

Debris-flow monitoring and warning: lessons from 10 years of research in the natural laboratory of Gadria, eastern Alps

Velio Coviello⁽¹⁾, Stefano Crema⁽¹⁾, Marco Cavalli⁽¹⁾, Massimo Arattano⁽¹⁾, Francesco Comiti⁽²⁾, Matteo Berti⁽³⁾, Emanuele Marchetti⁽⁴⁾, Pierpaolo Macconi⁽⁵⁾, Lorenzo Marchi⁽¹⁾

⁽¹⁾ CNR IRPI, ⁽²⁾ Libera Università di Bozen-Bolzano, ⁽³⁾ Università di Bologna, ⁽⁴⁾ Università di Firenze
⁽⁵⁾ Agenzia per la Protezione Civile, Provincia Autonoma di Bolzano

e-mail: velio.coviello@irpi.cnr.it

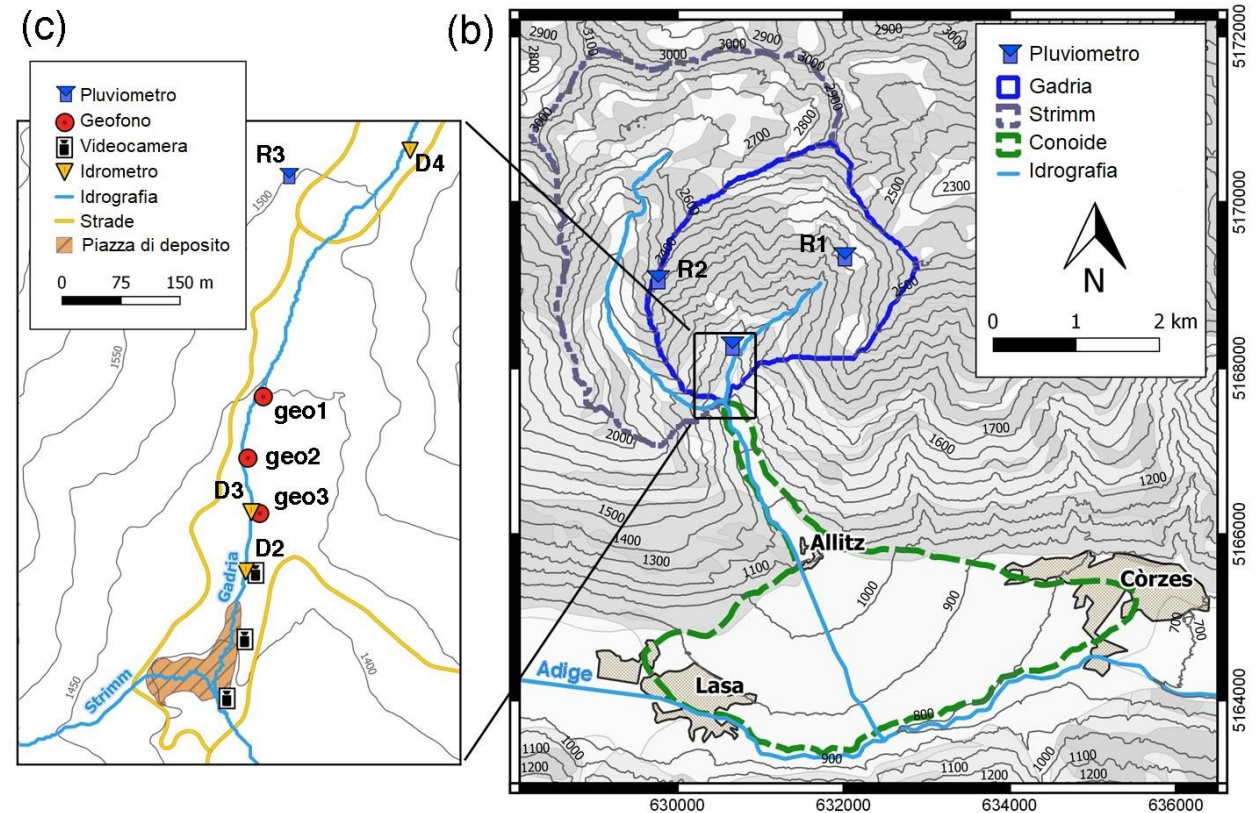
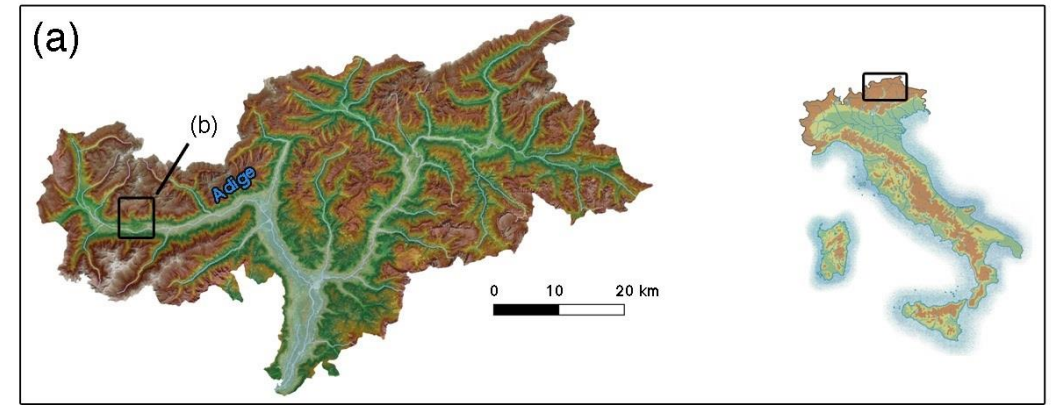
Cosa si fa al Gatria?

