

Il contributo della fotogrammetria da UAV per il monitoraggio dei rock glacier: casi studio in Piemonte e Valle d'Aosta

Umberto Morra di Cella ⁽¹⁾

F. Diotri ⁽¹⁾, L. Paro ⁽²⁾, G. Re Fiorentin ⁽²⁾

(1) - Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente della Valle d'Aosta

(2) - Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente del Piemonte

**Attività di studio e monitoraggio dell'ambiente periglaciale e
del permafrost nelle Alpi piemontesi**

7 Febbraio 2018 - Torino

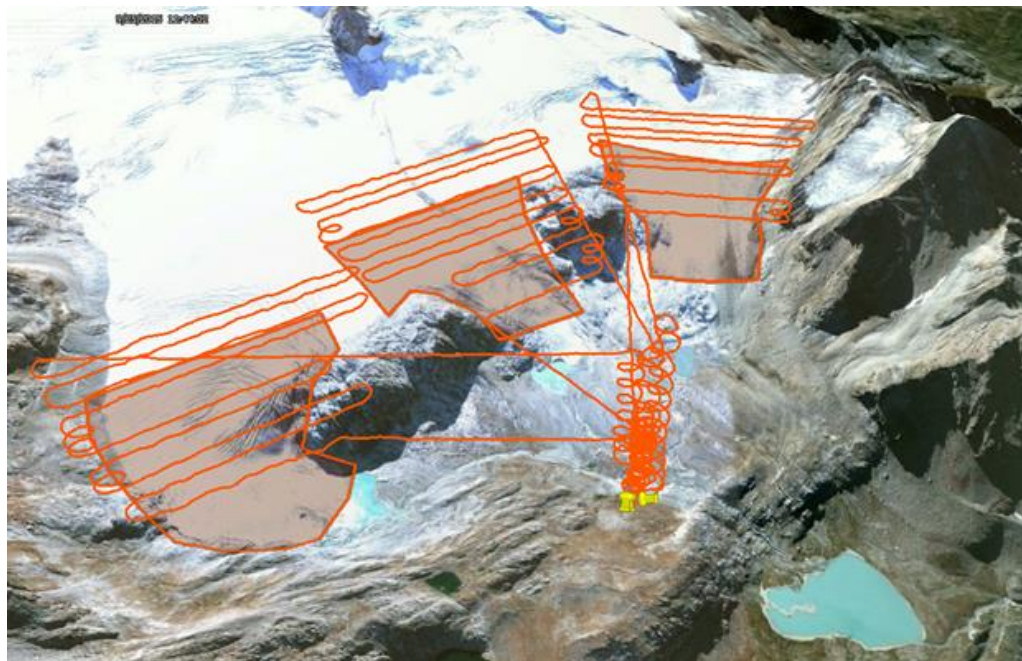
Il contributo della fotogrammetria da UAV per il monitoraggio dei **rock glacier**¹: casi studio in Piemonte e Valle d'Aosta



Il contributo della fotogrammetria da UAV per il **2** monitoraggio dei rock glacier: casi studio in Piemonte e Valle d'Aosta



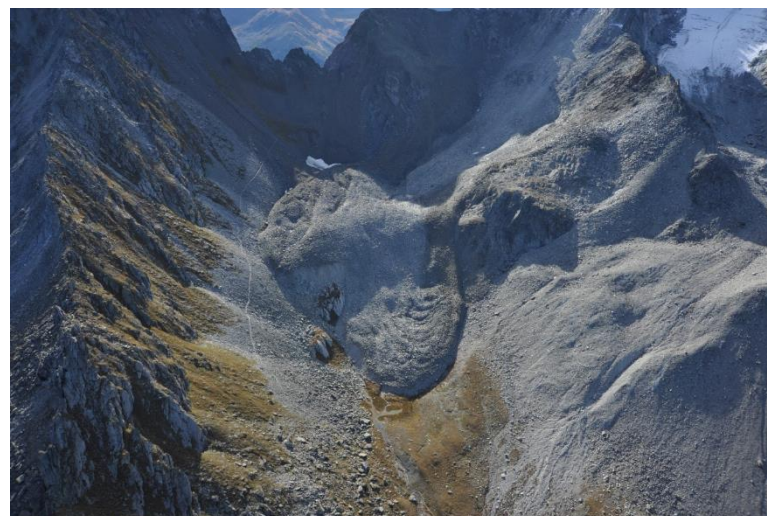
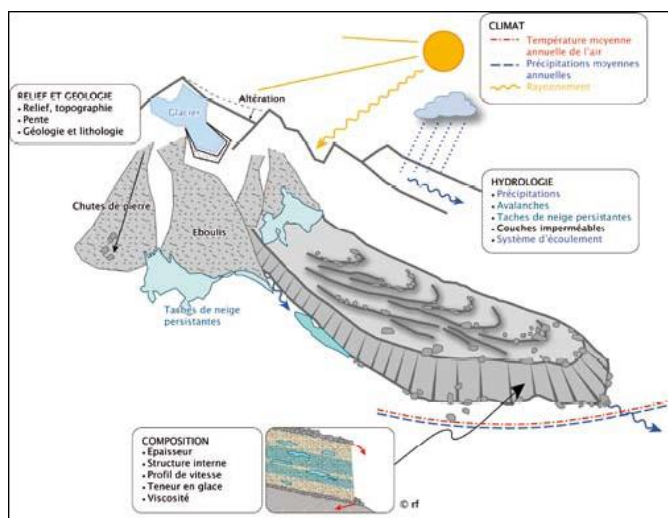
Il contributo della fotogrammetria da UAV per il monitoraggio dei rock glacier: casi studio in Piemonte e Valle d'Aosta



Il contributo della fotogrammetria da UAV per il monitoraggio dei rock glacier: casi ⁴studio in Piemonte e Valle d'Aosta

1 - Rock glacier

- forme caratteristiche degli ambienti periglaciali: originati su versanti e valloni alpini in presenza di materiale detritico proveniente dalle pareti circostanti e in condizioni di permafrost
- il ghiaccio all'interno dell'ammasso ne aumenta la plasticità
- in f(x) della pendenza la massa di detrito e ghiaccio si muove verso valle per effetto della gravità (in % e struttura variabile)
- Δ condizioni climatiche $\rightarrow$ Δ dinamica (Δ Temp ghiaccio o fusione)



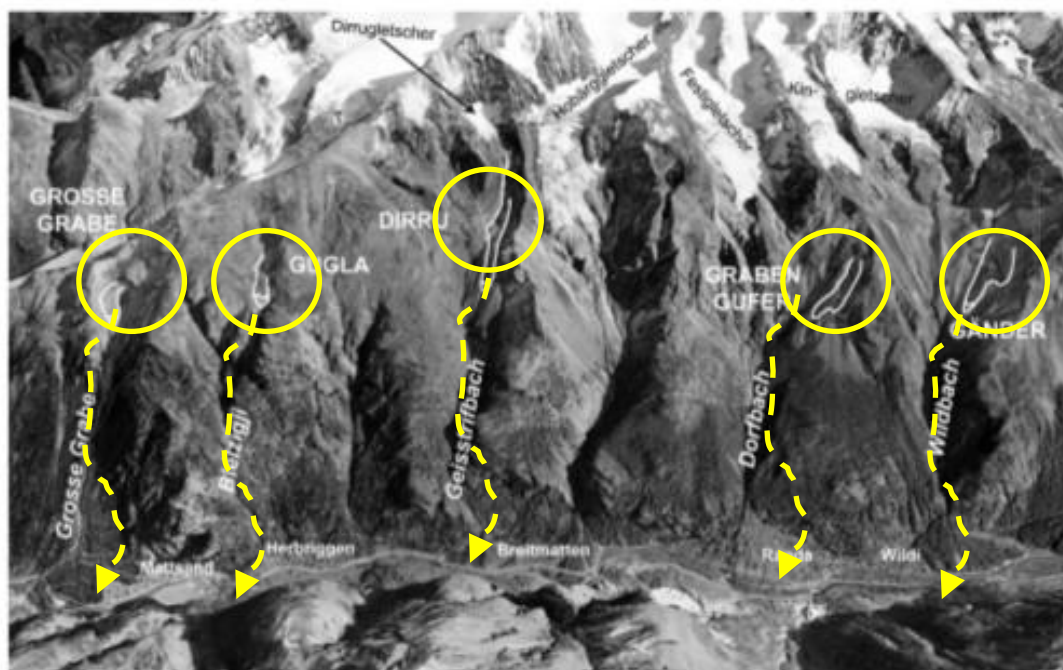
2 - Monitoraggio

PERCHE'

- indicatori di cambiamento climatico: presenza, grado di attività ed evoluzione: cambia il clima → si modifica la dinamica
- potenziale interferenze con infrastrutture e attività antropiche

COSA

- [struttura interna]
- morfologia
- velocità superficiali
- evoluzione della massa
- [...]



3 – Fotogrammetria da UAV: generalità

La **fotogrammetria da UAV** è una tecnica di rilievo che permette di acquisire dei dati metrici di un oggetto (forma e posizione) sulla base dell'analisi di una coppia (o più) di fotogrammi stereometrici (stereocoppie) acquisiti da aeromobile a pilotaggio remoto (APR). Consente di determinare la **posizione spaziale di tutti i punti** di interesse.

Restituisce: **modelli digitali della superficie (DSM) e ortomosaici**

E' impiegata a supporto o in sostituzione di altre tecniche ovvero in quanto l'unica applicabile in ragione di:

- inaccessibilità delle aree (siti non raggiungibili, pareti, ...)
- sicurezza nella movimentazione in situ (crolli, crepacci, instabilità, ...)
- esaustività delle informazioni (misure puntuali o locali insufficienti)
- personalizzazione del momento di acquisizione
- alta/altissima risoluzione spaziale (analisi di dettaglio)

3 – Fotogrammetria da UAV: generalità

La **fotogrammetria da UAV** è una tecnica di rilievo che permette di acquisire dei dati metrici di un oggetto (forma e posizione) sulla base dell'analisi di una coppia (o più) di fotogrammi stereometrici (stereocoppie) acquisiti da aeromobile a pilotaggio remoto (APR). Consente di determinare la **posizione spaziale di tutti i punti** di interesse.

Restituisce: **modelli digitali della superficie (DSM) e ortomosaici**

E' impiegata a supporto o in sostituzione di altre tecniche ovvero in quanto l'unica applicabile in ragione di:

- inaccessibilità delle aree (siti non raggiungibili, pareti, ...)
- sicurezza nella movimentazione in situ (crolli, crepacci, instabilità, ...)
- esaustività delle informazioni (misure puntuali o locali insufficienti)
- personalizzazione del momento di acquisizione
- alta/altissima risoluzione spaziale (analisi di dettaglio)

3 – Fotogrammetria da UAV: generalità

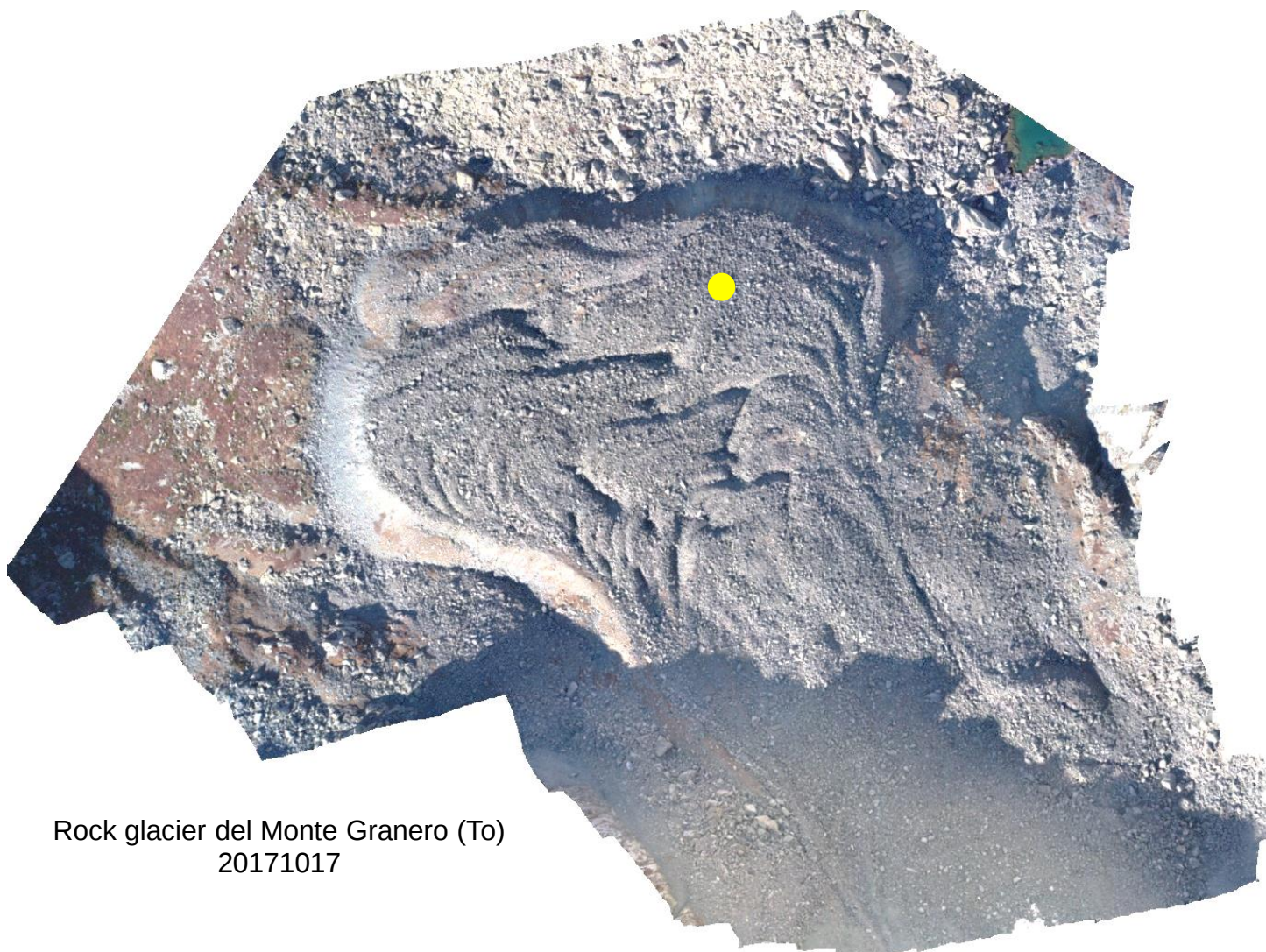
La **fotogrammetria da UAV** è una tecnica di rilievo che permette di acquisire dei dati metrici di un oggetto (forma e posizione) sulla base dell'analisi di una coppia (o più) di fotogrammi stereometrici (stereocoppie) acquisiti da aeromobile a pilotaggio remoto (APR). Consente di determinare la **posizione spaziale di tutti i punti** di interesse.

Restituisce: **modelli digitali della superficie** (DSM) e **ortomosaici**

E' impiegata a supporto o in sostituzione di altre tecniche ovvero in quanto l'unica applicabile in ragione di:

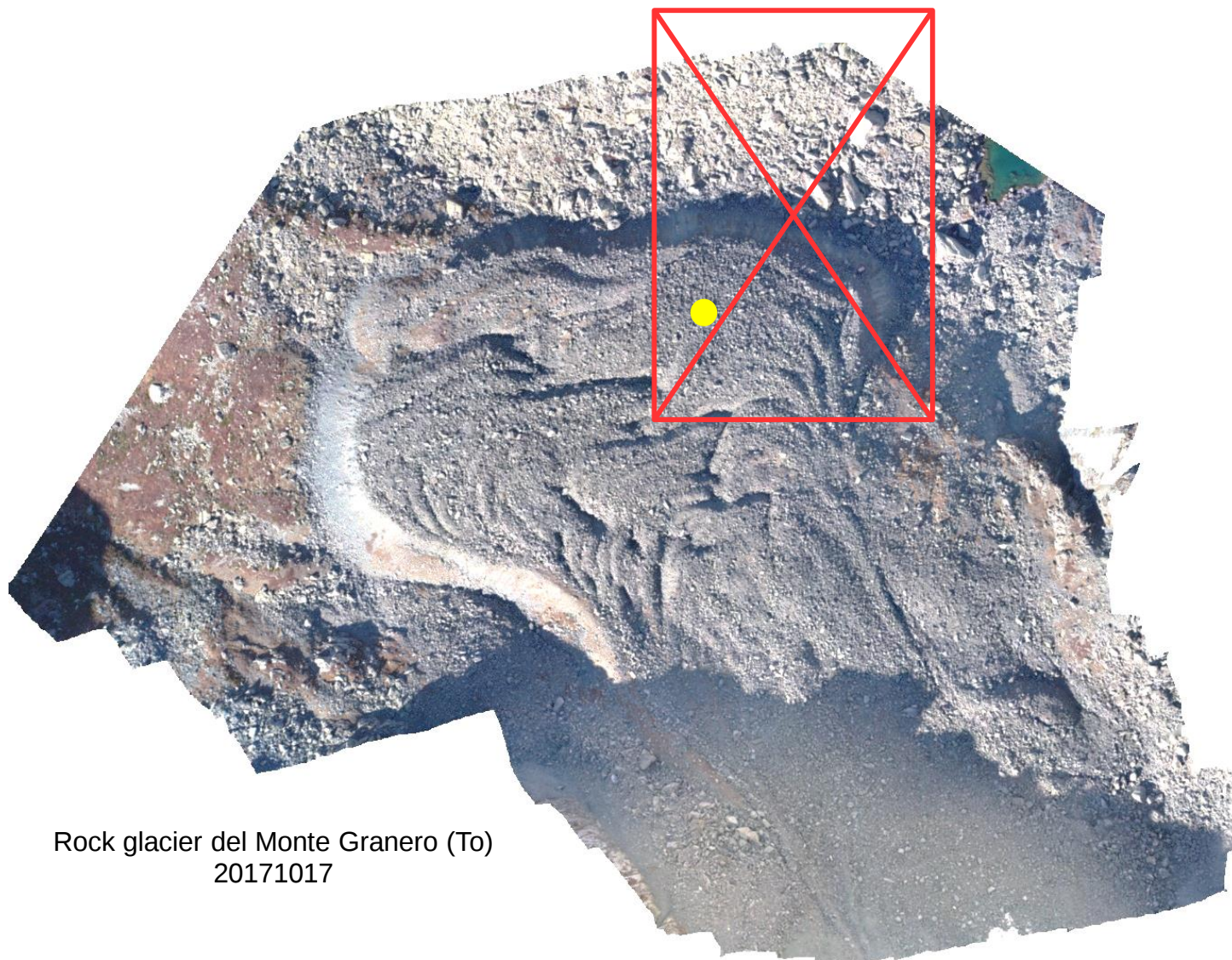
- inaccessibilità delle aree (siti non raggiungibili, pareti, ...)
- sicurezza nella movimentazione in situ (crolli, crepacci, instabilità, ...)
- esaustività delle informazioni (misure puntuali o locali insufficienti)
- personalizzazione del momento di acquisizione
- alta/altissima risoluzione spaziale (analisi di dettaglio)

