

Ghiacciai e permafrost in Valle d'Aosta

*Azioni conoscitive ed applicazioni tecnologiche al
monitoraggio dei ghiacciai*

Fabrizio Diotri*

Claudio Lucianaz*

**Fondazione Montagna sicura*

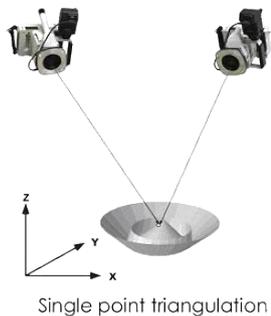
Dietro ogni problema c'è un'opportunità. (Galileo Galilei)

La conoscenza delle dinamiche evolutive del seracco delle Grandes Jorasses in fase **non critica** è di fondamentale importanza per poter gestire la fase di criticità con **serie storiche di dati consolidati**.

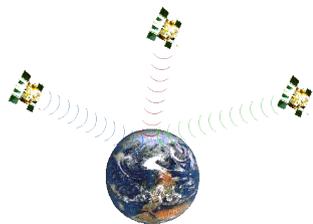


AZIONI CONOSCITIVE

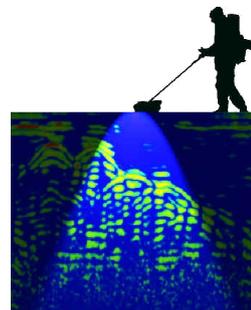
Fotogrammetria



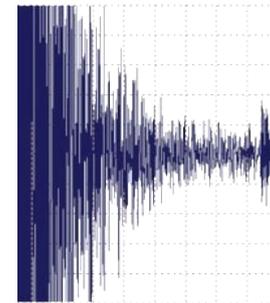
GPS



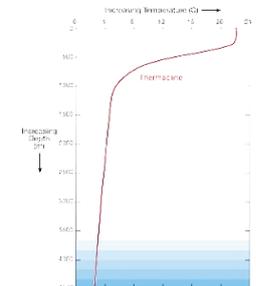
GPR

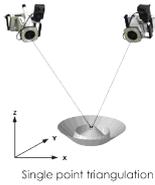


Sismica



Temperature





Perchè la FOTOGRAMMETRIA?

Necessità di conoscere grandezze fondamentali del seracco quali:

Variazione volumetrica nel tempo:

$$\Delta V(t) = \Delta H(t) \times \Delta L_1(t) \times \Delta L_2(t)$$

Sezioni e profili nel tempo e nello spazio:

$$\Delta H(x,y, t), \Delta L_1(y,z, t), \Delta L_2(x,z, t)$$

Stima di **volumi di crollo** (potenziali o avvenuti):

$$\Delta V(t) = \Delta V(t_1) - \Delta V(t_2)$$

Dimensioni di **particolari** (apertura crepacci etc):

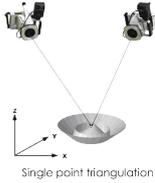
$$\Delta L(x,y,z) = \Delta P_1(x_1,y_1,z_1) - \Delta P_2(x_2,y_2,z_2)$$



IMPOSSIBILITÀ DI MISURARE FISICAMENTE TALI GRANDEZZE



NECESSITÀ DI UNA TECNICA DI RILIEVO A DISTANZA



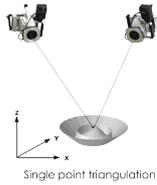
Perchè la FOTOGRAMMETRIA?

Tecniche di rilievo a distanza disponibili:

- tecnica **laser scanner**: costi elevati, punto di presa non ottimale, tempi di acquisizione lunghi;
- tecnica **lidar elitrasmportato**: costi elevatissimi, scarsa flessibilità, punto di presa non ottimale;
- tecnica **topografica classica**: punto di presa non ottimale, dati insufficienti per la descrizione completa dell'oggetto;
- tecnica **fotogrammetrica classica** (aerea nadirale): punto di presa non ottimale, costi elevati;



FOTOGRAMMETRIA CLOSE-RANGE da HELI con matching automatico



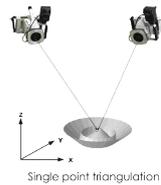
FOTOGRAMMETRIA CLOSE-RANGE

La fotogrammetria close-range, o **fotogrammetria dei vicini**, ha i seguenti vantaggi:

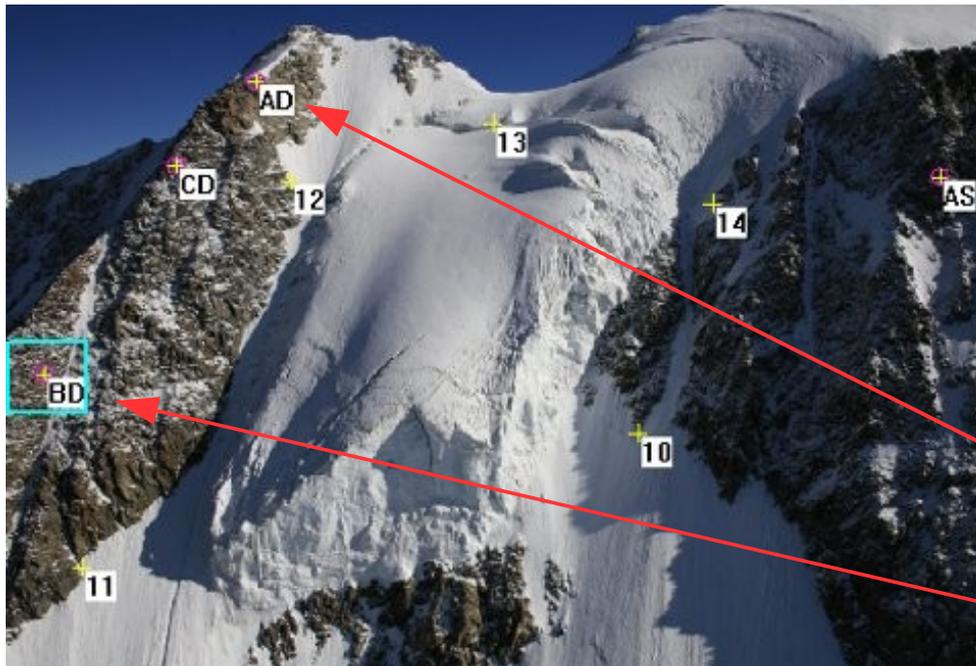
- prese **stereoscopiche ravvicinate e convergenti** dell'oggetto da rilevare;
- utilizzo dell'elicottero per ottenimento del **punto di presa ottimale**;
- separazione della fase di **acquisizione** dei dati da quella di **elaborazione** degli stessi;
- **elevata ripetibilità delle acquisizioni**, previa disponibilità dell'elicottero;
- il **dato in output** è paragonabile al dato ottenuto mediante tecniche a scansione laser (modelli digitali densi del terreno DDSM);



Applicazione intensiva di tale tecnica con UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA

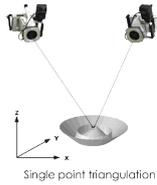


INSTALLAZIONE DI GROUND CONTROL POINT



Coordinate dei GCP - JORA			
AD	343593.164	5081390.817	4200.958
CD	343563.146	5081359.984	4162.984
BD	343527.509	5081302.909	4090.266
AS	343839.926	5081256.357	4154.007
BS	343827.137	5081169.693	4052.777

Orientamento assoluto del modello con GCP in coordinate UTM/ED50



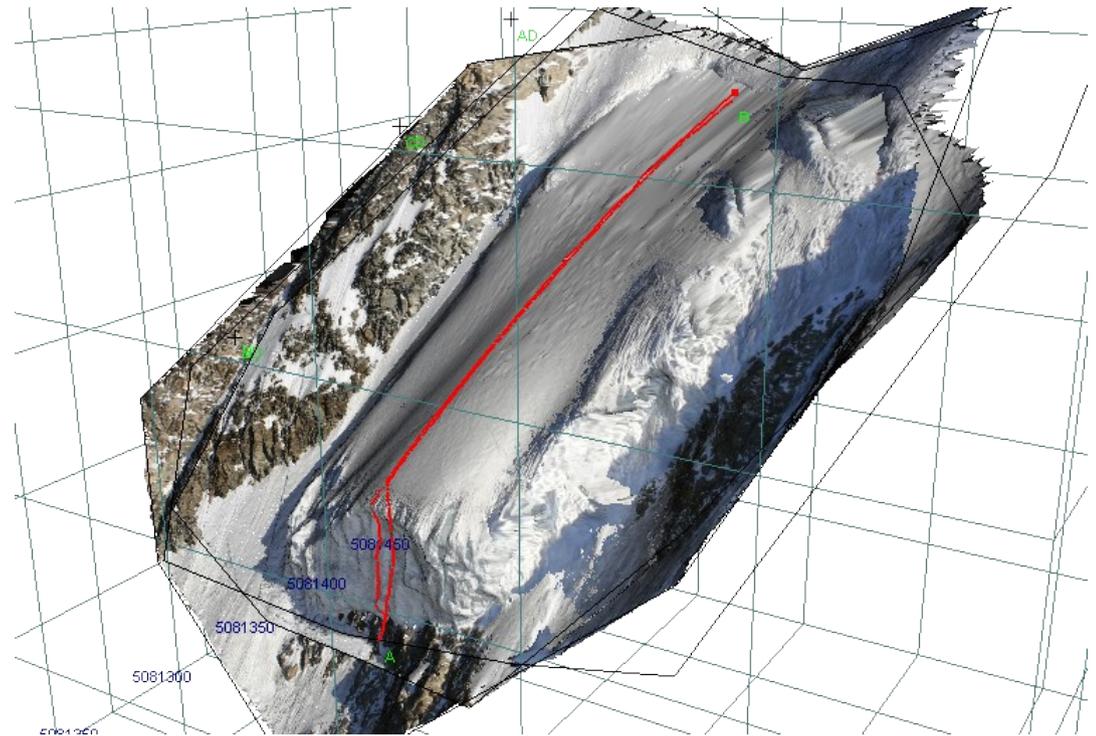
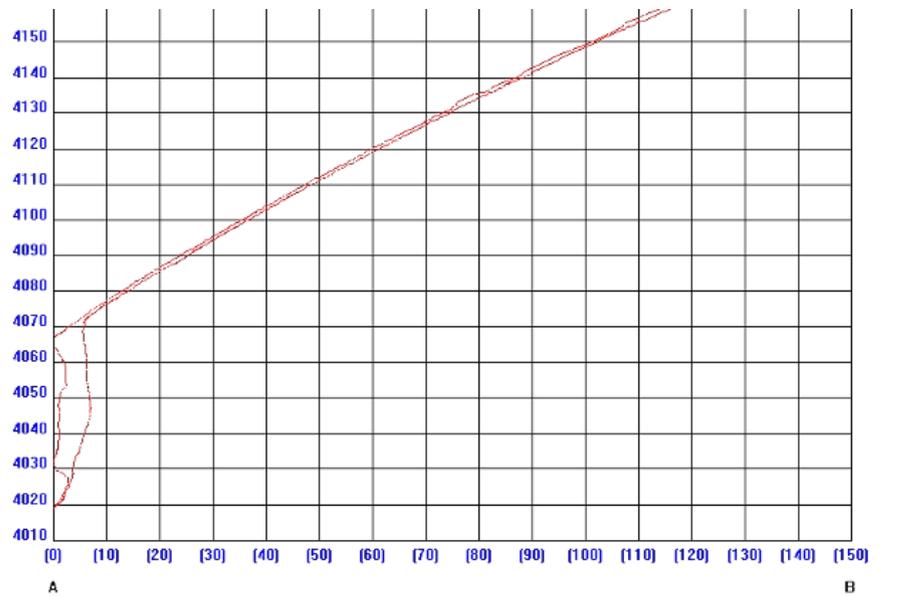
RILIEVI 2009