Ricerca in vari ambiti, fra cui:

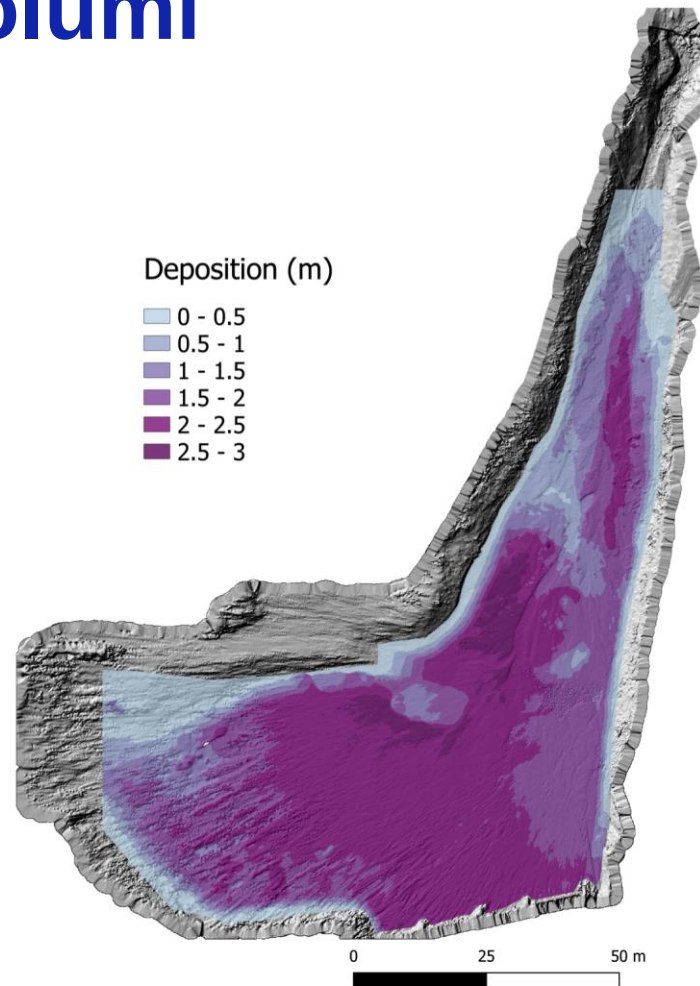
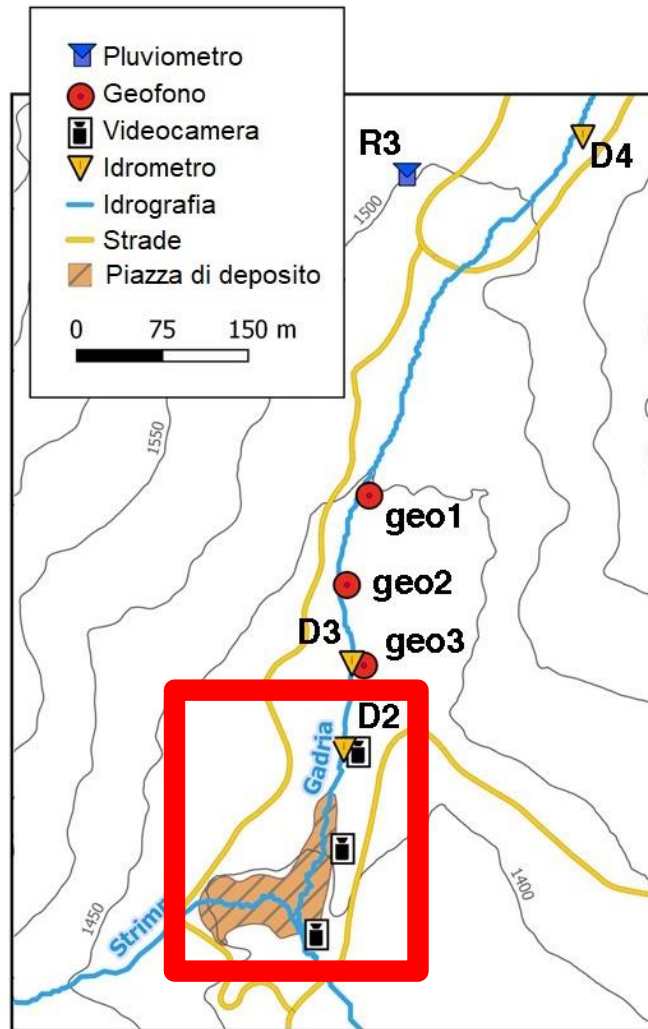
1. stima dei volumi delle colate
2. sviluppo di sistemi di allerta
3. studio dei processi di innesco



Freie Universität Bozen
Libera Università di Bolzano
Università Lìdia de Bulsan



1. Stima dei volumi



Stime sistematiche del volume depositato tramite rilievi pre/post evento e analisi di modelli digitali del terreno (Cavalli et al., 2017; Coviello et al., 2021)

