



Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica



Consiglio Nazionale delle Ricerche

# Strumenti e metodi innovativi per il monitoraggio dei fenomeni franosi

Daniele Giordan

Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica  
Geohazard Monitoring Group





Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica



Consiglio Nazionale delle Ricerche

# Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica

Centro di competenza del Dipartimento della Protezione Civile

Ricerca scientifica, Analisi del rischio e Monitoraggio



Corsi d'acqua



Debris Flow



Frane



Rischi Glaciali

Situazioni ordinarie:  
Analisi e previsione di  
fenomeni Geo-idrologici

Situazioni straordinarie:  
Supporto tecnico e  
scientifico durante  
eventi emergenziali  
(alluvioni, terremoti,  
frane, etc.)



Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica

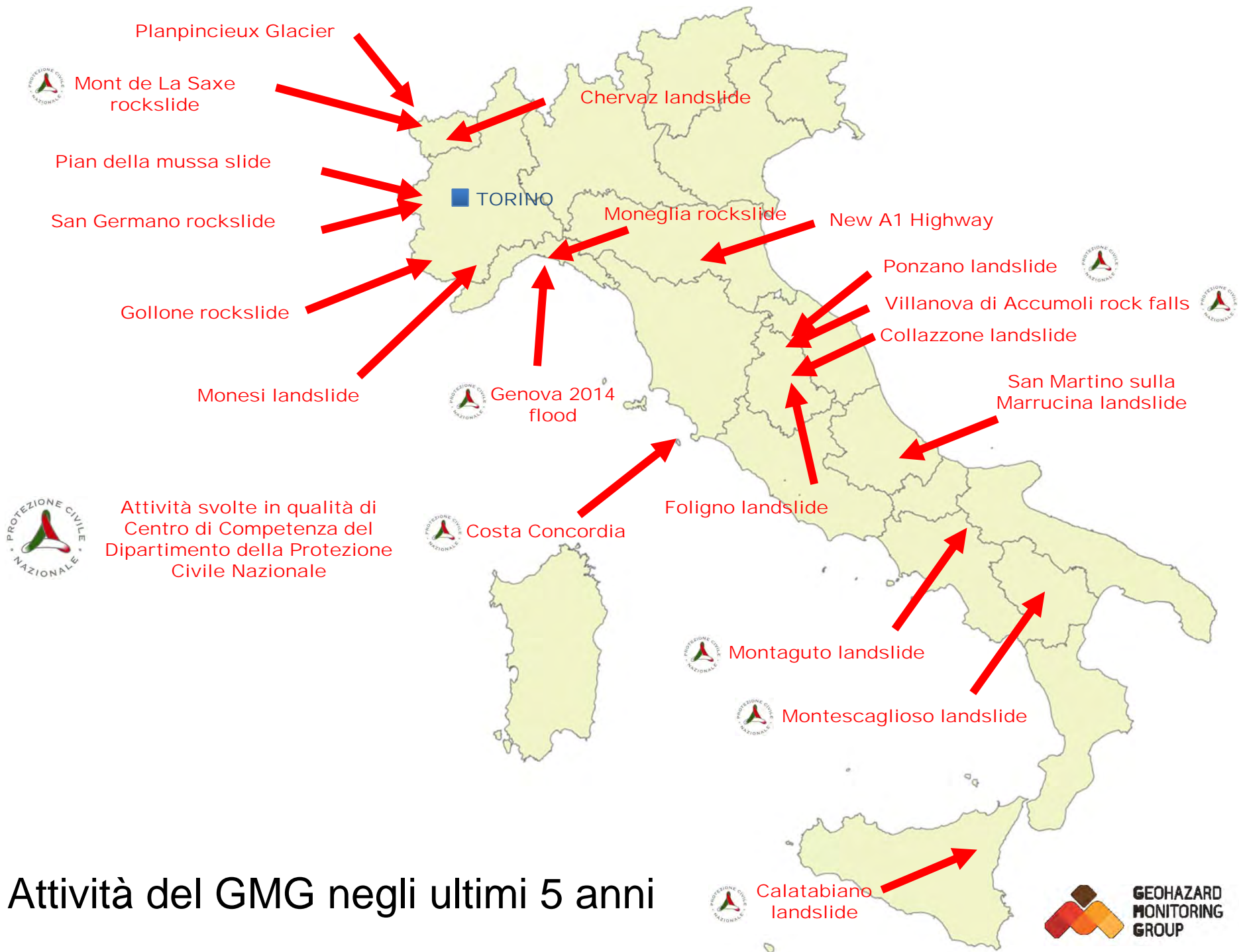


Consiglio Nazionale delle Ricerche

# Il Geohazard Monitoring Group (GMG)

- Si occupa di ricerca scientifica sui fenomeni di dissesto Geo-idrologico e sviluppa metodologie innovative per il loro monitoraggio
- Progetta, realizza e brevetta strumenti per il monitoraggio
- Fornisce supporto tecnologico e scientifico ad enti pubblici e privati per il monitoraggio e lo studio di fenomeni di dissesto





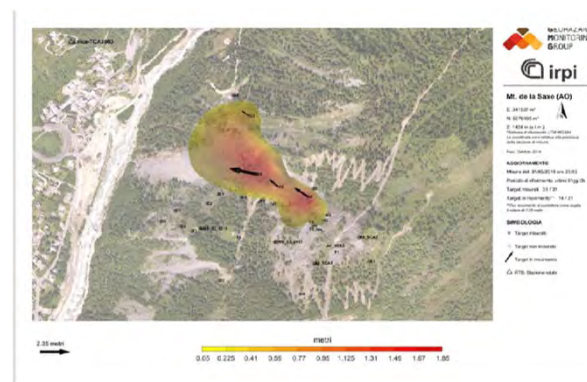
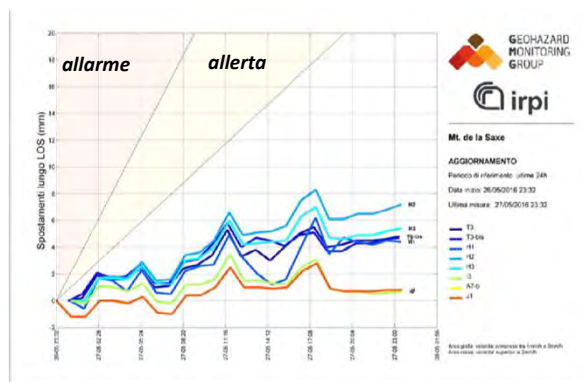
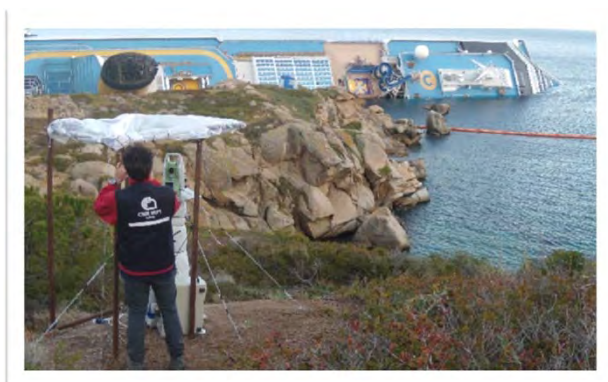
# Attività del GMG negli ultimi 5 anni

Il monitoraggio dei fenomeni franosi può essere sinteticamente suddiviso in tre fasi

