



Presidenza del Consiglio dei Ministri
DIPARTIMENTO PER GLI AFFARI REGIONALI E LE AUTONOMIE



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

DIPARTIMENTO
DI SCIENZE DELLA TERRA

Forum P.A. 2018

24 maggio, 2018

**Sala presso Area Expo Presidenza del Consiglio dei Ministri
ore 09:30-10:45**

Approcci multi prospettici per lo studio di frane a cinematica rapida

Luca Schilirò, PhD



Contesto

- Circa un terzo del totale delle frane è costituito da fenomeni a cinematismo rapido

Velocity class	Description	Velocity (mm/s)	Typical velocity	Response
7	Extremely rapid	5×10^3	5 m/s	Nil
6	Very rapid	5×10^1	3 m/min	Nil
5	Rapid	5×10^{-1}	1.8 m/h	Evacuation
4	Moderate	5×10^{-3}	13 m/month	Evacuation
3	Slow	5×10^{-5}	1.6 m/year	Maintenance
2	Very slow	5×10^{-7}	16 mm/year	Maintenance
1	Extremely Slow			Nil

**Cruden &
Varnes, 1996**



Presidenza del Consiglio dei Ministri
DIPARTIMENTO PER GLI AFFARI REGIONALI E LE AUTONOMIE

Frane rapide



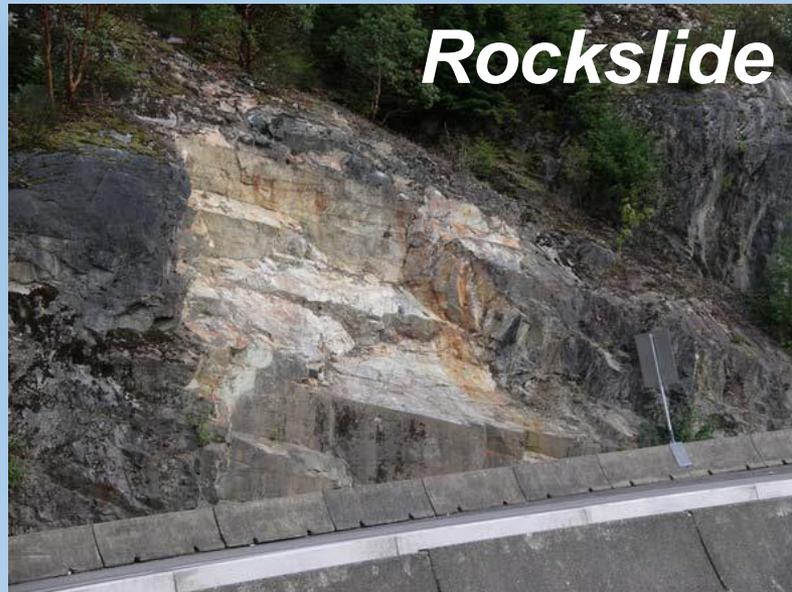
SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

DIPARTIMENTO
DI SCIENZE DELLA TERRA

Rockfall



Rockslide



Debris-slide





Presidenza del Consiglio dei Ministri
DIPARTIMENTO PER GLI AFFARI REGIONALI E LE AUTONOMIE

Frane rapide



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

DIPARTIMENTO
DI SCIENZE DELLA TERRA



Rock-avalanche



Debris-avalanche



Debris-flow



Contesto

- Circa un terzo del totale delle frane è costituito da fenomeni a cinematismo rapido
- Questo tipo di frane possono causare ingenti perdite in termini economici e di vite umane (elevate velocità, volumi mobilizzati e *runout*)

**Val Pola
(1987)**



Sarno e Quindici (1998)



Liguria (2014)



Messina (2009)





Premessa 1 di 2



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

DIPARTIMENTO
DI SCIENZE DELLA TERRA

- Impatti sempre più significativi legati all'occorrenza di fenomeni di frana tipo rock slide e rock avalanche in contesti montani
- Cause: maggiore diffusione delle attività antropiche, processi di deglaciazione, modificazioni della circolazione idrica superficiale e profonda
- Soluzione: previsione dello sviluppo temporale dei processi deformativi fino all'eventuale rottura tramite serie temporali di deformazione/spostamento relative al sistema di versante



TASK 1: Previsione dell'innesco di frane di grandi dimensioni in contesti montani e marginali



Premessa 2 di 2



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

DIPARTIMENTO
DI SCIENZE DELLA TERRA

- Aumento notevole dell'impatto socio-economico legato all'occorrenza di frane superficiali indotte da pioggia (soil slip, debris-slide, debris flow) in aree montane o su versanti ad elevata acclività
- Cause: maggiore diffusione delle attività antropiche, maggiore frequenza nella formazione di sistemi convettivi perduranti
- Soluzione: analisi di suscettibilità finalizzate alla definizione di scenari d'innescò a scala di bacino tramite modelli numerici fisicamente basati e prove sperimentali di laboratorio



TASK 2: Scenari d'innescò per frane superficiali



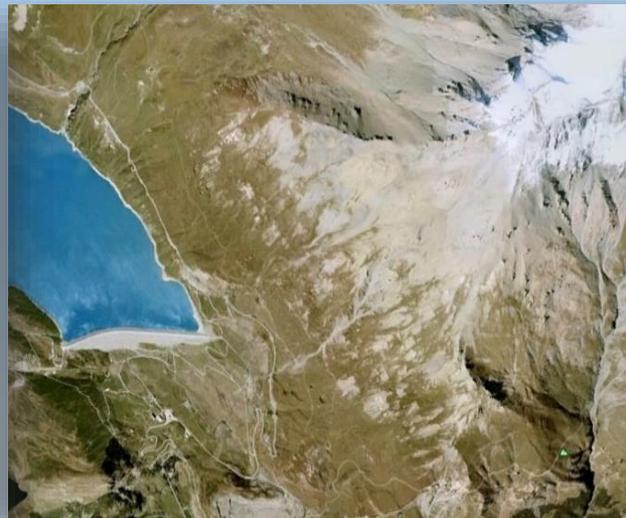
TASK 1: Previsione dell'innesco di frane di grandi dimensioni in contesti montani e marginali

Casi di Studio:

1. Frana di Poggio Baldi (2014)
2. Versante Mount Lamet (Moncenisio) affetto da processi di deformazione alla scala del versante
3. Monte Vettore e Vettoretto (sequenza sismica del Centro Italia 2016-17)



Frana di Poggio Baldi



Mount Lamet (Moncenisio)



M. Vettore - Vettoretto

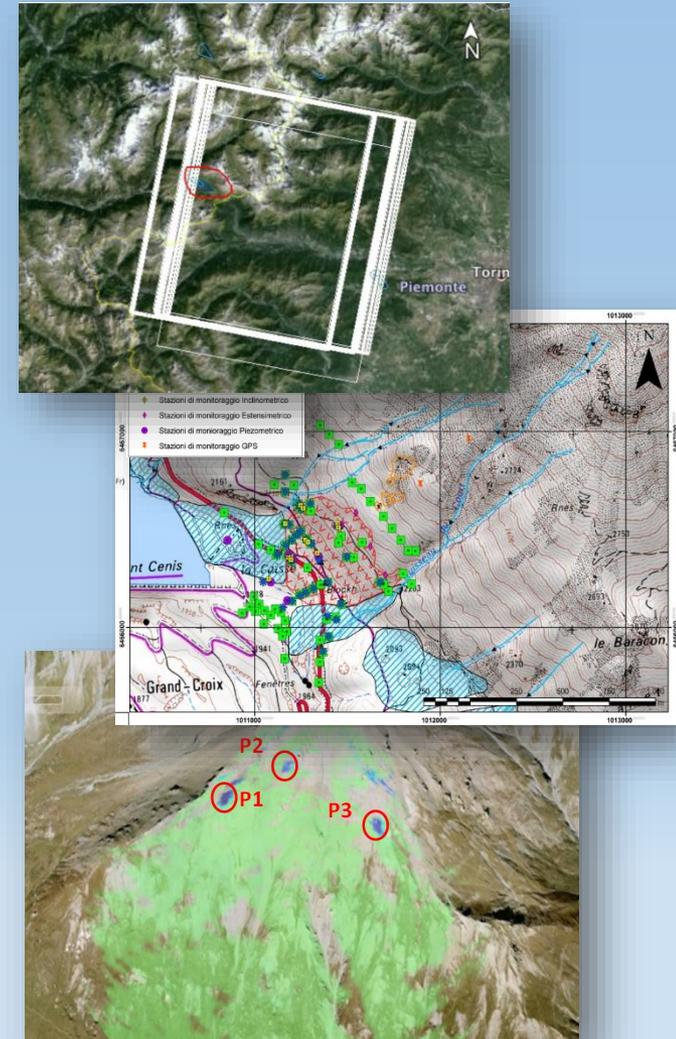


Task 1



ATTIVITÀ SVOLTE

1. Acquisizione di immagini SAR satellitari delle missioni COSMO-SkyMed e Sentinel 1
2. Caratterizzazione geologico/geomorfologica (Moncenisio, Poggio Baldi), anche tramite Laser Scanner Terrestre e rilievo Fotogrammetrico terrestre e aereo (Poggio Baldi)
3. Monitoraggio con Radar Terrestre (Moncenisio)
4. Analisi D-InSAR con immagini COSMO-SkyMed e Sentinel 1 (Vettore-Vettoretto)
5. Valutazione potenzialità dell'interferometria satellitare per la previsione dei fenomeni franosi di grandi dimensioni (metodi semi-empirici per la stima del *Time to Failure*)





Task 1



Poggio Baldi - Santa Sofia (FC)

COSMO-SkyMed data-stack

70 immagini

Periodo: Gennaio 2010 - Giugno
2014



Mount Lamet (Moncenisio)

COSMO-SkyMed data-stack

67 immagini (ASC)

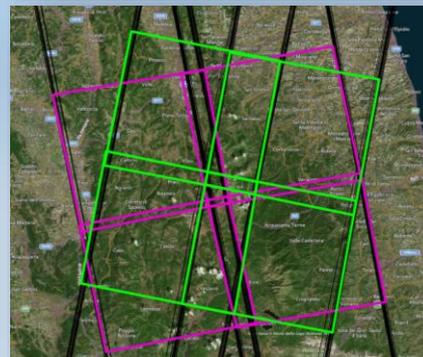
Periodo: Novembre 2008 - Marzo
2014



M. Vettore e Vettoretto

COSMO-SkyMed data-stacks

100 immagini costituite da 4
track (2 ASC e 2 DESC) e 8
frame



ATTIVITÀ SVOLTE:
Acquisizione di immagini SAR
Satellitari



Task 1



Poggio Baldi - Santa Sofia (FC)

- Riattivazione frana 2014;
- 4 milioni m³;
- 2 giorni di “warning signals” (apertura di fratture)
- Dimensioni:
max larghezza 200 m,
max lunghezza 850 m;
- Danni: edifici privati e strada statale 310 (km 39.000);
- *Dam lake* nel Fiume Bidente (35.000 m²);
- Causa innescante principale: sovrappressione dell’acqua legata allo scioglimento delle nevi.