1. Stima dei volumi

4

Coviello et al., 2021

$$\text{Volume} = v \times \sum_{t_0}^{t_e} A(h(t))$$

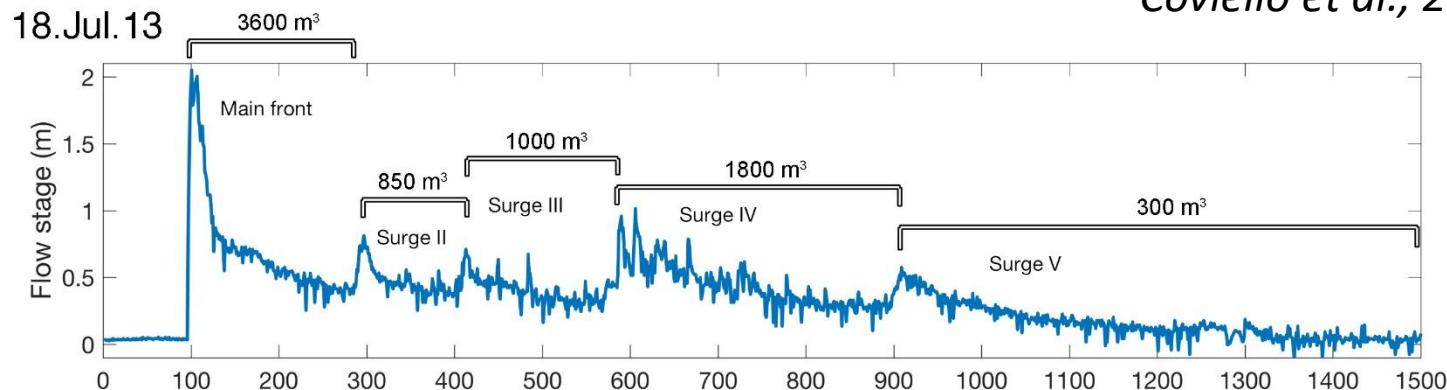
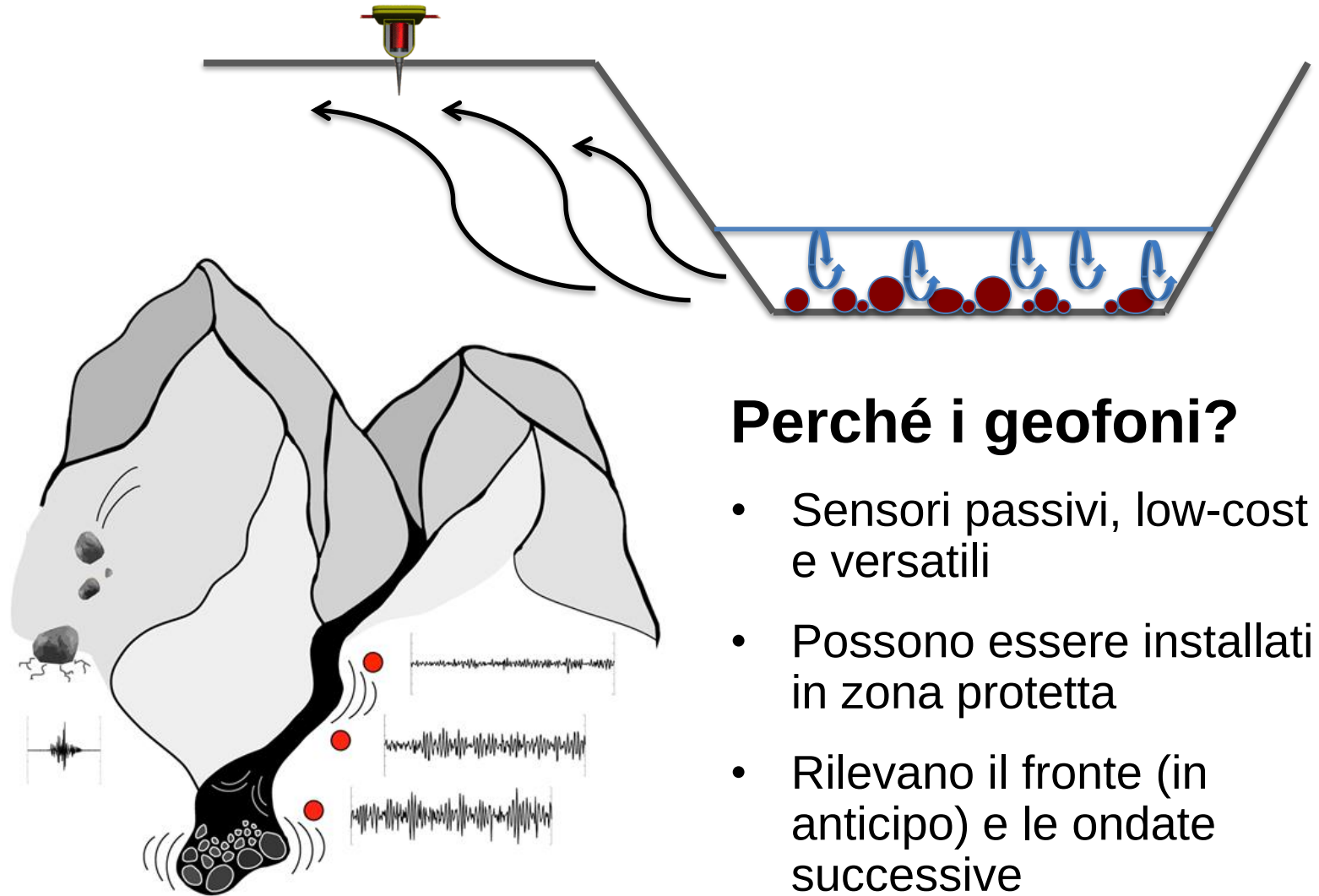
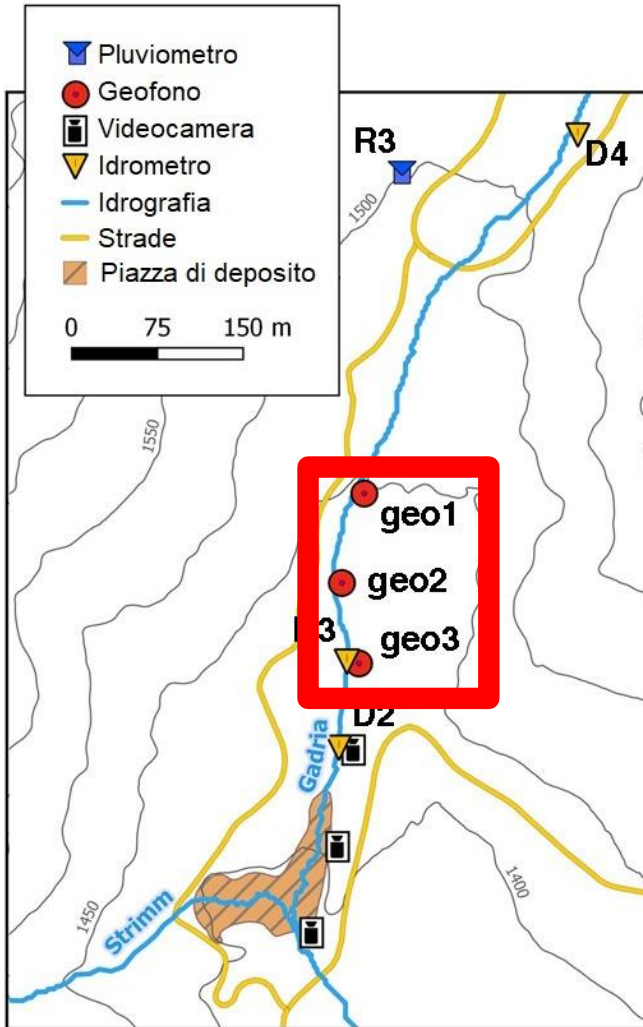