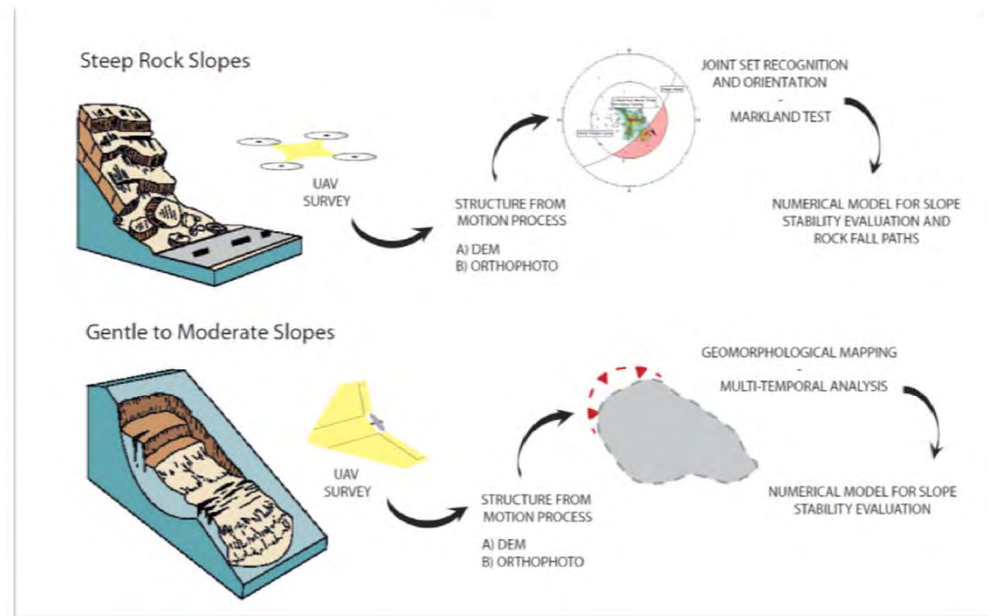
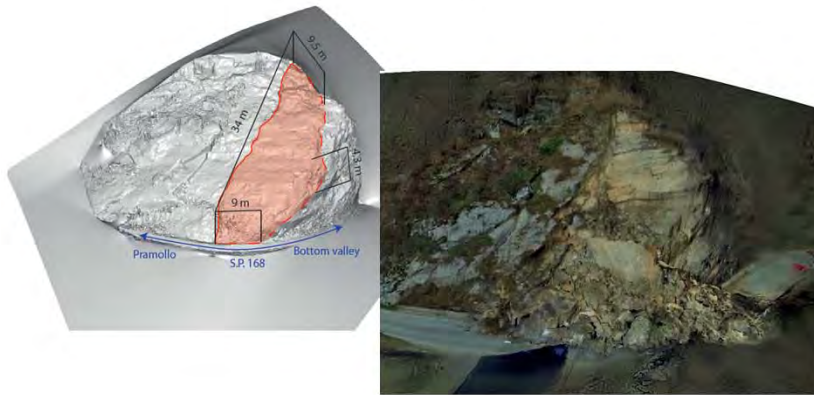
ACQUISIZIONE DELLA MISURA ON SITE

TRATTAMENTO E GESTIONE DEL DATO IN FUNZIONE DELLE DIVERSE FINALITÀ RICHIESTE

CONDIVISIONE DEI RISULTATI SPESSO FINALIZZATI ALLA CREAZIONE DI UN SUPPORTO ALLA DECISIONE



# Acquisizione dati on site



Giordan D., Manconi A., Tannat D., Allasia P. 2015 UAV: low-cost remote sensing for high-resolution investigation of landslides. 2015 IEEE International Geoscience And Remote Sensing Symposium (IGARSS) Book Series: IEEE International Symposium on Geoscience and Remote Sensing IGARSS, 5344-5347

Giordan D., Manconi A., Facello A., Baldo M., Dell'Anese F., Allasia P., Dutto F. 2015 Brief Communication: The use of an unmanned aerial vehicle in a rockfall emergency scenario. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 15, 163-169

## **SPECIAL ISSUE**

**The use of Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) in monitoring applications and management of natural hazards**

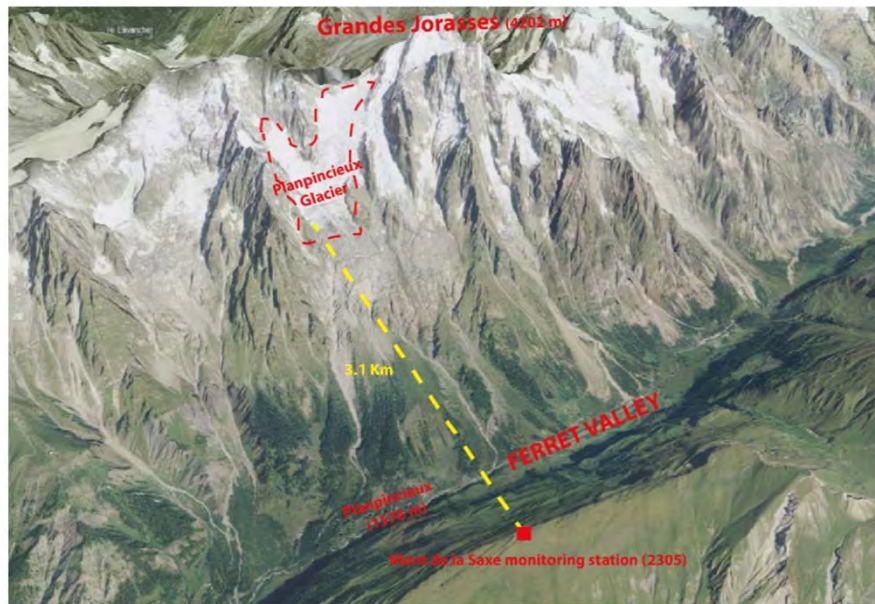
**Giordan D., Nex F. , Ayakawa Y. , Tarolli P.**

**Deadline: 1 September 2017**

[http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/special\\_issue859.html](http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/special_issue859.html)