	Data	numero immagini	immagini per modello
	20/03/09	14	
	28/05/09	40	4
	30/06/09	41	4
	22/07/09	17	n.a.
AGOSTO	13/08/09	66	4
	20/08/09	106	6
	23/08/09	113	2
	29/08/09	272	2
	31/08/09	72	n.a.
	06/09/09	64	6
	23/09/09	12	n.a.
	29/09/09	25	n.a.

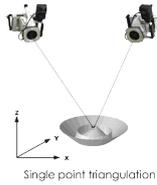
Attualmente sono stati elaborati 7 DDSM



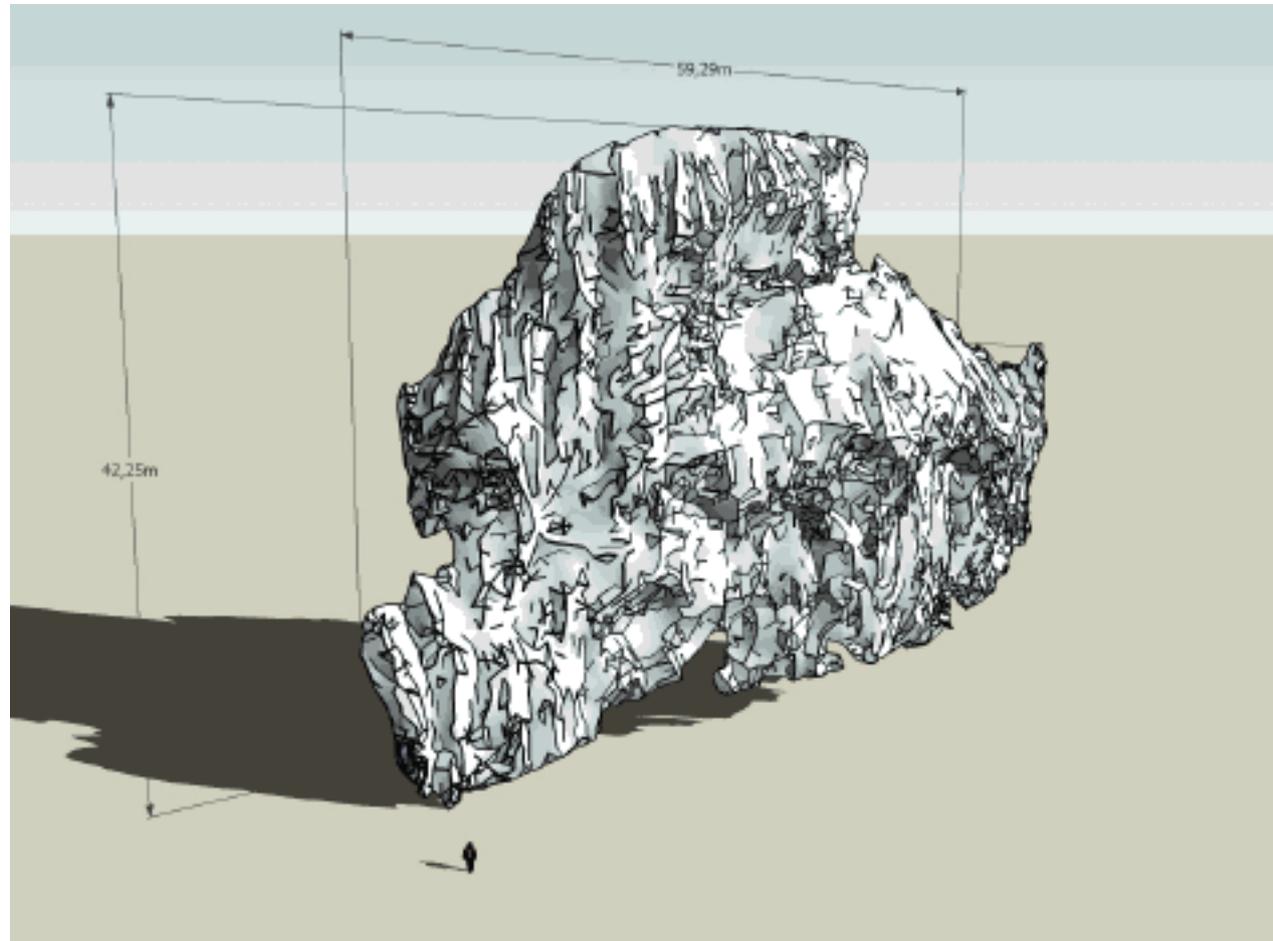
RILIEVI 2009 - SEZIONI



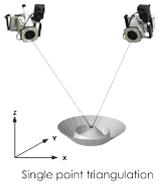
Analisi multitemporale di DDSM: **30-06-09 vs 06-09-09**



