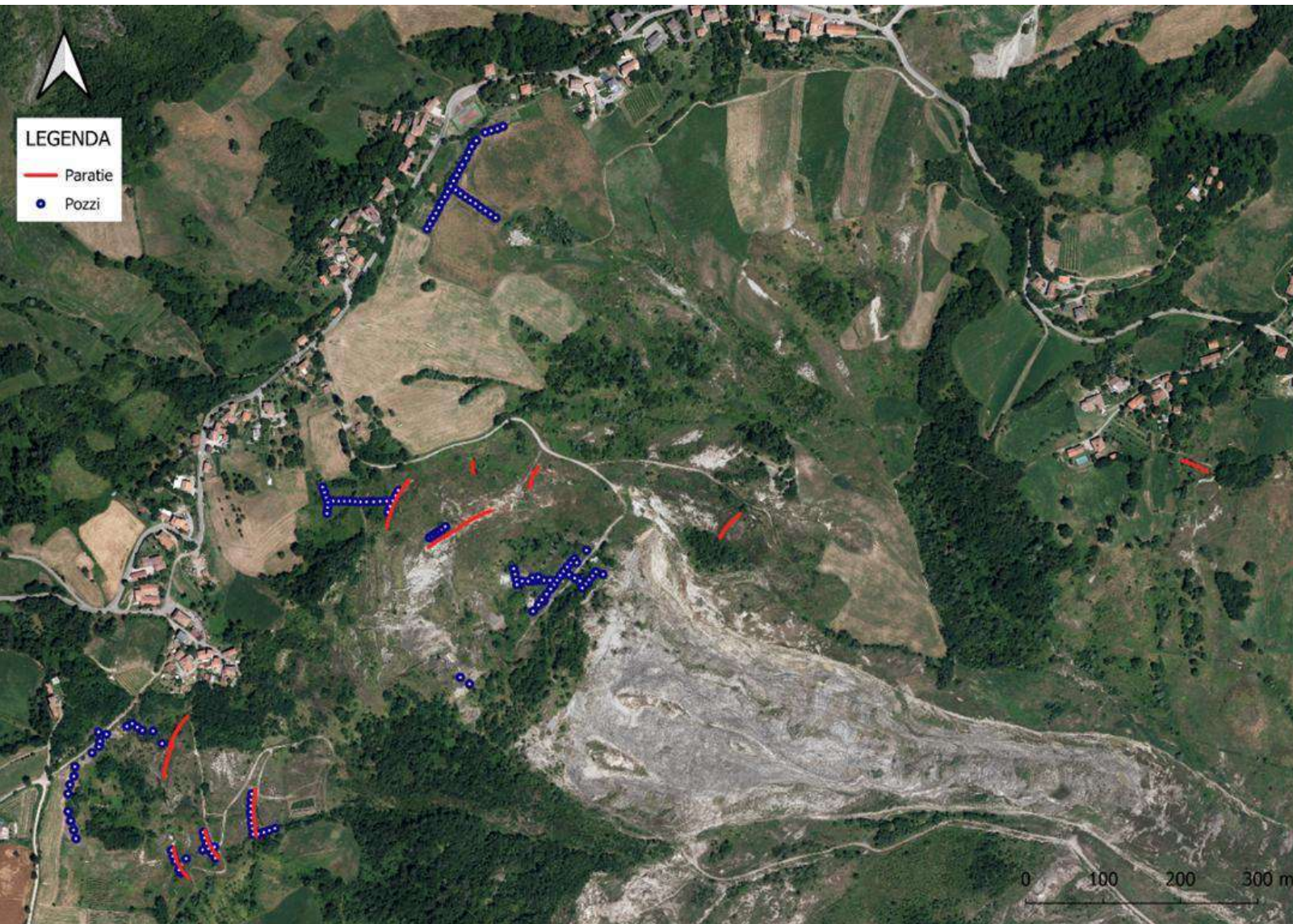
2005 -2013

2013-2016

2017-2023

Parossismo
2023

2024 - Oggi



- PRINCIPALI OPERE IN FUNZIONE DOPO LA RIATTIVAZIONE DEL 2016



Periodo anni
1990-2000

Parossismo
2002-2004

2005 -2013

2013-2016

2017-2023

Parossismo
2023

2024 - Oggi



SCARPATA A MONTE DELLA PIANA - ANNO 2016

- RIATTIVAZIONE FRANA
- MOVIMENTO FRANOSO A VALLE DELLE PARATIE



Periodo anni
1990-2000

Parossismo
2002-2004

2005 -2013

2013-2016

2017-2023

Parossismo
2023

2024 - Oggi



POZZI DRENANTI PIANA - ANNO 2016

- RIATTIVAZIONE FRANA
- DANNEGGIAMENTO OPERE



Periodo anni
1990-2000

Parossismo
2002-2004

2005 -2013

2013-2016

2017-2023

Parossismo
2023

2024 - Oggi



**RINFORZO PARATIA ESISTENTE – POZZI DRENANTI MEDIO DIAMETRO
EMUNTI CON POMPA SOMMERSA - ANNO 2016 2017
INTERVENTO ORDINANZA 351/2016**





Periodo anni
1990-2000

Parossismo
2002-2004

2005 -2013

2013-2016

2017-2023

Parossismo
2023

2024 - Oggi



EVENTO PAROSSISTICO

MAGGIO 2023

ATTIVAZIONE INTERVENTO DI

SOMMA URGENZA

RIMOZIONE TERRENO IN

AVANZAMENTO



Periodo anni
1990-2000

Parossismo
2002-2004

2005 -2013

2013-2016

2017-2023

Parossismo
2023

2023 - Oggi



**EVENTO PAROSSISTICO
MAGGIO AGOSTO 2023
ATTIVAZIONE INTERVENTO DI
SOMMA URGENZA
RIMOZIONE TERRENO IN
AVANZAMENTO DOPO LA
RIDUZIONE DEI MOVIMENTI
DELLA FRANA**