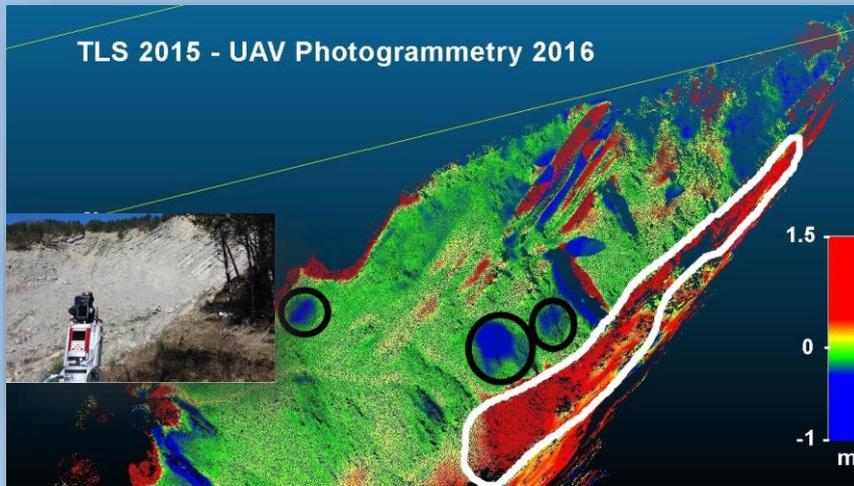


Task 1

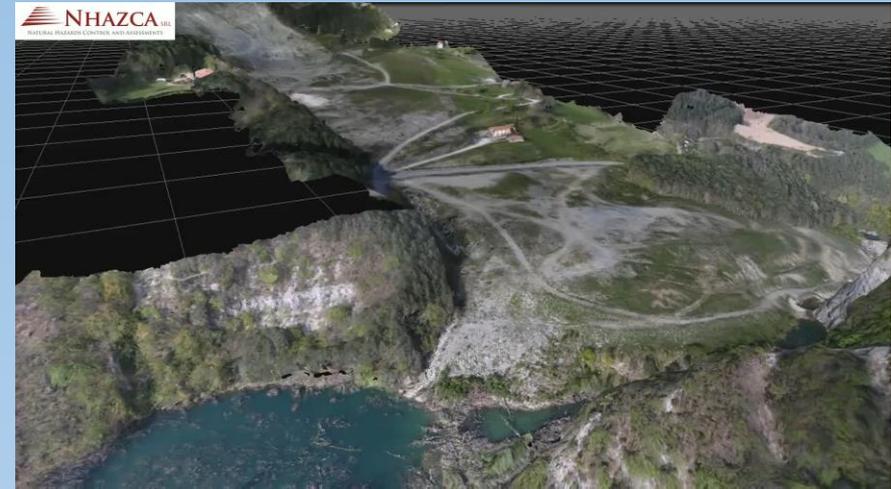


Poggio Baldi - Santa Sofia (FC)

Rilievi Laser Scanner – Stima delle variazioni volumetriche



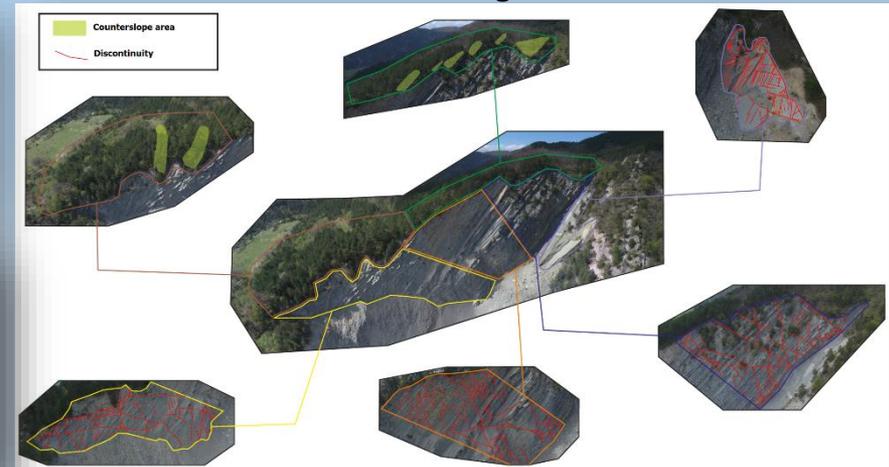
UAV Photogrammetric Survey – Output Data – Modello 3D



Digital Image Correlation (DIC) – Identificazione crolli

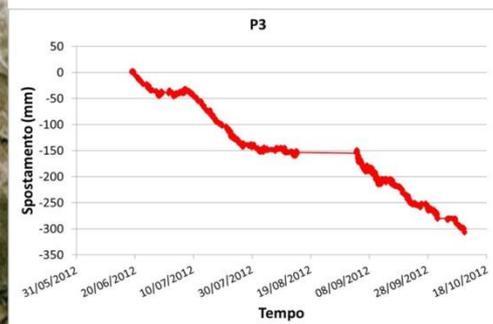
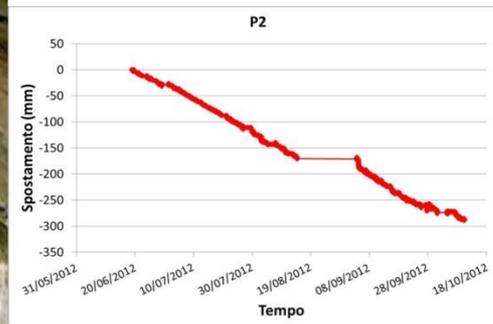
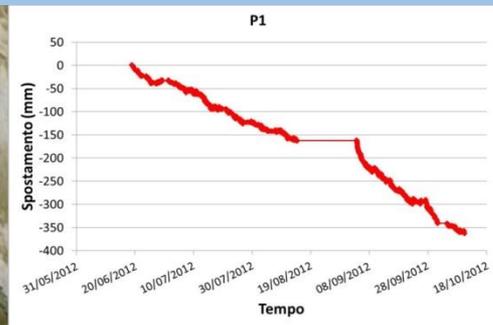
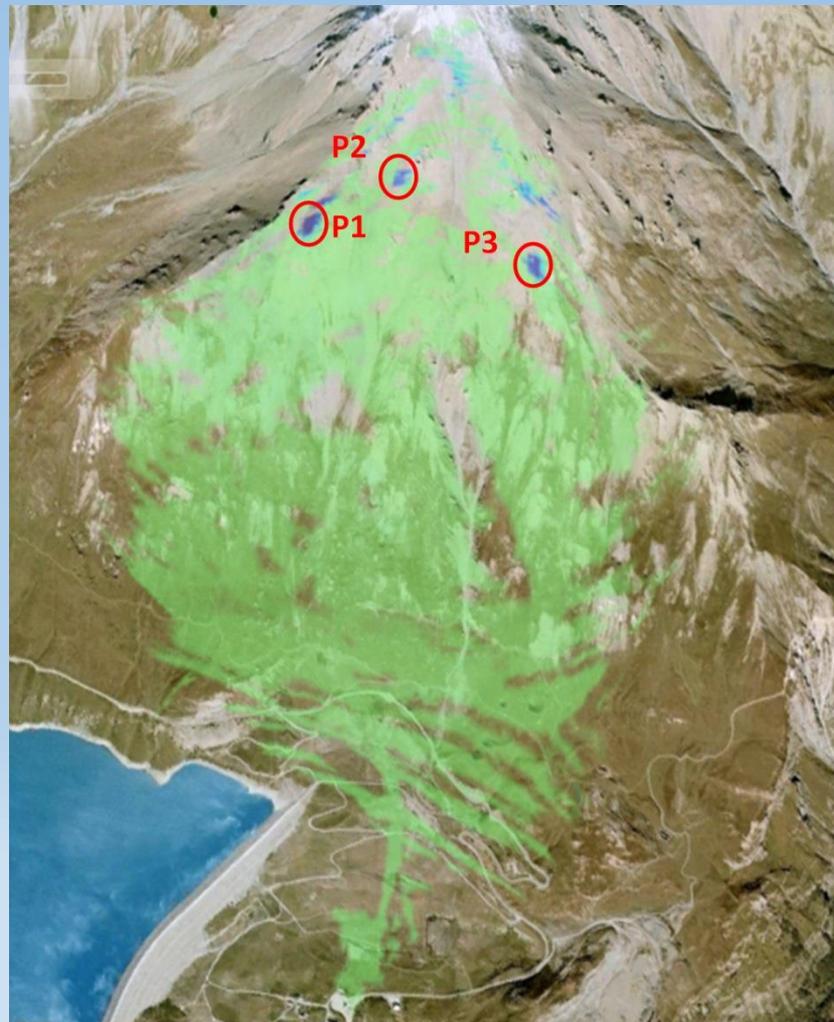


UAV Photogrammetric Survey – Supporto alla caratterizzazione geotecnica



Task 1

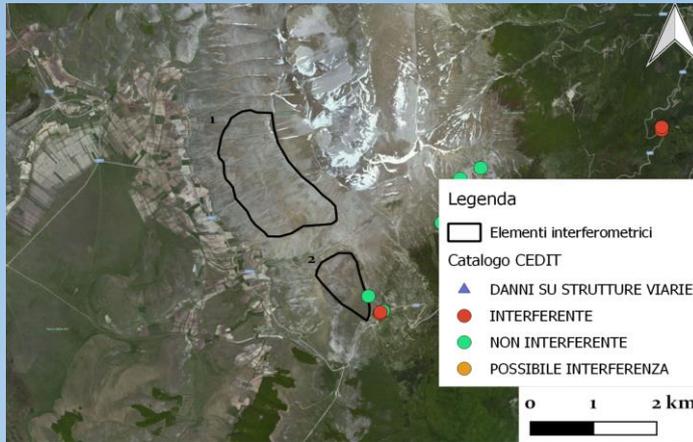
Mount Lamet (Moncenisio)



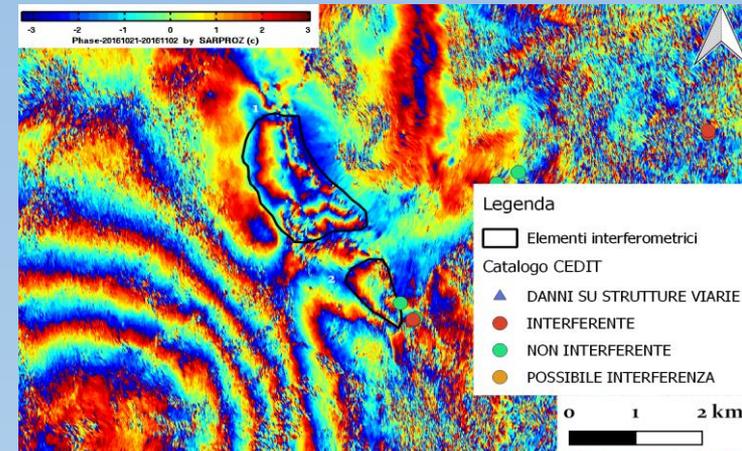
Monitoraggio T-InSAR
(Terrestrial InSAR) -
Risultati