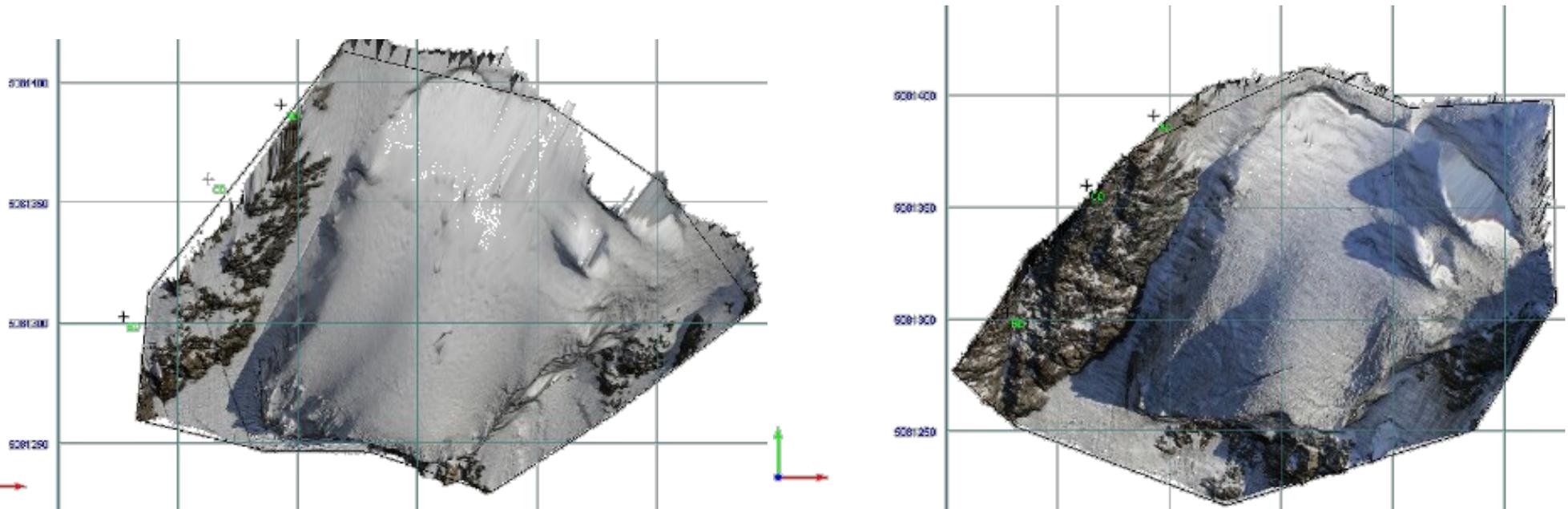
RILIEVI 2009 - VOLUMI CROLLATI



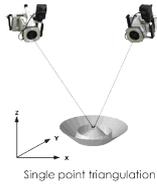
Analisi multitemporale di DDSM: **crollò in ghiaccio avvento nell'agosto 2008 (7200 m³)**