Table 2. Debris-flow events that occurred at Gatria from 2011 to 2017; volumes computed using stage sensor measurements integrated in time are compared with digital elevation model of difference (DoD) analysis of the retention basin.

Date	Debris-Flow Peak Discharge (m ³ /s)	Debris-Flow Volume (m ³)	Time Interval DoD	DoD (m ³)	Reference
5 August 2011	11	2,400	June–September 2011	2,000	Comiti et al., 2014
18 July 2013	80	7,550 (disturbed)	June 2011 (empty trap)–August 2013	8,100	Arattano et al., 2015
15 July 2014	26	11,600	April–August 2014	10,400	This study
8 June 2015	27	12,600	April–June 2015	9,850	This study
12 July 2016	18	—	June–July 2016	2,400	This study
26 July 2016	3.2	—	July 2016	1,000	This study
10 July 2017	1.1	220	October 2016–July 2017	>700 (disturbed)	This study
8 August 2017	—	—	Beginning–end of August 2017	4,600	This study
19 August 2017	9.7	860			

2. Sviluppo di sistemi di allerta

5



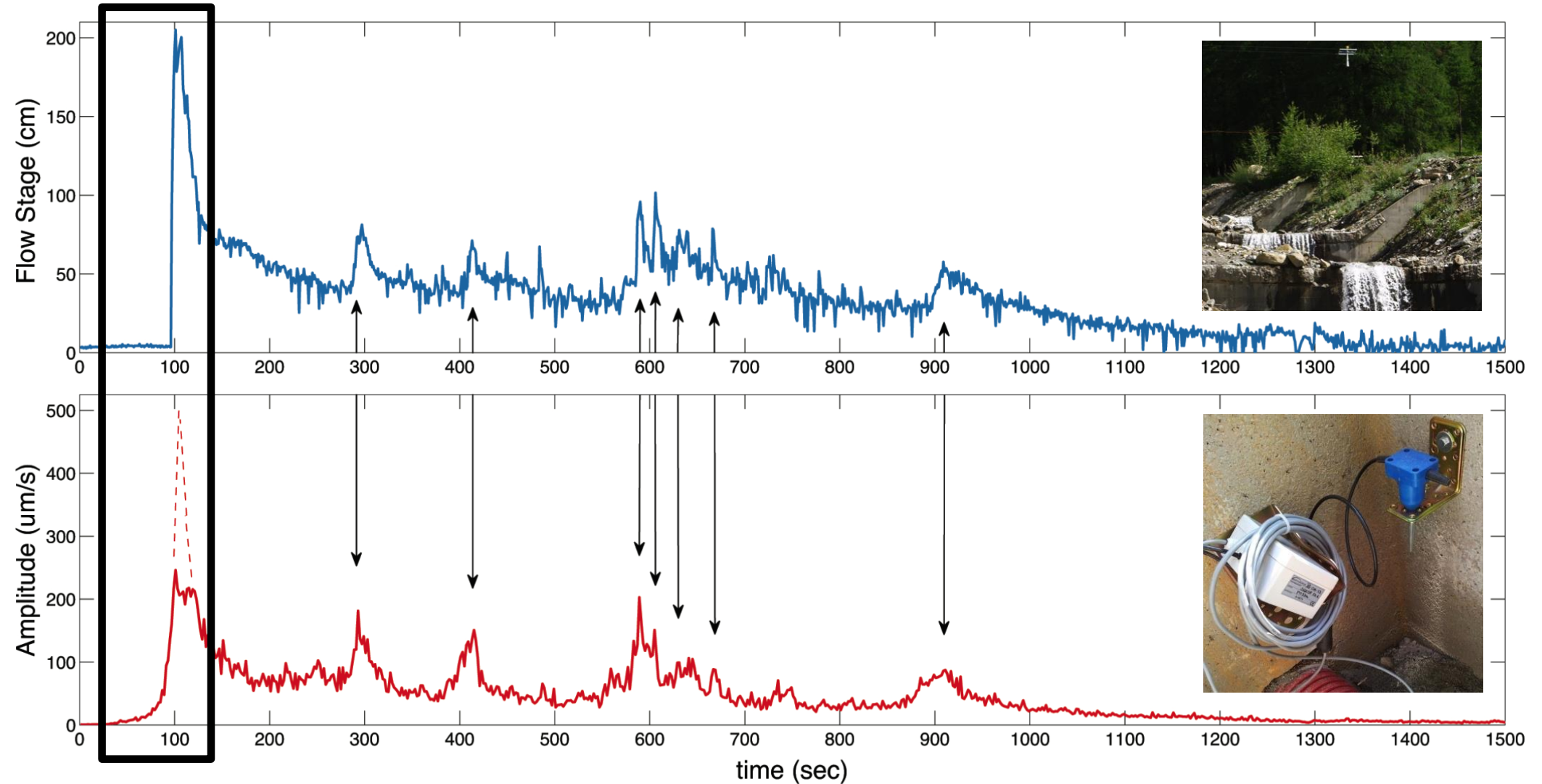
Perché i geofoni?

- Sensori passivi, low-cost e versatili
- Possono essere installati in zona protetta
- Rilevano il fronte (in anticipo) e le ondate successive

2. Sviluppo di sistemi di allerta

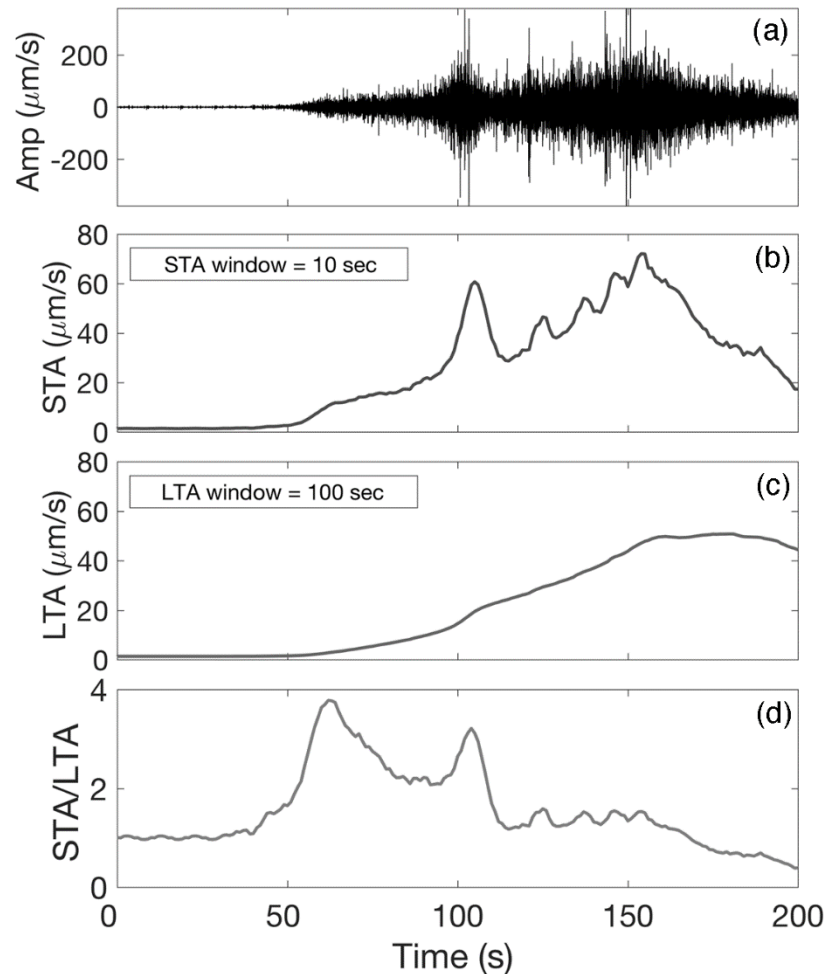
18 luglio 2013

6



2. Sviluppo di sistemi di allerta

7



Algoritmo di allerta si basa sul parametro STA/LTA calcolato a partire dal segnale sismico registrato da due geofoni disposti lungo il canale.

Allerta si attiva quando i due geofoni vanno in allarme progressivamente, prima quello di monte, poi quello di valle.

L'allarme si disattiva quando STA/LTA^* ritorna sotto soglia (LTA^* = valore di LTA congelato all'attivazione dell'allarme).