Task 1

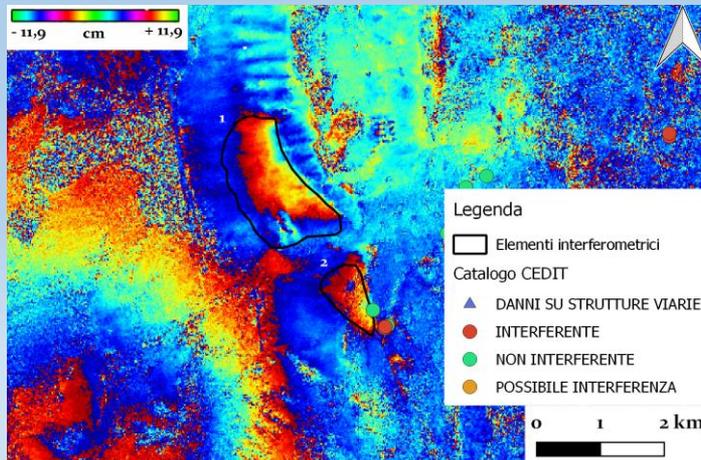
Deformazione del M. Vettore e Vettoretto legata all'azione sismica (Terremoto Amatrice 24/08/2016 Mw 6.0)



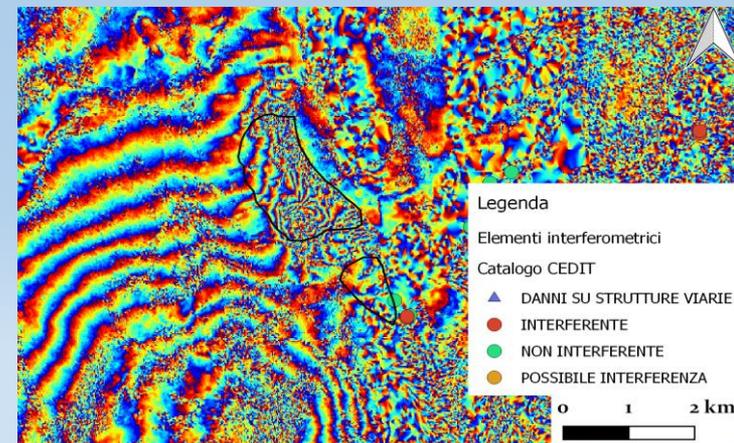
Mappa di Base: Bing Map



Interferogramma *Sentinel-1* (15/08/2016 - 27/08/2016) geometria ascendente



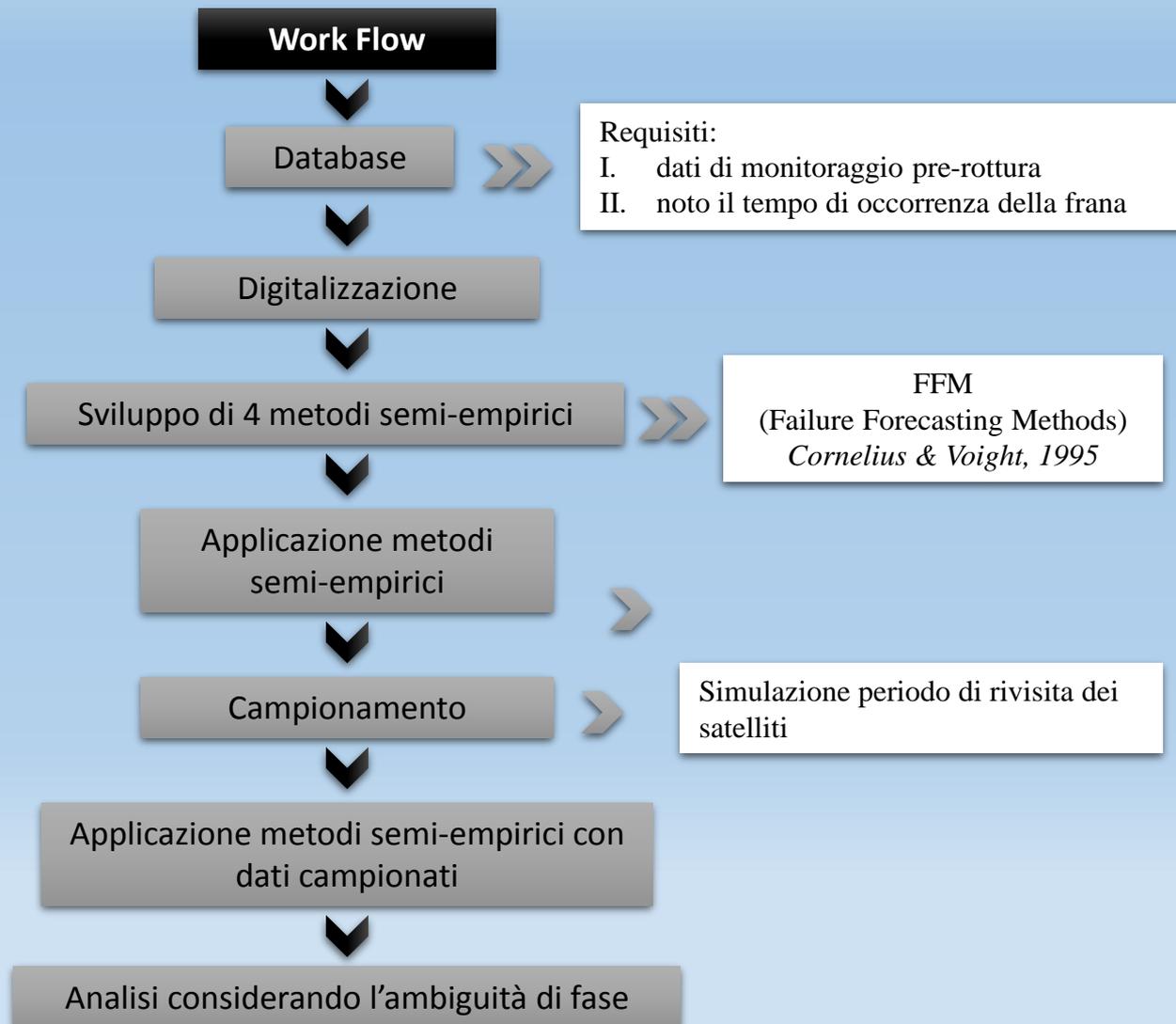
Interferogramma *ALOS-2* (24/08/2016 - 09/09/2016)
geometria ascendente



Interferogramma *COSMO-SkyMed* (20/08/2016 - 28/08/2016)
geometria discendente



Task 1





TASK 2: Scenari d'innesco per frane superficiali



Bacino di Monterosso (SP)

Evento franoso del 25/10/2011

Valutazione di differenti scenari di innesco
tramite modelli numerici fisicamente basati
e prove sperimentali di laboratorio



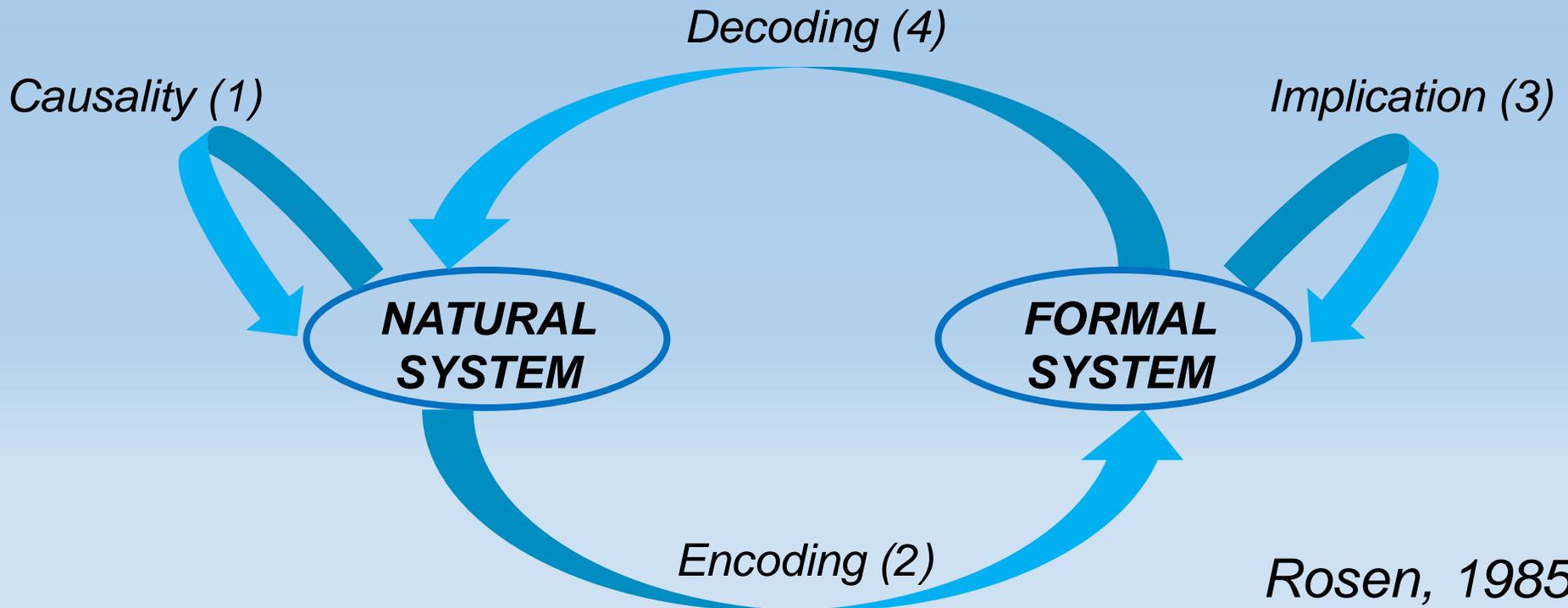


Task 2



Modellazione fisicamente basata

- Descrizione e riproduzione dei processi fisici insiti in un fenomeno naturale
- Comprensione ed applicazione delle leggi che regolano tali processi
- Calibrazione variabili e predizione del fenomeno reale





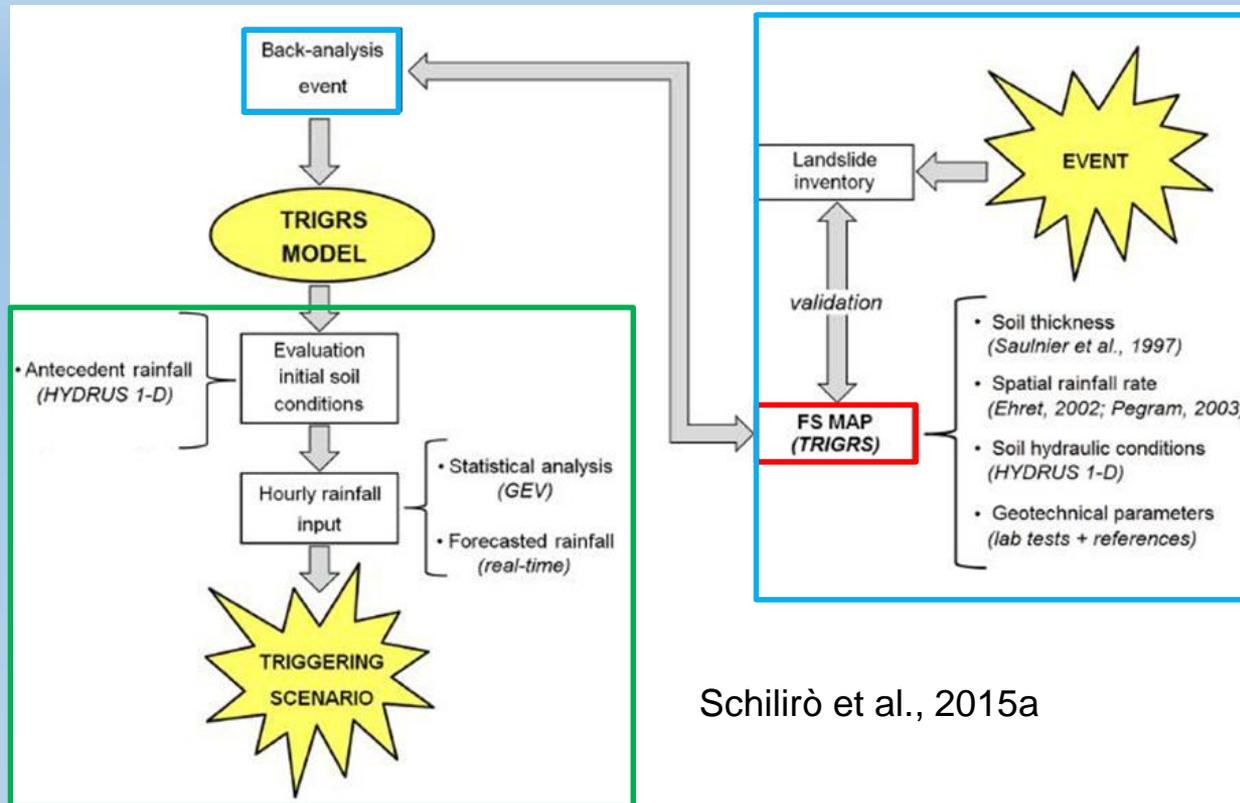
Modello vs. Realtà



«Se si vuole capire un aspetto dell'Universo, è utile semplificarlo il più possibile e occuparsi solo delle proprietà e delle caratteristiche essenziali alla comprensione. È molto più facile capire un fenomeno mediante simulazioni semplificate che studiando il fenomeno stesso.....»