Periodo anni
1990-2000

Parossismo
2002-2004

2005 -2013

2013-2016

2017-2023

Parossismo
2023

2024 - Oggi



SETTEMBRE 2025

OPERE PREVISTE DAL 1° STRALCIO LAVORI (ORD. 8 FIGLIUOLO) E 2° STRALCIO
LAVORI (ORD. 33 FIGLIUOLO) IN CORSO DI ESECUZIONE



Periodo anni
1990-2000

Parossimo
2002-2004

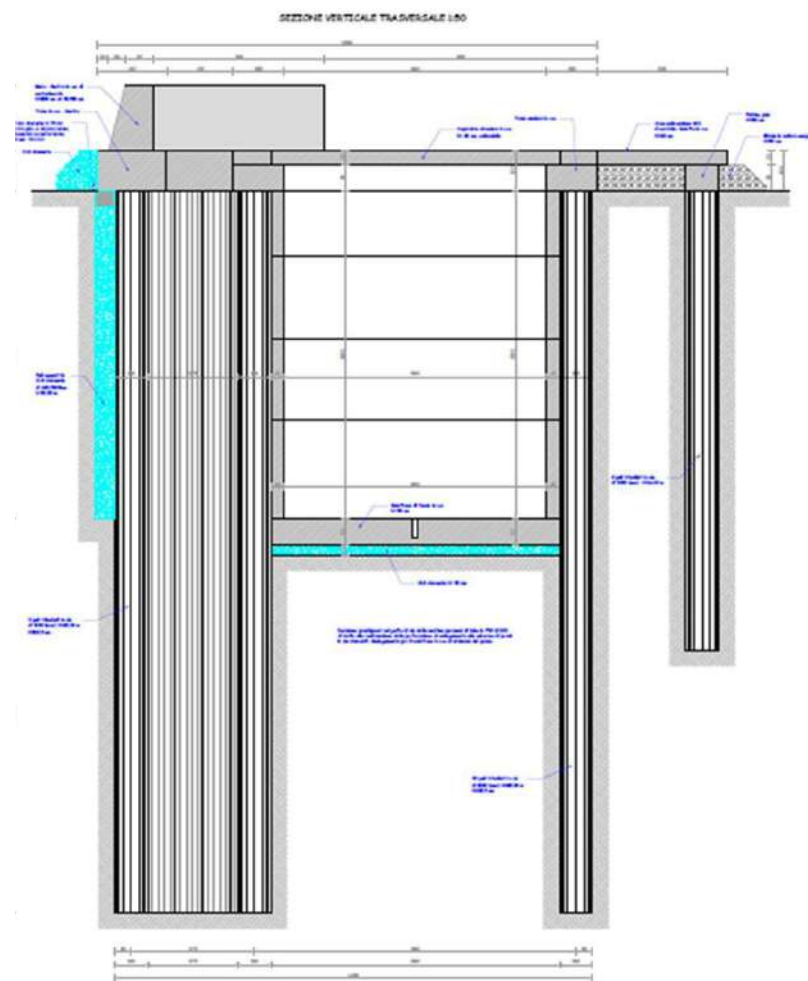
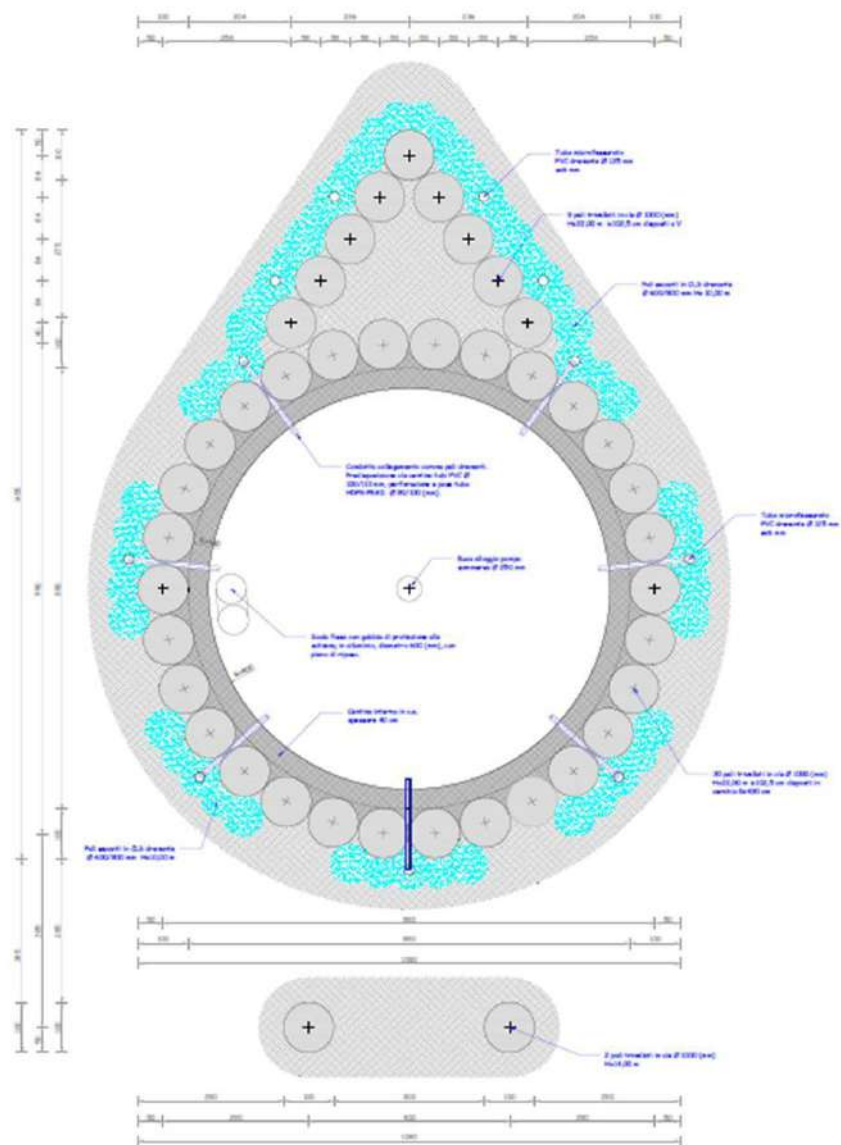
2005 -2013

2013-2016

2017-2023

Parossimo
2023

2024 - Oggi



OPERE PREVISTE DAL 1° STRALCIO LAVORI (ORD. 8 FIGLIUOLO)
E DAL 2° STRALCIO LAVORI (ORD. 33 FIGLIUOLO) IN CORSO DI ESECUZIONE