Coviello V., Arattano M., Marchi L., Comiti F., Macconi P. (2019). [Seismic characterization of debris flows: insights into energy radiation and implications for warning](#), *Journal of Geophysical Research – Earth Surface*.

2. Sviluppo di sistemi di allerta

8

Coviello V., Arattano M.,
Marchi L., Comiti F., Macconi
P. (2019). [Seismic
characterization of debris
flows: insights into energy
radiation and implications
for warning](#), *Journal of
Geophysical Research – ES*.

Video disponibile online
<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2018JF004683>



2. Sviluppo di sistemi di allerta

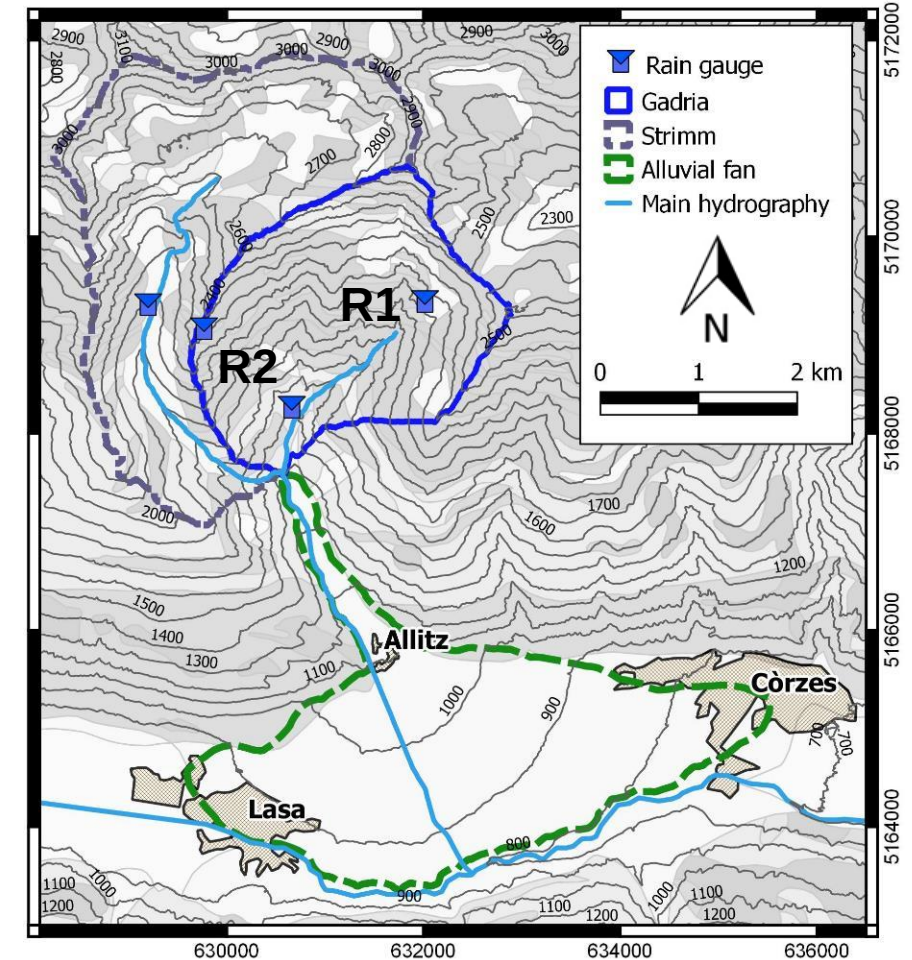
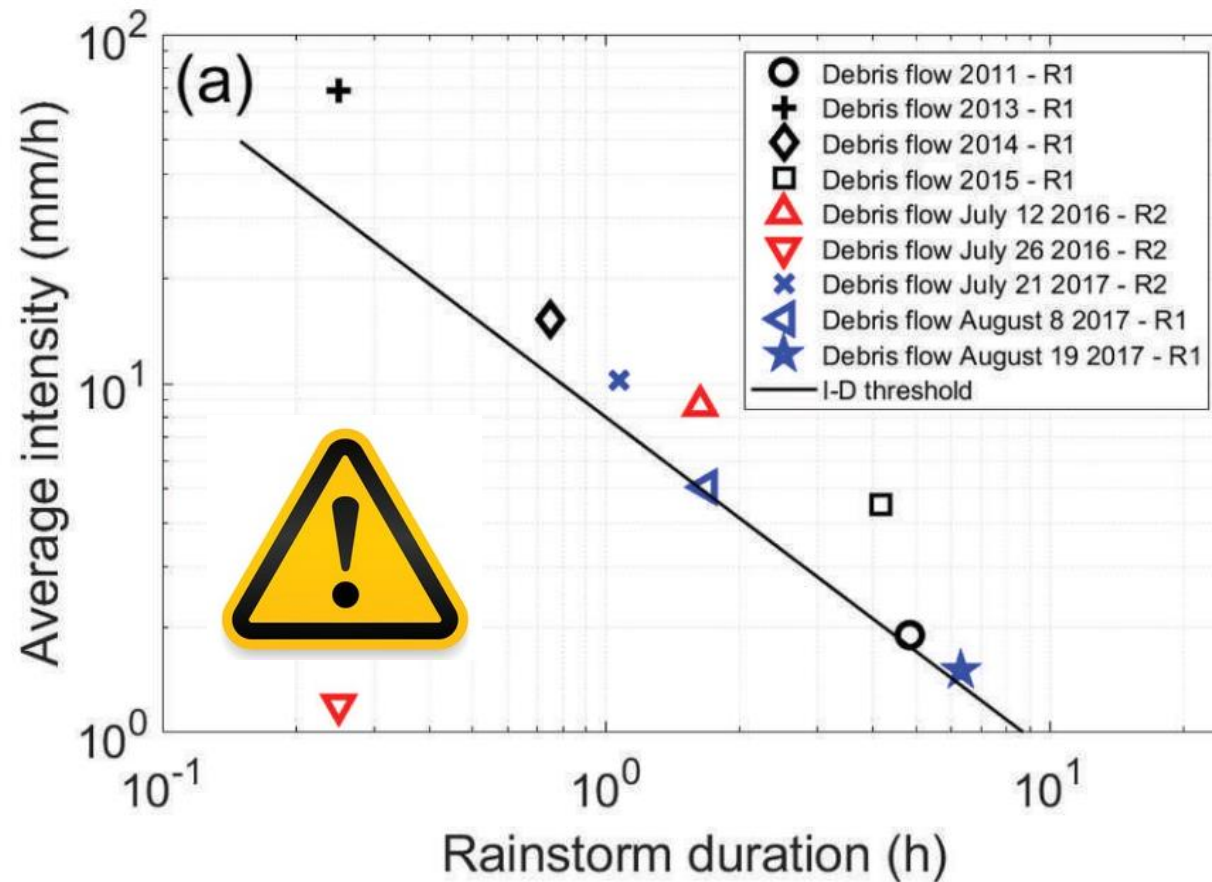
9