I. Asimov «Preludio alla Fondazione» (1988)

Task 2



Schilirò et al., 2015a

- Modello numerico TRIGRS (*Transient Rainfall Infiltration and Grid-based Slope stability*) (Baum et al., 2008)
- Calibrazione del modello tramite ricostruzione in *back-analysis* di un evento franoso di riferimento
- Definizione di differenti scenari di innesco variando l'input di pioggia in funzione delle curve di probabilità pluviometrica riferite all'area di studio



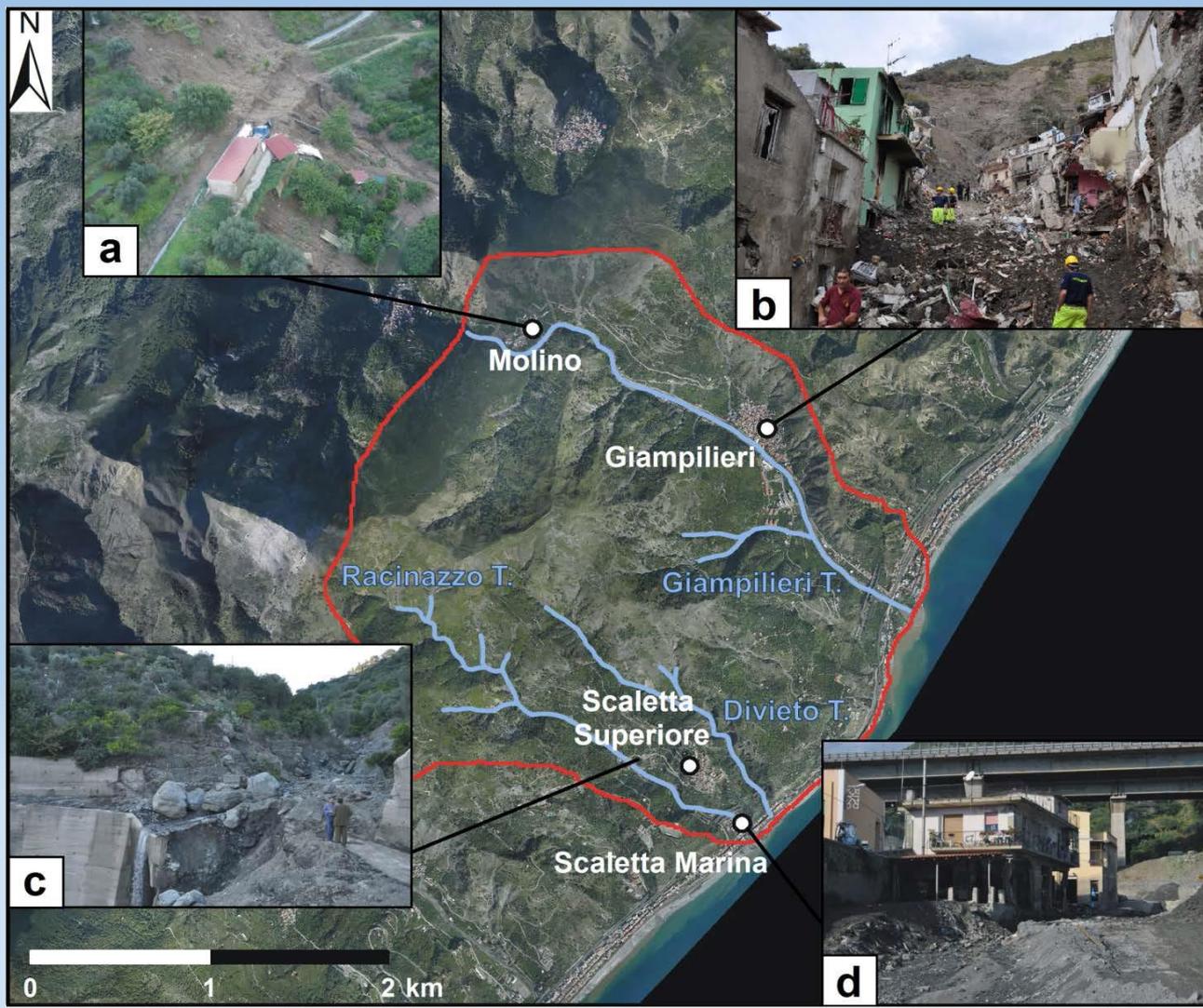
Monterosso (SP) 25/10/2011

**Giampilieri (ME)
01/10/2009**



Task 2

Modellazione fisicamente basata: Giampileri (ME)