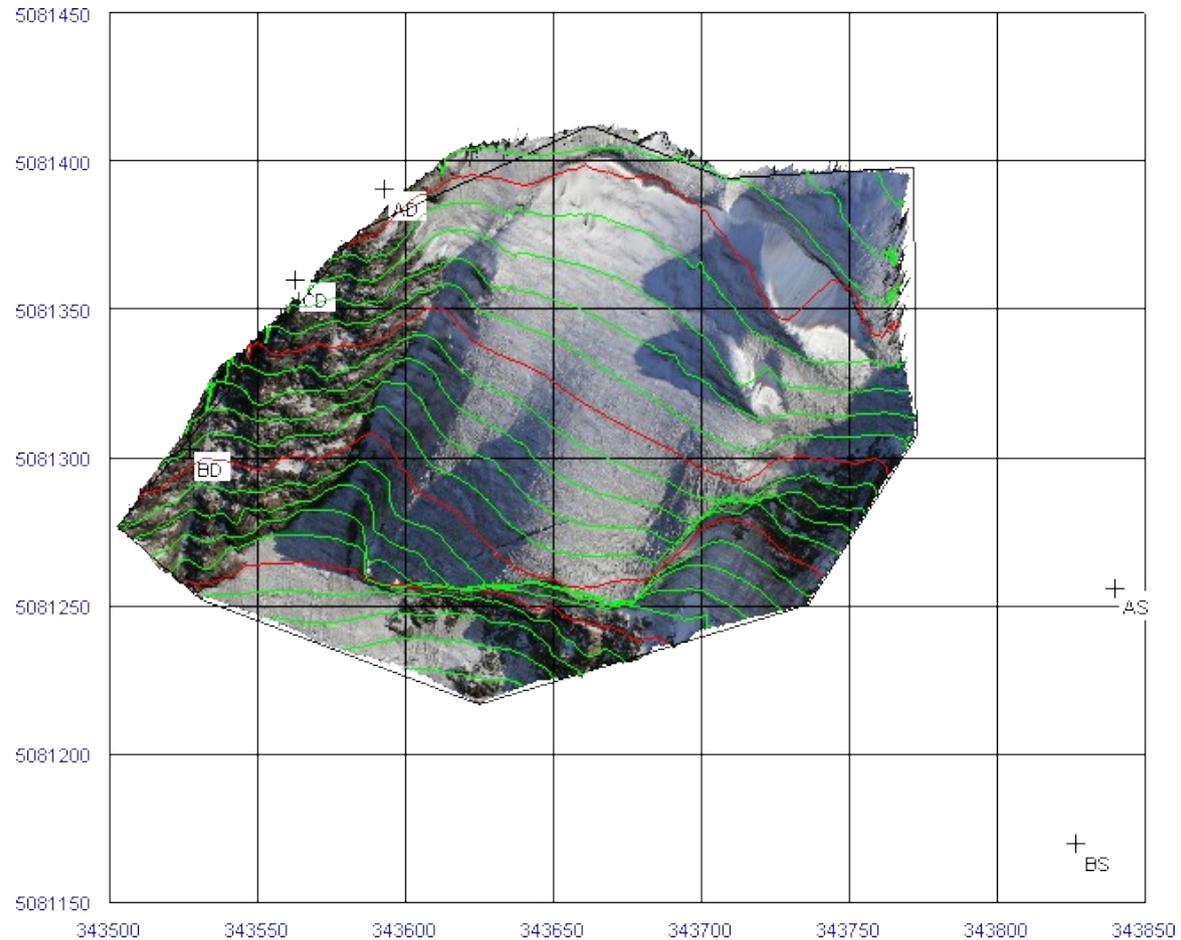
RILIEVI 2009 - MODELLI A CONFRONTO



Ortofoto con presa nadirale: **30-06-09 vs 06-09-09**

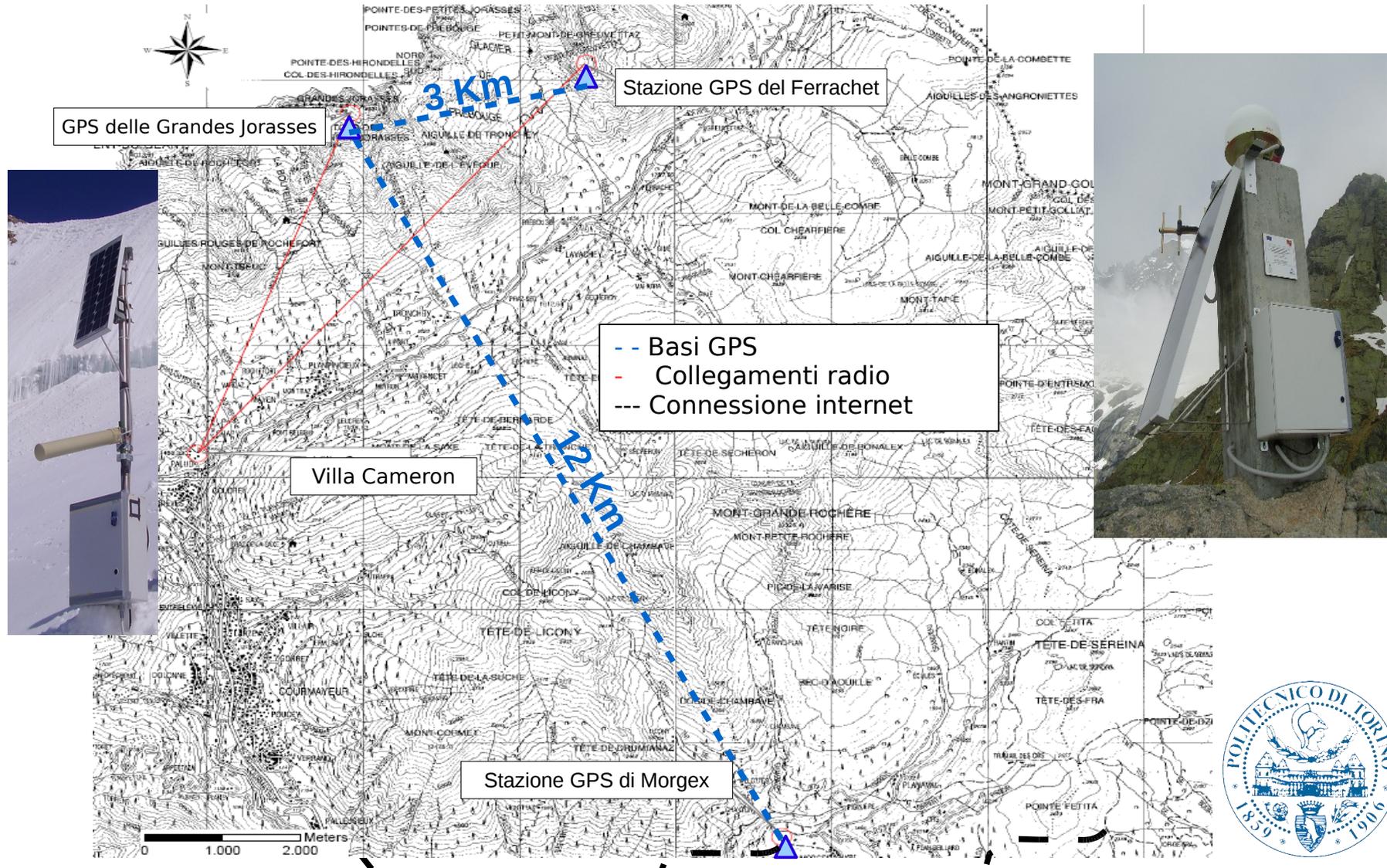


RILIEVI 2009 - GENERAZIONE DI CURVE DI LIVELLO



Ortofoto con presa nadirale: **CURVE DI LIVELLO 10 - 50 m**

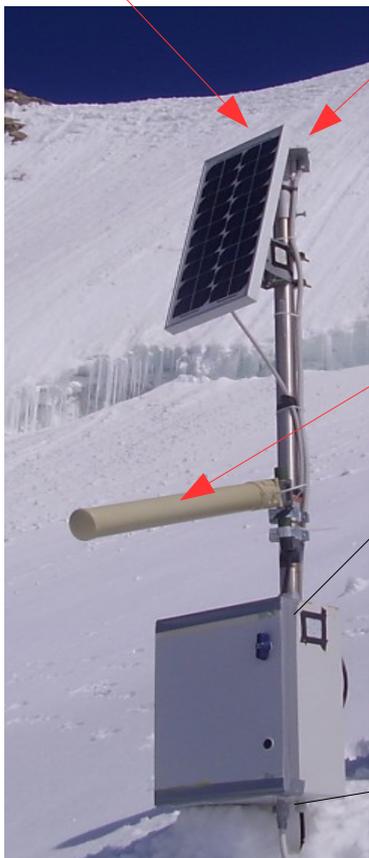
SCHEMA DELLA RETE DI GPS PER IL MONITORAGGIO DEGLI SPOSTAMENTI IN REAL TIME