3 – Fotogrammetria da UAV: generalità



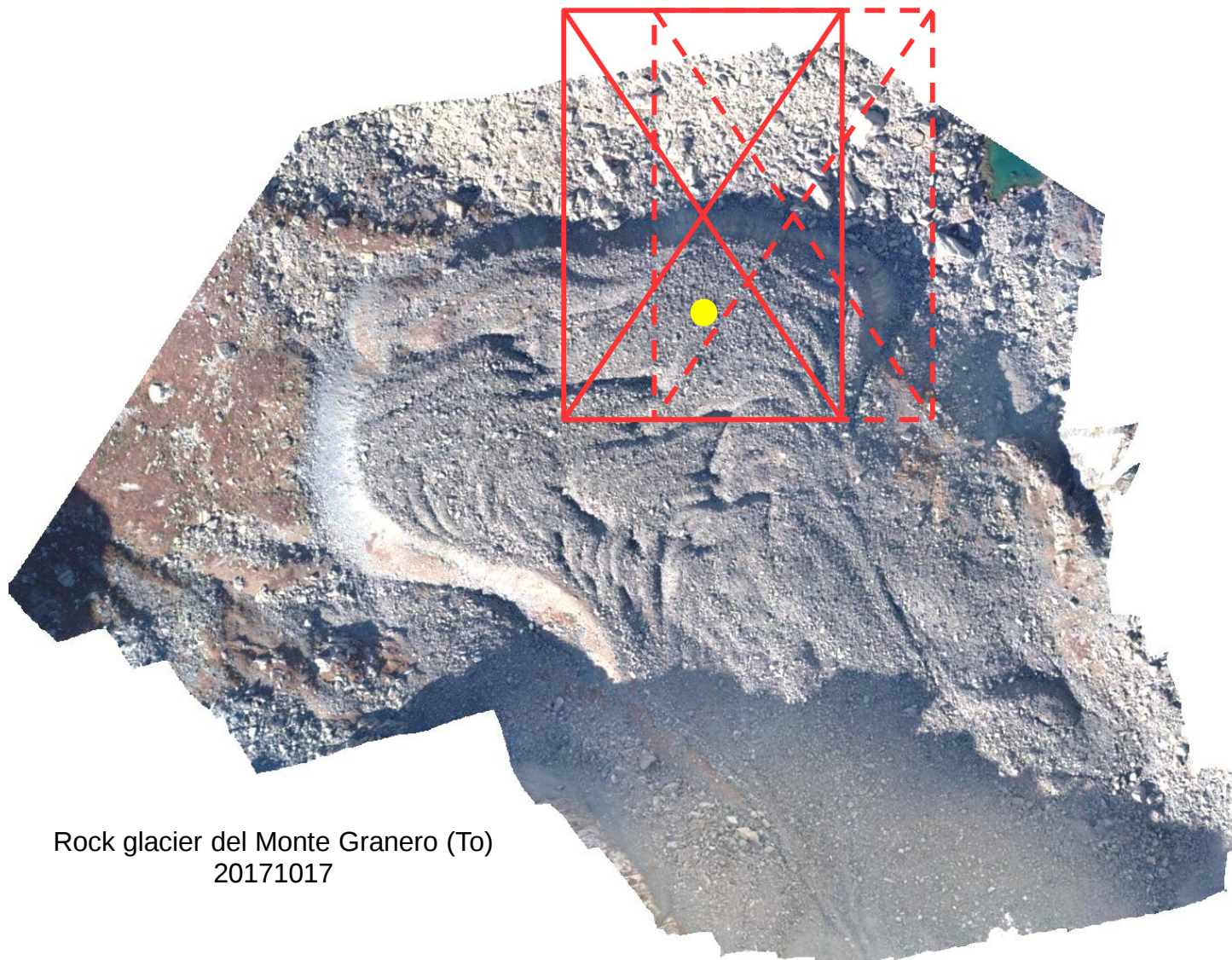
Rock glacier del Monte Granero (To)
20171017

3 – Fotogrammetria da UAV: generalità



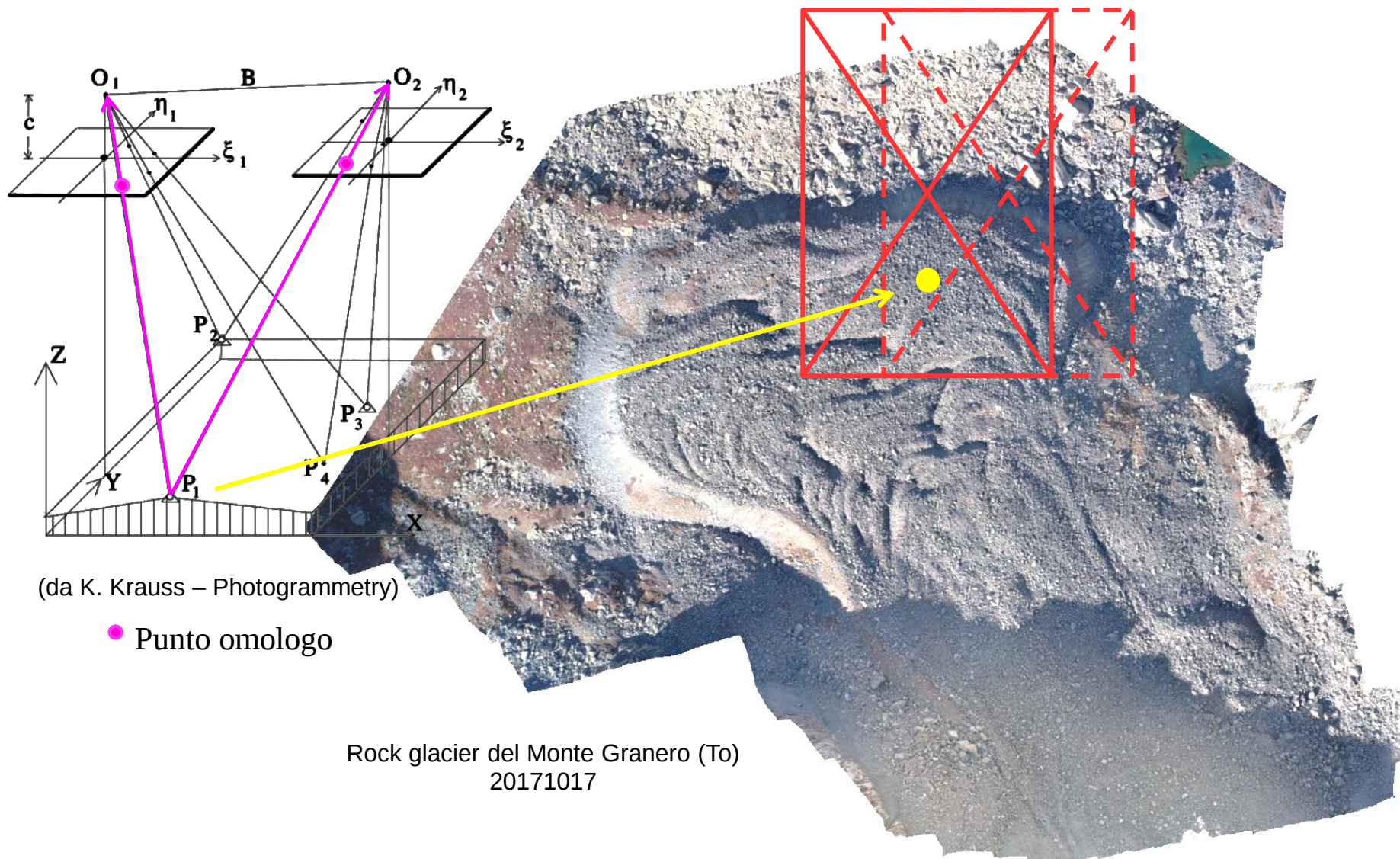
Rock glacier del Monte Granero (To)
20171017

3 – Fotogrammetria da UAV: generalità

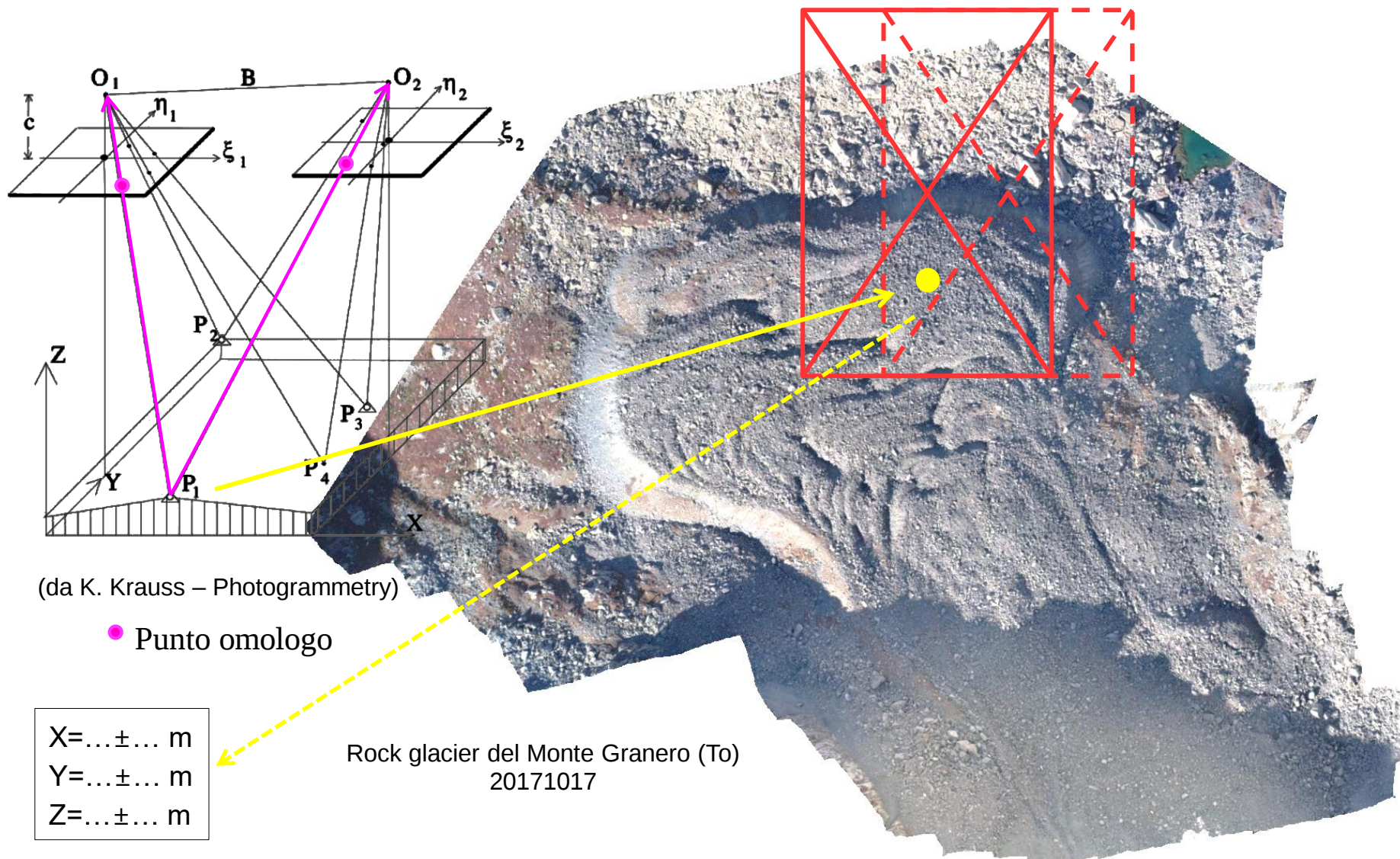


Rock glacier del Monte Granero (To)
20171017

3 – Fotogrammetria da UAV: generalità



3 – Fotogrammetria da UAV: generalità



3 – Fotogrammetria da UAV: qualità dei prodotti

La precisione della posizione plano-altimetrica di ogni punto del «blocco fotogrammetrico» dipende da:

- caratteristiche geometriche, radiometriche, ... del sensore (camera fotografica)
- pianificazione del volo (es. ricoprimenti teorici, quota relativa, ...)
- realizzazione del volo (es. ricoprimenti effettivi)
- controllo nella catena di processamento del dato (parametrizzazione)
- precisione nel posizionamento assoluto del blocco fotogrammetrico (da GNSS on board L1 di scarsa qualità a piattaforme con GNSS L1-L2 e RTK a GCP)

3 – Fotogrammetria da UAV: qualità dei prodotti

La precisione della posizione plano-altimetrica di ogni punto del «blocco fotogrammetrico» dipende da:

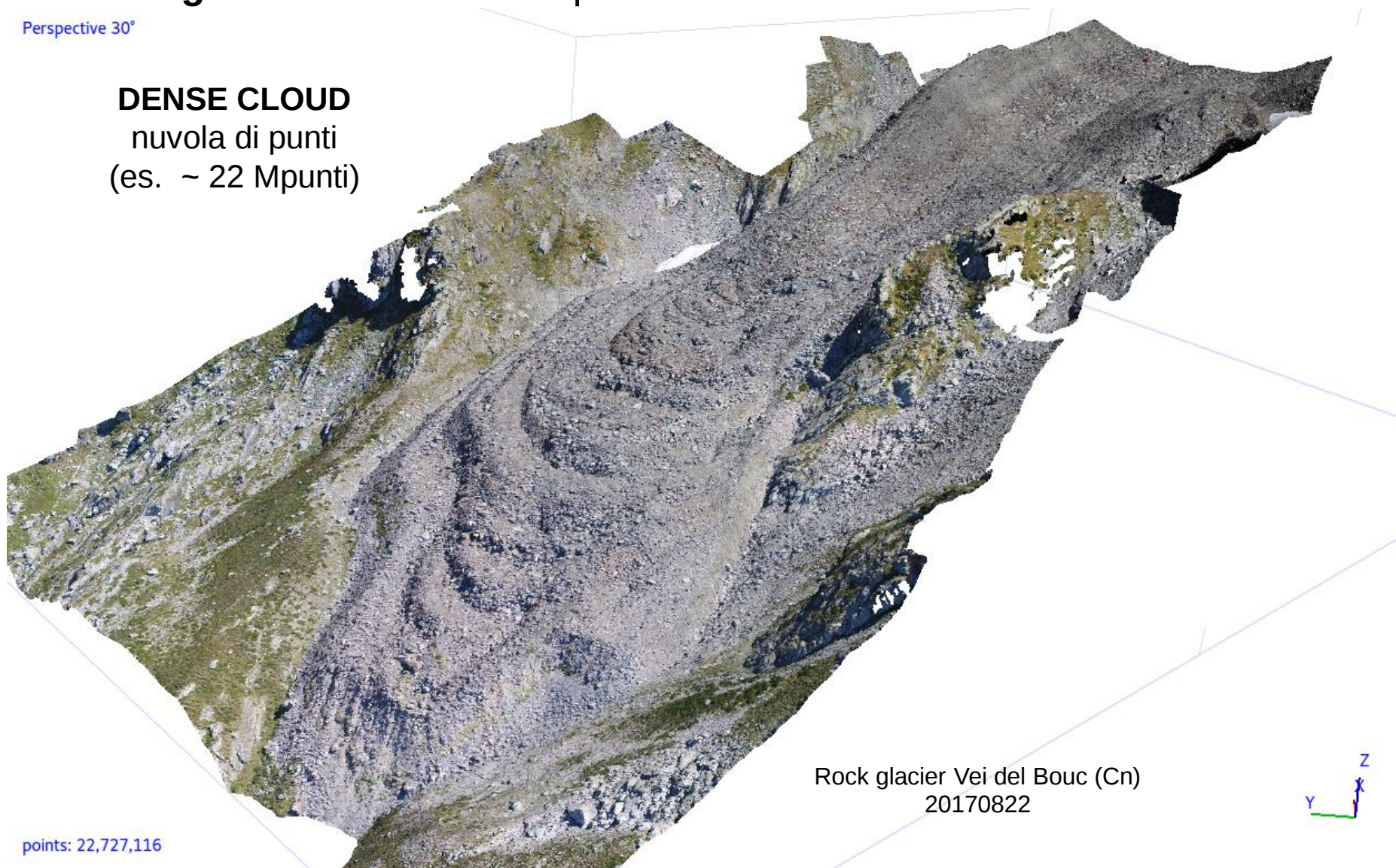
- caratteristiche geometriche, radiometriche, ... del sensore (camera fotografica)
- pianificazione del volo (es. ricoprimenti teorici, quota relativa, ...)
- realizzazione del volo (es. ricoprimenti effettivi)
- controllo nella catena di processamento del dato (parametrizzazione)
- precisione nel posizionamento assoluto del blocco fotogrammetrico (da GNSS on board L1 di scarsa qualità a piattaforme con GNSS L1-L2 e RTK a GCP)

N.B. precisioni elevate → GCPs e loro determinazione accurata

3 – Fotogrammetria da UAV: prodotti

Perspective 30°

DENSE CLOUD
nuvola di punti
(es. ~ 22 Mpunti)