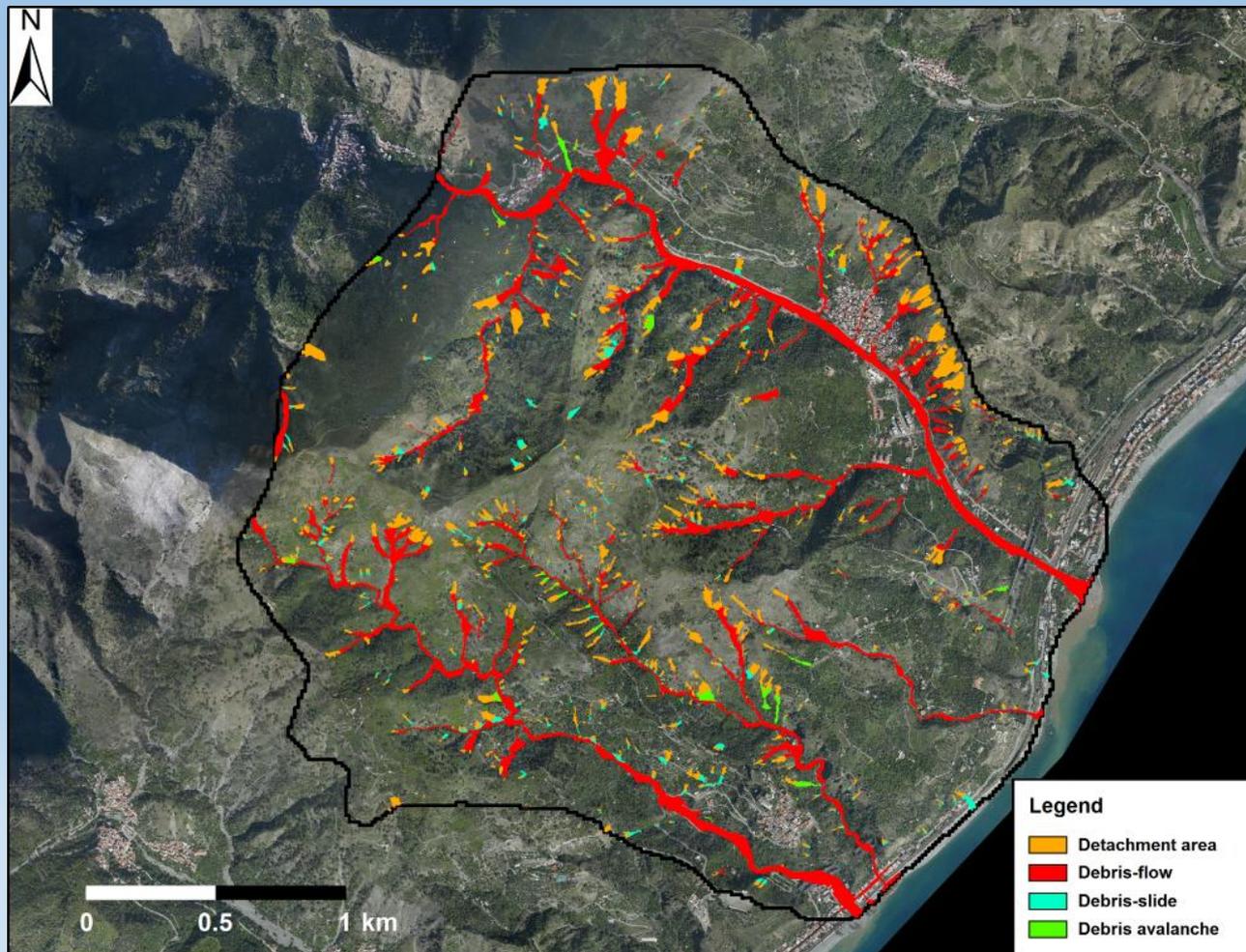




Task 2

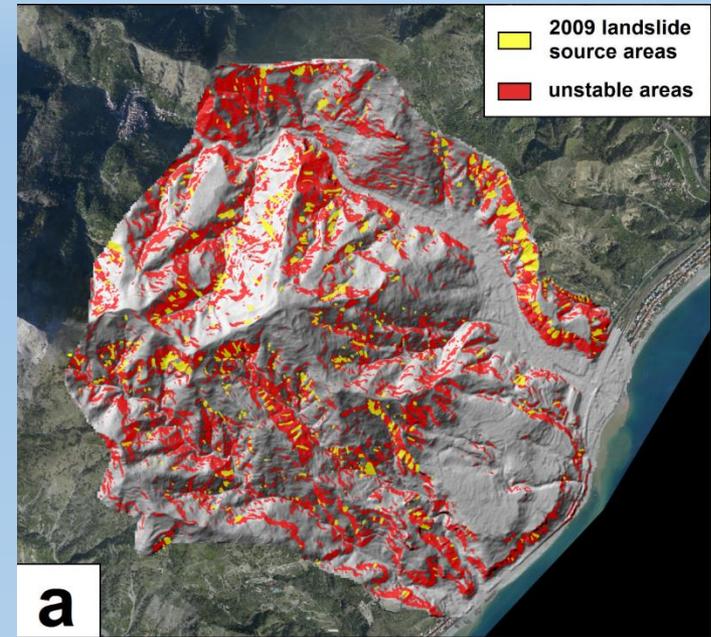
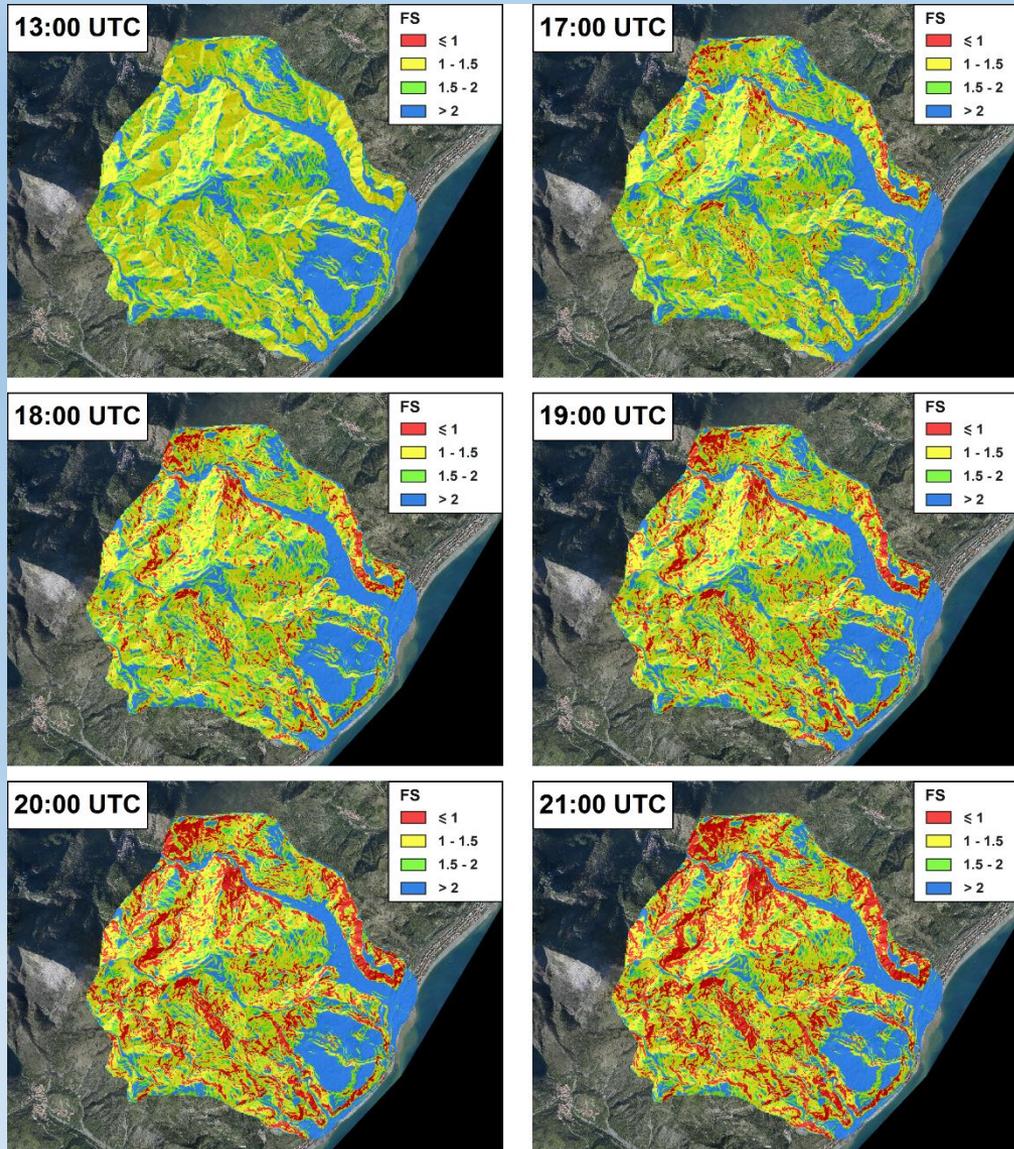


Modellazione fisicamente basata: Giampilieri (ME)



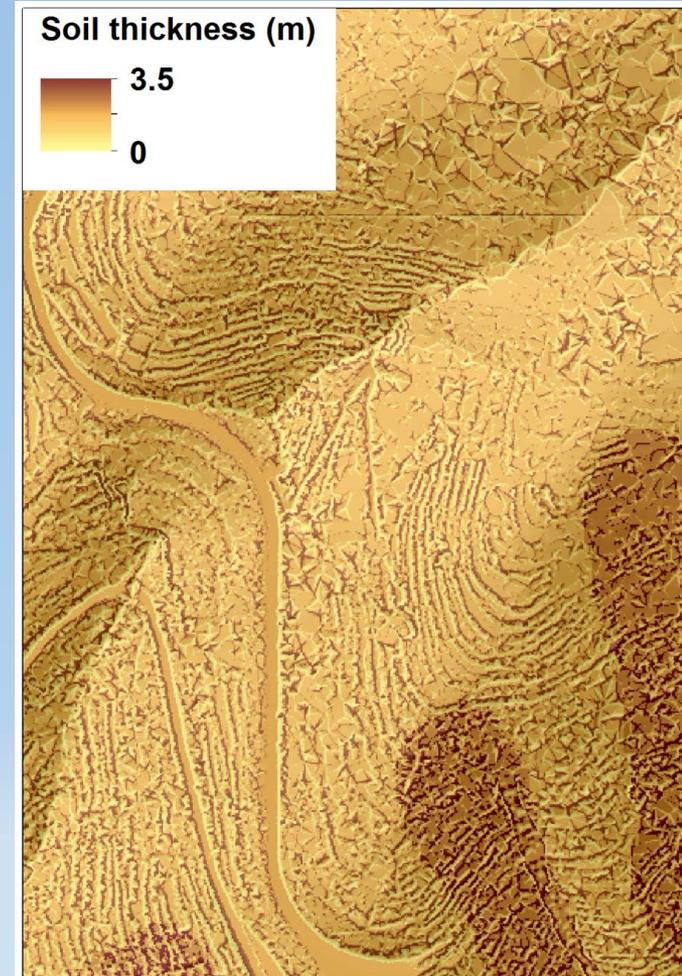
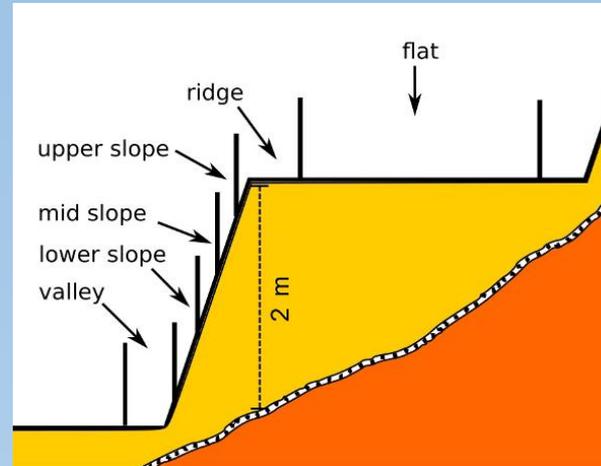
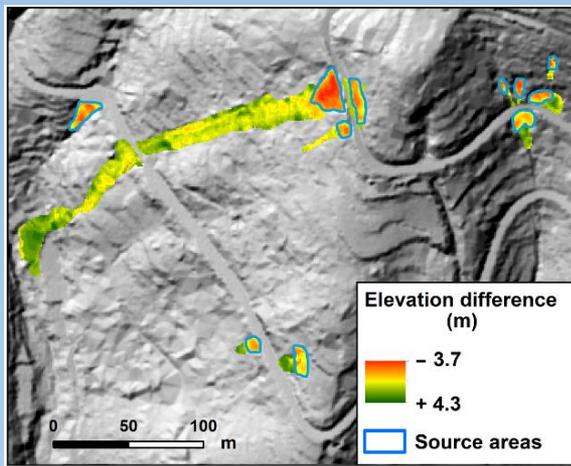
Più di 500 frane
cartografate

Task 2



Back-analysis dell'evento del
01/10/09

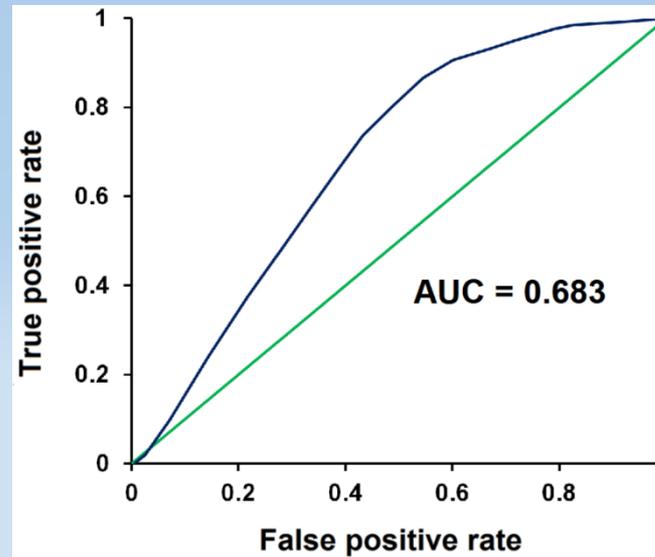
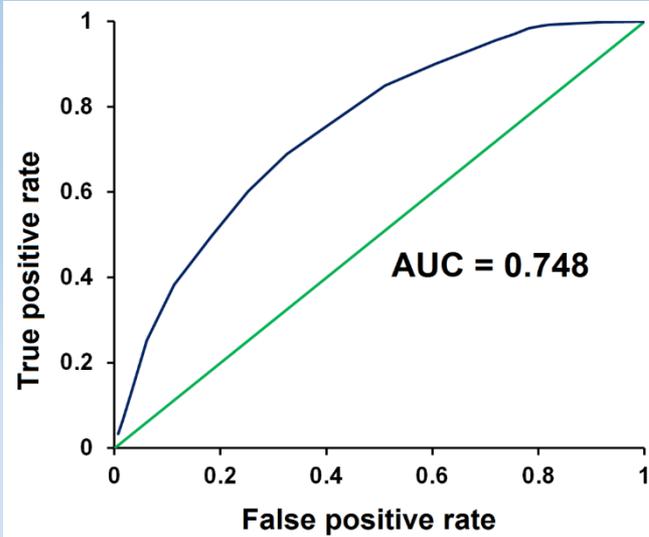
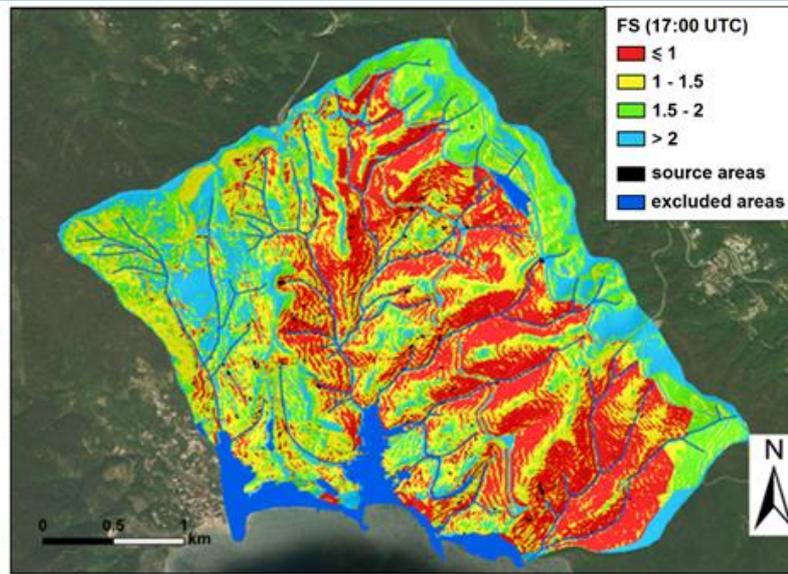
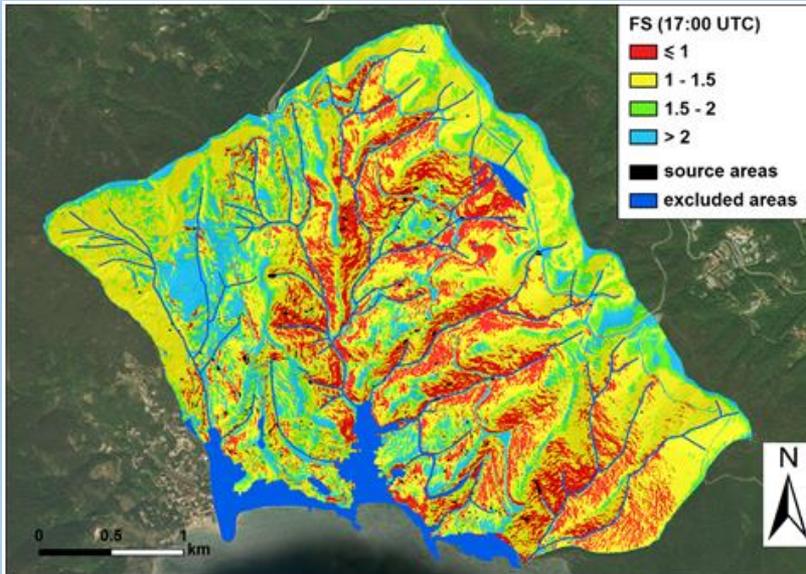
Modellazione fisicamente basata: Monterosso (SP)