Periodo anni
1990-2000

Parossismo
2002-2004

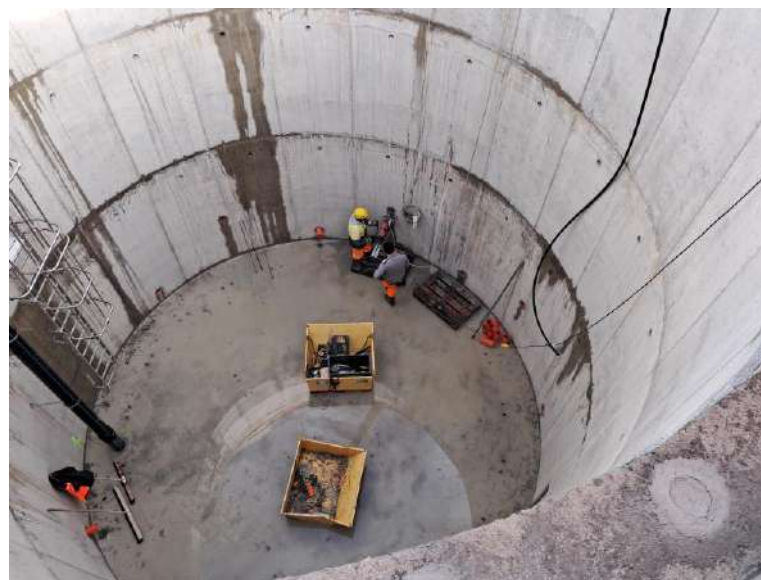
2005 -2013

2013-2016

2017-2023

Parossismo
2023

2024 - Oggi



POZZO DI GRANDE DIAMETRO

SETTEMBRE 2025

OPERE PREVISTE DAL 1°

STRALCIO LAVORI (ORD. 8

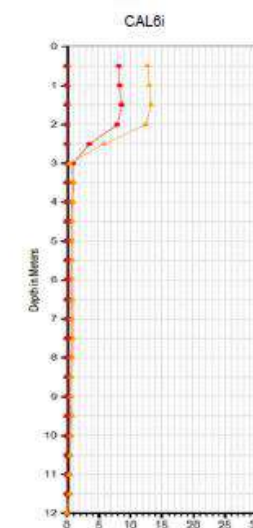
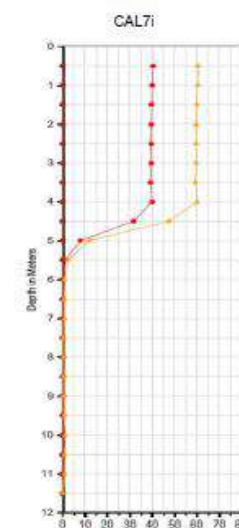
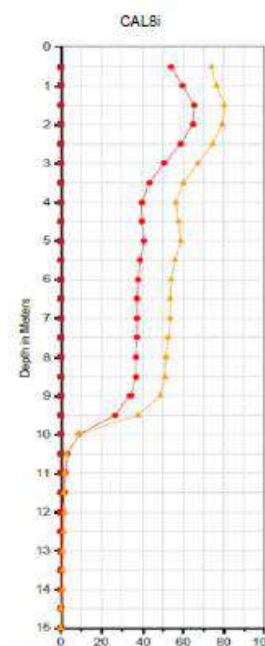
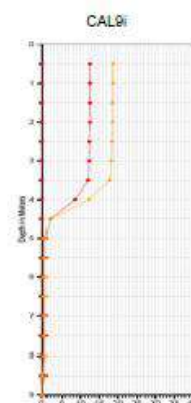
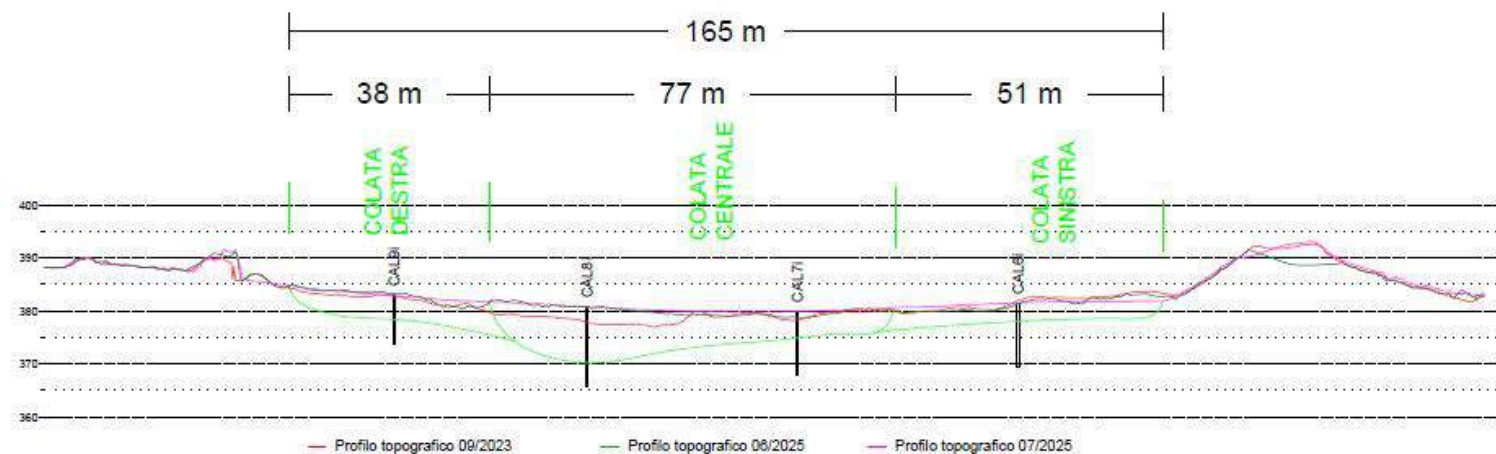
FIGLIUOLO) E 2° STRALCIO

LAVORI (ORD. 33 FIGLIUOLO)



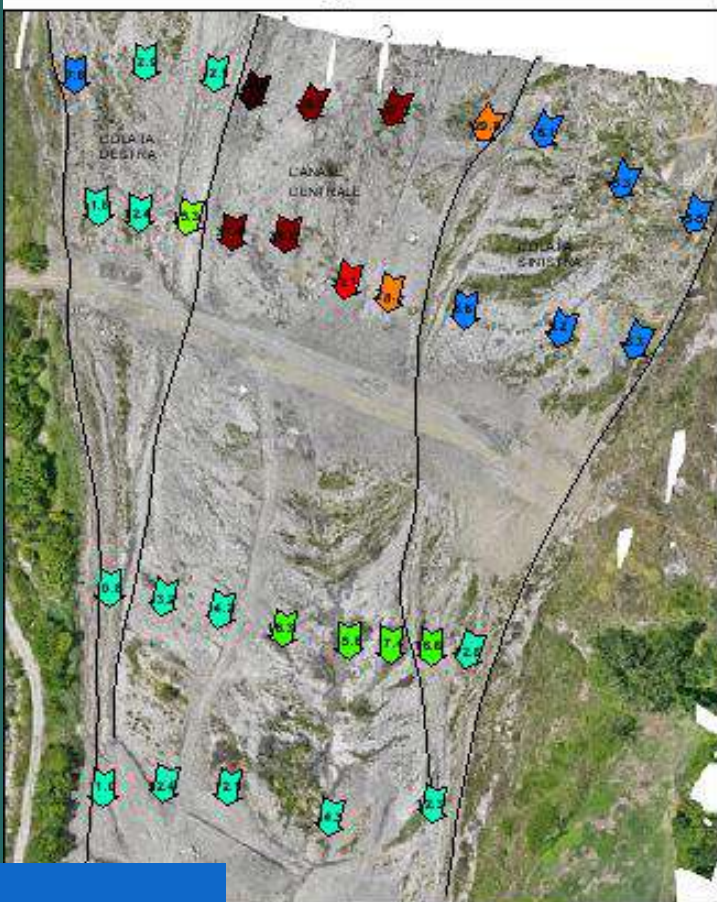
velocità della colata risultano molto elevate (circa 40 cm / girone) in lenta diminuzione