# Acquisizione dati on site







Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica

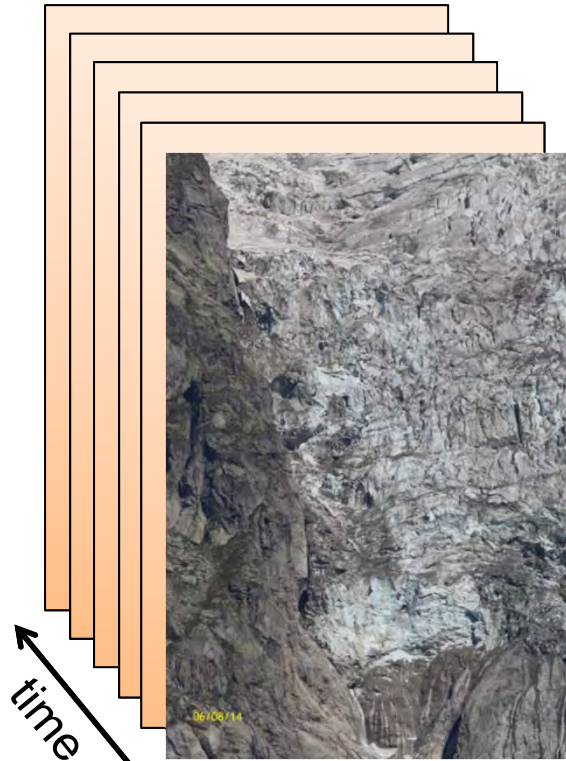


Consiglio Nazionale delle Ricerche

# Acquisizione dati on site

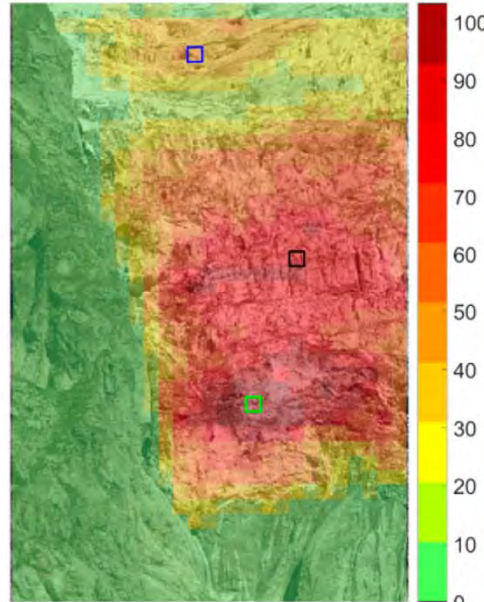


# Acquisizione dati on site

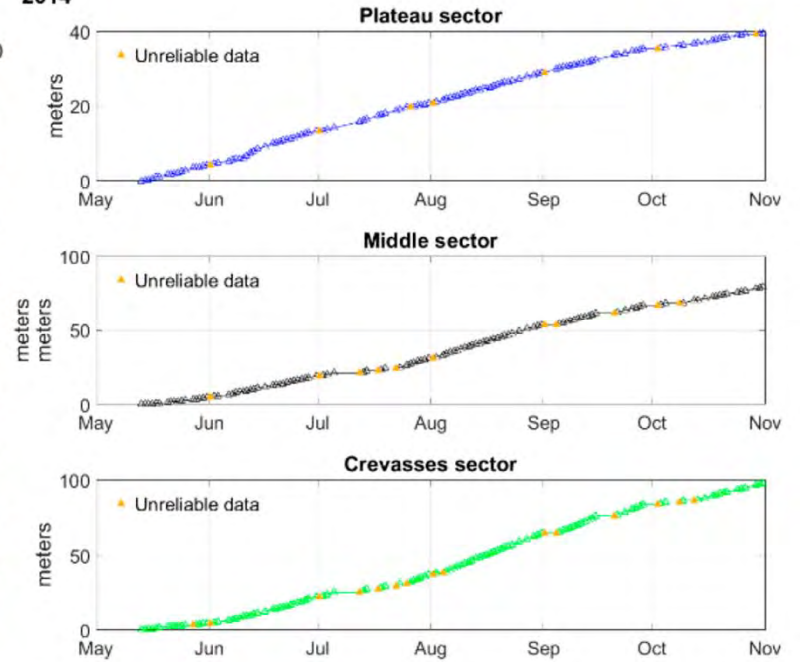


1 immagine 18MPixel ogni ora

Projected vertical cumulative displacement



2014



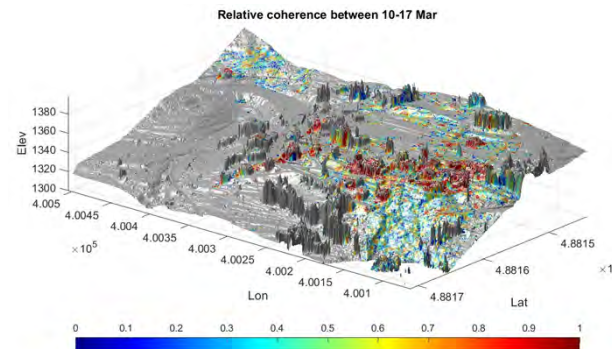
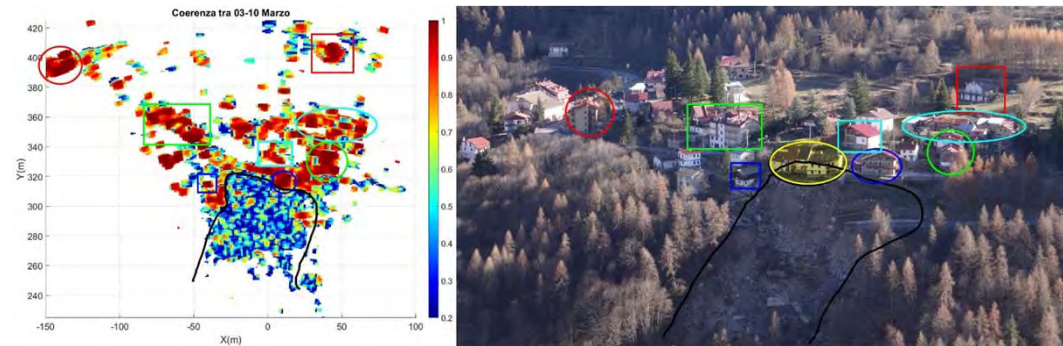
# Trattamento e gestione del dato

## Definizione di una strategia di monitoraggio multi-strumentale in near real time

Nella maggior parte dei fenomeni franosi più complessi è necessario un **approccio multi-strumentale**

La strategia di monitoraggio deve valutare:

- tipologia di strumentazione da installare
- modulazione dell'infrastruttura di gestione e controllo dei dati
- modalità e frequenza di acquisizione dei dati

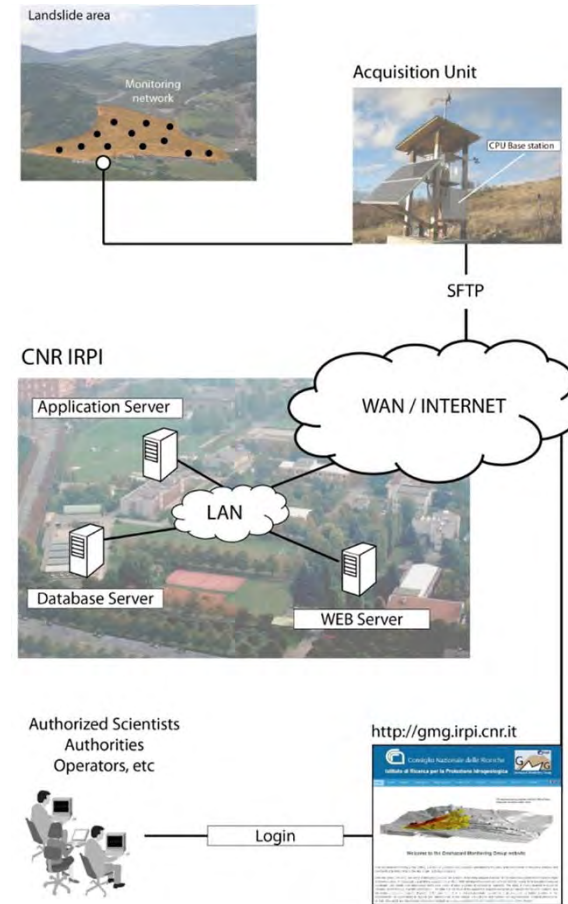


Frana di Monesi (CN) monitoraggio mediante GB-SAR, sistema fotogrammetrico e stazione totale, inclinometri. DSM a corredo realizzato mediante UAV

# Trattamento e gestione del dato

## Gestione e validazione dei dati di monitoraggio

- (i) **Acquisizione** e **trasferimento** dato
- (ii) Salvataggio, elaborazione e **validazione**
- (iii) Analisi del dato e restituzioni standard e/o mediante software dedicati (**@3DA**)
- (iv) individuazione del superamento di soglie di spostamento/velocità finalizzati alla distribuzione di messaggi di **early warning**
- (v) **Pubblicazione efficiente** dei risultati in pagine **web** dedicate