Mappa dello spessore della coltre

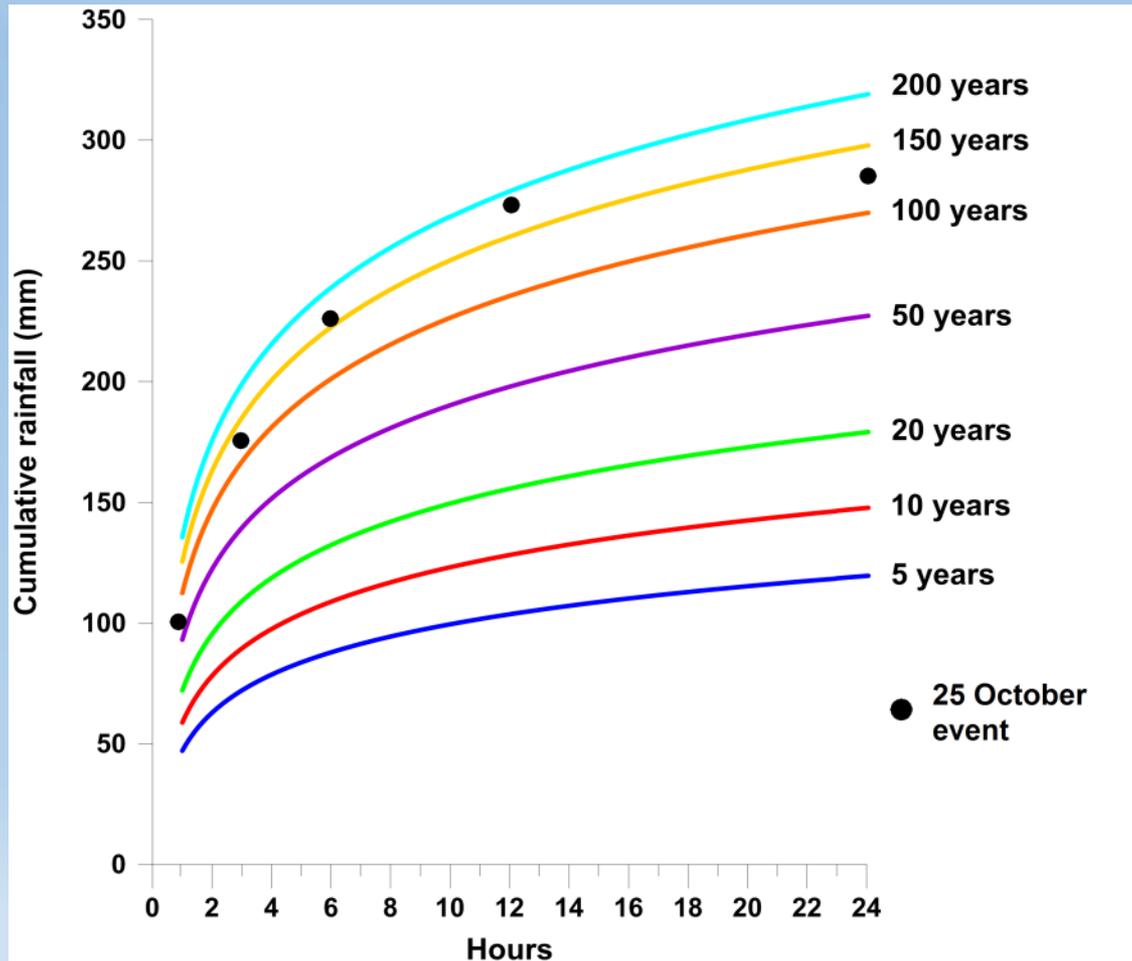
Zonazione semi-automatica delle aree terrazzate
(*Topographic Position Index*)

Calibrazione dei valori di spessore tramite confronto
DEM pre-e post- evento nelle nicchie di distacco





Task 2



Curve di probabilità
pluviometrica (GEV)



Task 2



Rainfall duration	RP (years)	Rainfall amount (mm)	n. unstable pixels	P₂₀₁₁ (%)
1 hour	25	72	4175	6.7
	50	82	4493	7.2
	75	89	4715	7.6
3 hours	25	121	8882	14.2
	50	150	11414	18.3
	75	169	13487	21.6
6 hours	25	144	20524	32.9
	50	178	23928	38.3
	75	201	27681	44.4
12 hours	25	167	31414	50.3
	50	199	36490	58.5
	75	220	39878	63.9

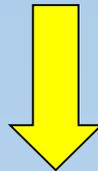


Task 2



IL “PASSO IN AVANTI”:

- L'affidabilità dei risultati derivanti dall'applicazione dei modelli numerici è strettamente legata all'attendibilità dei valori dei parametri caratteristici delle coltri di copertura su larga scala



Analisi di dettaglio dei meccanismi d'innescio delle frane superficiali, con valutazione dei parametri che maggiormente influiscono sul processo di rottura (condizioni idrauliche della coltre)

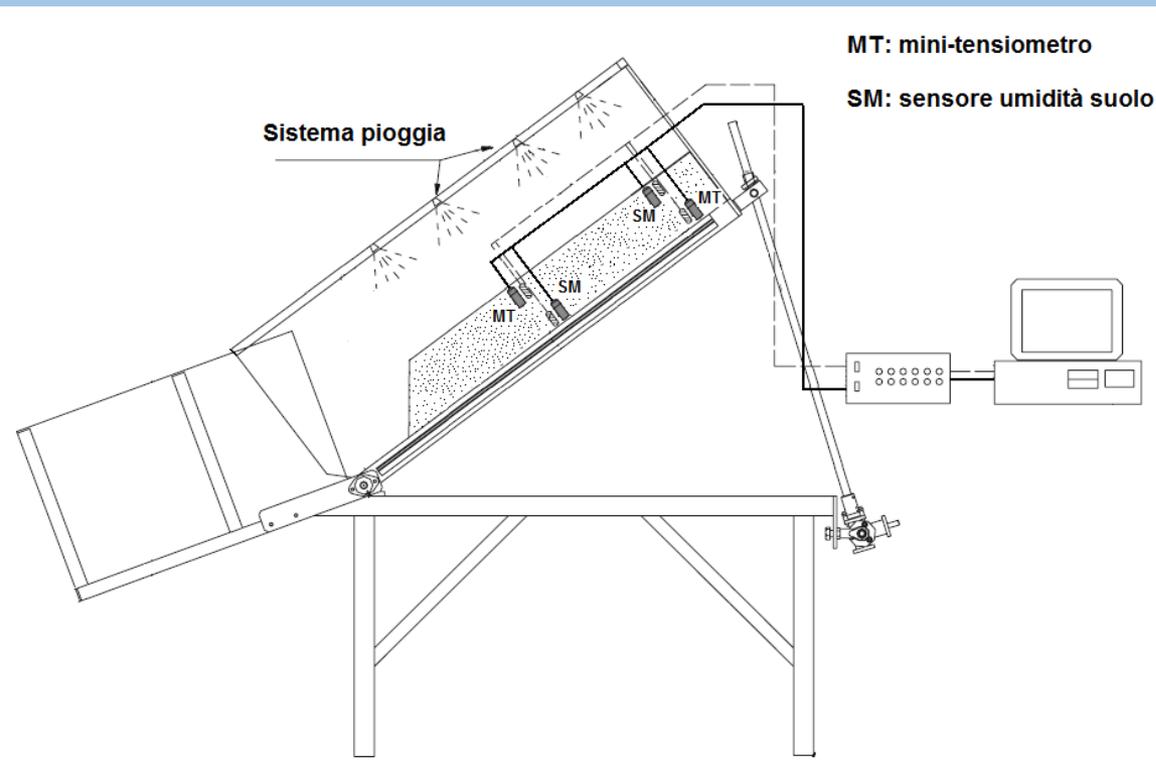


Task 2



Sperimentazione di laboratorio

Allestimento canaletta sperimentale per ricostruzione modello di pendio in scala e monitoraggio parametri connessi alla fase di innesco



seniore per la misura del contenuto d'acqua volumetrico EC-5



Minitensiometro UMS-T5





Presidenza del Consiglio dei Ministri
DIPARTIMENTO PER GLI AFFARI REGIONALI E LE AUTONOMIE