sezione interpretativa

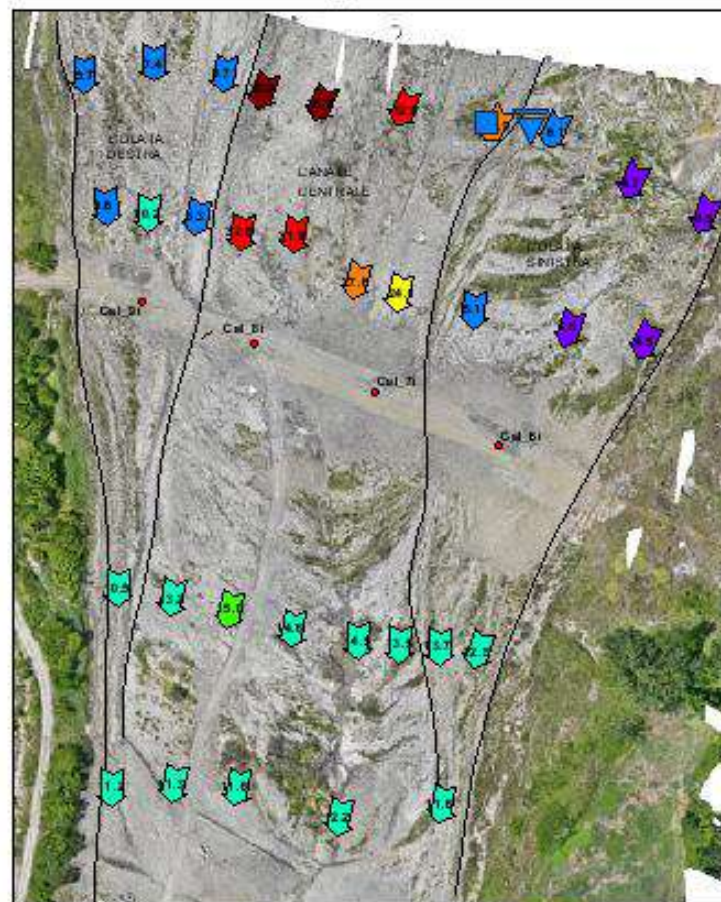




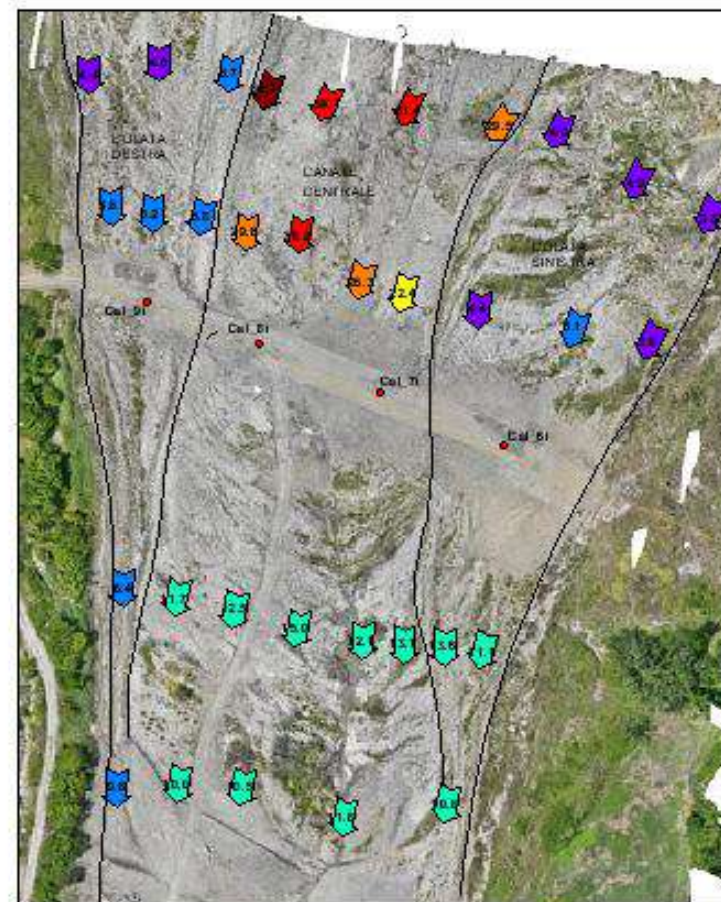
10 Luglio 2025



14 Luglio 2025

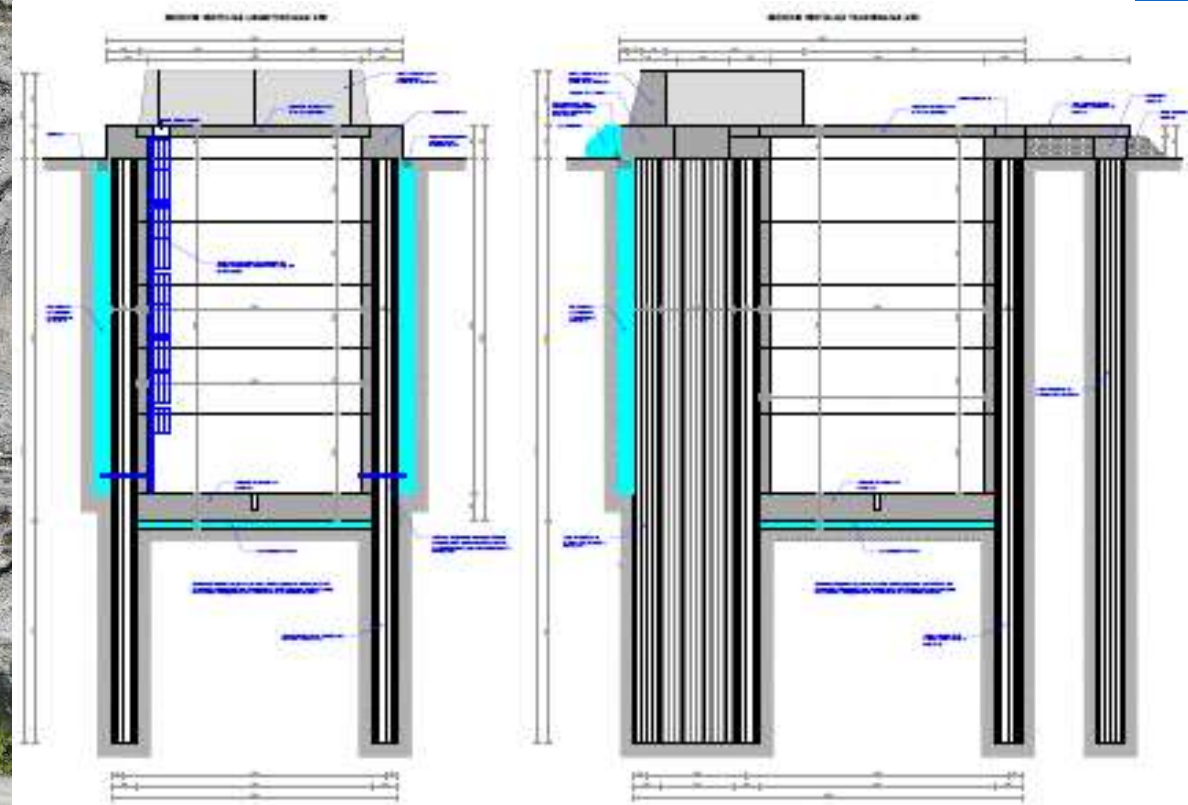