Rock glacier Vei del Bouc (Cn)
20170822

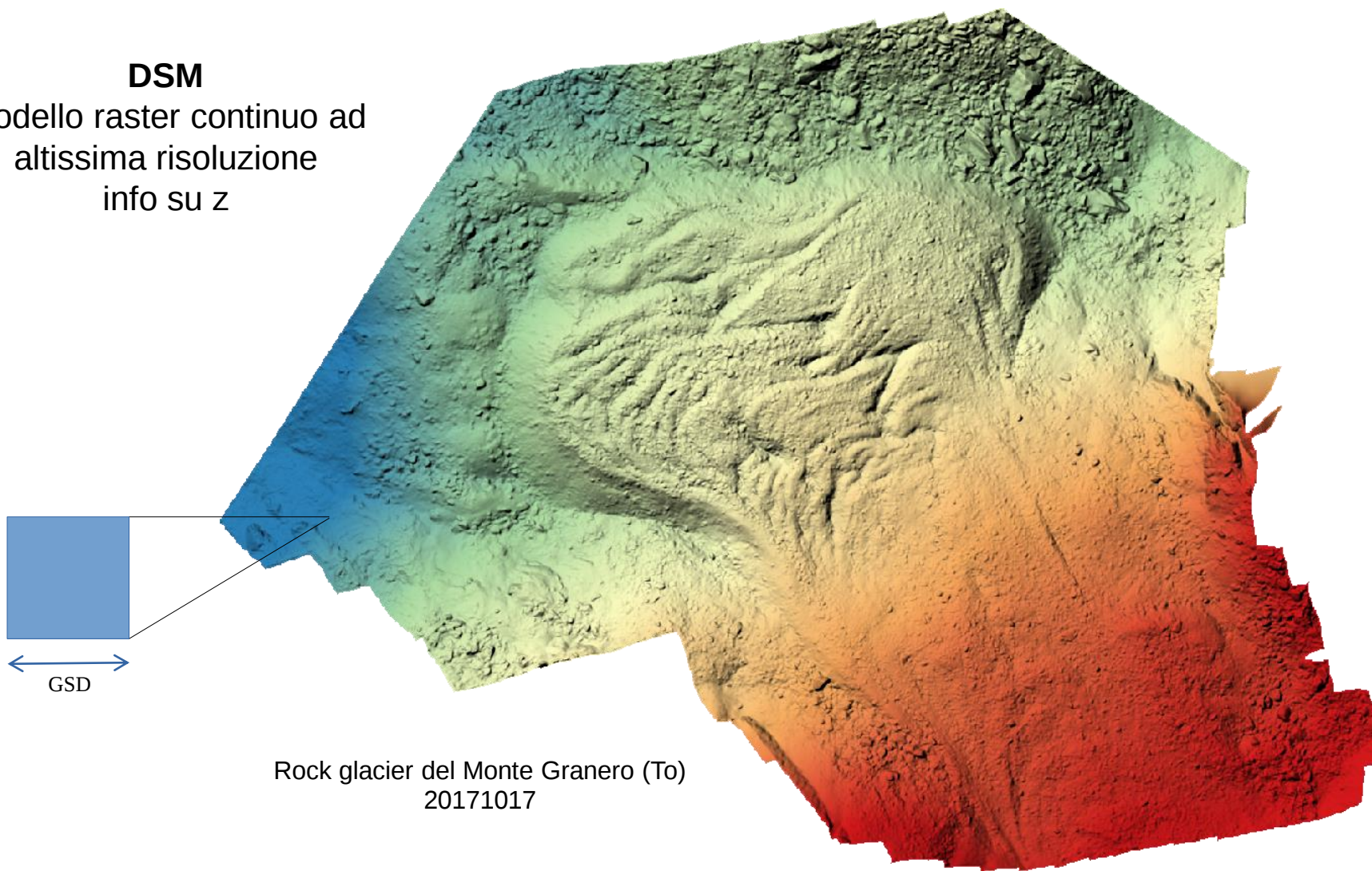
points: 22,727,116



3 – Fotogrammetria da UAV: prodotti

DSM

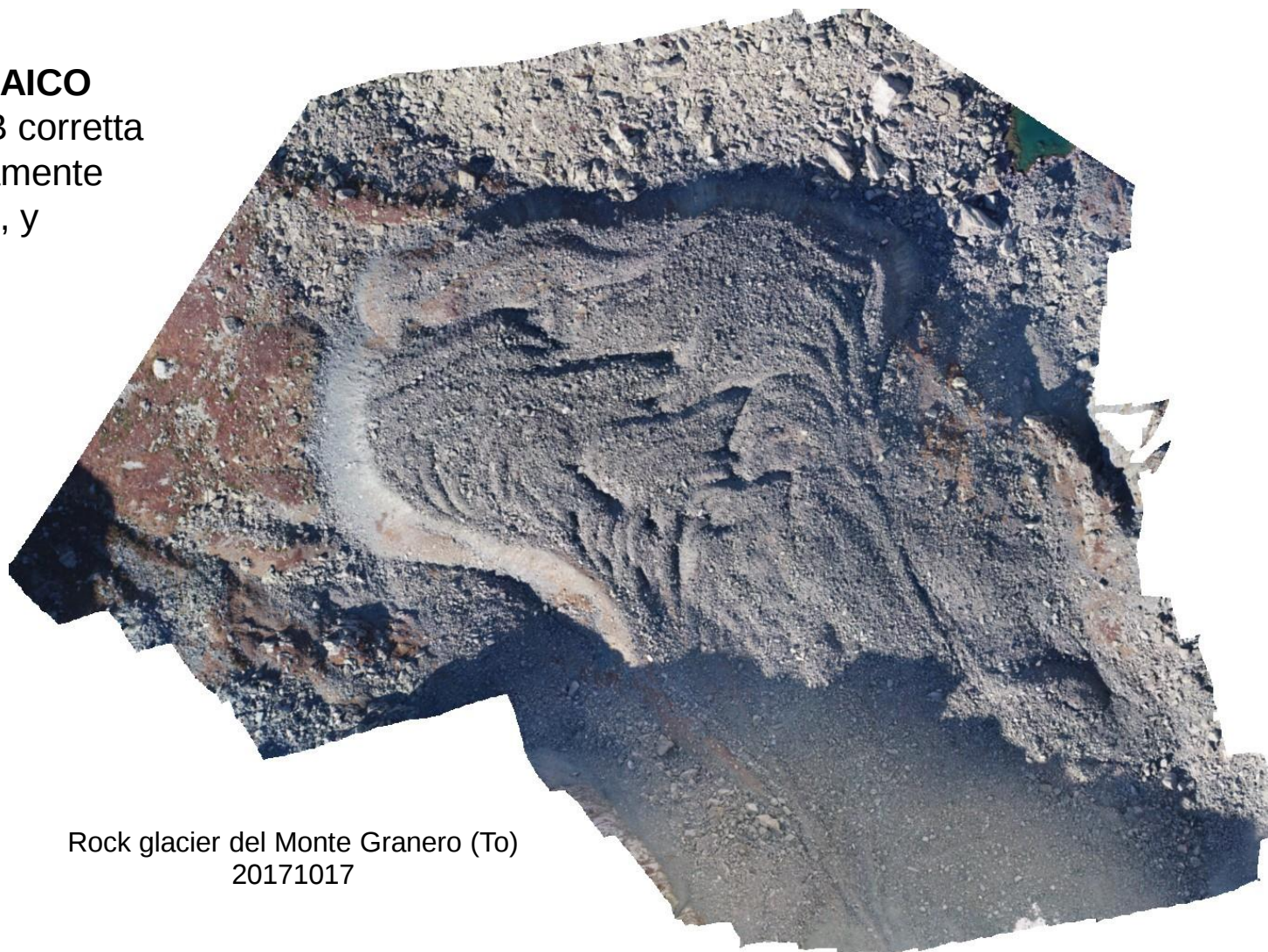
modello raster continuo ad
altissima risoluzione
info su z



3 – Fotogrammetria da UAV: prodotti

ORTOMOSAICO

immagine RGB corretta
radiometricamente
info su x, y



Rock glacier del Monte Granero (To)
20171017

3 – Fotogrammetria da UAV: prodotti

DSM derivati

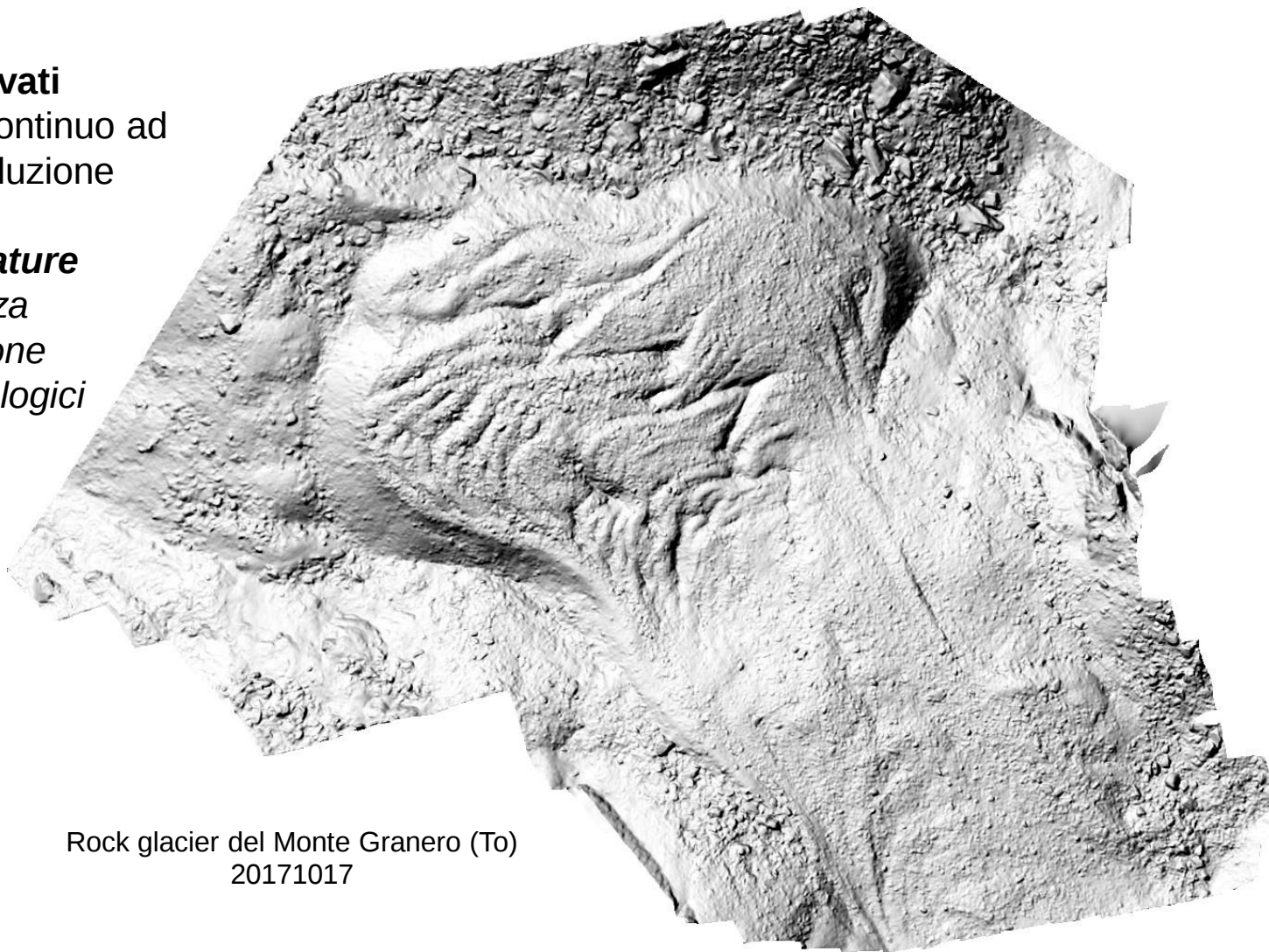
modello raster continuo ad
altissima risoluzione

ombreggiature

pendenza

esposizione

indici morfologici

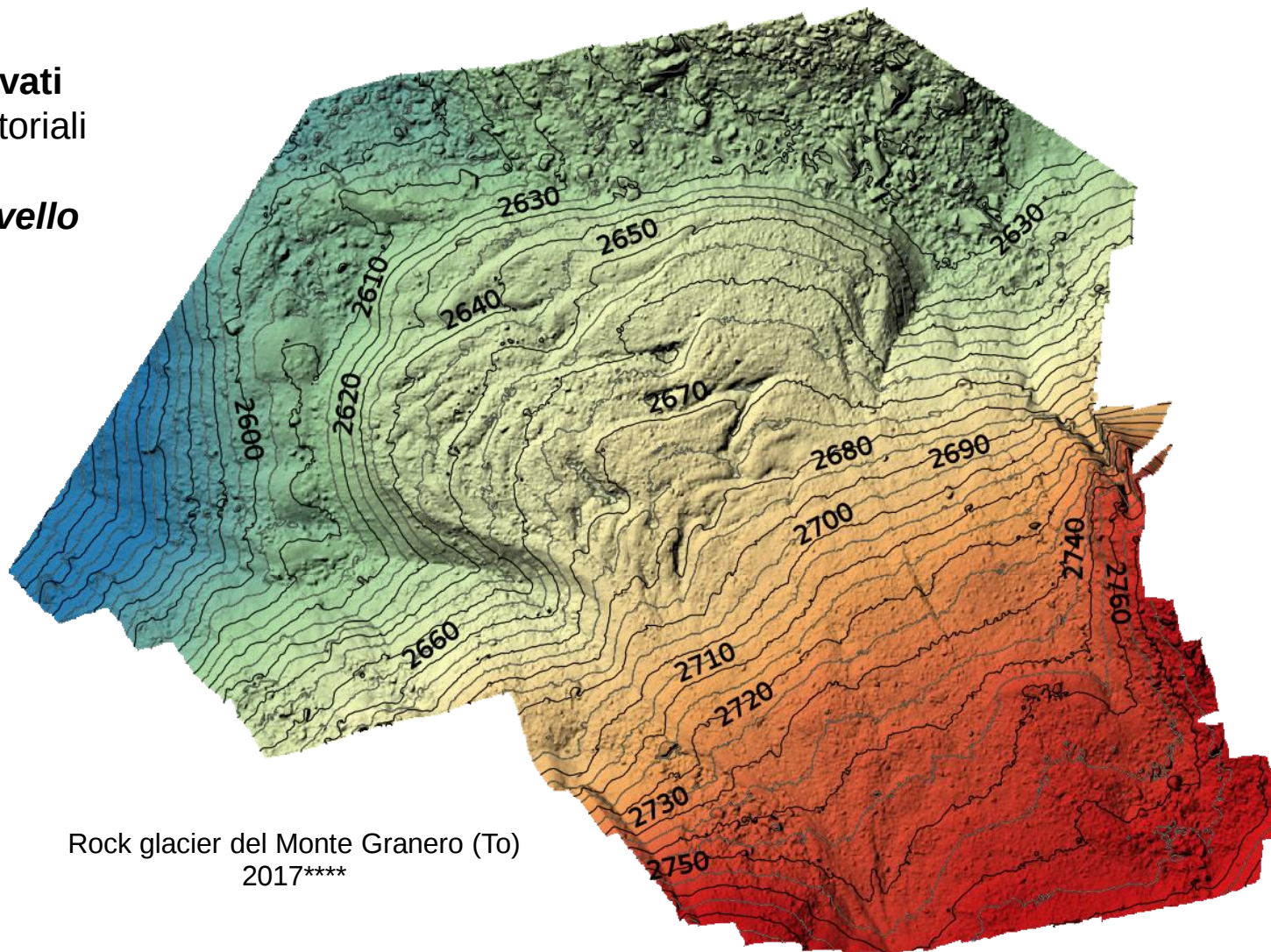


Rock glacier del Monte Granero (To)
20171017

3 – Fotogrammetria da UAV: prodotti

DSM derivati
prodotti vettoriali

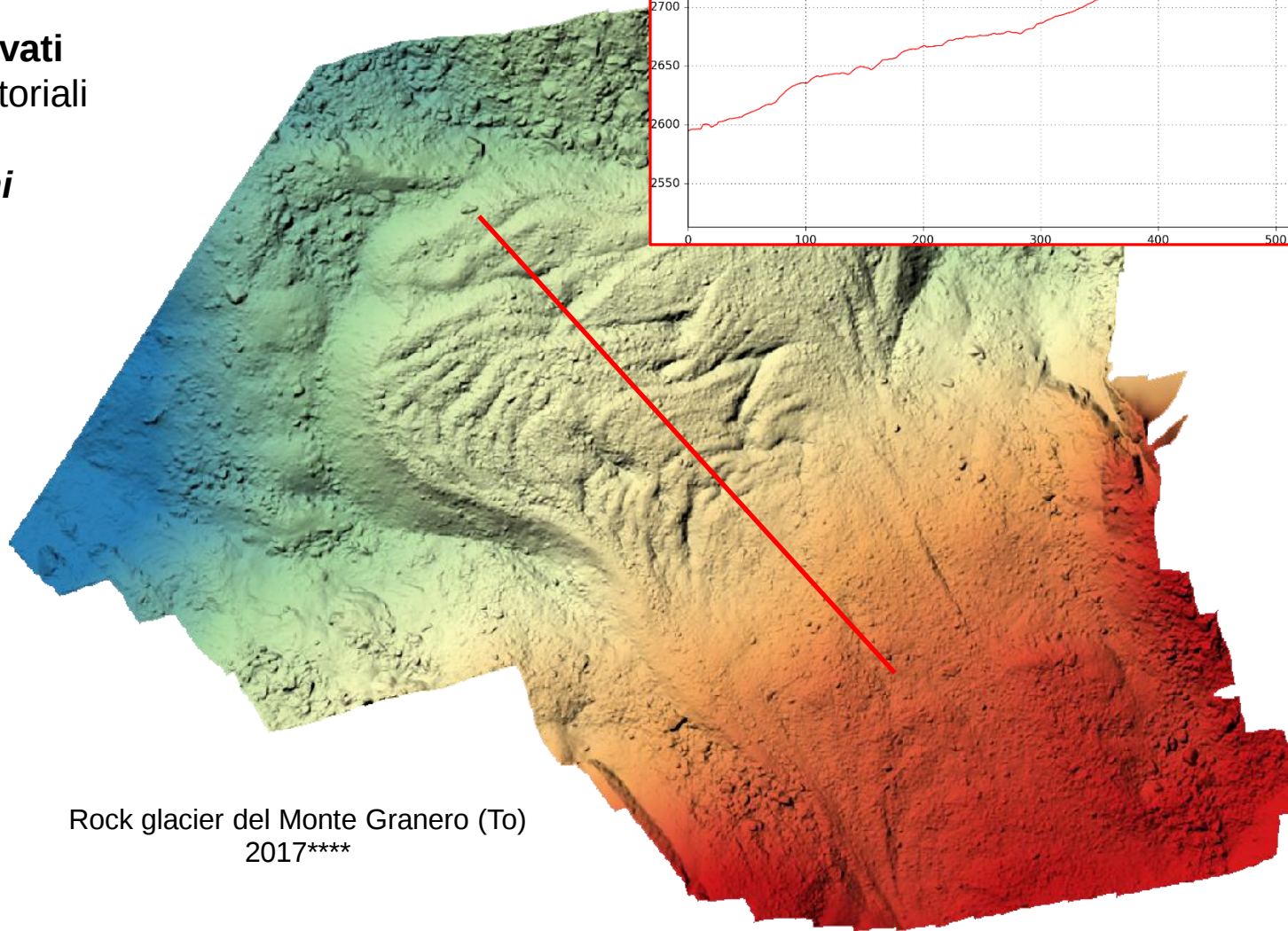
curve di livello



3 – Fotogrammetria da UAV: prodotti

DSM derivati
prodotti vettoriali

sezioni

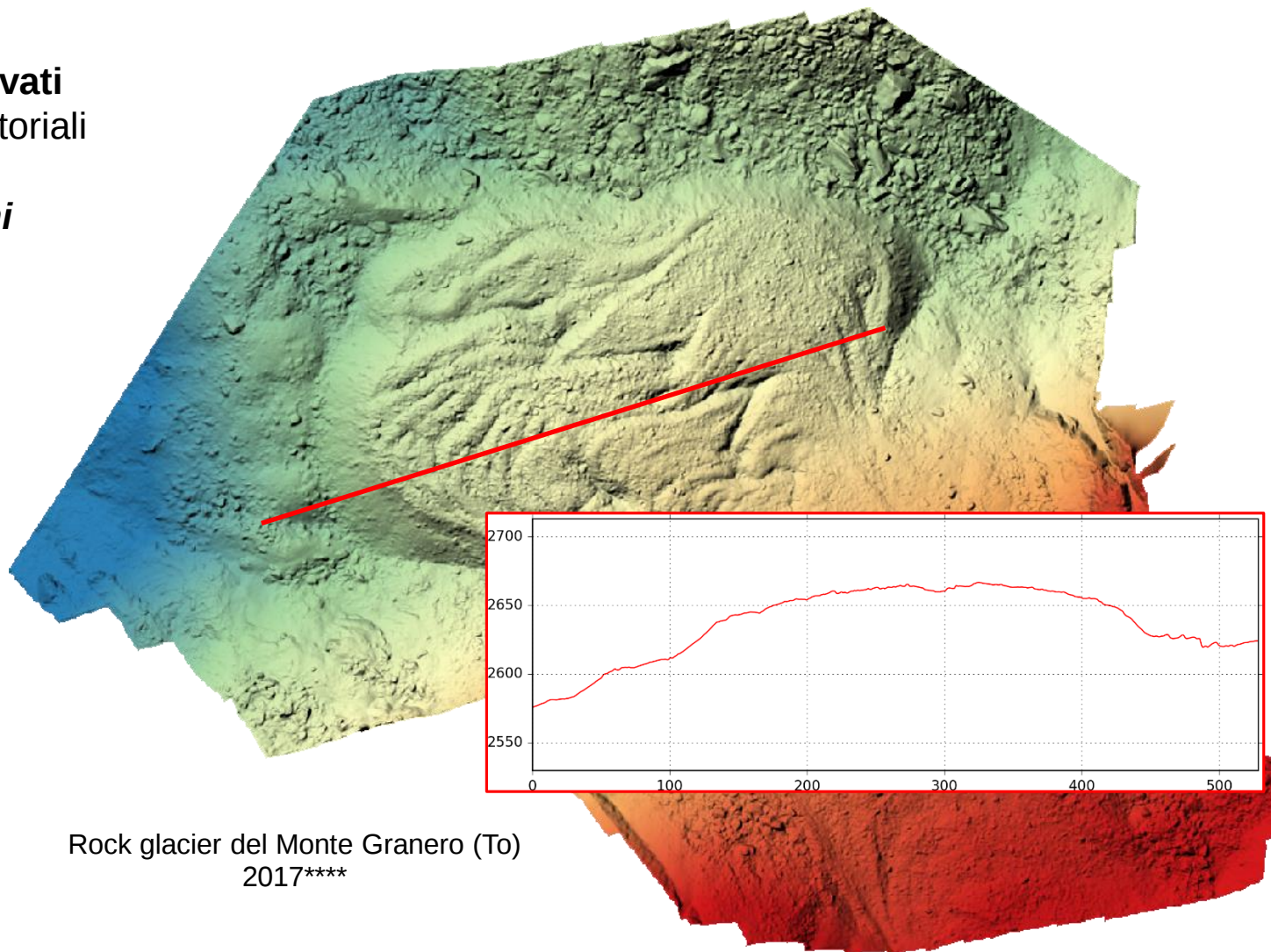


Rock glacier del Monte Granero (To)
2017****

3 – Fotogrammetria da UAV: prodotti

DSM derivati
prodotti vettoriali

sezioni



Rock glacier del Monte Granero (To)
2017****

3 – Fotogrammetria da UAV:

FASE 1

pianificazione missione

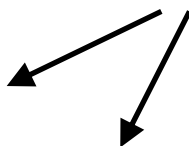


FASE 2

realizzazione missione



- acquisizione immagini
- appoggio a terra



FASE 3

processing

[...]