Il GMG ha sviluppato  
**LANDMON (LANDslides MOnitorng Network)**

# Trattamento e gestione del dato

**PIÙ LA FRANA È COMPLESSA**

**MAGGIORE SARANNO I COMPONENTI DEL  
GRUPPO DI LAVORO CHE DEVE GESTIRLA**

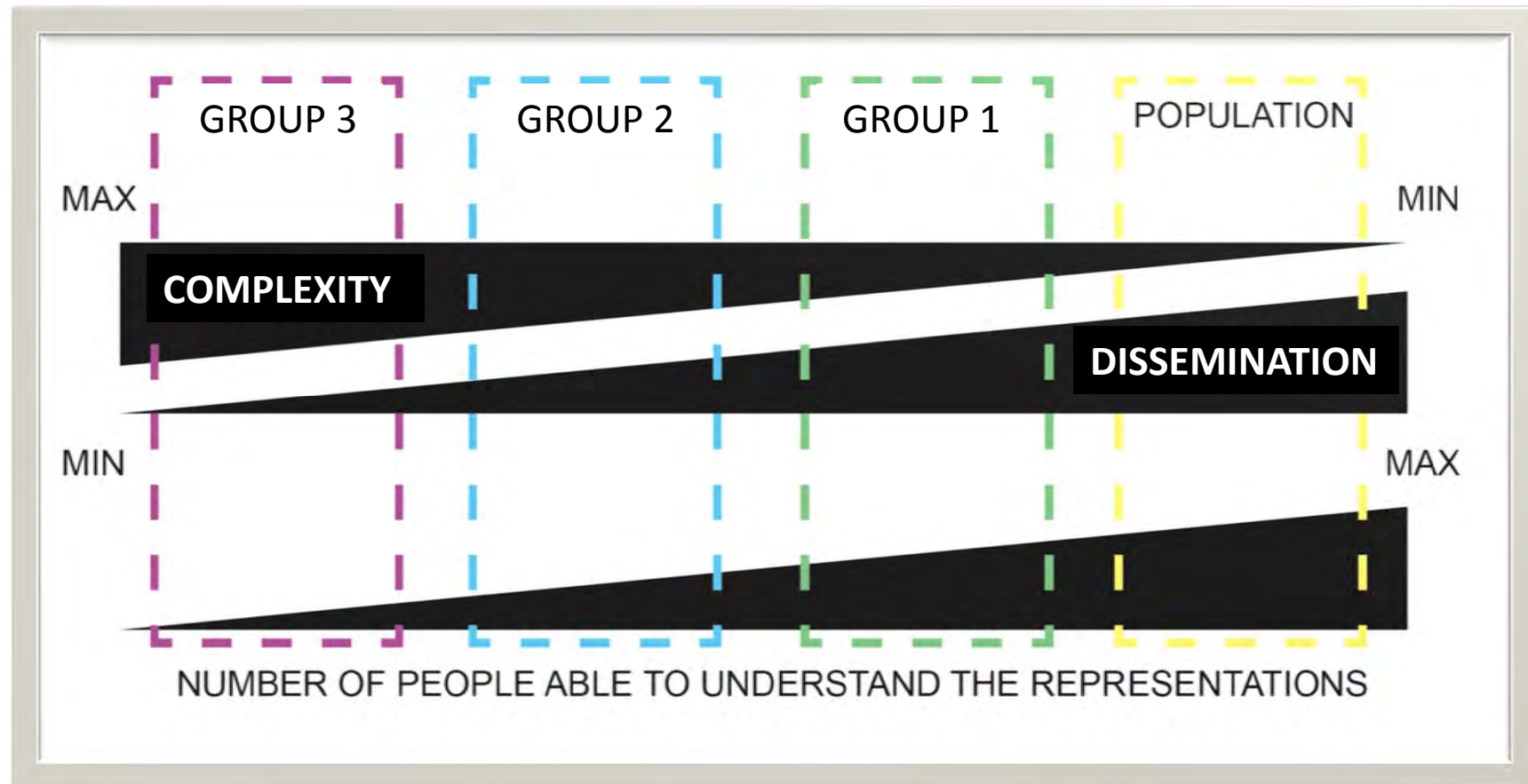
**PIÙ ELEVATE SARANNO LE DIFFERENZE DI  
BACKGROUND DEI VARI COMPONENTI**

**LANDMON ABBINA AD UN SISTEMA  
INFORMATICO UNA STRATEGIA DI  
GESTIONE E PUBBLICAZIONE DEI DATI**



Giordan D., Manconi A., Allasia P., Bertolo D. 2015. Brief Communication: On the rapid and efficient monitoring results dissemination in landslide emergency scenarios: the Mont de La Saxe case study. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 15, 2009–2017

# Trattamento e gestione del dato



**In base al livello di preparazione dei singoli gruppi, lo stesso dataset viene declinato in maniera diversa**

Giordan D., Manconi A., Allasia P., Bertolo D. 2015. Brief Communication: On the rapid and efficient monitoring results dissemination in landslide emergency scenarios: the Mont de La Saxe case study. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 15, 2009–2017



Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica



Consiglio Nazionale delle Ricerche

# Trattamento e gestione del dato

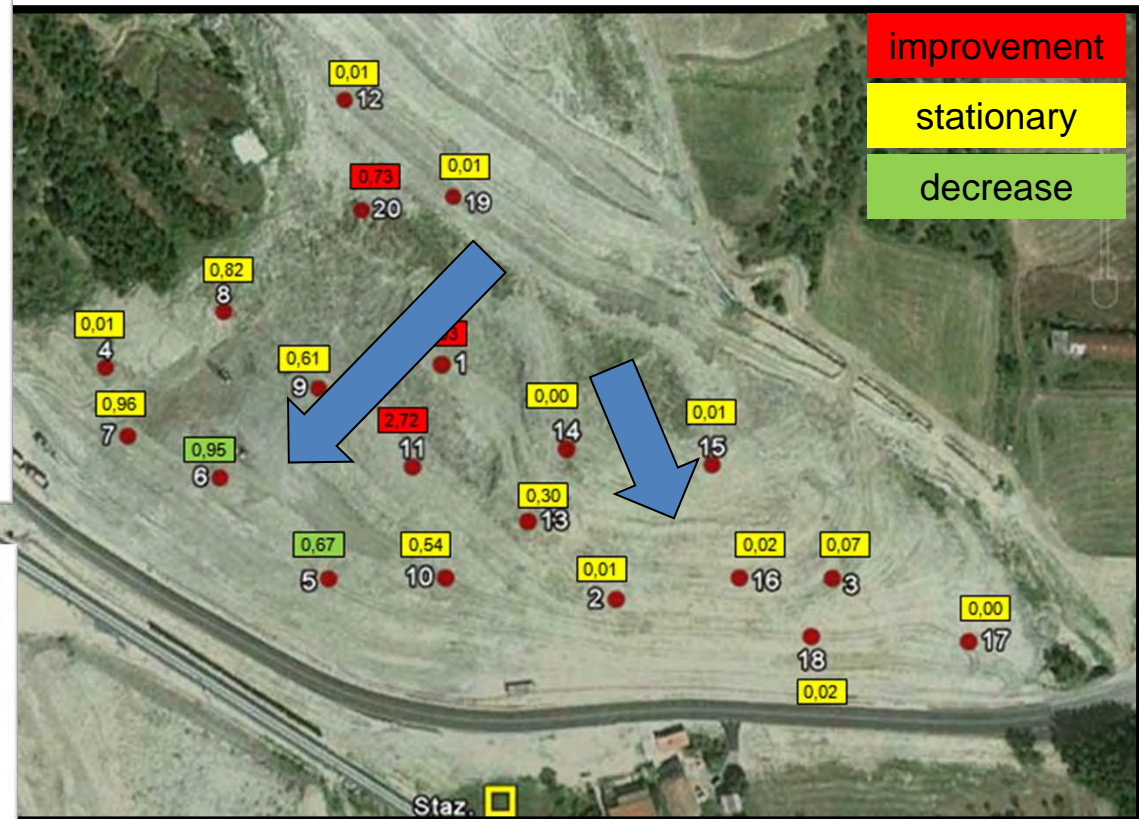
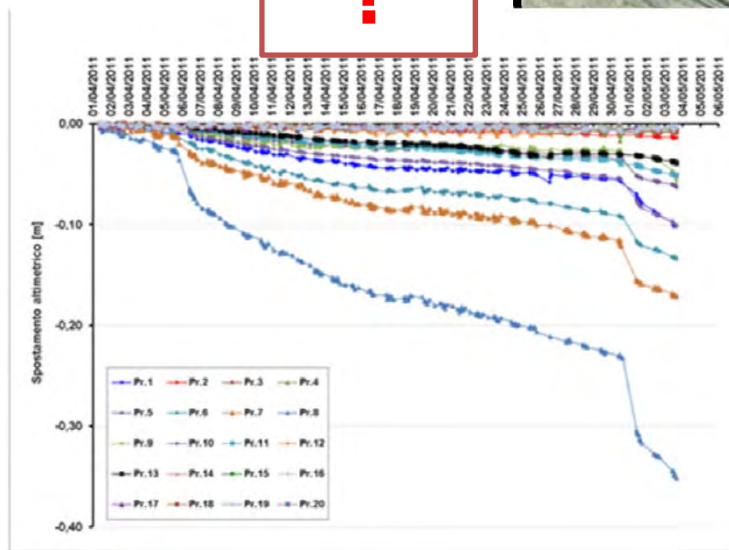
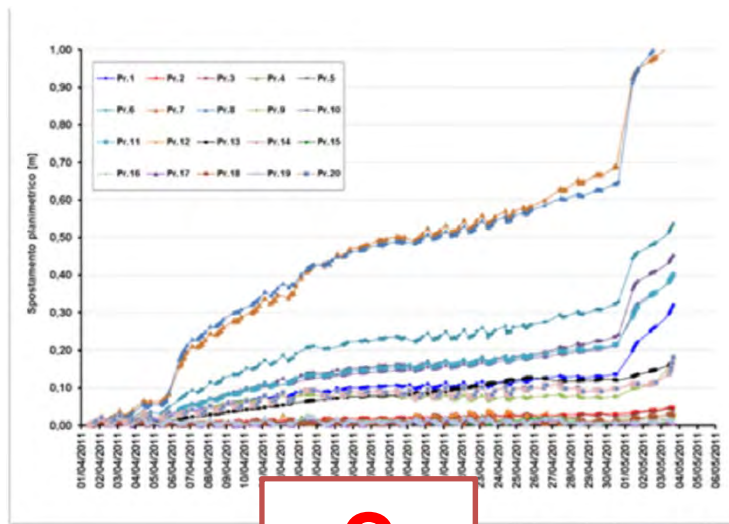