12 luglio 2016



3. Studio dei processi di innesco

10



Coviello, Velio, Joshua I. Theule, Stefano Crema, Massimo Arattano, Francesco Comiti, Marco Cavalli, Ana Lucía, Pierpaolo Macconi, and Lorenzo Marchi. [Combining instrumental monitoring and high-resolution topography for estimating sediment yield in a debris-flow catchment](#). *Environmental and Engineering Geoscience* (2021).

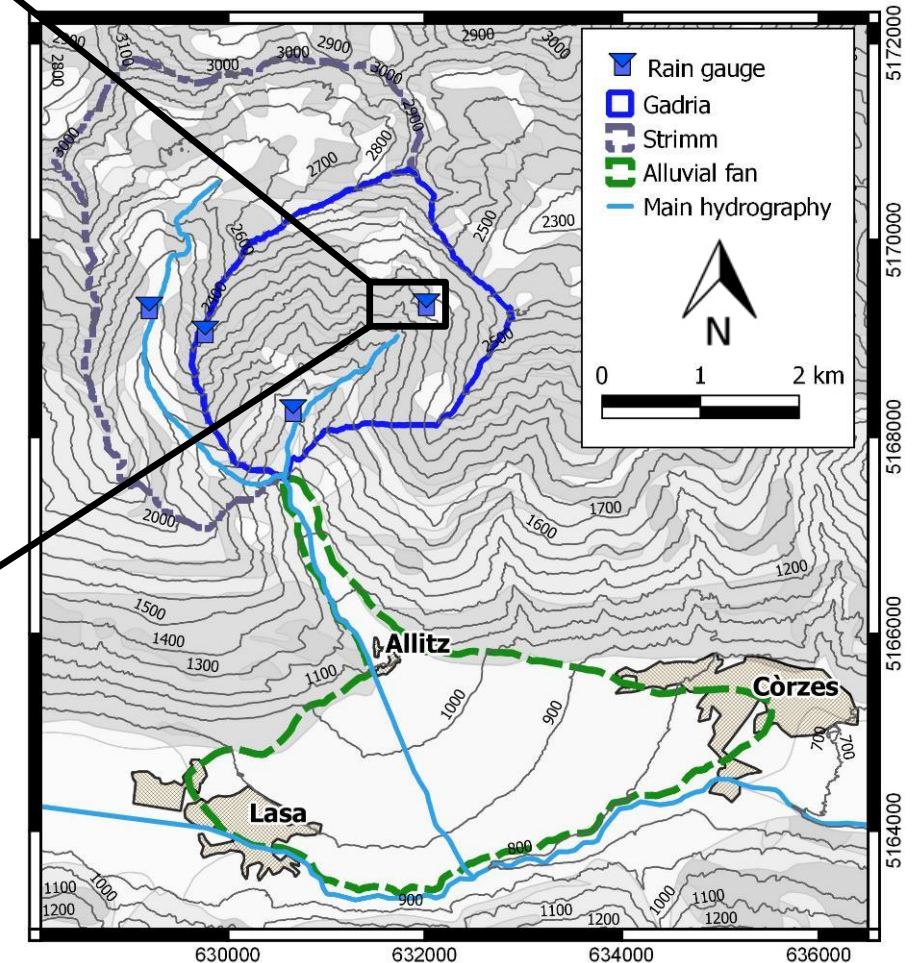
3. Studio dei processi di innesco

11

Coviello, V., Berti, M., Marchi, L., Comiti, F., Marchetti, G., Carrillo, R., Miyata, S. Macconi, P., 2020. Multi-parametric observations of debris-flow initiation at the headwaters of the Gadria catchment (eastern Italian Alps). In EGU General Assembly (p. 8720).