Task 2



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

DIPARTIMENTO
DI SCIENZE DELLA TERRA





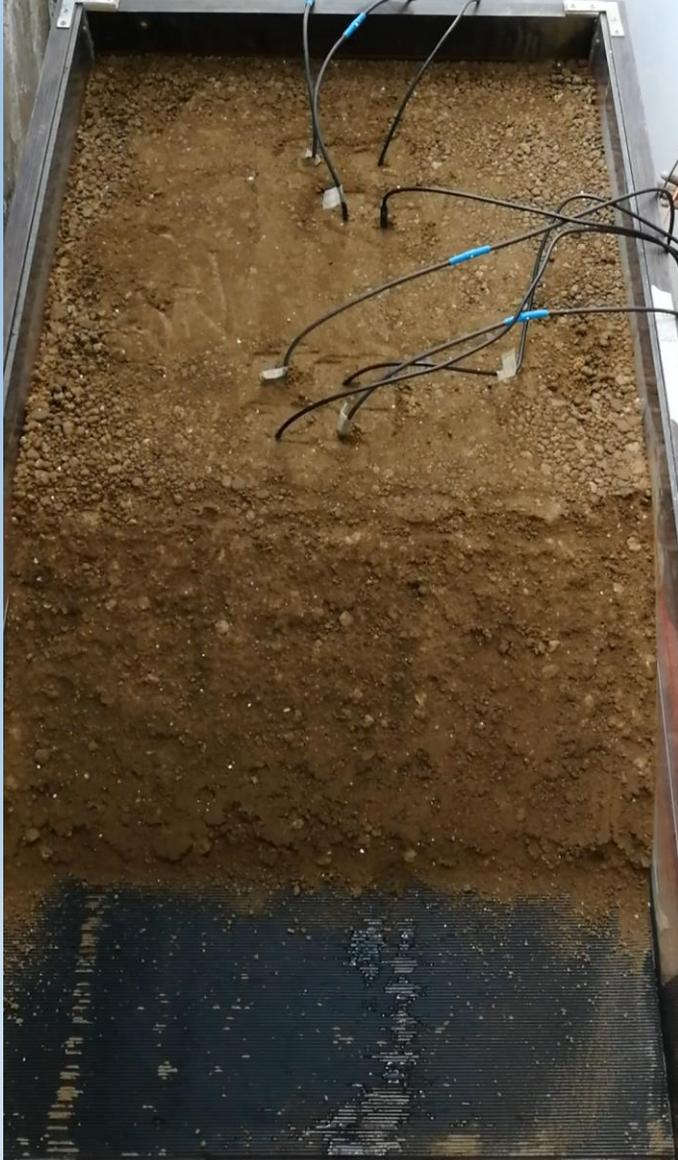
Presidenza del Consiglio dei Ministri
DIPARTIMENTO PER GLI AFFARI REGIONALI E LE AUTONOMIE

Task 2



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

DIPARTIMENTO
DI SCIENZE DELLA TERRA

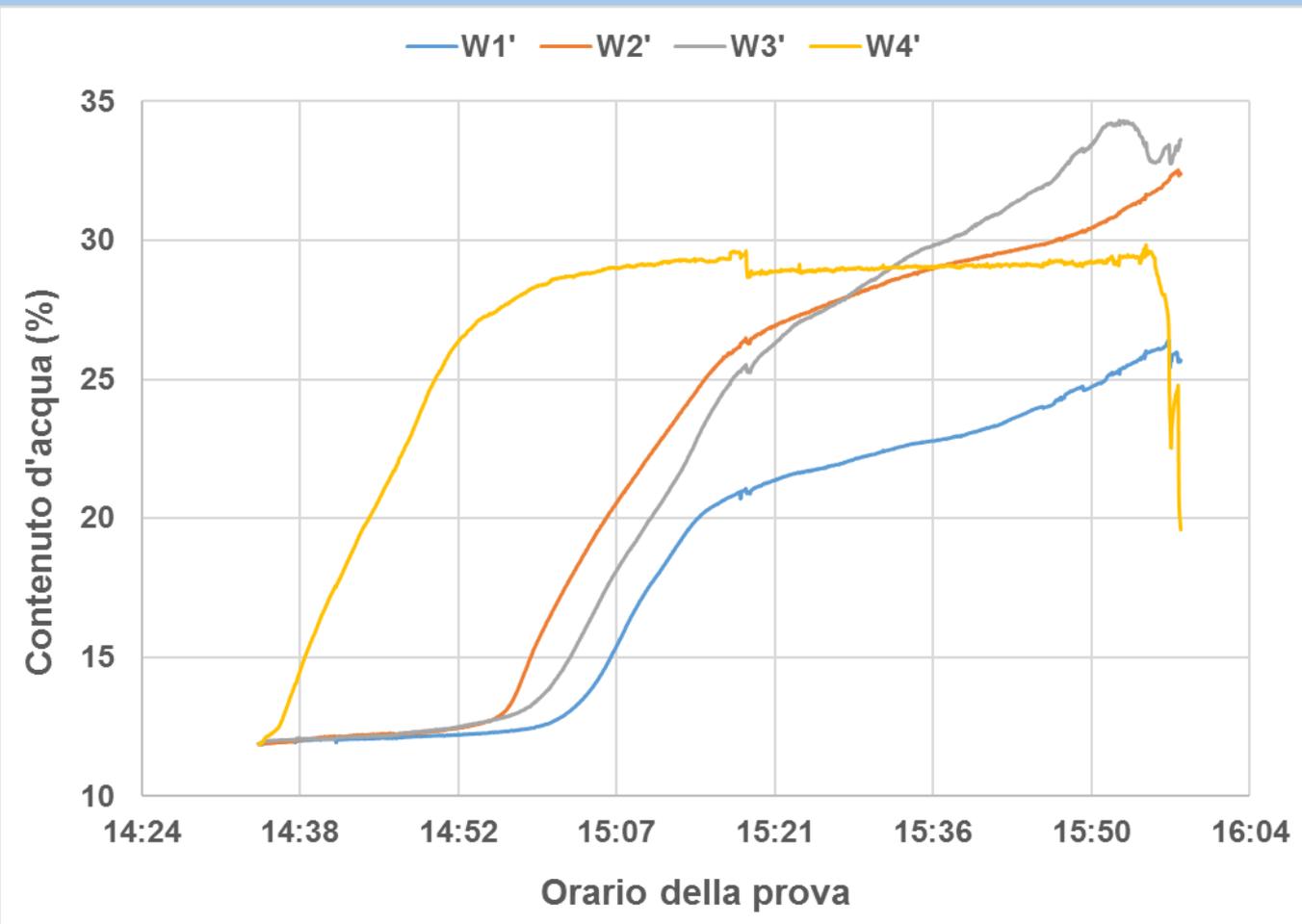


Consiglio de

gilità delle aree interne montane



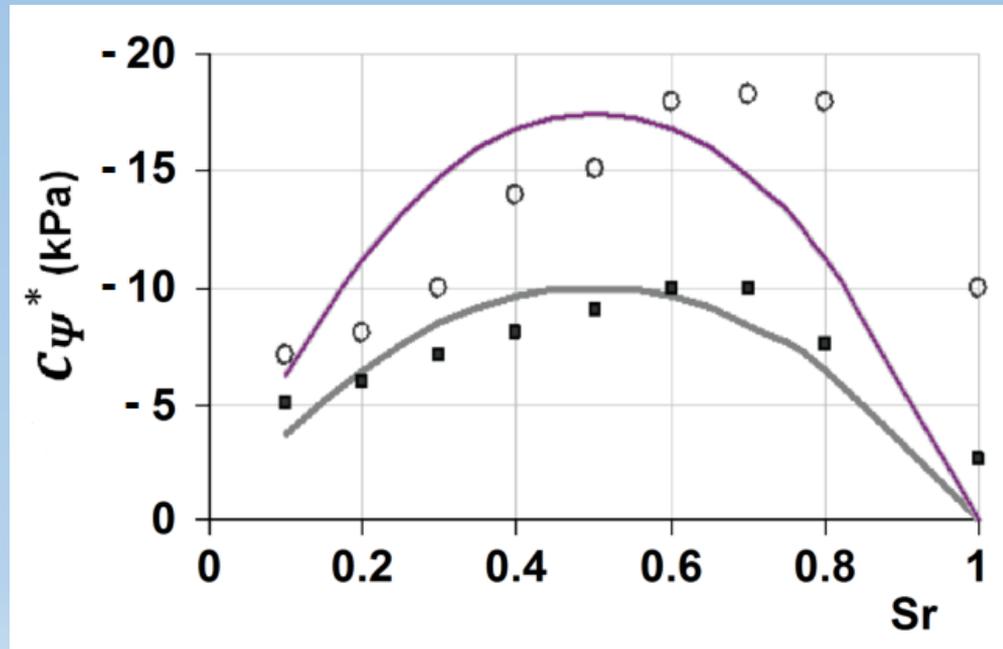
Task 2



Contenuto
d'acqua

Task 2

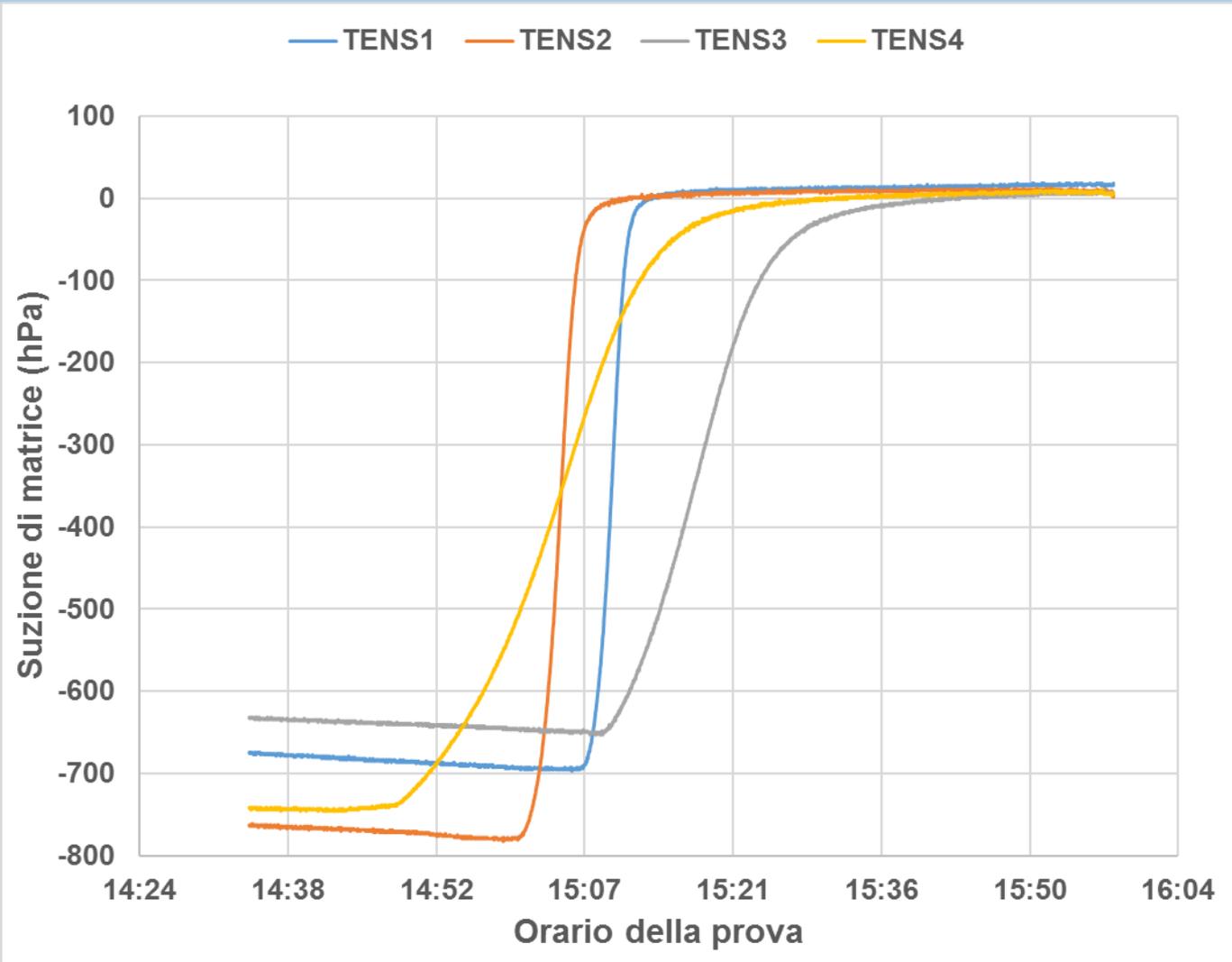
Suzione di matrice (coesione apparente)