FASE 4

validazione

DSM , ORTOMOSAICO

3 – Fotogrammetria da UAV: pianificazione della missione (FASE 1)

- 1) **definizione dei requisiti** dei prodotti: tipologia e qualità (di posizionamento e risoluzione geometrica) e area di interesse
- 2) acquisizione informazioni di base: cartografia base, caratteristiche meteo, ombreggiature, ...
- 3) sopralluogo preliminare: contesto territoriale (dislivelli), limitazioni al volo, take-off/landing, accessibilità, ...
- 4) localizzazione punti di appoggio (GCP)
- 5) individuazione di (eventuali) punti di validazione (CP)

- DEFINIZIONE **QUOTA DI VOLO** (anche in relazione a GSD)
- **STRISCiate PARALLELE** ALLE CURVE DI LIVELLO (scala fotogramma)
- **ALTI RICOPRIMENTI** (se elevati dislivelli): fino 90% lon, 80% lat
- DEFINIZIONE DI **PIATTAFORMA** (MC o AP) e **SENSORE**

3 – Fotogrammetria da UAV: pianificazione della missione (FASE 1)

- 1) definizione dei requisiti dei prodotti: tipologia e qualità (di posizionamento e risoluzione geometrica) e area di interesse
- 2) acquisizione informazioni di base: cartografia base, caratteristiche meteo, ombreggiature, ...
- 3) sopralluogo preliminare: contesto territoriale (dislivelli), limitazioni al volo, take-off/landing, accessibilità, ...
- 4) localizzazione punti di appoggio (GCP)
- 5) individuazione di (eventuali) punti di validazione (CP)

- **DEFINIZIONE QUOTA DI VOLO** (anche in relazione a GSD)
- **STRISCIALE PARALLELE ALLE CURVE DI LIVELLO** (scala fotogramma)
- **ALTI RICOPRIMENTI** (se elevati dislivelli): fino 90% lon, 80% lat
- **DEFINIZIONE DI PIATTAFORMA** (MC o AP) e **SENSORE**

3 – Fotogrammetria da UAV: realizzazione della missione (FASE 2)

RETE DI APPOGGIO (se necessaria!!)

1) materializzazione dei CGP

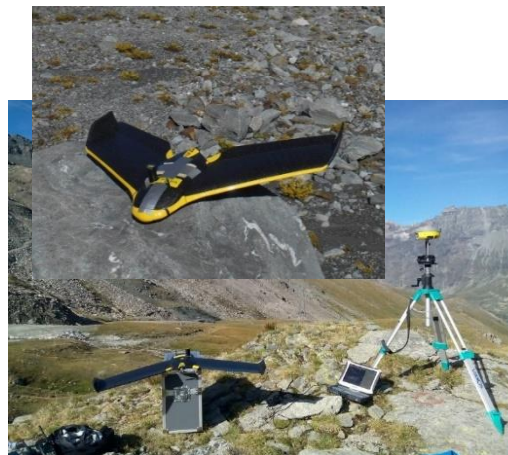


2) misura topografica per determinazione coordinate dei GCP



3 – Fotogrammetria da UAV: realizzazione della missione (FASE 2)

ACQUISIZIONE IMMAGINI



senseFly Swinglet CAM

- 15' autonomia
- 0,550 Kg
- camera: RGB, NIR (12 Mp – 16 Mp)

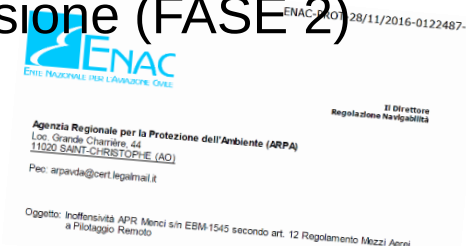
senseFly eBee RTK

- 20' autonomia
- 0,640 Kg
- camera: RGB, NIR, RE, S.D.O.A.
- modalità: standalone, **RTK base**, **RTK virtual**

DJI Phantom 4 PRO

- 23' autonomia
- 1,400 Kg
- 1" , 20 MP

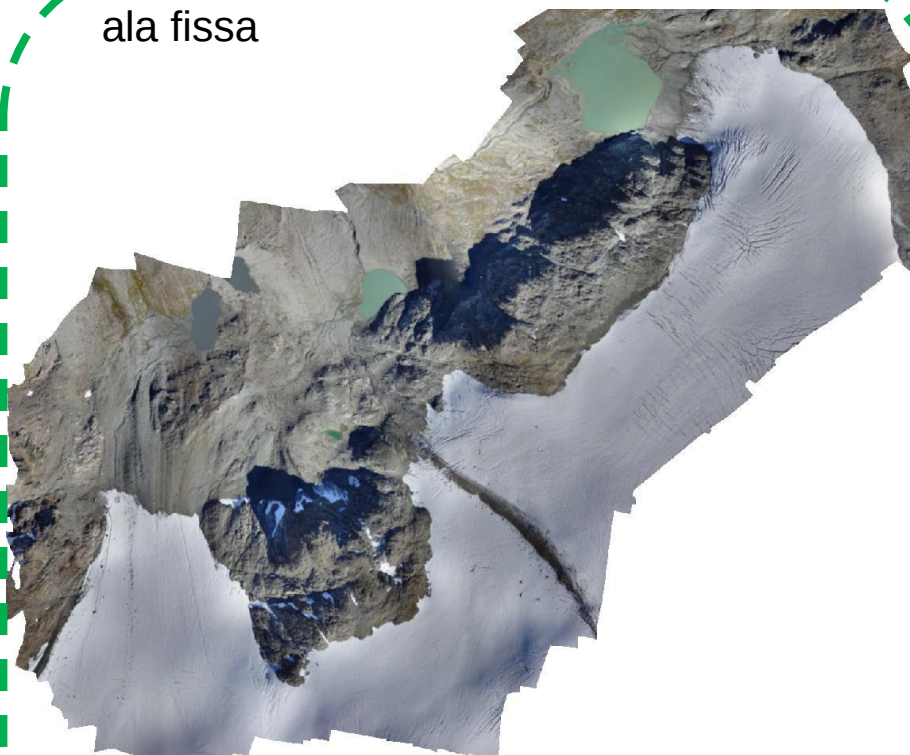
Benassi F., Dall'Asta E., Diotri F., Forlani G., Morra di Cella U., Roncella R., Santise M. (2017), *Testing Accuracy and Repeatability of UAV Blocks Oriented with GNSS-Supported Aerial Triangulation*, Remote Sensing, 9(2)172, DOI: 10.3390/rs9020172.



3 – Fotogrammetria da UAV: realizzazione della missione (FASE 2)

ACQUISIZIONE IMMAGINI

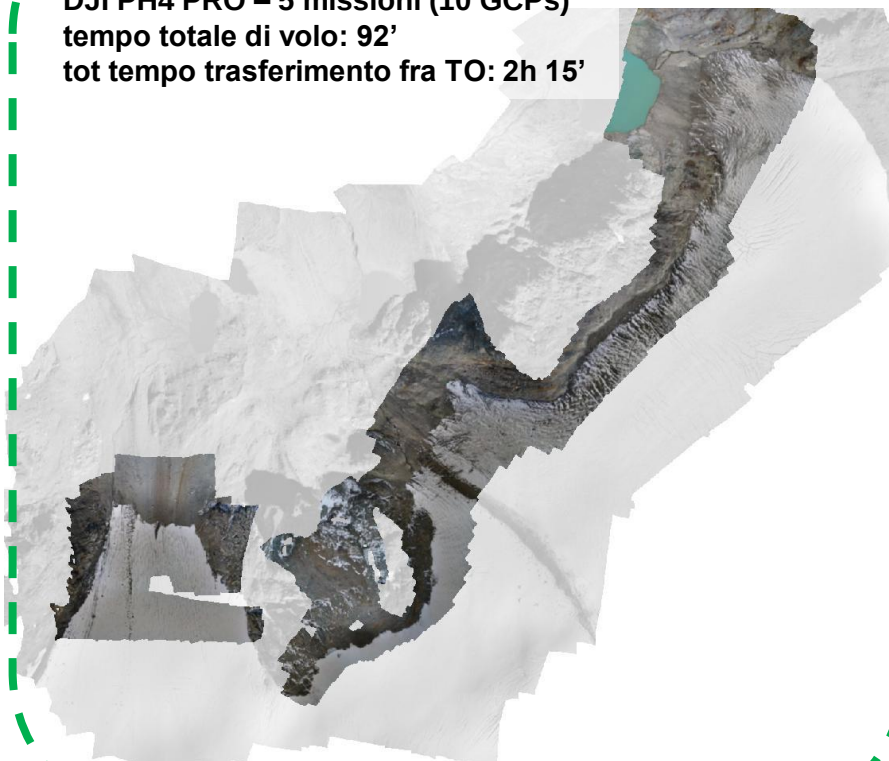
ala fissa



Ghiacciaio del Rutor – rilievo 09/2016
SenseFly ebee RTK – 2 missioni (2 GCPs)
tempo totale di volo: 39'

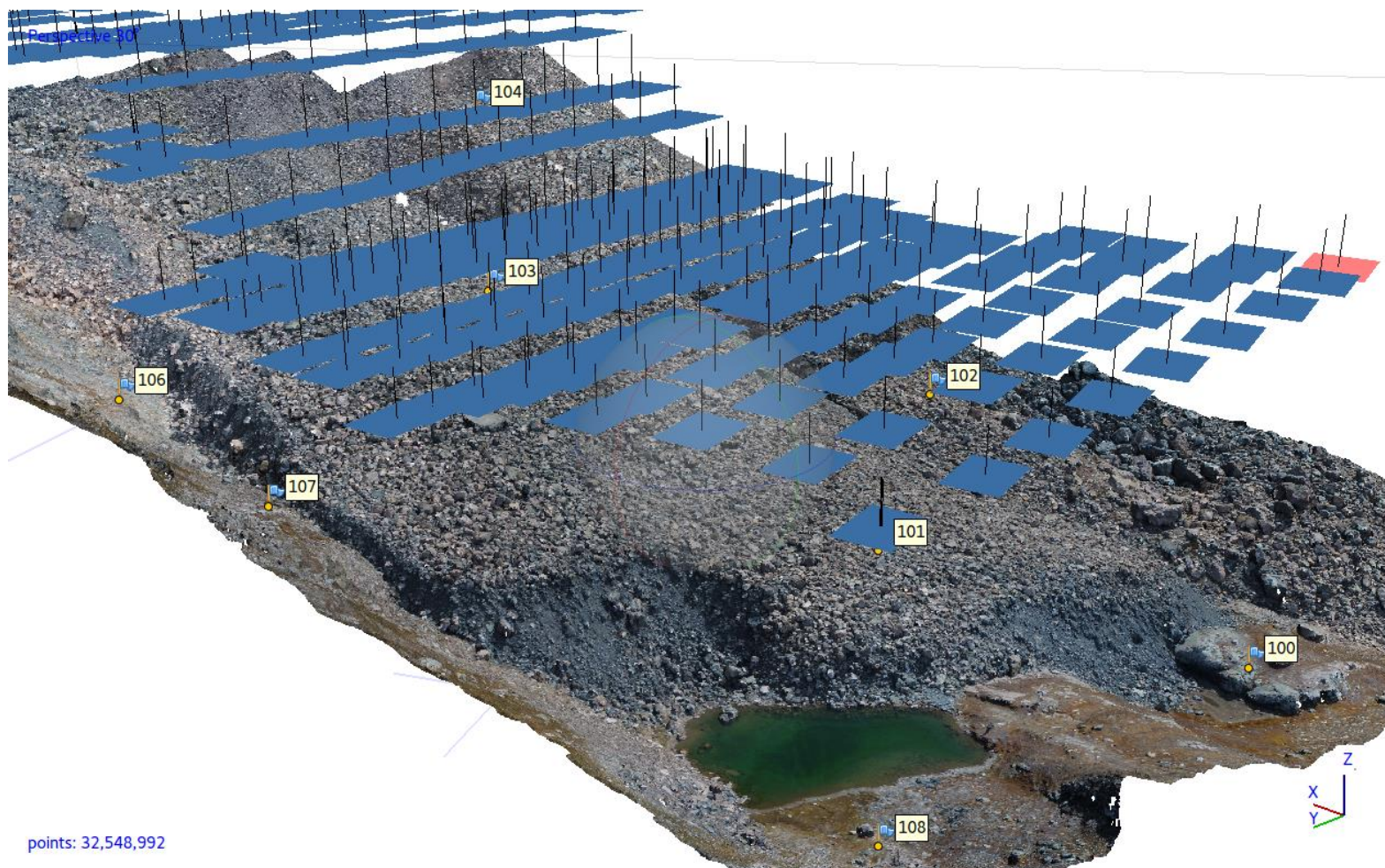
Ghiacciaio del Rutor – rilievo 09/2017
DJI PH4 PRO – 5 missioni (10 GCPs)
tempo totale di volo: 92'
tot tempo trasferimento fra TO: 2h 15'

multirottore



3 – Fotogrammetria da UAV: processing (FASE 3)

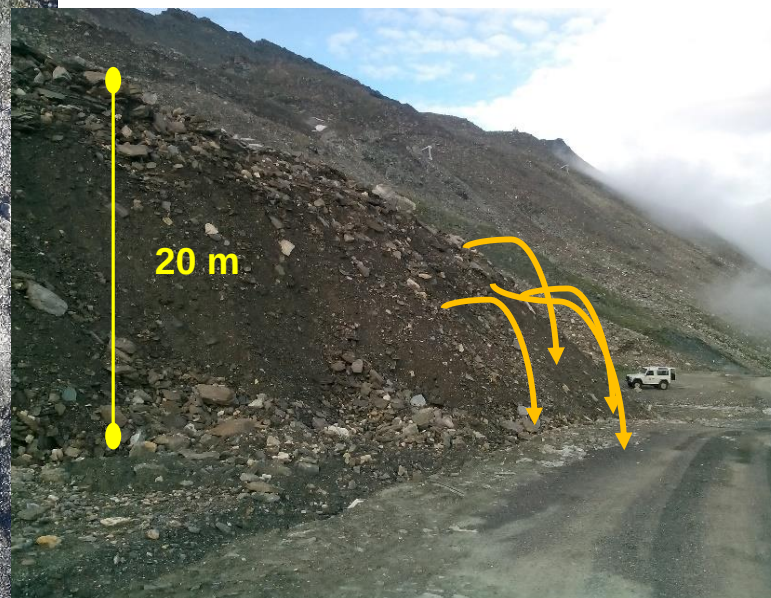
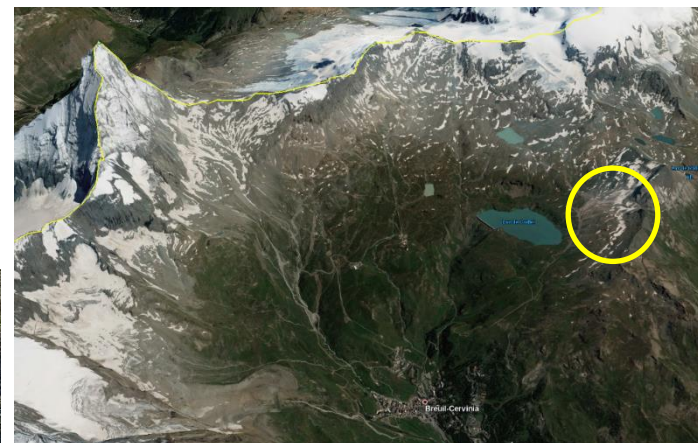
ACQUISIZIONE IMMAGINI



3 – Fotogrammetria da UAV: validazione (FASE 4)

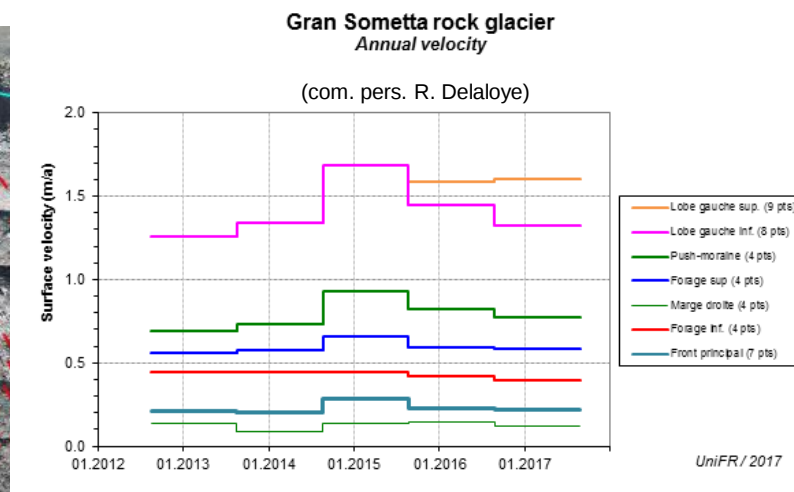
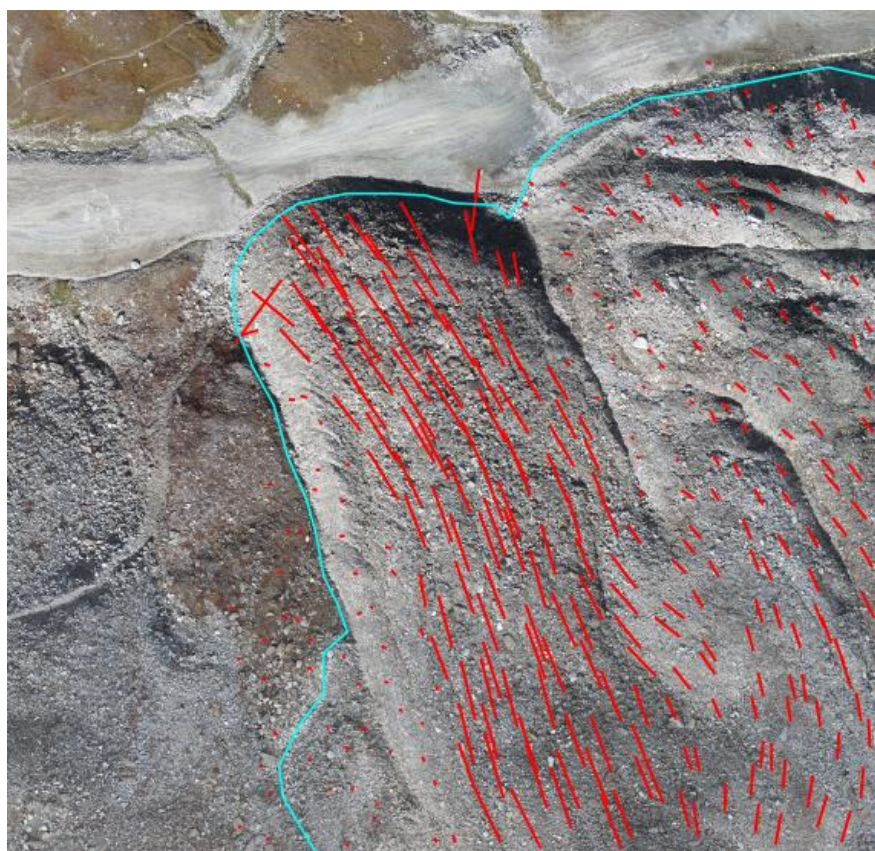


4 – Casi studio: rock glacier Gran Sometta (Cervinia, Valtournenche – AO)