17 Luglio 2025



POZZI DRENANTI STRUTTURALI DI GRANDE DIAMETRO

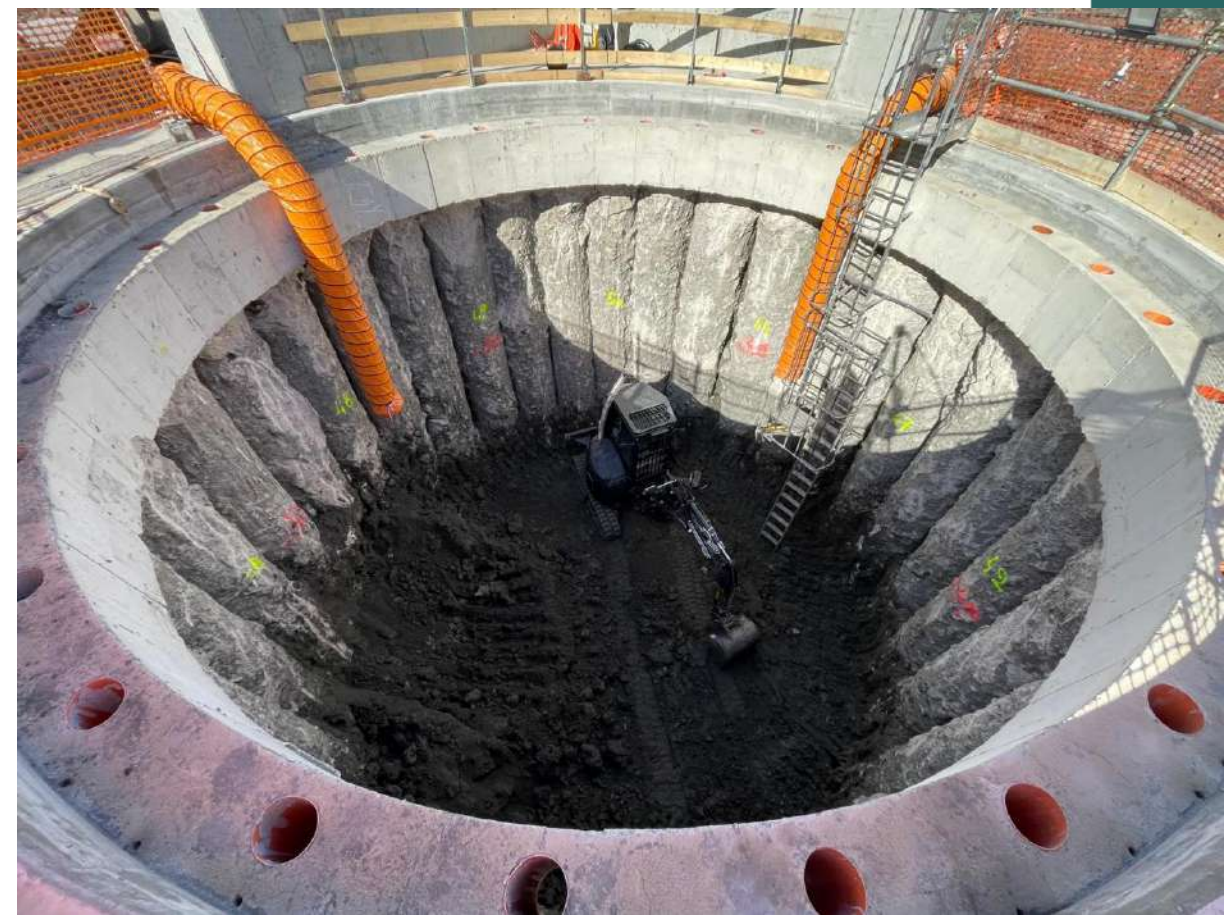
Realizzazione di n. 2 pozzi strutturali con coperchio, su un totale di 4