## La frana di Montaguto

Giordan D., Allasia P., Manconi A., Baldo M., Santangelo M., Cardinali M., Corazza A., Albanese V., Lollino G., Guzzetti F., 2013. Morphological and kinematic evolution of a large earthflow: The Montaguto landslide, southern Italy, *Geomorphology*, 187, 61-79. DOI: 10.1016/j.geomorph.2012.12.035

Lollino P., Giordan D., Allasia P. 2014. The Montaguto earthflow: A back-analysis of the process of landslide propagation. *Engineering Geology*, 170, 66-79; DOI:10.1016/j.enggeo.2013.12.011

# Trattamento e gestione del dato





# Trattamento e gestione del dato



## Mt. de la Saxe rockslide

Una delle più  
importanti  
rockslide attive  
in Italia  
(12M m<sup>3</sup>)

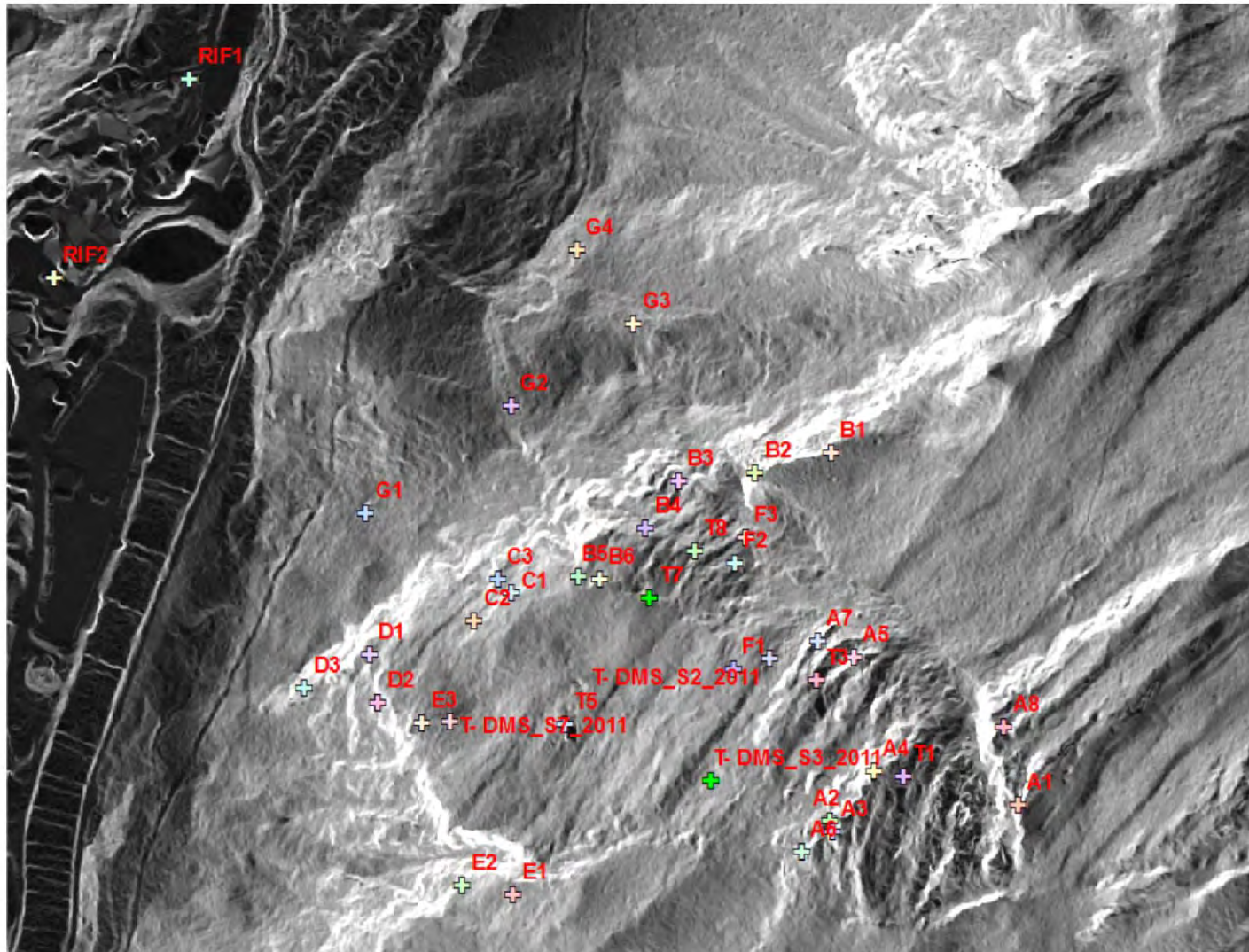
Manconi A., Giordan D. 2016.  
Landslide failure forecast in near-real-time. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 7 (2), 639, 648.  
DOI: 10.1080/19475705.2014.942388

Crosta G.B., Lollino G., Frattini P., Giordan D., Tamburini A., Rivolta C., Bertolo D. 2015 Rockslide Monitoring Through Multi-temporal LiDAR DEM and TLS Data Analysis. In: Lollino G., et al. (eds.) *Engineering Geology for Society and Territory – Volume 2*, Springer International Publishing Switzerland, 613-617

Manconi A., Giordan D. 2015.  
Landslide early warning based on failure forecast models: the example of the Mt. de La Saxe rockslide, northern Italy. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 15, 1639–1644.