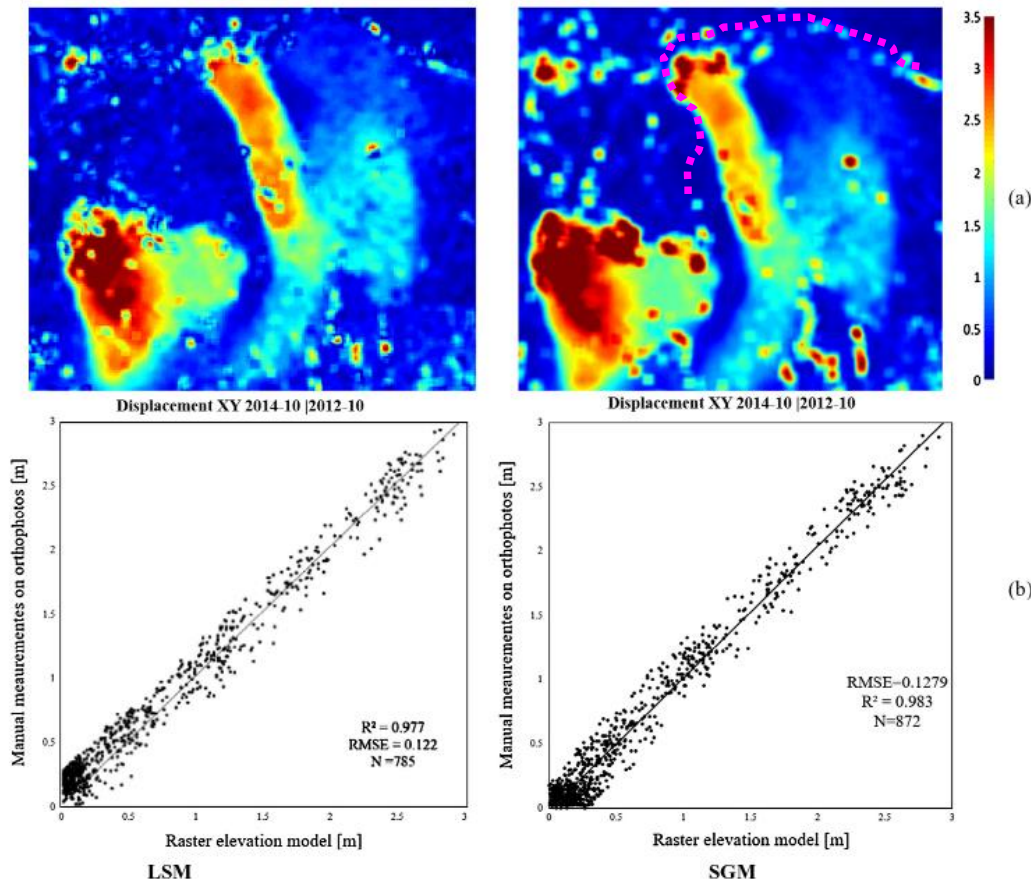
4 – Casi studio: rock glacier Gran Sometta (Cervinia)

Misura degli spostamenti superficiali e determinazione campi di velocità
(picking manuale su ortomosaici)



4 – Casi studio: rock glacier Gran Sometta (Cervinia)

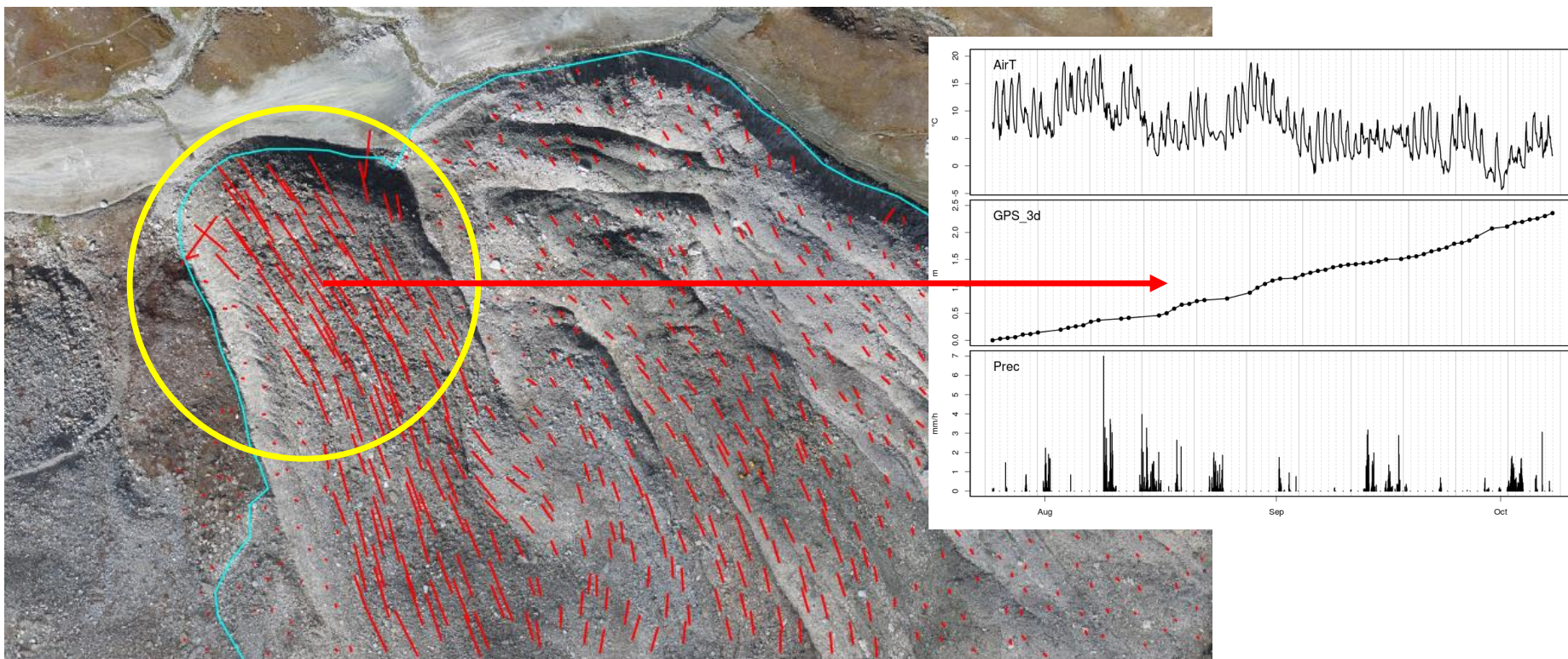
Misura degli spostamenti superficiali e determinazione campi di velocità
(analisi automatica con Least Squares Matching (LSM) e Semi-Global Matching (SGM))



Dall'Asta et al. (2017) - Unmanned Aerial Systems and DSM matching for rock glacier monitoring. ISPRS J. Photogram. Remote Sensing

4 – Casi studio: rock glacier Gran Sometta (Cervinia)

Analisi preliminare comportamenti a supporto di altri monitoraggi
(installazione stazione GNSS fissa per monitoraggio in continuo)



4 – Casi studio: rock glacier Gran Sometta (Cervinia)

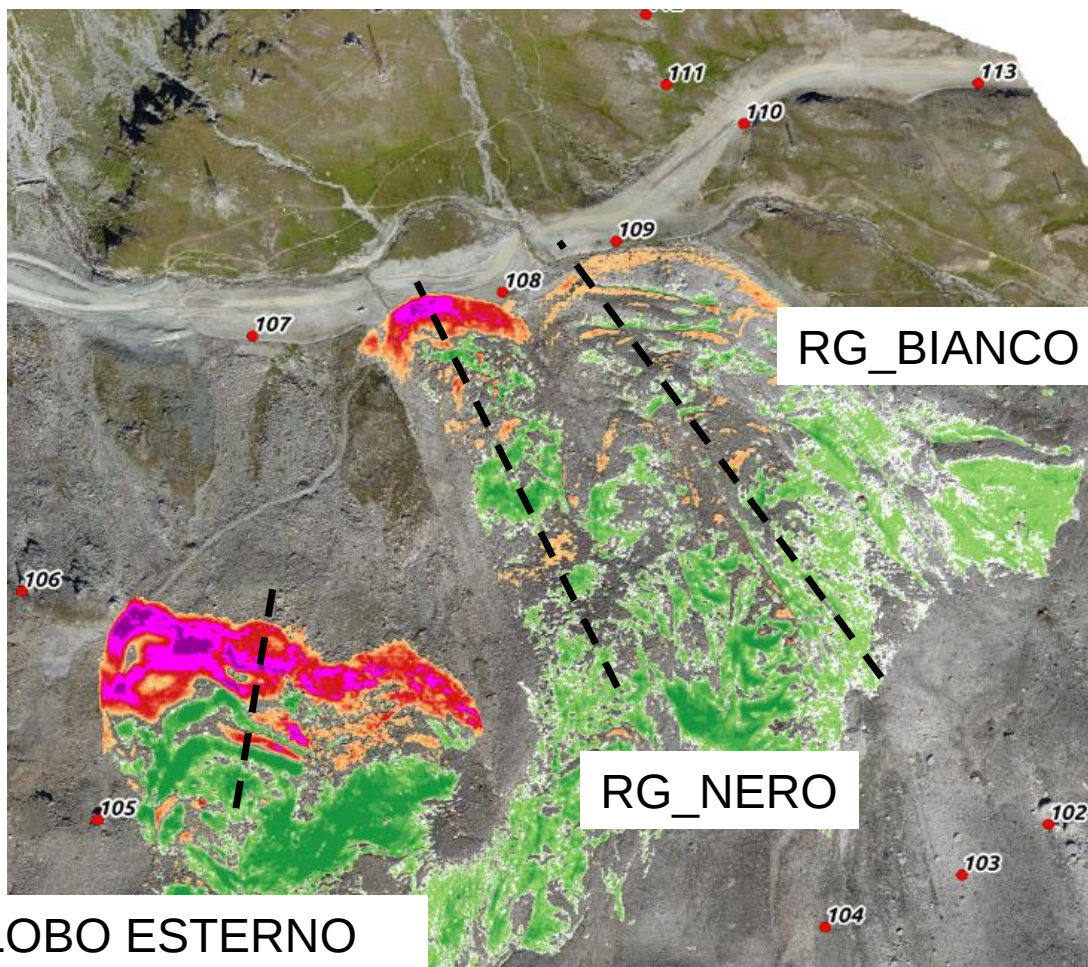
Analisi multitemporale DSM (2017/08 – 2012/10)

● GCP

Delta DTM (2016/10-2012/10)

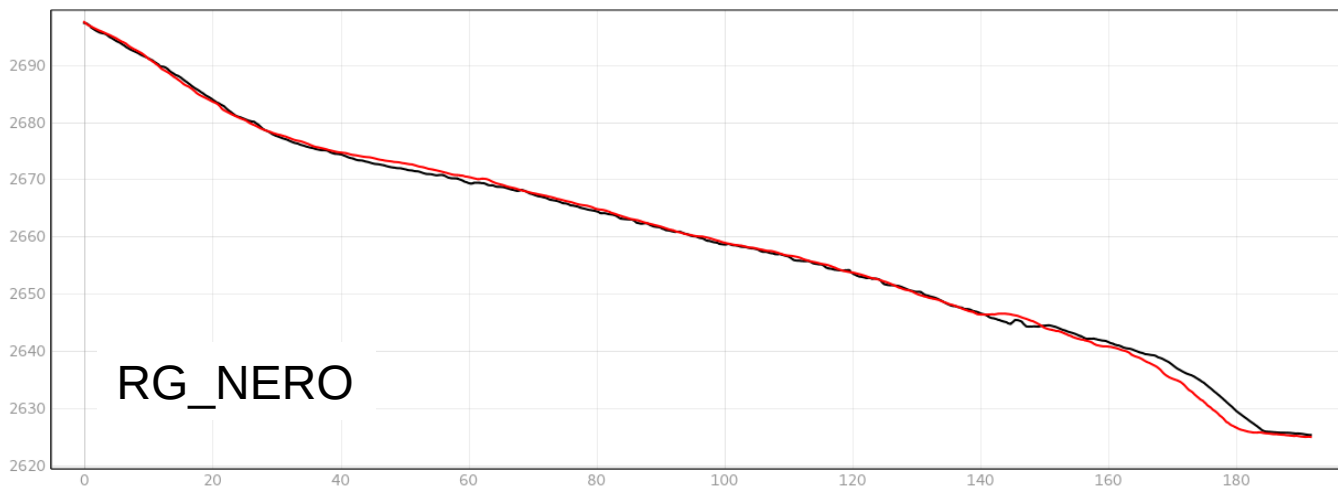
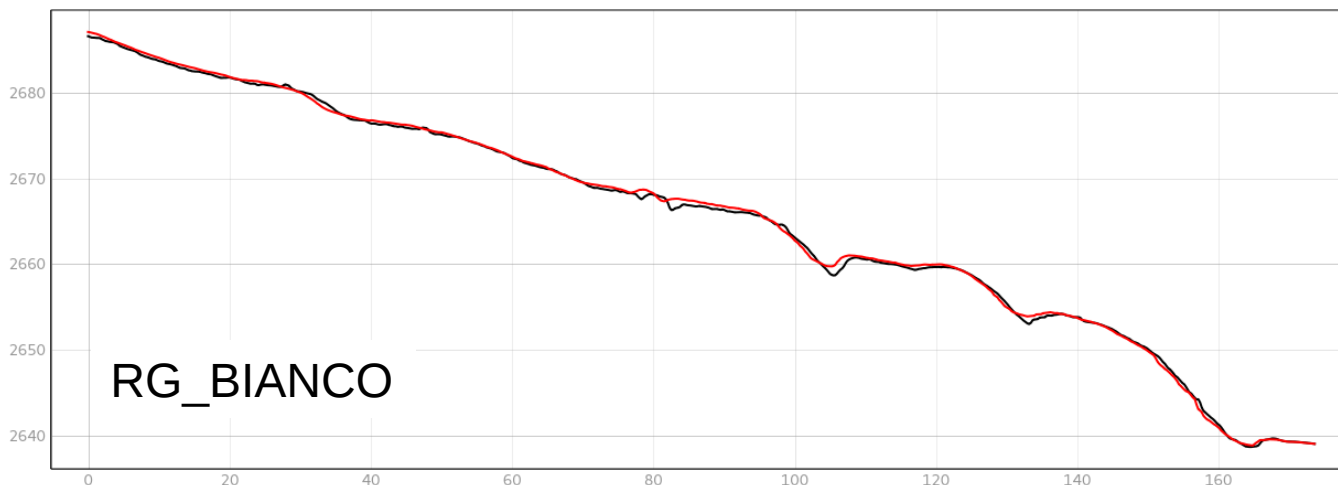
< -1.1
 -0.80
 -0.60
 -0.40

0.4
 0.6
 0.8
 1
 1.2
 1.4
 2
 3
 4



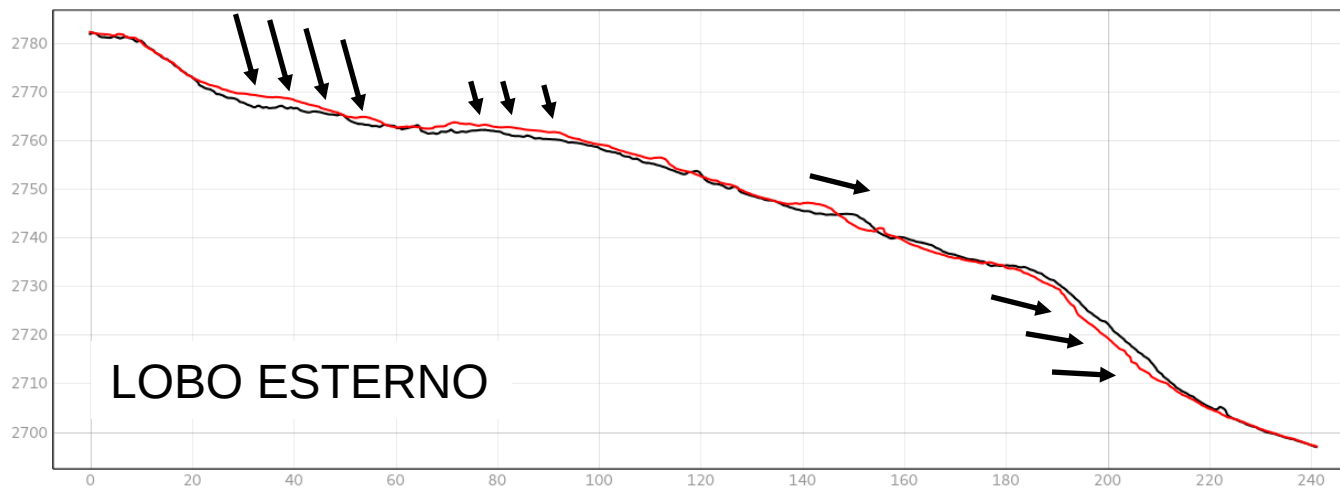
4 – Casi studio: rock glacier Gran Sometta (Cervinia)

Variazione profili longitudinali (2017/08 – 2012/10)



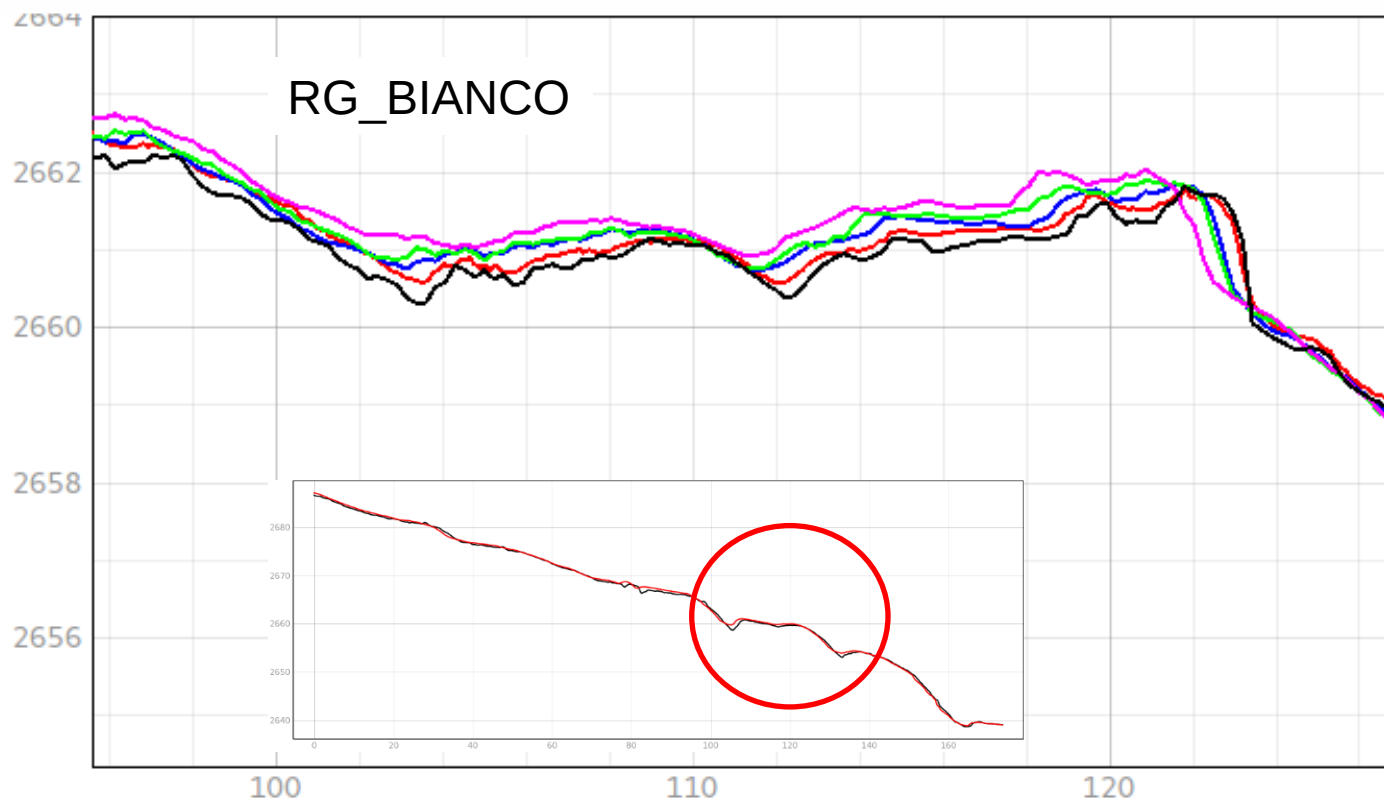
4 – Casi studio: rock glacier Gran Sometta (Cervinia)