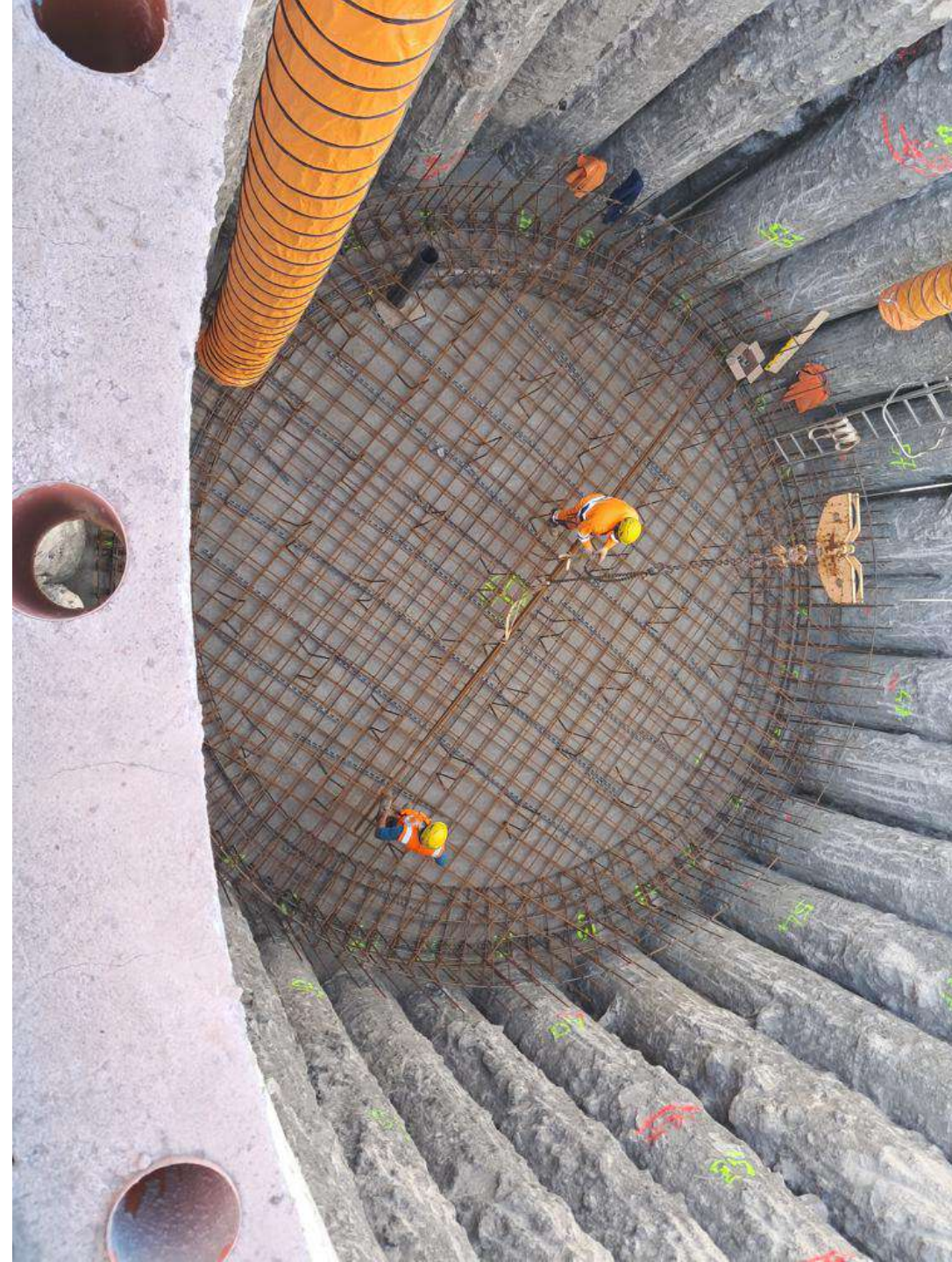


Per contrastare la velocità della colata e permettere la realizzazione dei pali si è proceduto a delle perforazioni a vuoto adiacenti e loro continua alesatura in modo da separare la parte della colata in movimento dallo sbancamento che a seguito del costipamento generato dai mezzi d'opera aveva registrato un importante rallentamento