# Trattamento e gestione del dato

## Mt. de la Saxe rockslide



RTS - GPS

GBInSAR

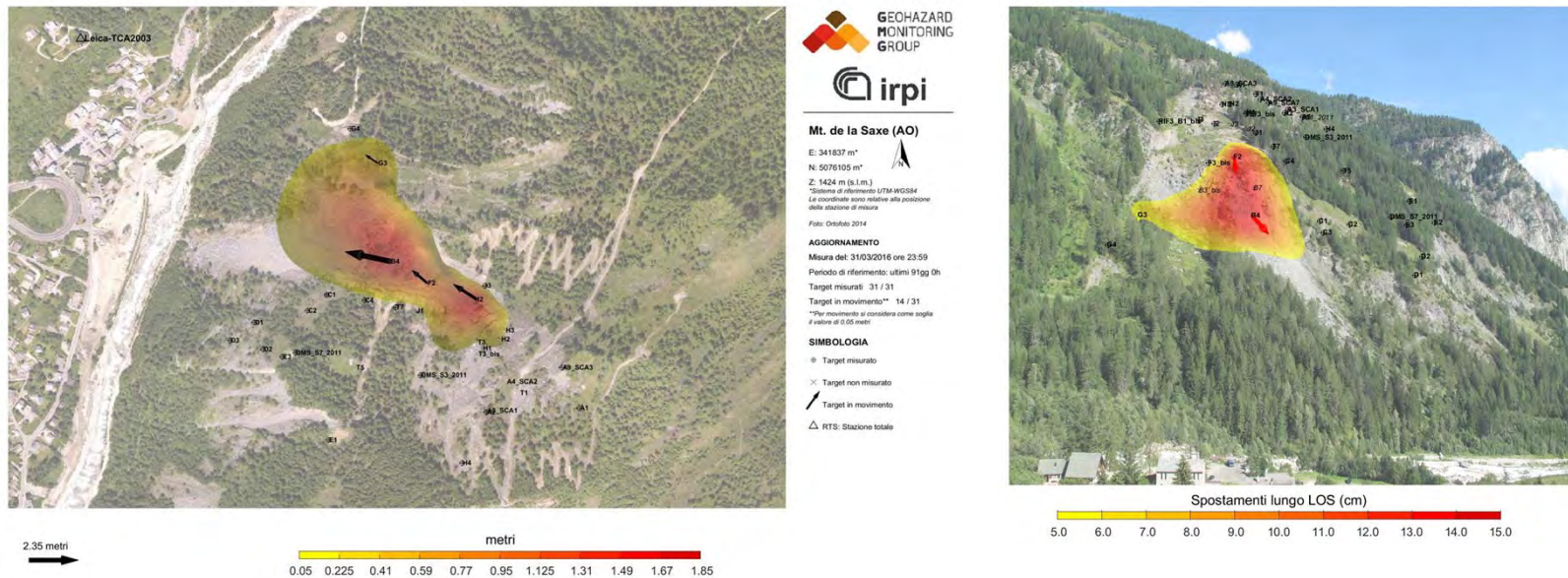
DMS

WEBCAM

METEO

PIEZOMETERS

### Publicazione in near real time di infografiche in 2D / 3D



Ortho-photo/photo from Google Maps

Frontal view



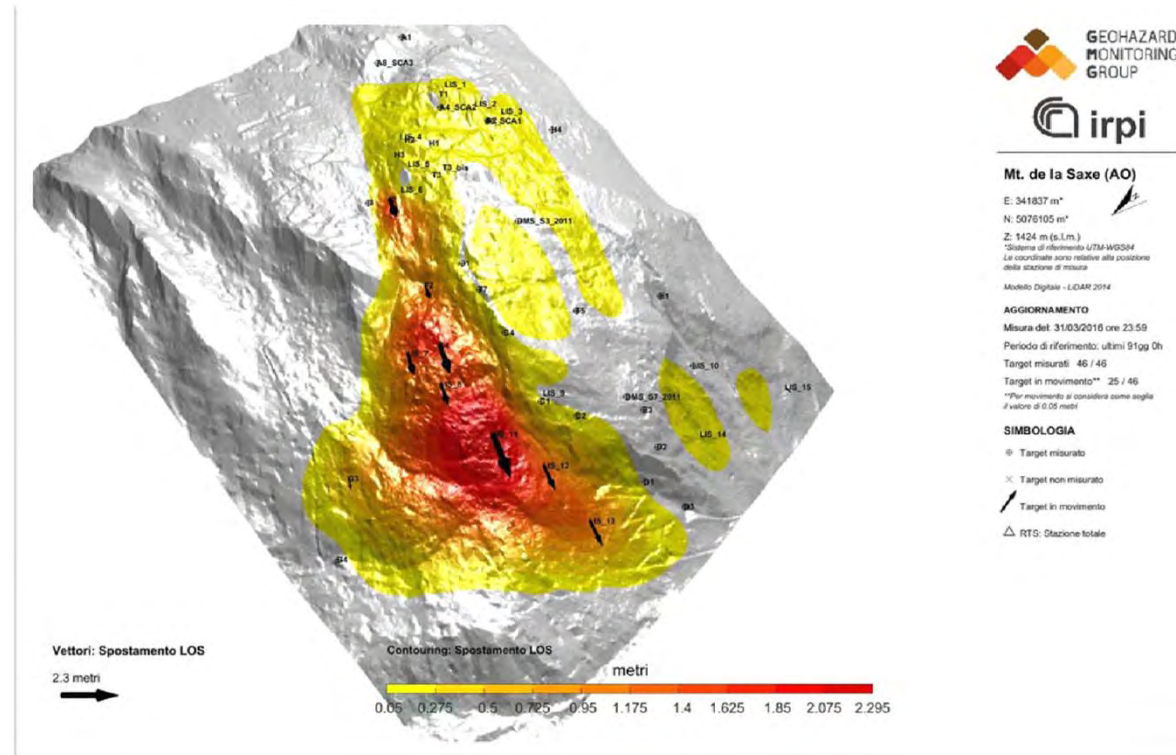
**GROUP 1**

# Trattamento e gestione del dato

## Rappresentazioni 3D derivanti da più sistemi di monitoraggio

## Mt. de la Saxe rockslide

GbinSAR e stazione  
totale robotizzata nella  
stessa infografica 3D

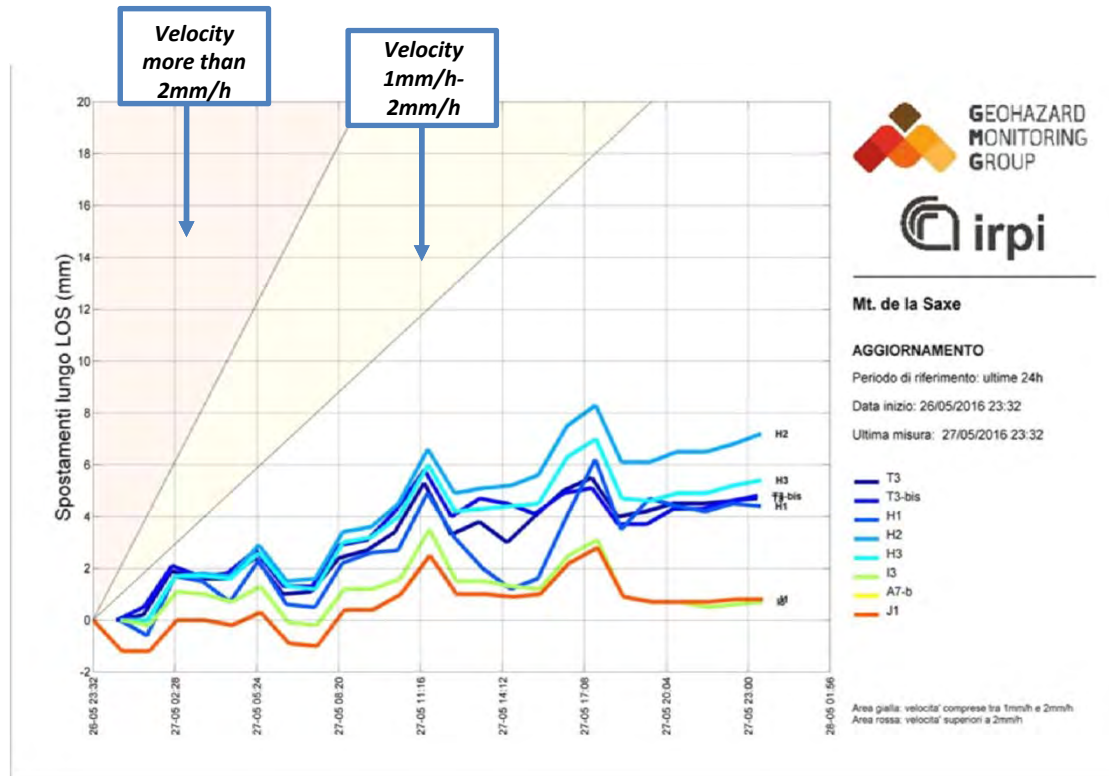


**GROUP 2**

# Trattamento e gestione del dato

## Gestione di soglie di early warning

## Mt. de la Saxe rockslide

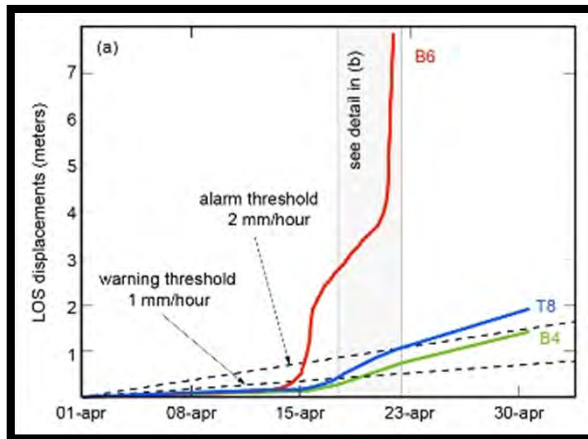
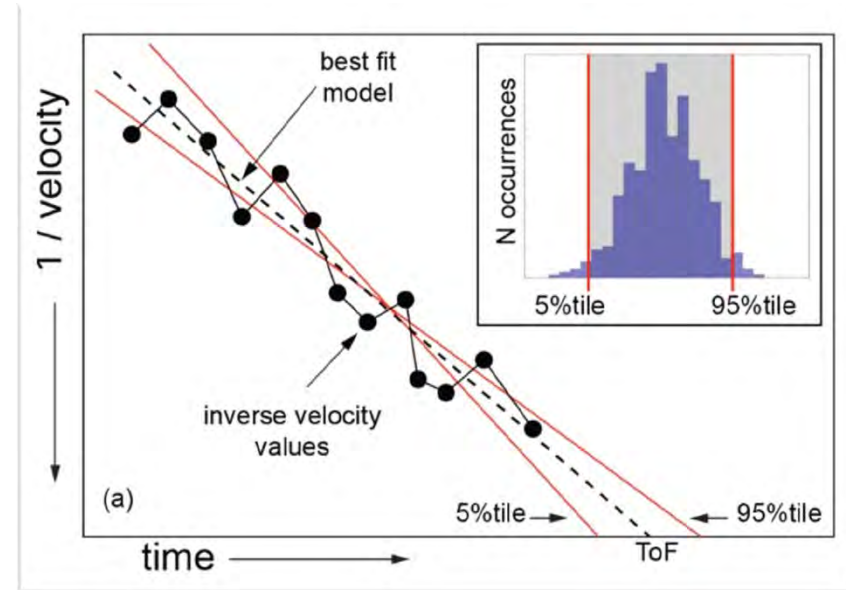
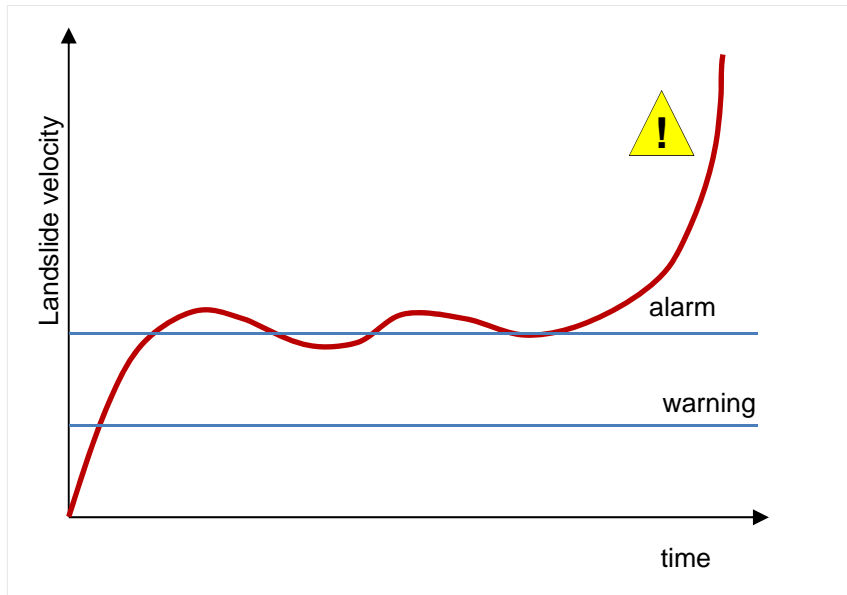


**GROUP 3**

# Trattamento e gestione del dato

## Mt. de la Saxe rockslide

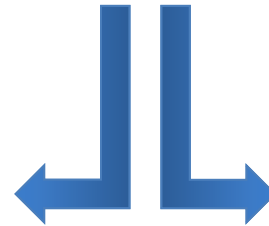
### Inverso della velocità in near real time



**In fase di sperimentazione  
avanzata**

## LANDMON communication strategy

website in near real time per  
la pubblicazione dei risultati di  
monitoraggio



Emissione di bollettini  
periodici



Descrizione dell'evoluzione recente  
della frana come supporto alla  
decisione



Il bollettino come mezzo di  
comunicazione dell'evoluzione  
della frana e di documentazione  
ufficiale



Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogenologica



Consiglio Nazionale delle Ricerche

# Divulgazione dei risultati

## BOLLETTINI PERIODICI

Bollettino a pagina singola per un'informazione rapida

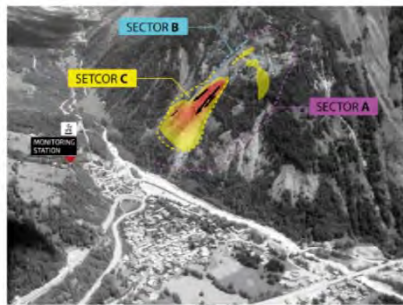
Bollettino esteso per un'analisi approfondita

Monografia operativa



BULLETIN OF DISPLACEMENT MONITORING  
LANDSLIDE OF MONT DE LA SAXE (AO)  
Reference period 01/11/2014 00:00:00 - 01/12/2014 00:00:00  
bulletin issued on 01/12/2014

MODERATE  
ACTIVITY



LOW ACTIVITY