Variazione profili longitudinali (2017/08 – 2012/10)



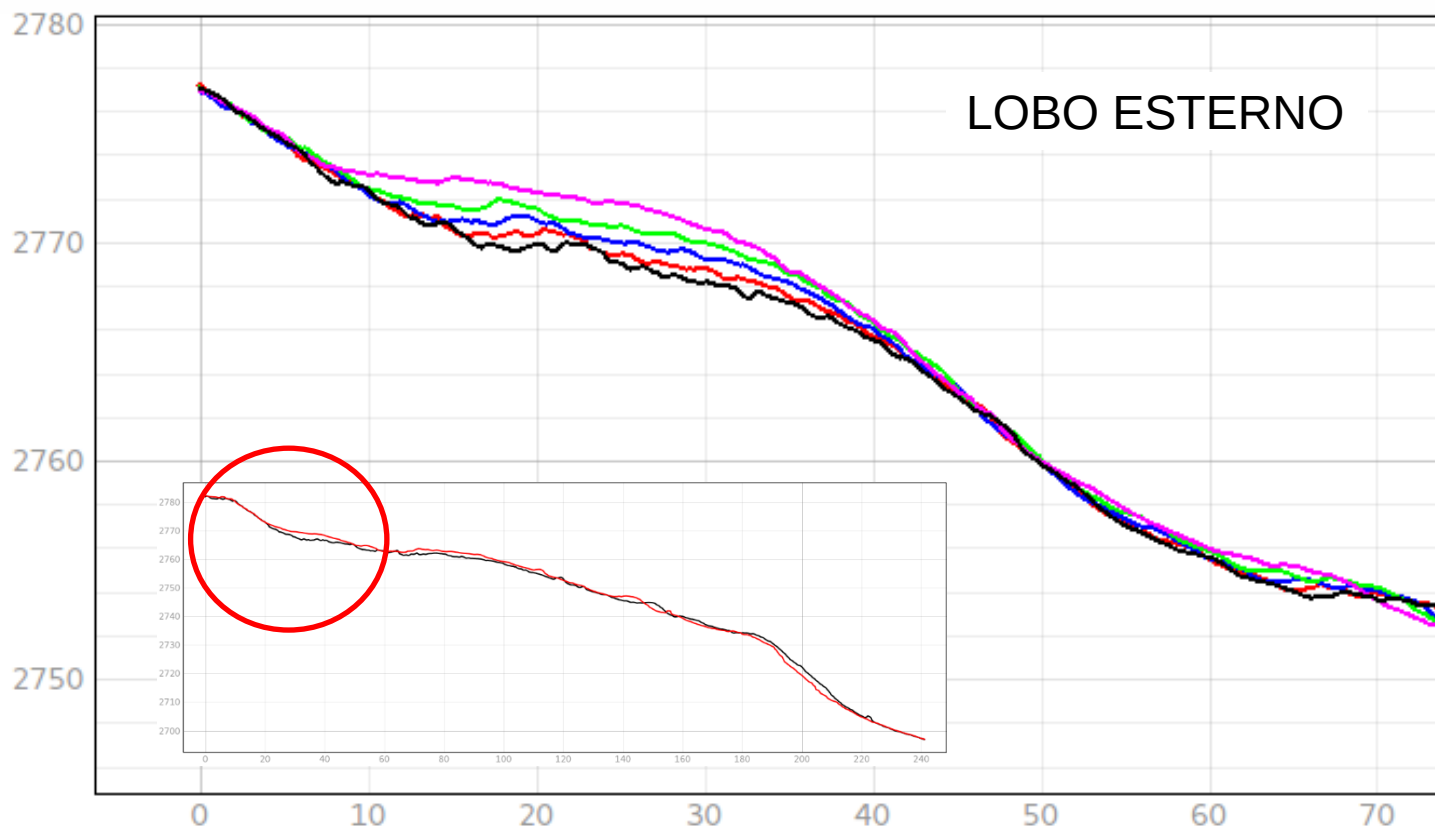
4 – Casi studio: rock glacier Gran Sometta (Cervinia)

Variazione profili longitudinali (2012/10-2014/10-2015/09-2016/08-2017/08)



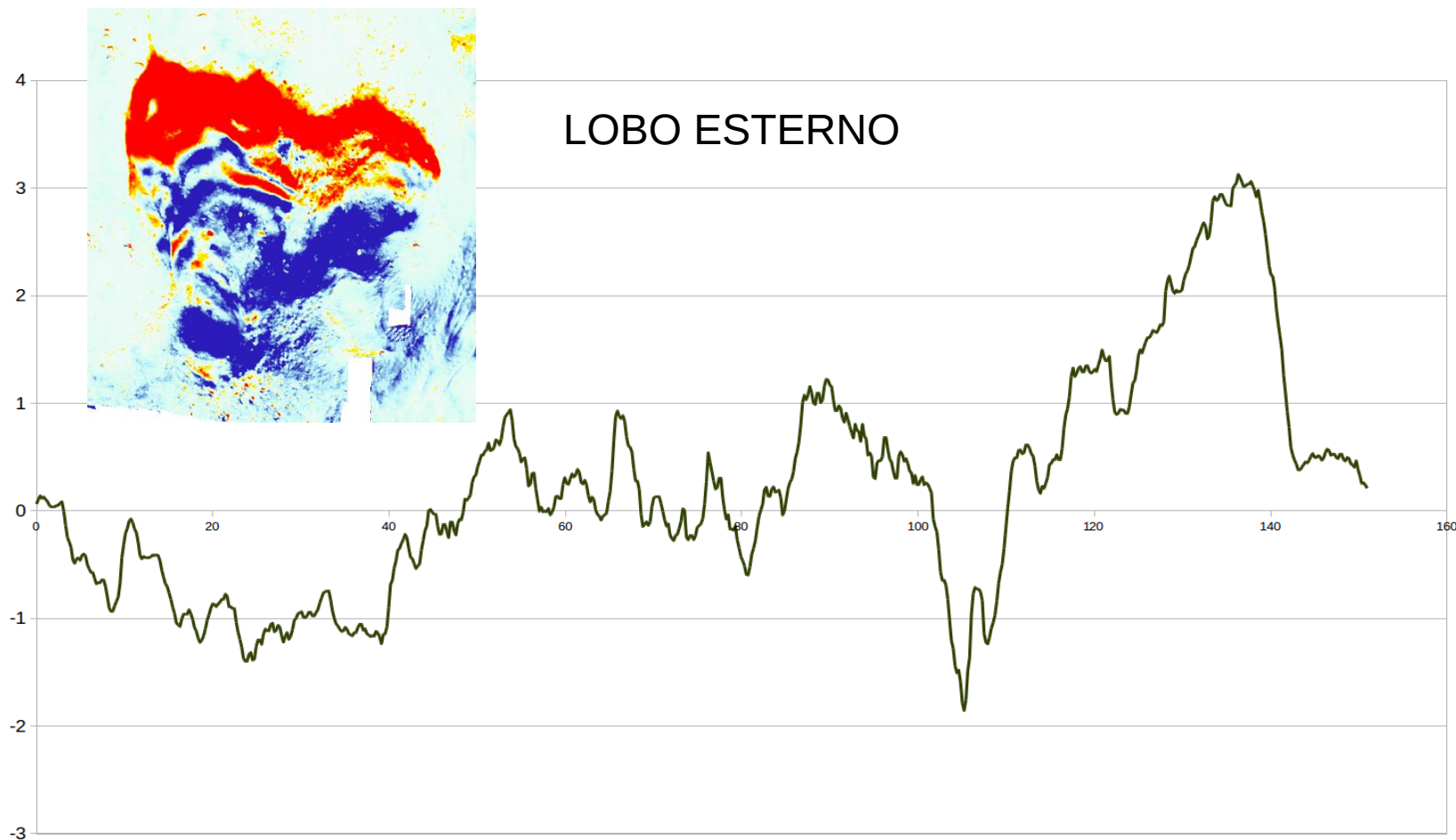
4 – Casi studio: rock glacier Gran Sometta (Cervinia)

Variazione profili longitudinali (2012/10-2014/10-2015/09-2016/08-2017/08)



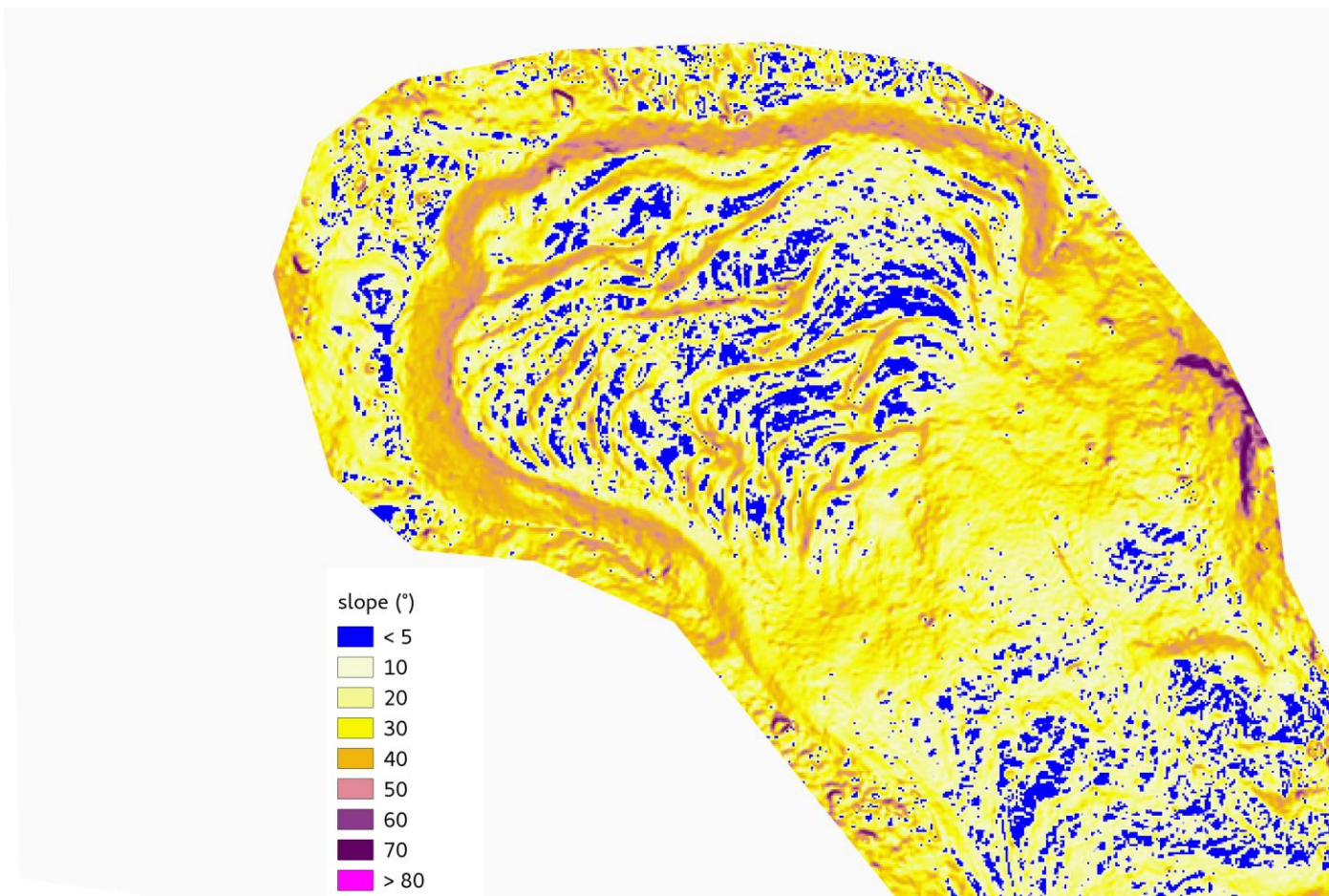
4 – Casi studio: rock glacier Gran Sometta (Cervinia)

Variazione quota superficie (2012/10 - 2017/08)



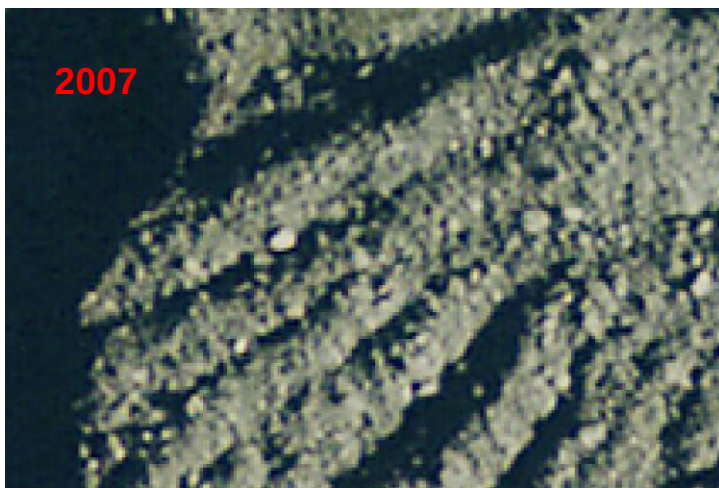
4 – Casi studio: rock glacier Monte Granero (Monviso, TO)

Carta delle pendenze (20171017), flat < 5°



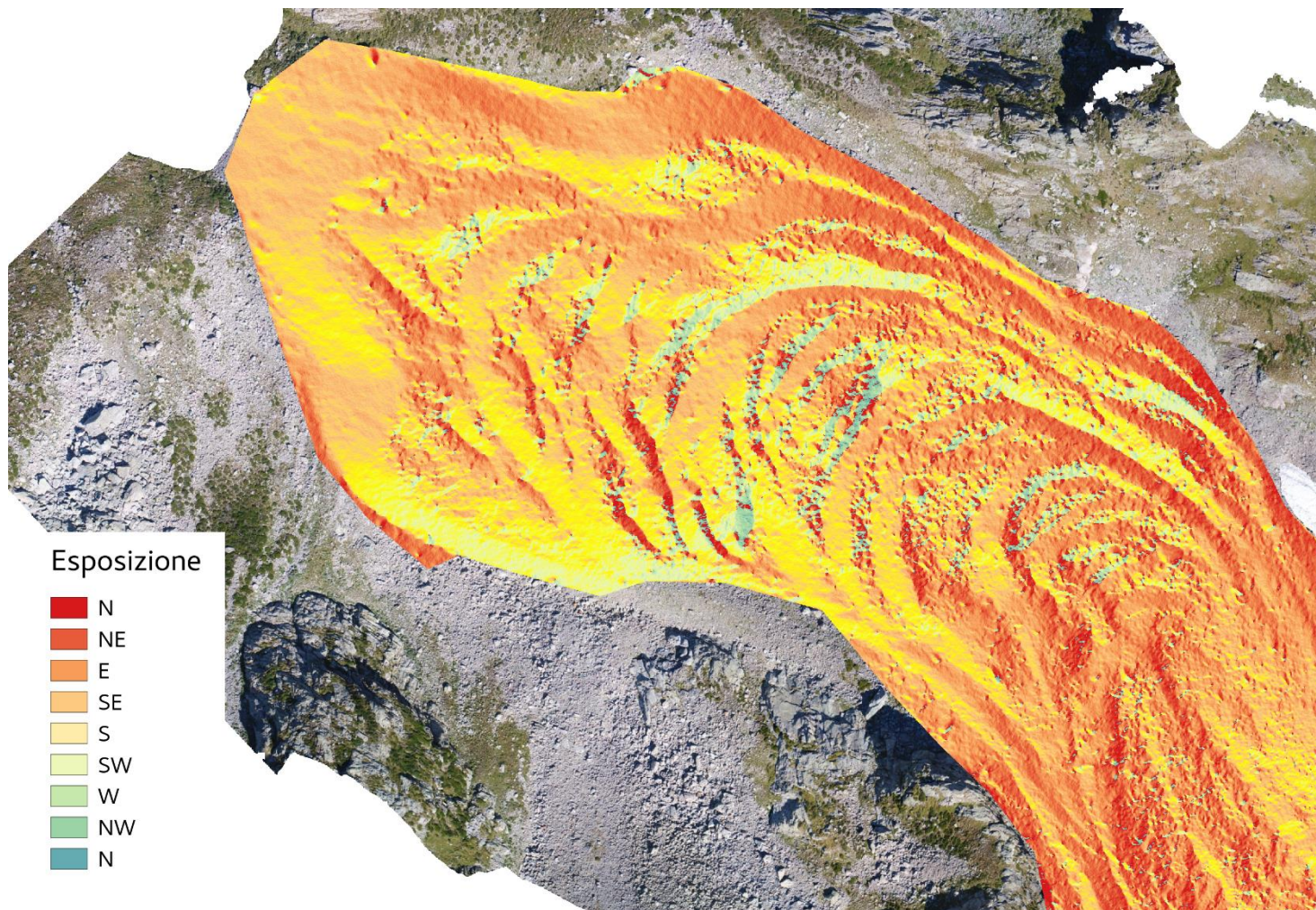
4 – Casi studio: rock glacier Monte Granero (Monviso, TO)

Spostamenti «storici» ???