INGEGNERIZZAZIONE DELLE PARTI HARDWARE

Pannello solare 40W

Antenna GPS



Antenna ponte radio



L'INSTALLAZIONE

Quota: 4100 m s.l.m.

IL SISTEMA

GPS: Ashtech AC12

- + basso costo
- + consumi contenuti
- + misure codice e fase L1
- + RTCM 3.0

Regolatore di carica:

- + evita danni alle batterie
- consumi trascurabili

RadioModem: Zlinx 96RM

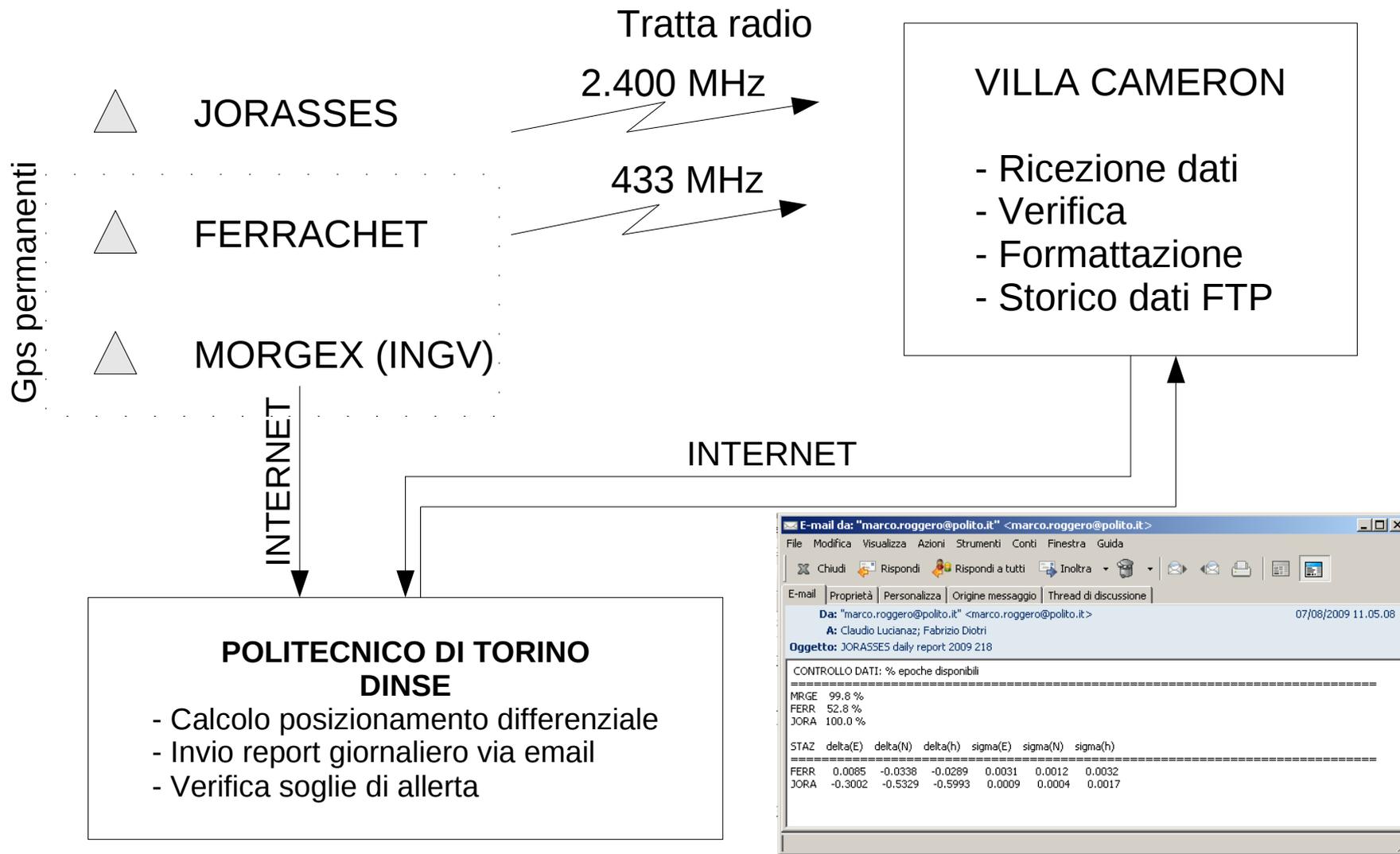
- + 2.4 Ghz
- + bitrate variabile
- + no driver