Landslide is active and displacements are revealed; displacement trend is low. Considering past records, the local activations and/or rock falls cannot be excluded.

MODERATE ACTIVITY

Displacements are locally high, and elevated attention is required. Considering past records, moderate to large size activations cannot be excluded.

HIGH ACTIVITY

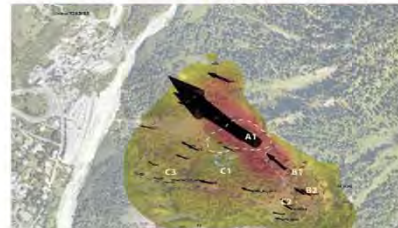
Displacements are high, and acceleration trend is possible. A careful landslide evaluation is strongly recommended.

The monitoring network is divided, for simplicity, in three sectors corresponding to the Civil Protection plan. \*Maximum values measured in each sector.



### BOLLETTINO DI ANALISI TRIMESTRALE DELLA RETE DI MONITORAGGIO DEL MONT DE LA SAXE

Periodo analizzato: 1/4/2013 - 30/6/2013



Settore	Stato di attivazione osservato			Tipici movimenti osservati (spostamenti in mm) e accelerazioni (g)	Sistemi di monitoraggio attivati	Sistemi di monitoraggio inattivi
	LOW	MODERATE	HIGH			
Settore A	LOW	MODERATE	HIGH	85% in piano TE	50% in piano TE	248,247
Settore B	LOW	MODERATE	HIGH	11% in piano TE	10% in piano TE	4
Settore C	LOW	MODERATE	HIGH	48% in piano TE	42% in piano TE	248,247, 129, 138
Settore D	LOW	MODERATE	HIGH	80% in piano TE	73% in piano TE	100, 101, 110, 118
Settore E	LOW	MODERATE	HIGH	72% in piano TE	70% in piano TE	100, 101, 110, 118

NOTE: Il presente bollettino costituisce un report sintetico del settore trimestre 2013. Il trimestre è stato caratterizzato da una notevole attività del corpo di frana sia in termini di spostamenti cum dati che a seguito dell'attivazione di sensori. Fenomeni di dissesto localizzati di lieve entità (spostamenti in qualche sull'ordine della rete di monitoraggio). Gli spostamenti presentati sul bollettino sono di gran lunga i più elevati mai registrati da quando è attivo il sistema di monitoraggio, dall'analisi dei dati emerge chiaramente il comportamento diverso del settore esteso dal resto del corpo di frana. L'età di questi spostamenti ha una notevole importanza per il piano di Protezione Civile.