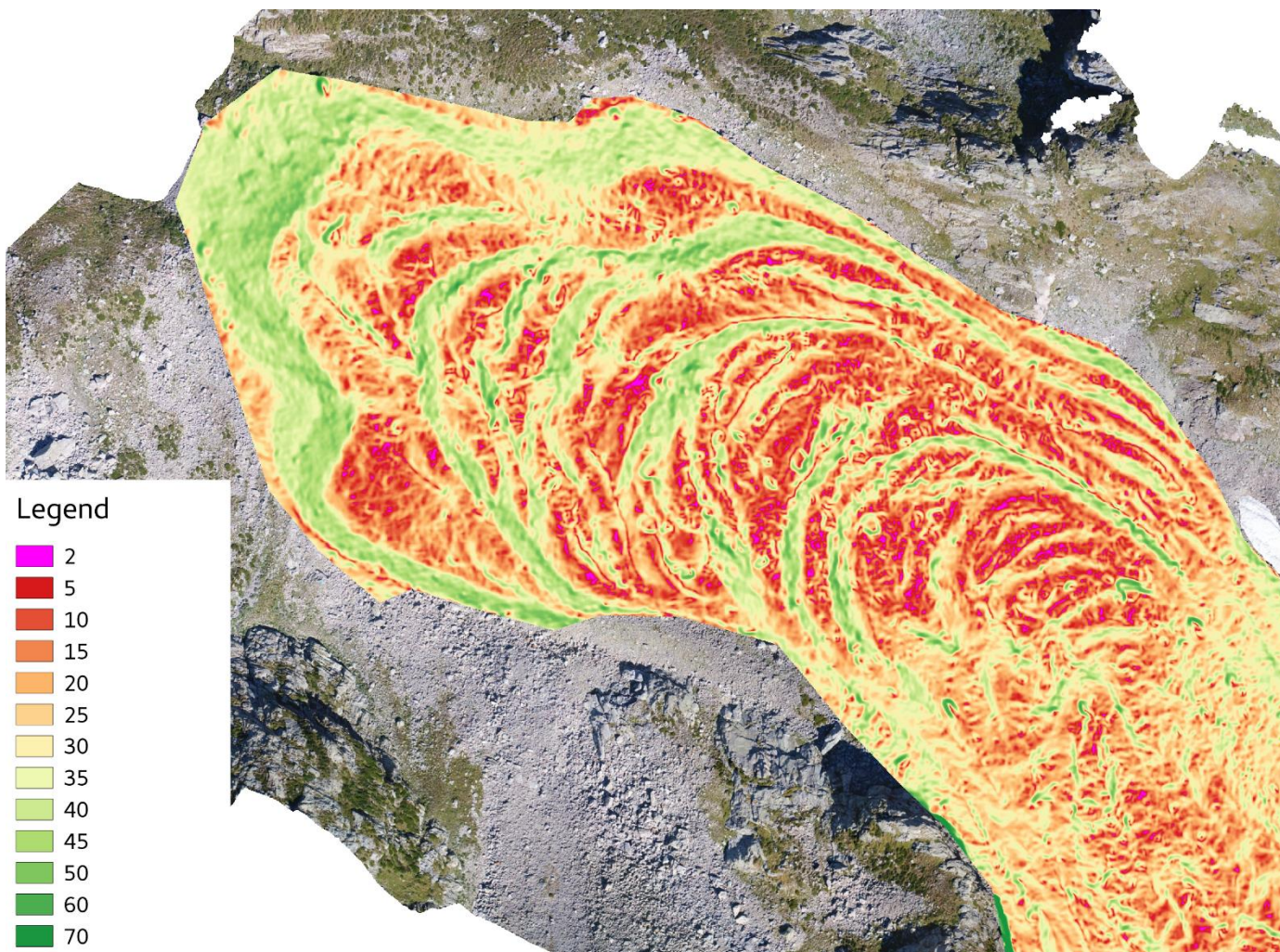
4 – Casi studio: rock glacier Vei del Bouc (CN)

Carta delle esposizioni (GSD 0.1 m)



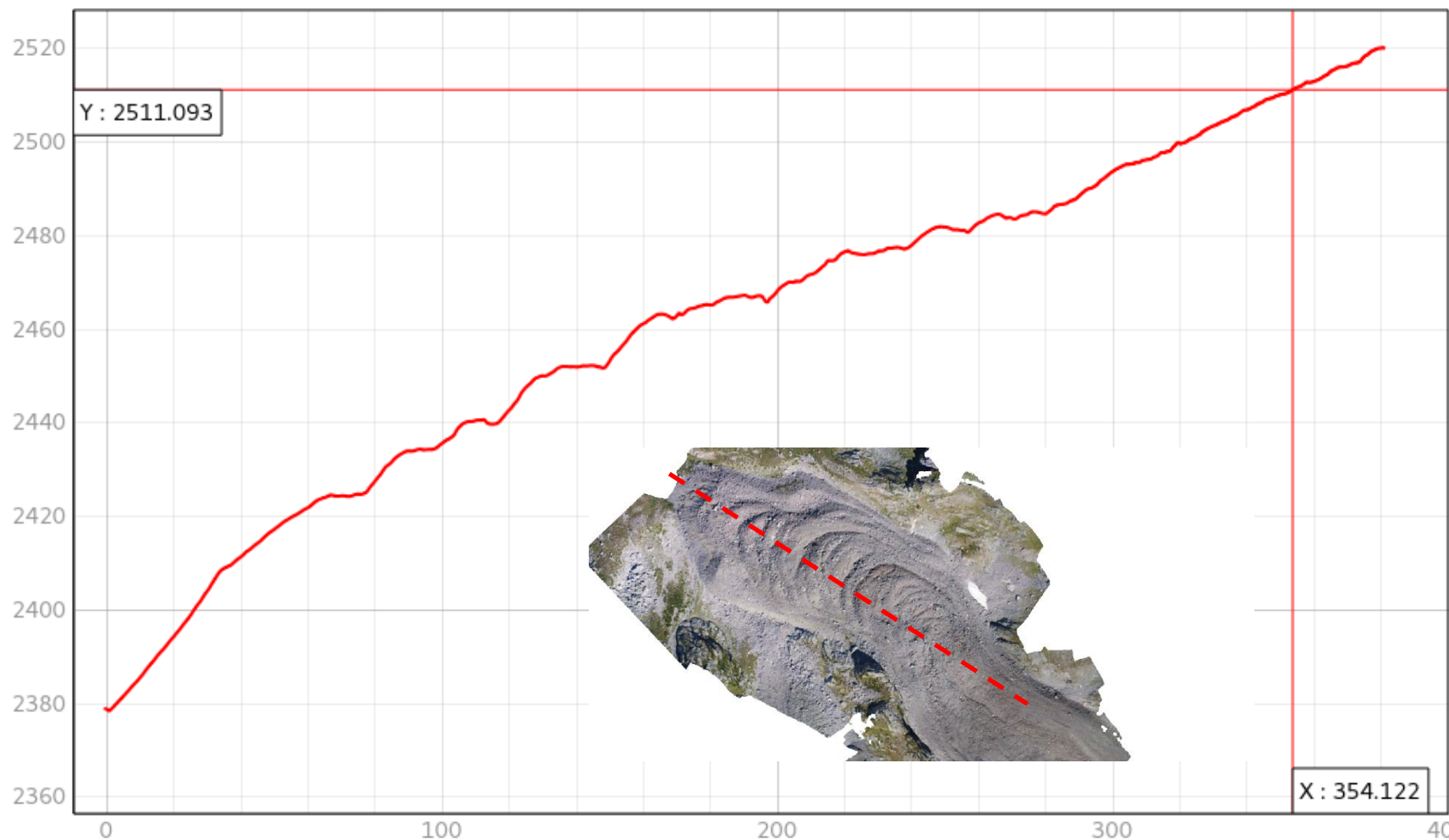
4 – Casi studio: rock glacier Vei del Bouc (CN)

Carta delle pendenze (GSD 0.1 m)



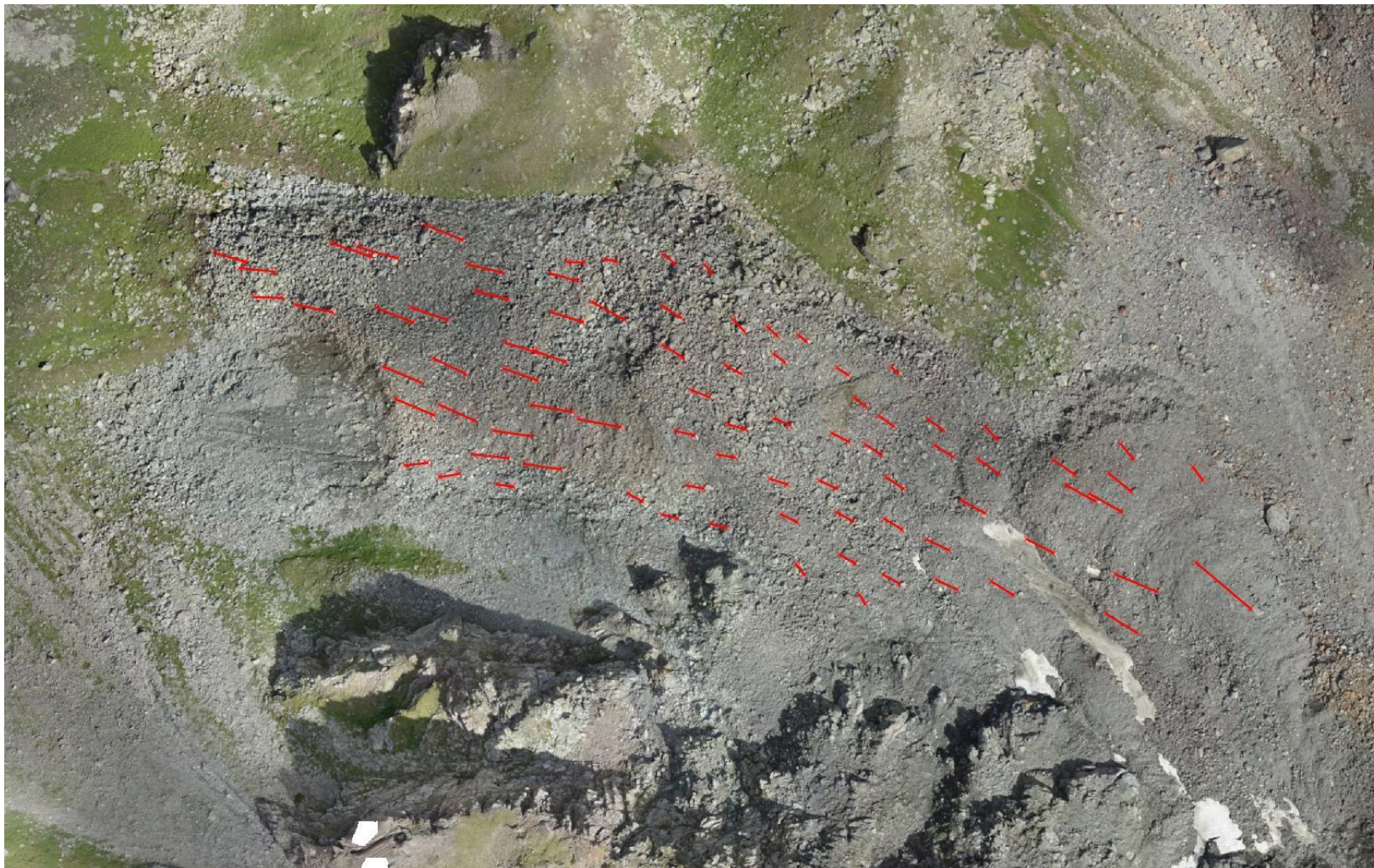
4 – Casi studio: rock glacier Vei del Bouc (CN)

Profilo longitudinale



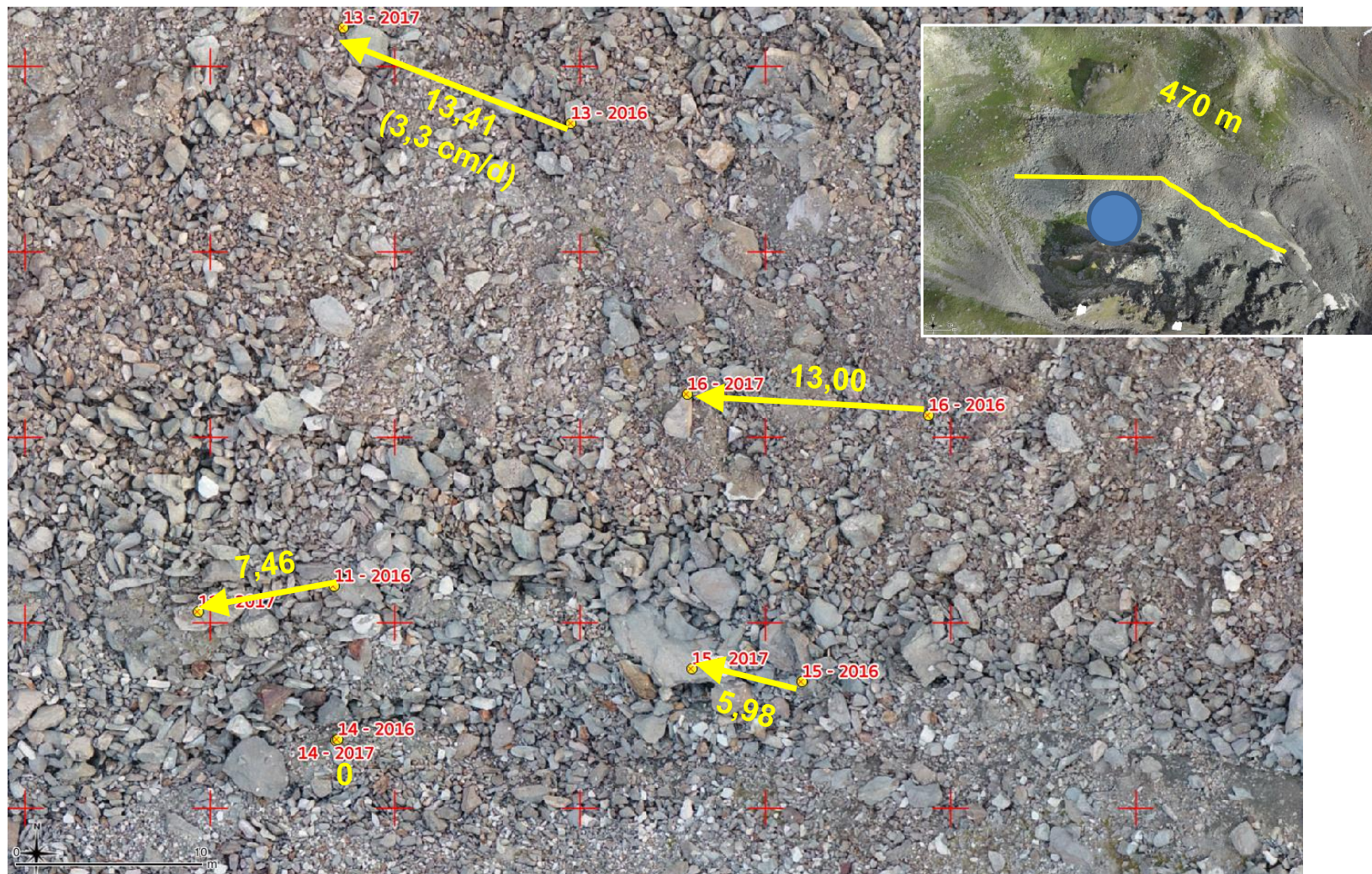
4 – Casi studio: rock glacier Arpisson (Cogne, AO)

Spostamenti recenti: 20160726 – 20170904 (400 gg)



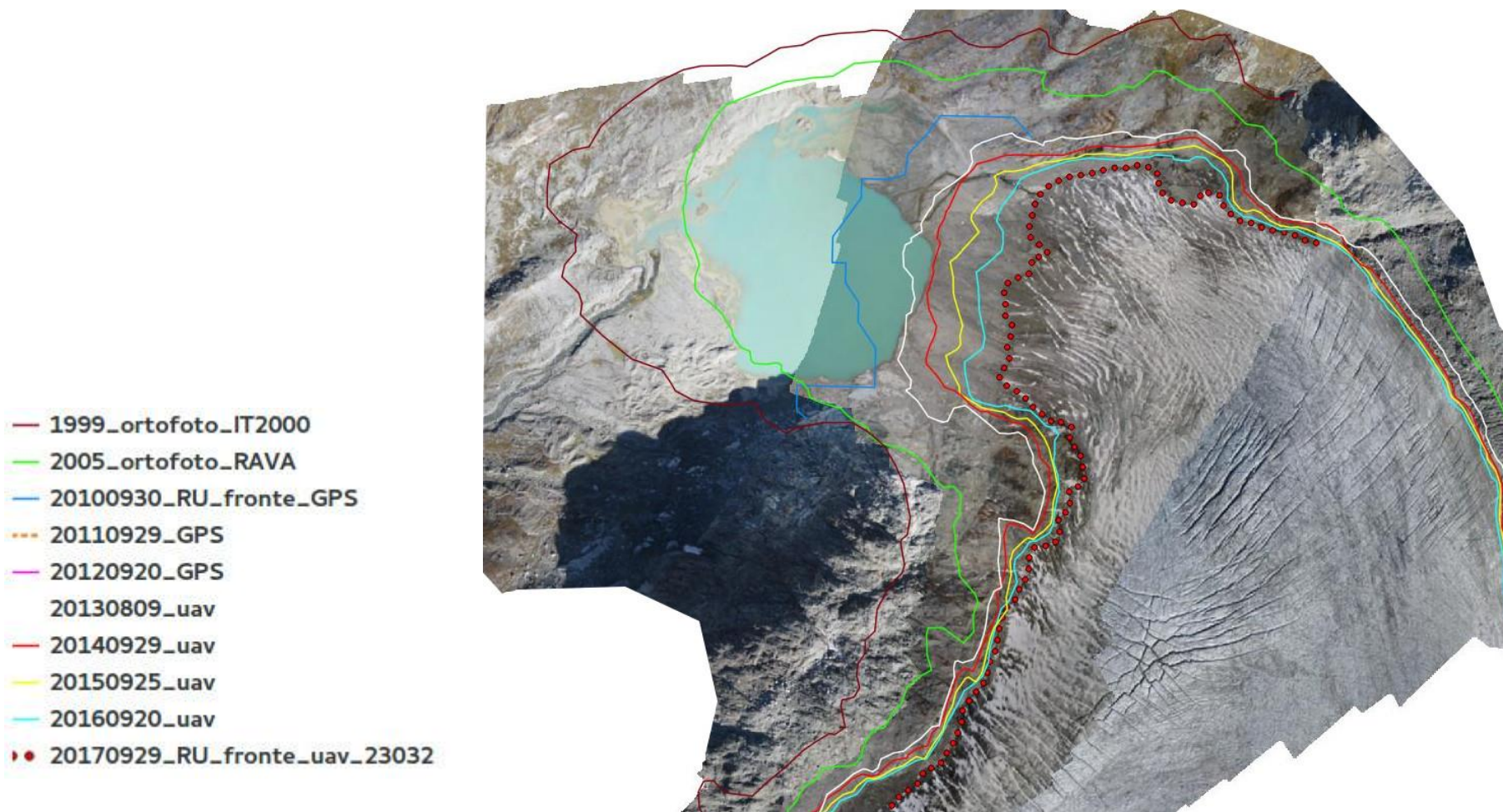
4 – Casi studio: rock glacier Arpisson (Cogne, AO)

Spostamenti recenti: 20160726 – 20170904 (400 gg)



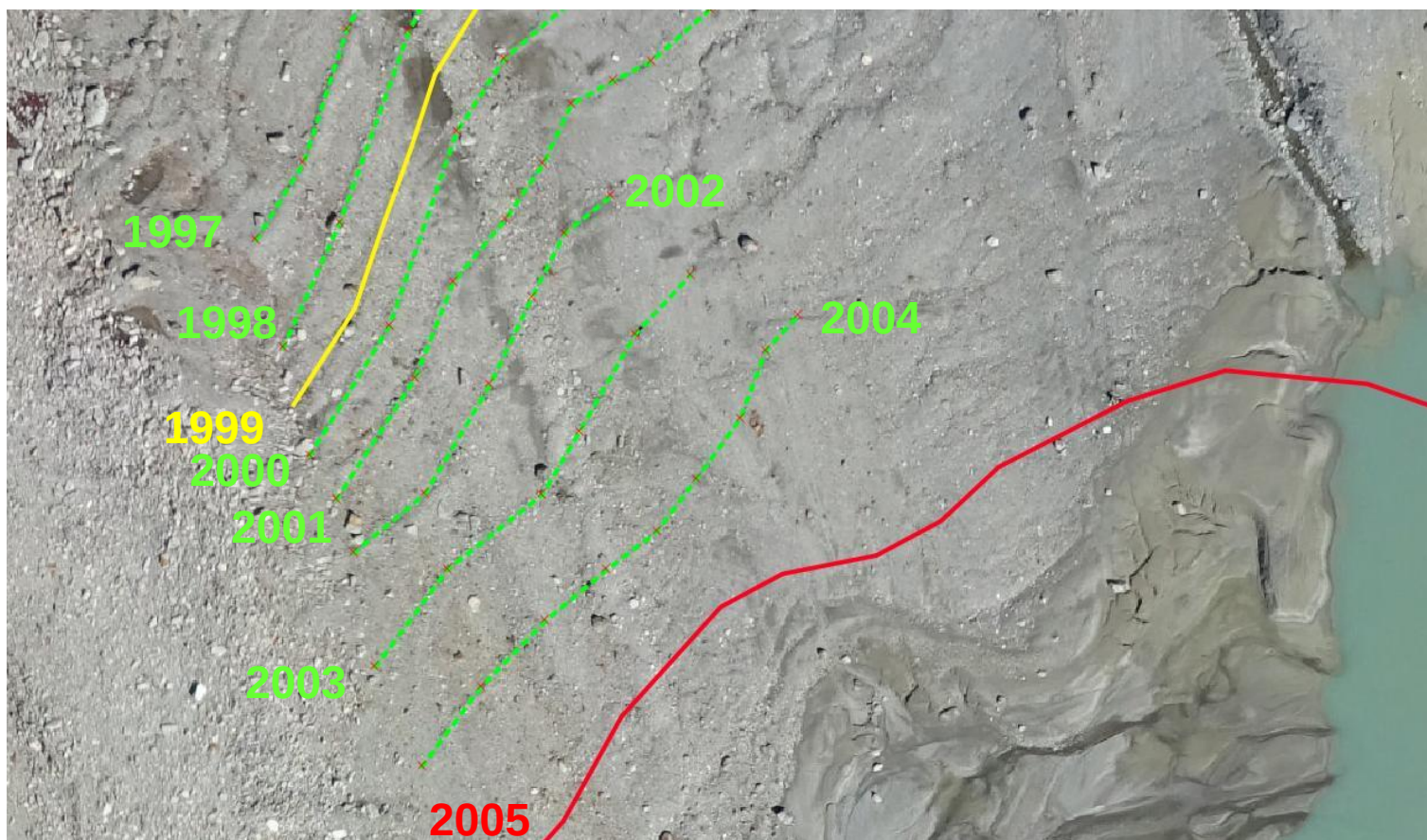
5 – Casi studio: altre applicazioni in ambiente glaciale/periglaciale e 'alpino'