*Foto in alto: particolare dell'armatura del muro del rostro e della
cassero della trave di coronamento
Foto a fianco: scavo del pozzo*





*Foto in alto: raggiungimento della profondità del pozzo e getto
del magrone*

Foto a fianco: armatura del solettone

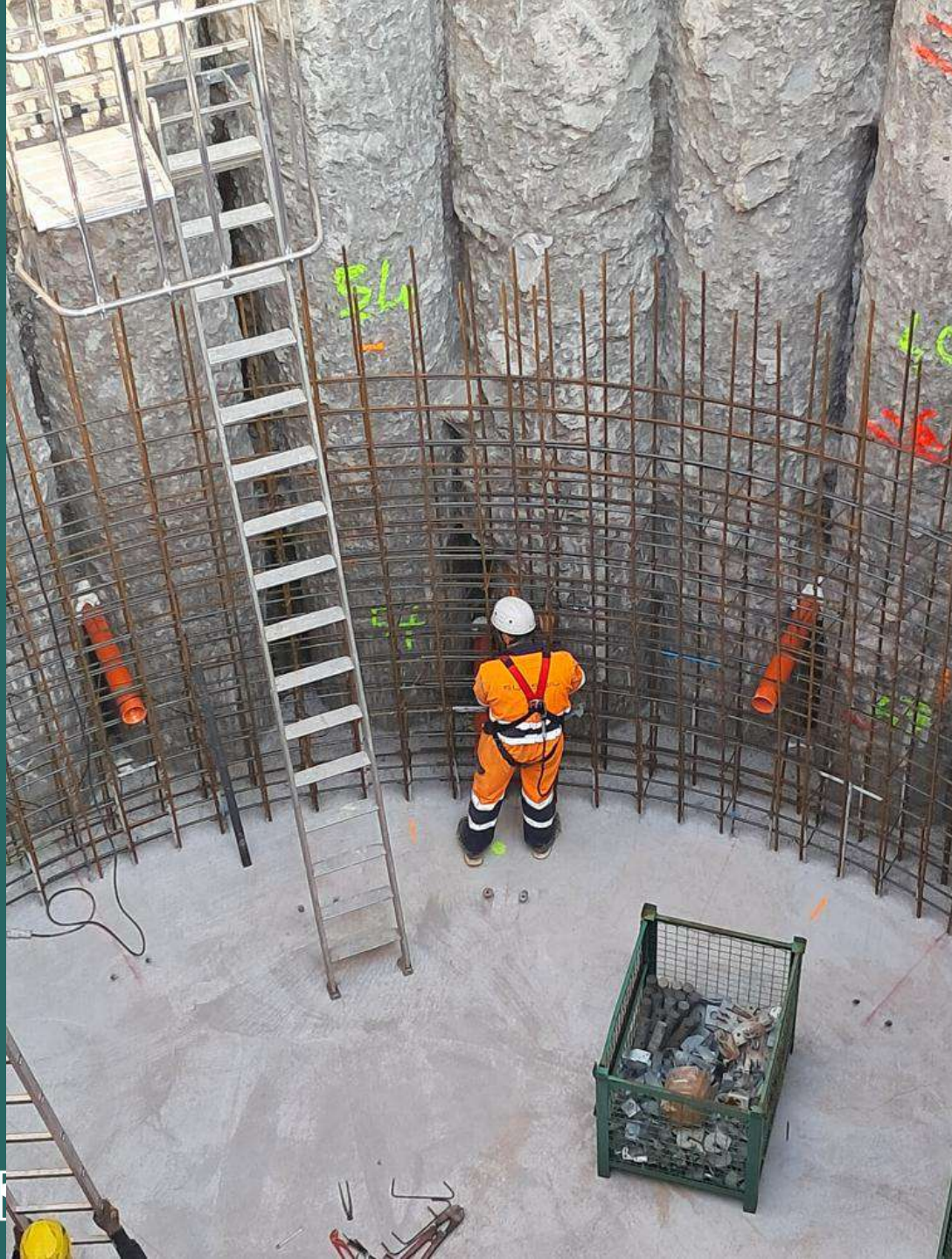
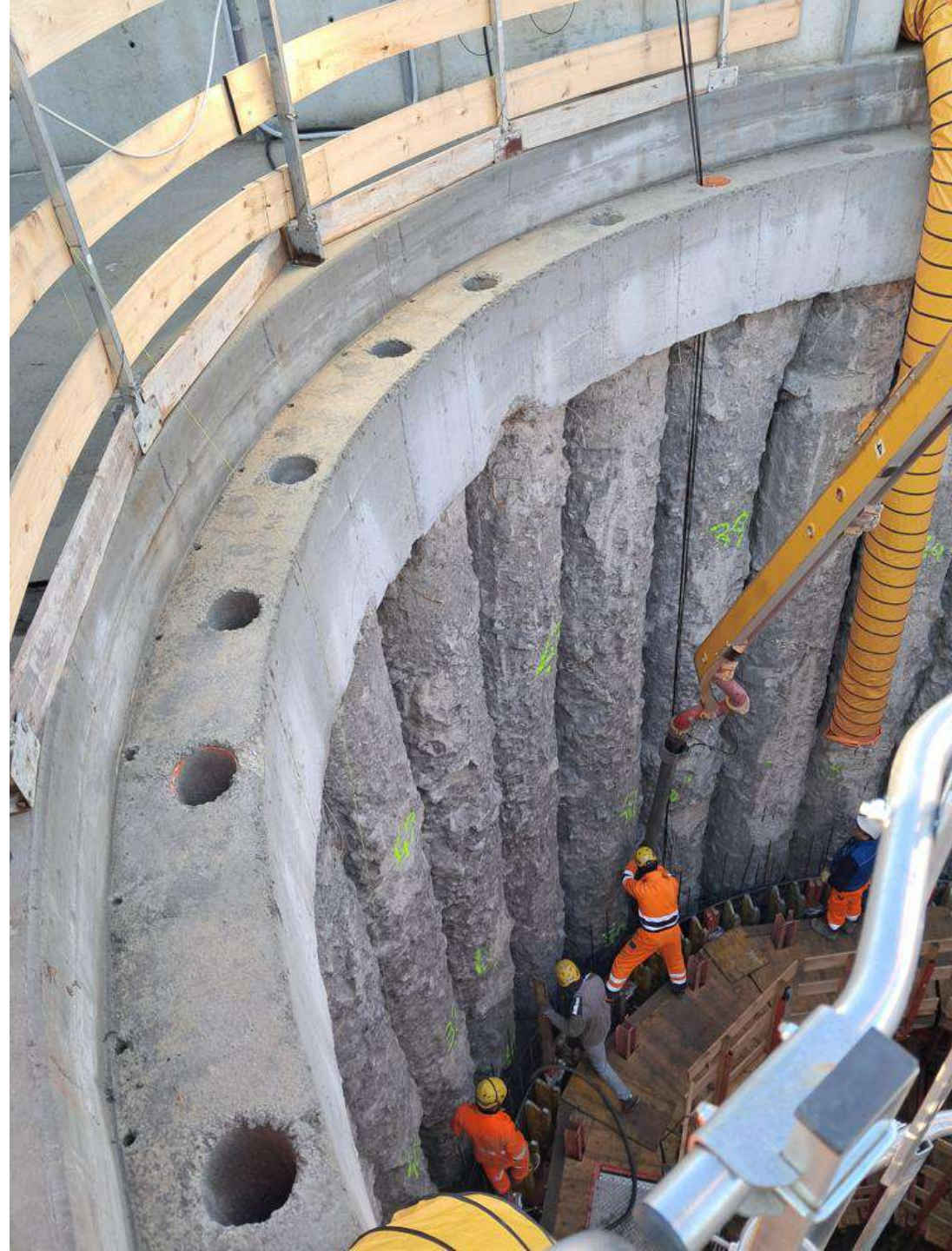