ANALISI dei FENOMENI FRANOSI  
ATTUALMENTE INSERITI nella RETE  
di MONITORAGGIO della REGIONE  
AUTONOMA VALLE d'AOSTA

### Frana del Mont de La Saxe

DATA PUBBLICAZIONE  
NOVEMBRE 2015



Non in near real time ma fondamentali per una conoscenza più approfondita del fenomeno







Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogenologica



Consiglio Nazionale delle Ricerche

# Divulgazione dei risultati

## BOLLETTINO A PAGINA SINGOLA



BULLETIN OF DISPLACEMENT MONITORING  
LANDSLIDE OF MONT DE LA SAXE (AO)  
Reference period 01/11/2014 00:00:00 - 01/12/2014 00:00:00  
bulletin issued on 01/12/2014

MODERATE  
ACTIVITY



Sviluppato un sistema di pubblicazione automatizzata

Rappresentazione user friendly dell'evoluzione della frana

Intervallo di tempo considerato: 12 ore – 1 mese

Utilizzo di infografiche per una facile rappresentazione dei risultati

Sviluppato per una corretta informazione della popolazione durante le fasi emergenziali



LOW ACTIVITY

Landslide is active and displacements are revealed; displacement trend is low. Considering past records, the local activations and/or rock falls cannot be excluded.



MODERATE ACTIVITY

Displacements are locally high, and elevated attention is required. Considering past records moderate to large size activations cannot be excluded.



HIGH ACTIVITY

Displacements are high, and acceleration trend is possible. A careful landslide evaluation is strongly recommended.

The monitoring network is divided, for simplicity, in three sectors corresponding to the Civil Protection plan.  
\*maximum values measured in each sector.

Giordan D., Manconi A., Allasia P., Bertolo D. 2015. Brief Communication: On the rapid and efficient monitoring results dissemination in landslide emergency scenarios: the Mont de La Saxe case study. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 15, 2009–2017





Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica



Consiglio Nazionale delle Ricerche

# Divulgazione dei risultati

## BOLLETTINO ESTESO



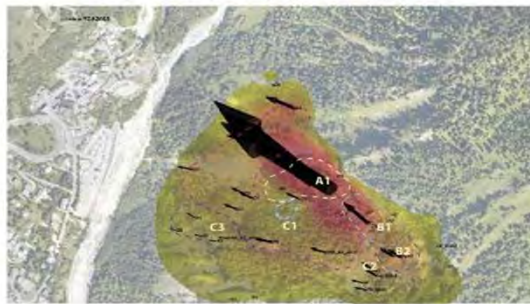
Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica



Consiglio Nazionale delle Ricerche

### BOLLETTINO DI ANALISI TRIMESTRALE DELLA RETE DI MONITORAGGIO DEL MONT DE LA SAXE

Periodo analizzato: 1/4/2013 – 30/6/2013



	Stato di dissesto/attività monitorata			Spazio rete (antico e nuovo) negli ultimi 12 mesi (in metri, identificato dal piano di monitoraggio)	Velocità massima (mm) registrata e valore limite di attivazione del sistema	Spazio rete in pericolo (mm)
Sistema 01	0	0	0	02 → piano 76	02 → piano 76	0
Sistema 01	0	0	0	10 → piano 71	10 → piano 71	0M1_S2 TT
Sistema 02	0	0	0	11 → piano 37	11 → piano 37	0
Sistema 01	0	0	0	03 → piano 02	02 → piano 02	0M1_S3 TT 229
Sistema 02	0	0	0	10 → piano 37	10 → piano 37	0
Sistema 01	0	0	0	02 → piano 01	01 → piano 01	0M1_S1 TT 131

NOTE: il presente bollettino costituisce un report sintetico del secondo trimestre 2013. Il trimestre è stato caratterizzato da una notevole attività del corpo di frana sia in termini di spostamenti cumulati che a seguito dell'attivazione di limitati fenomeni di dissesto localizzati ed è hanno avuto ripercussioni negative sull'integrità della rete di monitoraggio. Gli spostamenti presentati nel bollettino sono di gran lunga i più elevati mai registrati da quando è attivo il sistema di monitoraggio; dall'analisi dei dati emerge chiaramente un comportamento diverso del settore destro dal resto del corpo di frana. L'entità degli spostamenti ha reso necessaria l'attivazione del piano di Protezione Civile.

Ragione	0	1	2	3
	Sistema con valori di dissesto in fase di attivazione/instabilità	Sistema con valori di dissesto in fase di attivazione/instabilità	Sistema con valori di dissesto in fase di attivazione/instabilità	Sistema con valori di dissesto in fase di attivazione/instabilità

Redatto manualmente dal GMG

Contiene la descrizione dettagliata dell'evoluzione recente della frana

Intervallo di tempo considerato: tre mesi

Non solo infografiche, ma anche grafici commentati

Dedicato al gruppo di lavoro che si occupa dello studio del fenomeno franoso





Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica



Consiglio Nazionale delle Ricerche

# Divulgazione dei risultati

## MONOGRAFIA OPERATIVA



Redatta manualmente dal GMG

Documento operativo che contiene la sintesi di tutte le informazioni disponibili

Non solo monitoraggio, ma anche dati geologici, geotecnici, ecc..

Aggiornamento annuale

Documento ad uso interno per addetti ai lavori

**ANALISI dei FENOMENI FRANOSI  
ATTUALMENTE INSERITI nella RETE  
di MONITORAGGIO della REGIONE  
AUTONOMA VALLE d'AOSTA**

**Frana del Mont de La Saxe**

DATA PUBBLICAZIONE  
NOVEMBRE 2016



Consiglio Nazionale delle Ricerche  
Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica





Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogenologica



Consiglio Nazionale delle Ricerche



## COMMISSION 35

# Monitoring methods and approaches in engineering geology applications



ANALISI dei FENOMENI FRANOSI  
ATTUALMENTE INSERITI nella RETE  
di MONITORAGGIO della REGIONE  
AUTONOMA VALLE d'AOSTA

Frana della Becca di Nona

DATA PUBBLICAZIONE  
NOVEMBRE 2016





Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogenologica



Consiglio Nazionale delle Ricerche

## Alcune considerazioni

**NEL CAMPO DEL MONITORAGGIO, L'ASPETTO TECNOLOGICO È CERTAMENTE MOLTO IMPORTANTE SOPRATTUTTO PER LA POSSIBILITÀ DI SVILUPPARE NUOVI SISTEMI O DI MIGLIORARE GLI ESISTENTI**

**IL MONITORAGGIO DELLE FRANE NON PUÒ ESSERE RICONDOTTO AD UN MERO SFORZO DI TIPO TECNOLOGICO/GEOMATICO, MA LO SVILUPPO DEVE PRENDERE IN CONSIDERAZIONE TUTTE LE FASI DI QUESTO PROCESSO**

**EMERGE CHIARAMENTE COME UNO DEGLI ASPETTI AL MOMENTO SPESSO SOTTOVALUTATI È LA GESTIONE DEL DATO E LA SUA DIVULGAZIONE**



Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogenologica



Consiglio Nazionale delle Ricerche

## Alcune considerazioni

**L'ABBINAMENTO DI UNA CORRETTA RAPPRESENTAZIONE DEL DATO AI SISTEMI DI MONITORAGGIO È FONDAMENTALE PER POTER SFRUTTARE SINO IN FONDO IL POTENZIALE DEL DATO DI MONITORAGGIO STESSO**

**ANCHE DAL PUNTO DI VISTA DELLA GESTIONE DELLE REPONSABILITÀ, UNA CORRETTA CONDIVISIONE DEL DATO È FONDAMENTALE PER POTER DIMOSTRARE CHE È STATO FATTO TUTTO IL POSSIBILE**



Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogenologica



Consiglio Nazionale delle Ricerche



*[daniele.giordan@irpi.cnr.it](mailto:daniele.giordan@irpi.cnr.it)*