VARIAZIONI FRONTI GLACIALI



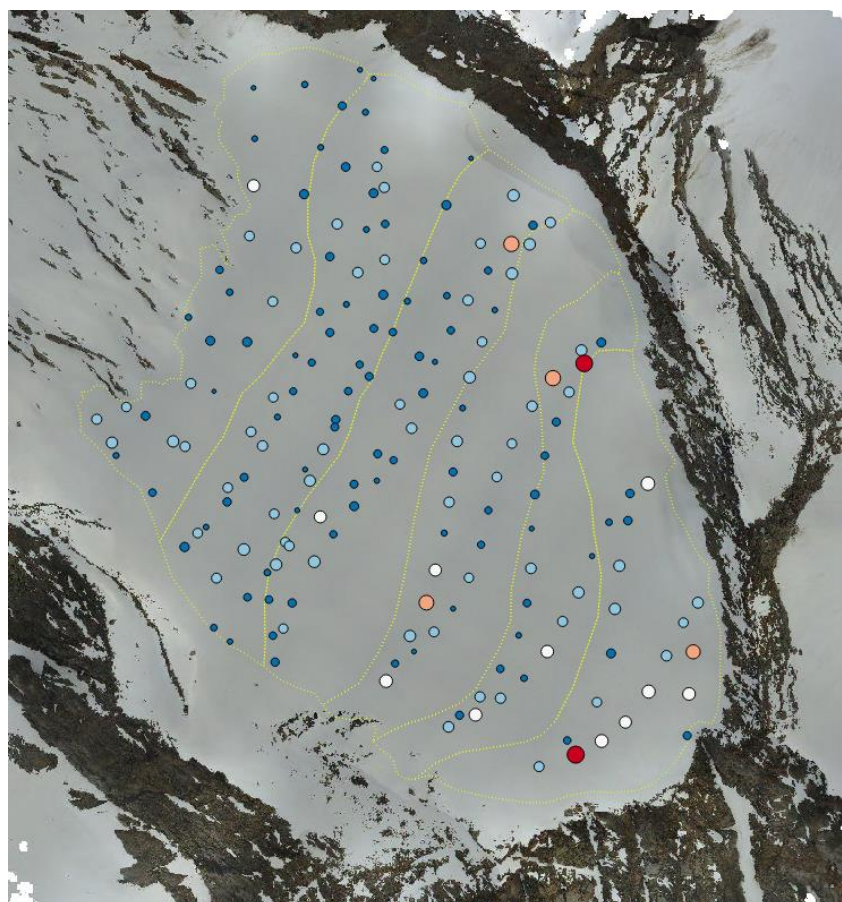
5 – Casi studio: altre applicazioni in ambiente glaciale/periglaciale e ‘alpino’

VARIAZIONI FRONTI GLACIALI (arretramenti annuali!!)



5 – Casi studio: altre applicazioni in ambiente glaciale/periglaciale e 'alpino'

BILANCIO DI MASSA GLACIALE (accumulo & ablazione)

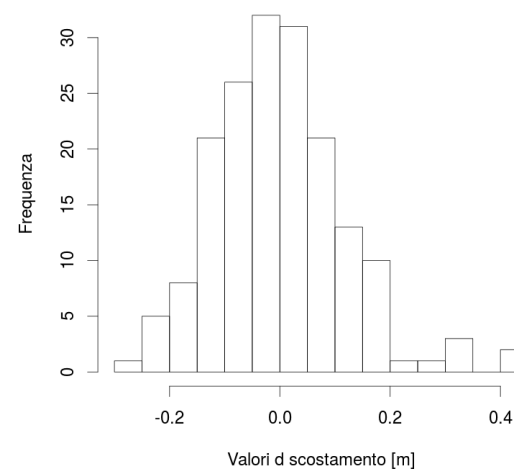


0 100 200 300 400 m

GNSS UAV validazione [175]

- 0.00 - 0.09 [96]
- 0.09 - 0.18 [62]
- 0.18 - 0.27 [11]
- 0.27 - 0.36 [4]
- 0.36 - 0.45 [2]
- Settori di misura

Scostamento GNSS RTK - UAV RTK



5 – Casi studio: altre applicazioni in ambiente glaciale/periglaciale e 'alpino'

DISSESTI IN PARETE (stima volumi e caratterizzazione)

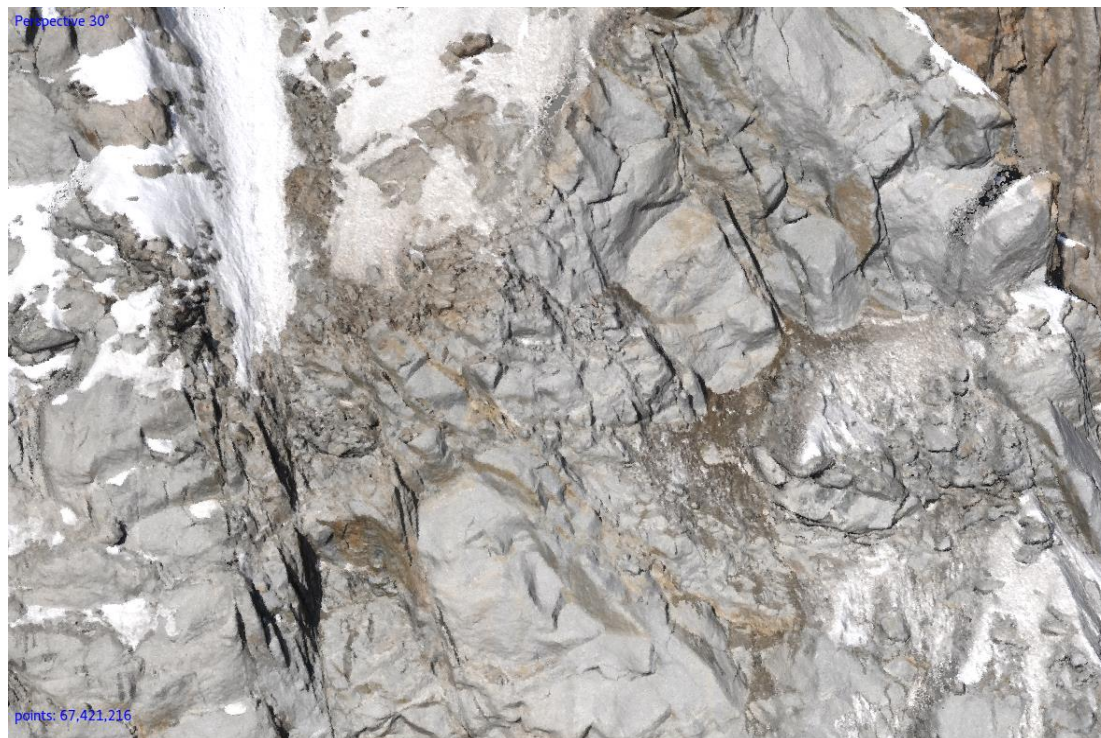
Sperone della Brenva (Monte Bianco)

Dense cloud della nicchia di distacco

(02/01/2017)

Coll. Servizio Geologico VDA

(D. Bertolo)



5 – Casi studio: altre applicazioni in ambiente glaciale/periglaciale e 'alpino'

DISSESTI IN PARETE (stima volumi e caratterizzazione)

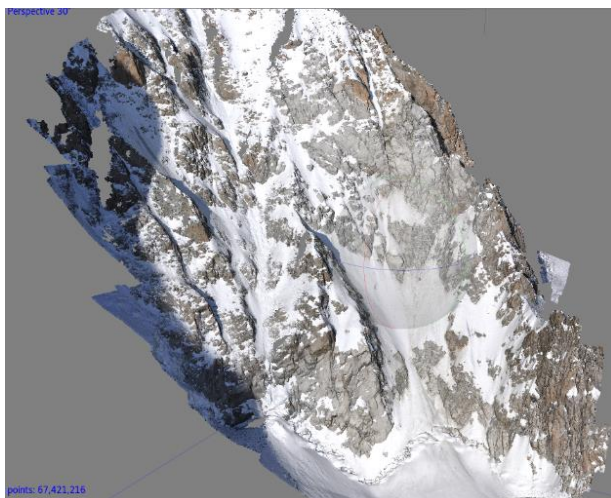
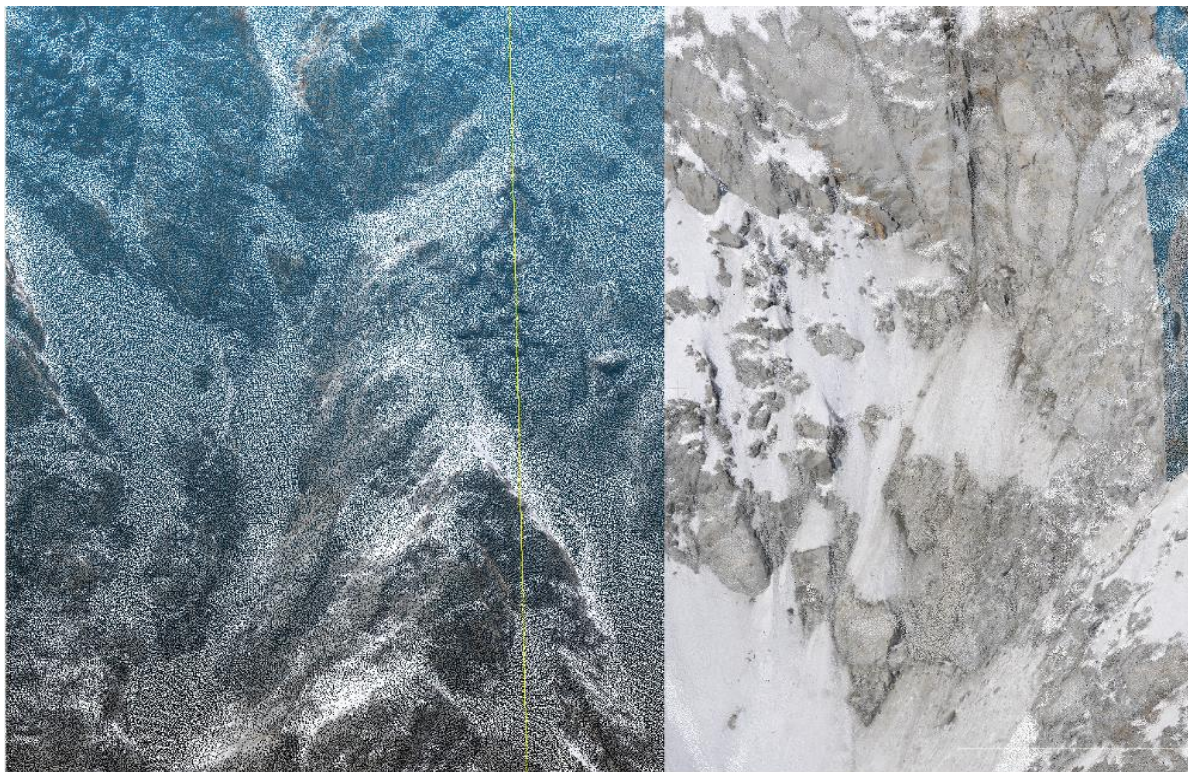
Sperone della Brenva (Monte Bianco)

Dense cloud della nicchia di distacco

(02/01/2017)

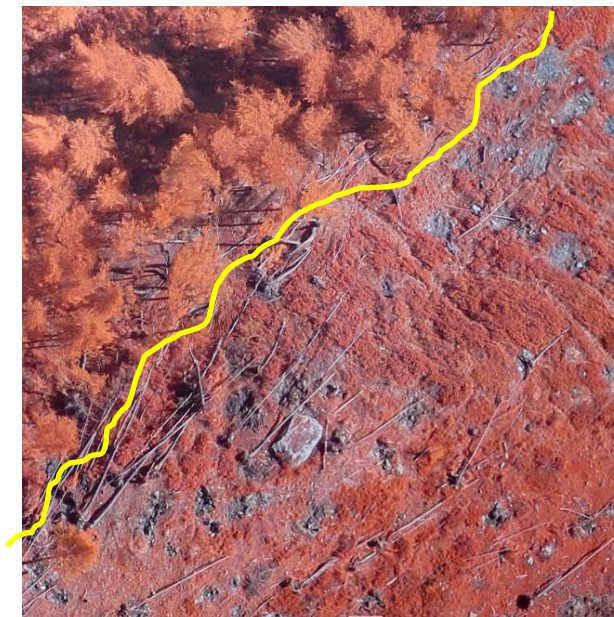
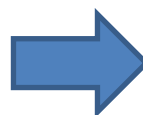
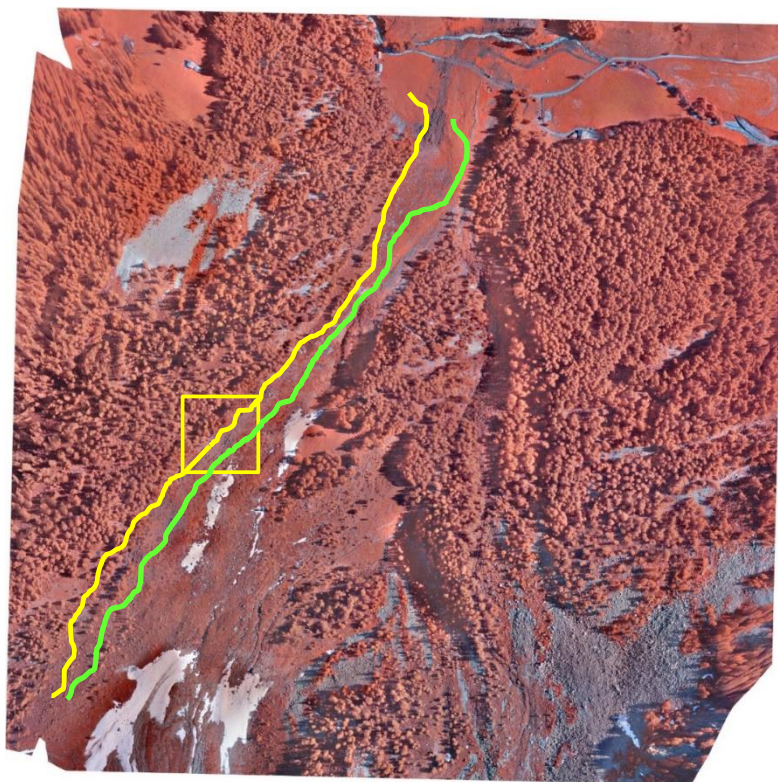
Coll. Servizio Geologico VDA

(D. Bertolo)



5 – Casi studio: altre applicazioni in ambiente glaciale/periglaciale e ‘alpino’

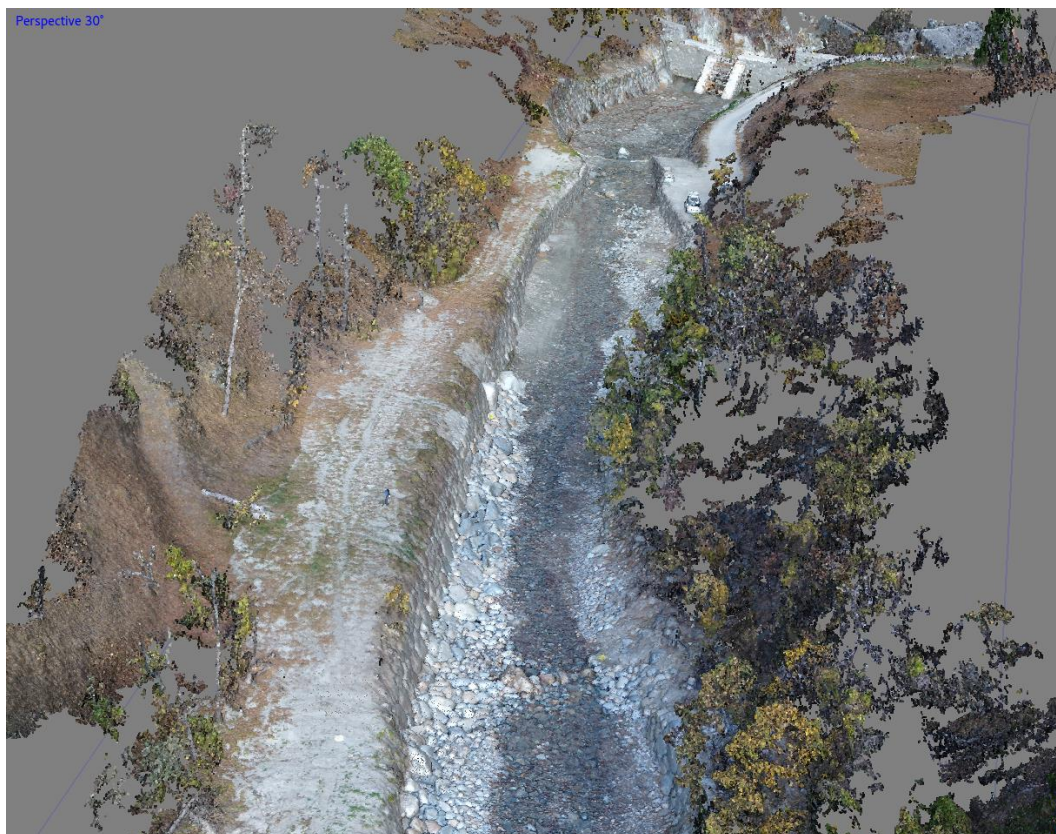
MAPPATURA VALANGHE (aggiornamento catasto & stima accumuli)



Valanga Saint-Rhémy-en-Bosses – rilievo NIR (aprile 2016)

5 – Casi studio: altre applicazioni in ambiente glaciale/periglaciale e 'alpino'

MONITORAGGIO POST EVENTO (stima volumi depositati/disalveati)



Torrente Les Laures (Saint-Marcel, AO)

Rilievo APR a supporto delle attività di
ripristino post evento (agosto 2017)

- Stima volumi depositati (Δ DSM)
- Stima dei volumi disalveati (Δ DSM)



5 – Casi studio: altre applicazioni in ambiente glaciale/periglaciale e 'alpino'

MONITORAGGIO POST EVENTO (stima volumi depositati/disalveati)



Analisi degli eventi temporaleschi tra la fine di luglio e la prima parte del mese di agosto 2017



Région Autonome
Vallée d'Aoste



Regione Autonoma
Valle d'Aosta



Torrente Buthier (Ollomont, AO)

Rilievo APR per mappatura aree esondate e redazione

Rapporto di Evento (agosto 2017)

CONCLUSIONI

- ✓ La **fotogrammetria da UAV** rappresenta uno **strumento operativo** utile al monitoraggio della dinamica dei versanti alpini e alla loro analisi:
 - caratterizzazione morfologica
 - velocità di spostamento di elementi di interesse
 - variazioni della superficie (calcolo dei volumi)
- ✓ E' particolarmente vantaggiosa in ragione di:
 - **qualità dell'informazione** (esaustività, accuratezza)
 - **riduzione dei costi** nella fase di esercizio
 - **sicurezza** delle operazioni
 - **versatilità e tempestività** dell'acquisizione (in f della organizzazione)
- ✓ E' competitiva in termini di costi

www.arpa.vda.it/climate_change/