- consumi rilevanti

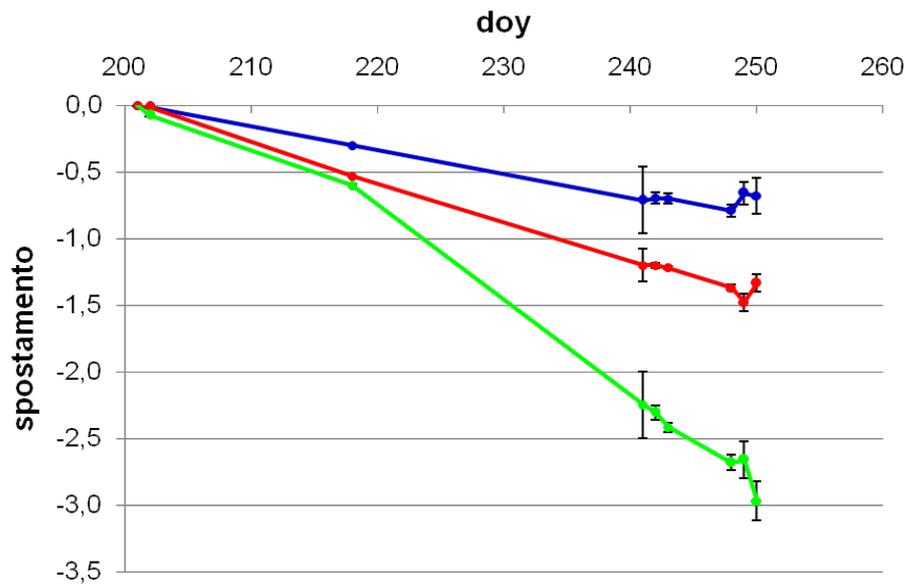
Batterie

- + resistenti alle basse temperature

DESCRIZIONE DEL SISTEMA



PRIMI RISULTATI



		Velocità [m / mese]			
		E	N	H	
GPS		-0,53	-0,94	-1,06	1,51 Luglio
		-0,48	-0,82	-2,18	2,38 Agosto
		-0,09	-0,5	-2,36	2,41 Settembre
		-0,42	-0,82	-1,82	2,04 Media
PRISMA	1	-0,47	-1,27	-0,68	1,52
	2	-0,49	-1,06	-2,15	2,45

AFFIDABILITA: circa 100 giorni di trasmissione continua
 CRITICITA: Perdita di dati sulle tratte radio