Videocamere,
sensori sismici,
sensori di umidità
del terreno



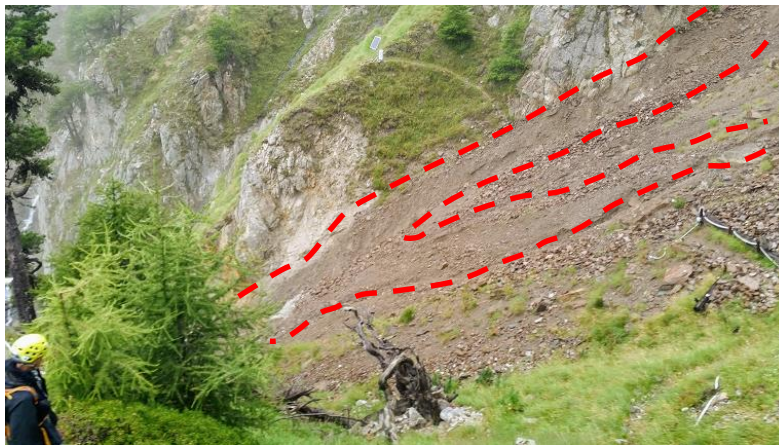
3. Studio dei processi di innesco

Coviello, V., Berti, M., Marchi, L., Comiti, F., Marchetti, G., Carrillo, R., Miyata, S. Macconi, P., 2020. *Multi-parametric observations of debris-flow initiation at the headwaters of the Gadria catchment (eastern Italian Alps)*. In *EGU General Assembly* (p. 8720).

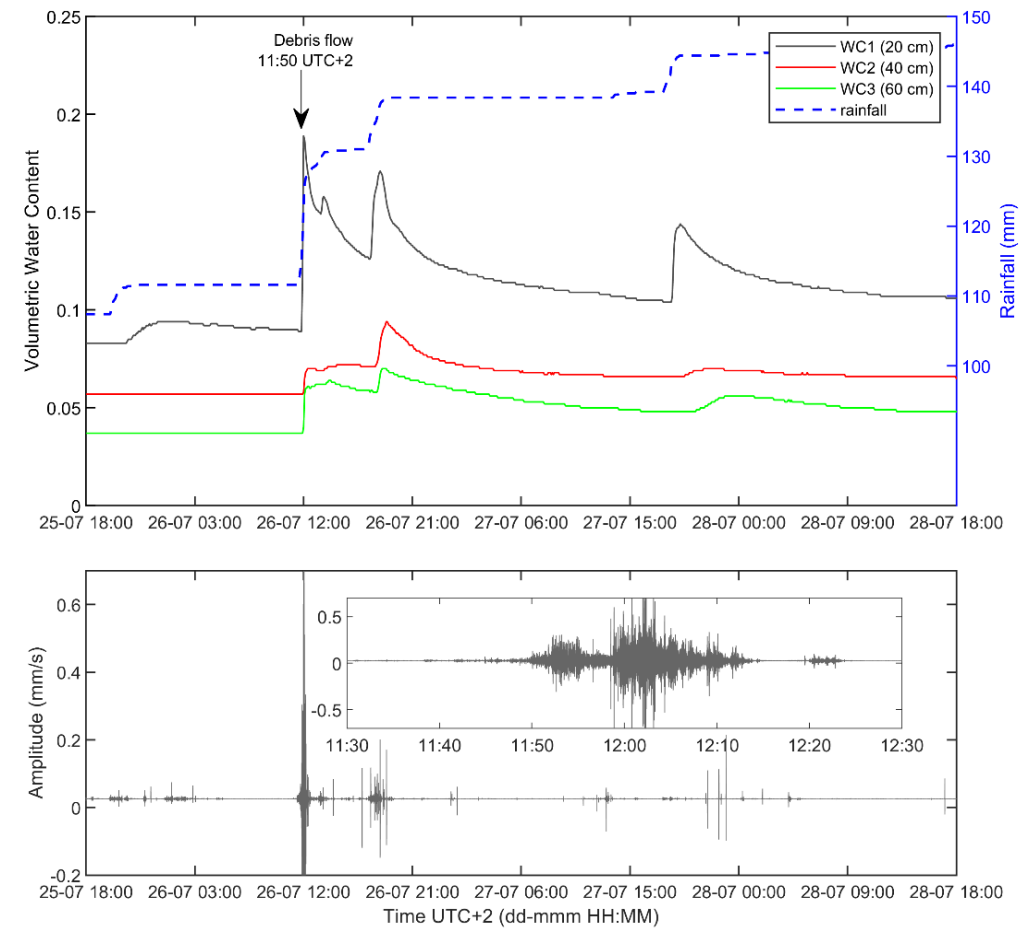
12



Pre evento (2 luglio 2019)



Post evento (30 luglio 2019)



Considerazioni conclusive



Tempistiche ed efficacia dell'allerta: gradiente di anticipo e di riduzione di incertezza sull'accadimento

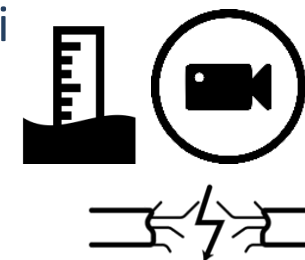
- Soglie di pioggia



- Sensori sismo-acustici



- Tecnologie di rilevamento diretto



Importanza del monitoraggio di lungo termine per comprendere la dinamica del sedimento e la risposta al cambiamento climatico