From Montrasio & Valentino,
2008

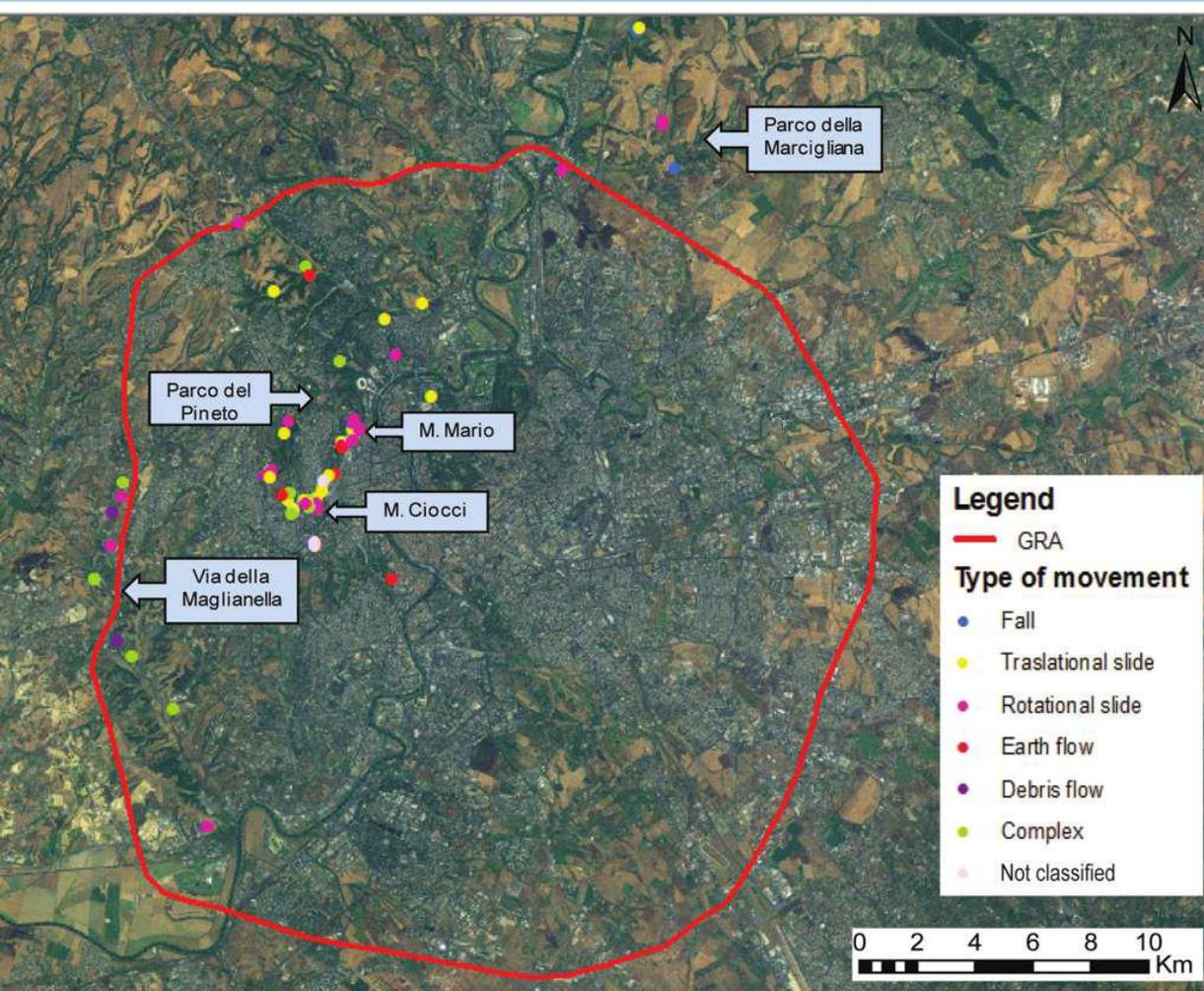


Task 2



Suzione di
matrice
(coesione
apparente)

Task 2



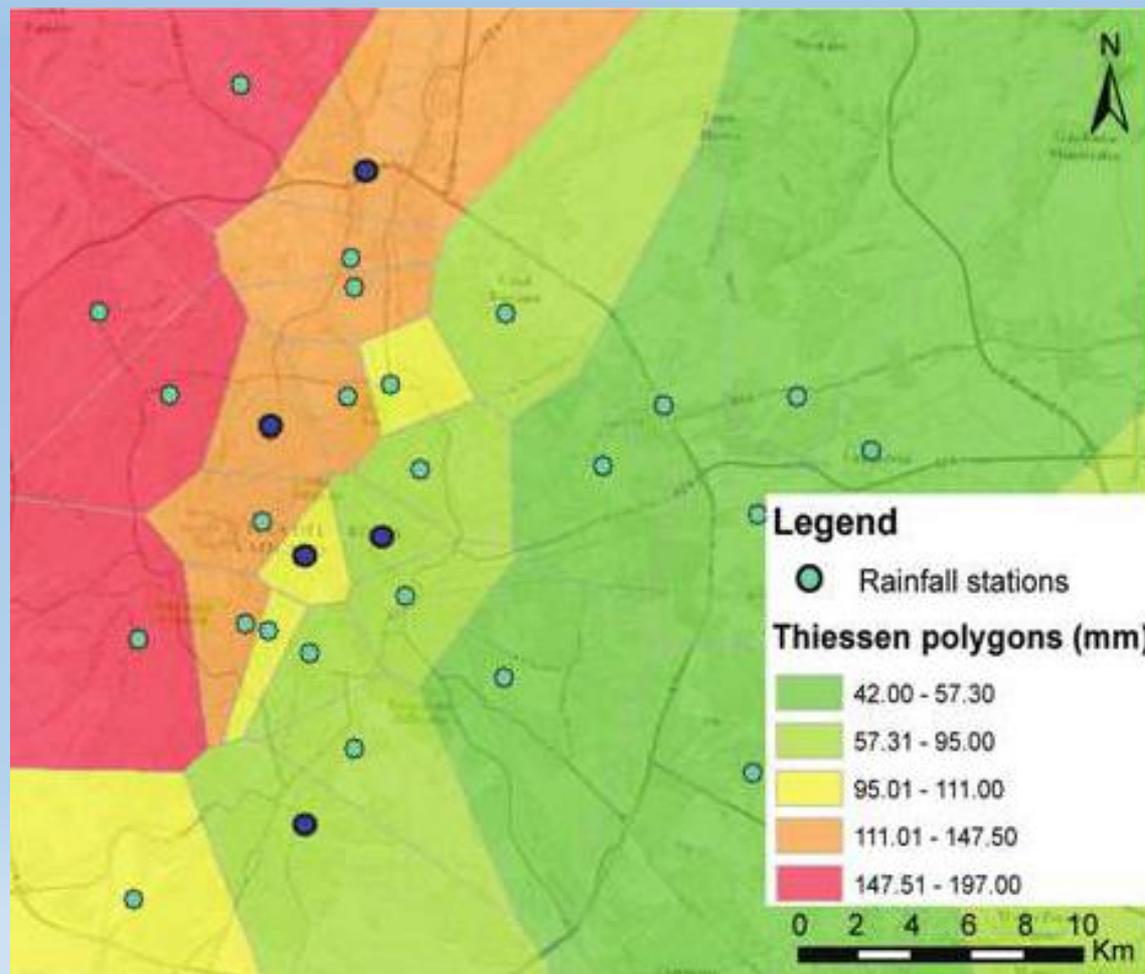
Il materiale utilizzato per le prove preliminari è stato campionato sul versante di Monte Mario

31/01 – 02/02/2014

68 frane indotte da pioggia



Task 2



148 mm in 3 giorni

**Picchi orari
estremamente
elevati (40 mm)**



Task 2





Presidenza del Consiglio dei Ministri
DIPARTIMENTO PER GLI AFFARI REGIONALI E LE AUTONOMIE

Task 2



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

DIPARTIMENTO
DI SCIENZE DELLA TERRA



Task 2



Catalogo Web-GIS degli eventi innescati (CERI)

<http://www.ceri.uniroma1.it/index.php/web-gis/frane-roma/>



Task 2



Sperimentazione di sito

Allestimento di un sistema di monitoraggio in sito (Monterosso) .



Sensore per la misura del
contenuto d'acqua
volumetrico EC-5



Tensiometri T4e



Pluviometro ECRN100

Il sistema trasmette i dati in maniera automatica mediante la tecnologia GPRS/UMTS



Task 2



- Definizione legame pioggia-grado di saturazione-innesco in un sistema fisico con condizioni al contorno note, ed estrapolazione alle condizioni reali di sito, per calibrazione parametri del modello numerico alla scala di bacino
- Analisi di suscettibilità a scala territoriale “calibrate”
- Laboratorio *in-house* e *in-situ*



Prodotti di divulgazione e disseminazione



- 1) Moretto S., Bozzano F., Esposito C., Mazzanti P., Rocca A., 2017: Assessment of Landslide Pre-Failure Monitoring and Forecasting Using Satellite SAR Interferometry. *Geosciences*, 7: 36
doi:[10.3390/geosciences7020036](https://doi.org/10.3390/geosciences7020036)
- 2) Martino S., Bozzano F., Caporossi P., D'Angiò D., Della Seta M., Esposito C., Fantini A., Fiorucci M., Giannini L.M., Iannucci R., Marmoni G.M., Mazzanti P., Missori C., Moretto S., Rivellino S., Romeo R.W., Sarandrea P., Schilirò L., Troiani F., Varone C., 2017: Landslides triggered by the 24th August 2016 (Mw 6.0) Amatrice earthquake (Italy): data survey and inventorying. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 40: 77-95
- 3) ([http://www.ingenioweb.it/Articolo/5231/Le_moderne_tecniche_di_telerilevamento_nel_monitoraggio_geotecnico_la_Frana_di_Poggio_Baldi_\(Santa_Sofia_FC\).html](http://www.ingenioweb.it/Articolo/5231/Le_moderne_tecniche_di_telerilevamento_nel_monitoraggio_geotecnico_la_Frana_di_Poggio_Baldi_(Santa_Sofia_FC).html));
- 4) Mazzanti P., Bozzano F., Brunetti A., Caporossi P., Esposito C., Scarascia Mugnozza G., 2017: The Experimental Landslide Monitoring Site of the Poggio Baldi landslide (Santa Sofia, North-Appennine, Italy). Proceedings del 4th WLF (World Landslide Forum), Lubiana, Slovenia (29 Maggio – 2 Giugno 2017).
- 5) Schilirò L., Cevasco A., Esposito C., Scarascia Mugnozza G., 2017: Role of Land Use in Landslide Initiation on Terraced Slopes: Inferences from Numerical Modelling. Proceedings del 4th WLF (World Landslide Forum), Lubiana, Slovenia (29 Maggio – 2 Giugno 2017)
- 6) Schilirò L., Cevasco A., Esposito C., Scarascia Mugnozza G., 2018: Shallow landslide initiation on terraced slopes: inferences from a physically-based approach. *Geomatics, Natural Hazards and Risks*, 9: 295-324



Presidenza del Consiglio dei Ministri
DIPARTIMENTO PER GLI AFFARI REGIONALI E LE AUTONOMIE



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

- DIPARTIMENTO
- DI SCIENZE DELLA TERRA



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

luca.schiliro@uniroma1.it