Foto in alto: particolare dell'armatura della centinatura
Foto a fianco: cassature della centinatura



Foto in alto: avanzamento della realizzazione della centinatura
Foto a fianco: getto del cls



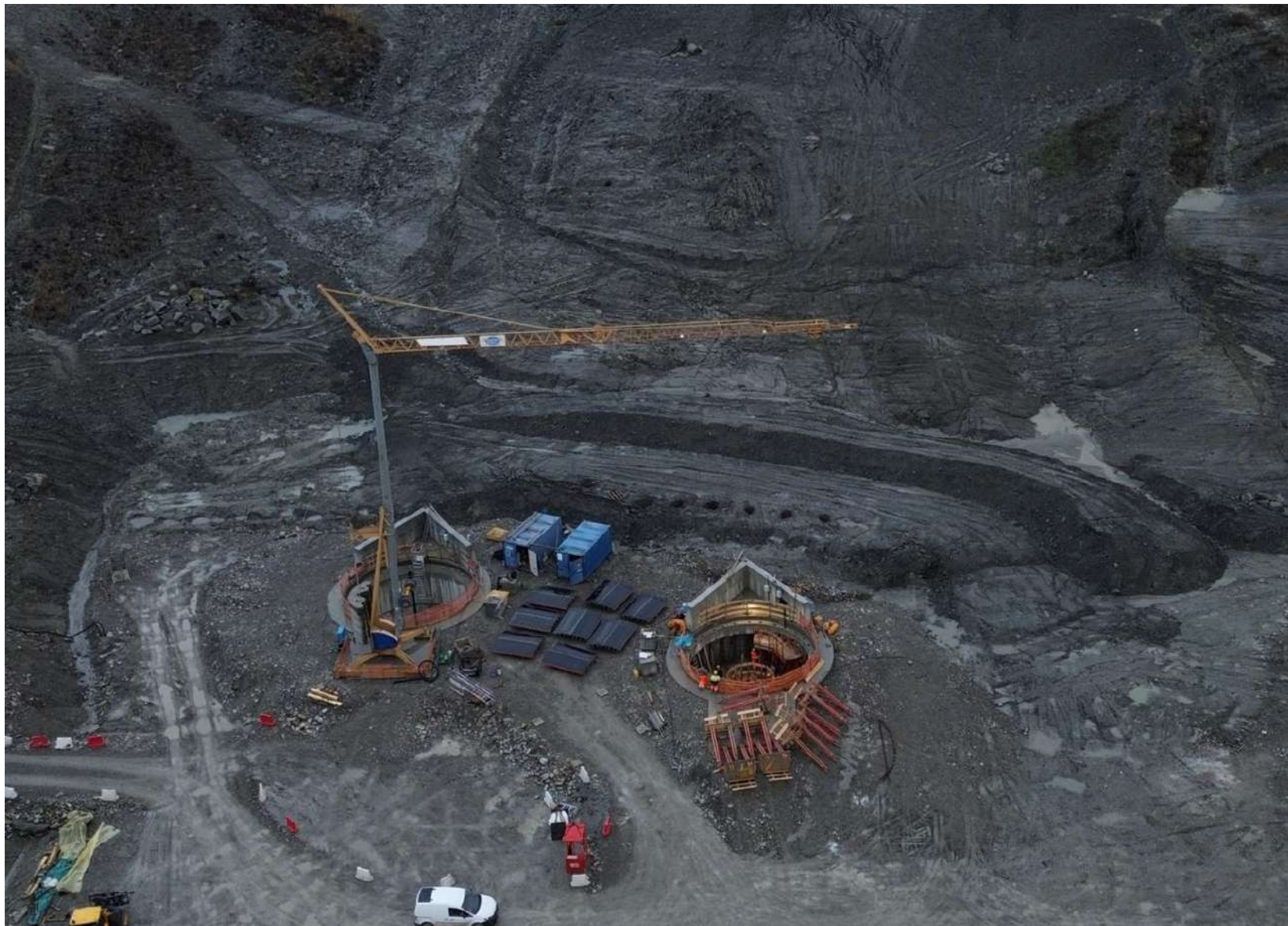


Foto panoramica dei primi due pozzi strutturali rispetto alla colata

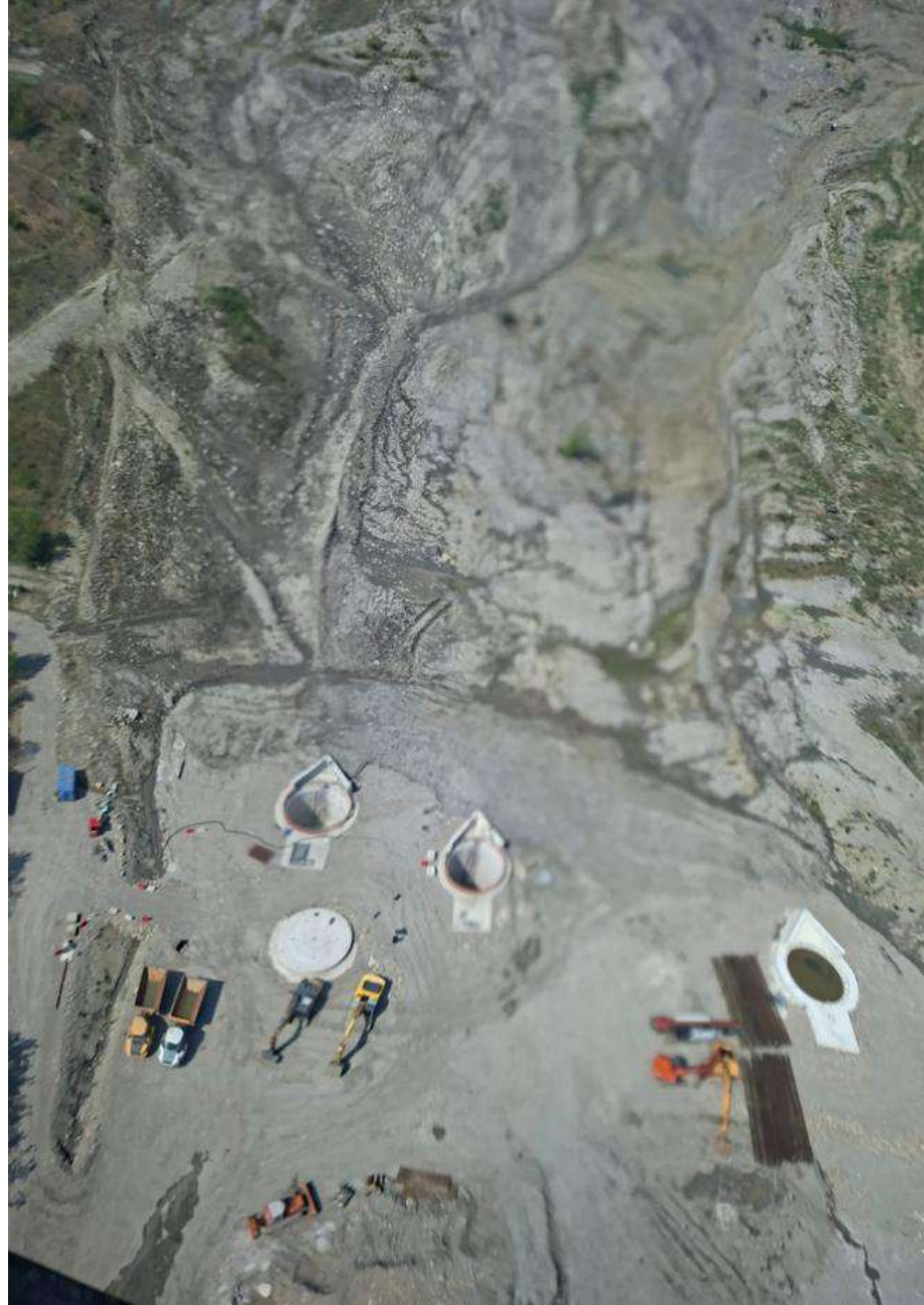




Foto in alto: i pali drenanti esterni sono stati collegati con il pozzo attraverso delle microperforazioni. L'acqua raccolta viene allontanata attraverso pompe sommerse

Foto a fianco: la colata raggiunge il rostro dei pozzi





Il terreno raggiunto le strutture eseguite ha una dislocazione verticale e la superficie di scivolamento emerge a giorno. Le attività che stiamo svolgendo in questa fase e quella di asportare e ridistribuire il materiale a monte dei pozzi per evitare che la terra sommerga le strutture, soprattutto ora che non abbiamo ancora installato i coperchi



Indice degli argomenti:

- Inquadramento generale e geomorfologico
- Inquadramento geologico
- Caratterizzazione geotecnica
- Dati di monitoraggio
- Modellazione di stabilità
- Opere di mitigazione
- **Conclusioni**



Conclusioni:

- È importante definire con accuratezza il contesto geologico-strutturale ed idrogeologico per la valutazione dei fattori predisponenti ed innescanti di fenomeni franosi (soprattutto se complessi ed estesi)
- È importante avere un quadro completo delle geometrie (profondità / areali) dei corpi di frana sui quali si effettuano opere di mitigazione
- La caratterizzazione geotecnica non si deve fermare ai parametri di resistenza (c' e ϕ') ed alla permeabilità. Fenomeni idromeccanici legati alla parziale saturazione ed all'imbibizione dei materiali hanno spesso una rilevanza nel problema (rigonfiamento terreni a seguito di imbibizione, variazione della resistenza al taglio in funzione della capacità di ritenzione)
- La stabilità della frana è legata alle piezometrie ed, indirettamente al contesto idrogeologico e geologico-strutturale (risposta non drenata a causa di sovraccarico del terreno in frana in avanzamento, flussi di filtrazione attraverso gli elementi tettonici, lunghe cumulate di pioggia)



GRAZIE

Ing. Alessandro FRACCICA

alessandro.fraccica@isprambiente.it