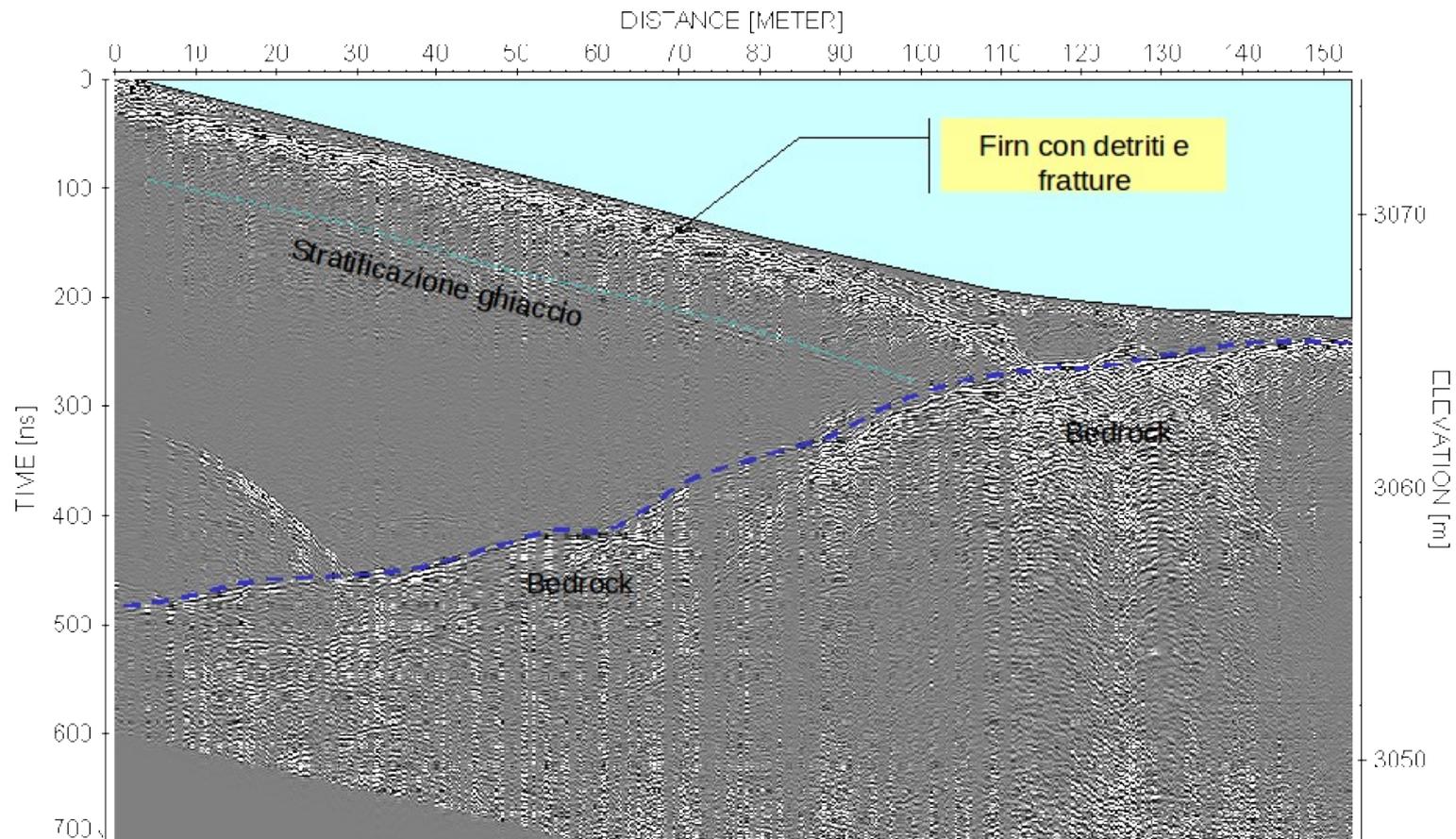
INGEGNERIZZAZIONE DI SISTEMI DI ACQUISIZIONE AD-HOC

I sistemi di acquisizione convenzionali, in applicazioni glaciologiche, spesso sono inadatti e devono quindi essere integrati con soluzioni appositamente realizzate:

- slitta ingegnerizzata ad-hoc per l'alloggiamento di tutta la strumentazione georadar;
- controllo del sistema da remoto, tramite l'uso di due pc (uno a bordo della slitta) collegati tramite protocollo VNC;
- tutte le sperimentazioni sono state condotte in collaborazione con il Politecnico di Torino;

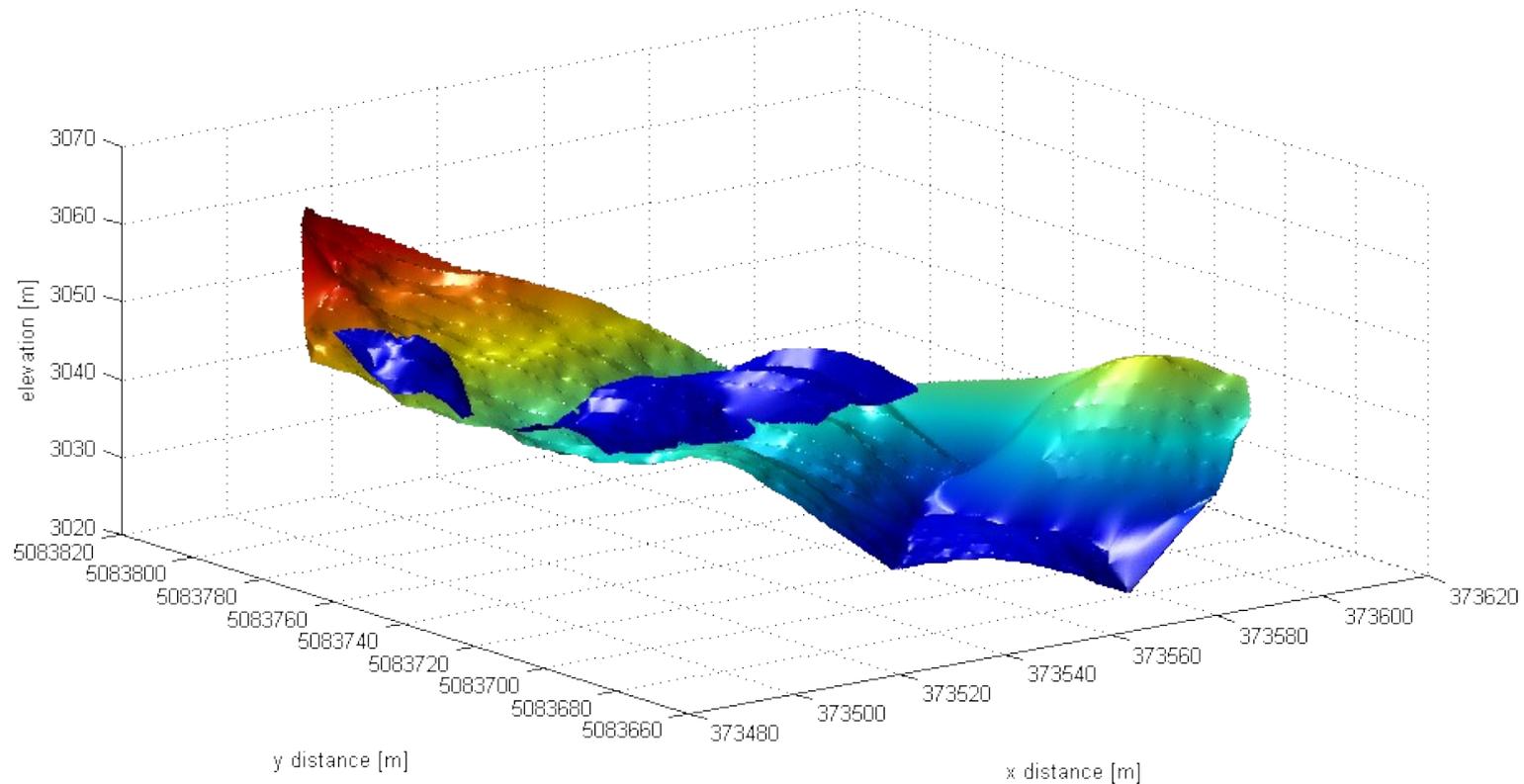


RADARGRAMMA DEI PRIMI RISULTATI



Radargramma a cura del DITAG - Polito (Godio et al.)

RICOSTRUZIONE DEL SUBSTRATO ROCCIOSO



Mappatura substrato a cura del DITAG - PoliT0 (Godio et al.)

TEST DI LABORATORIO PER APPLICAZIONI SISMICHE

INSTALLAZIONE

Quota: 4100 m s.l.m.

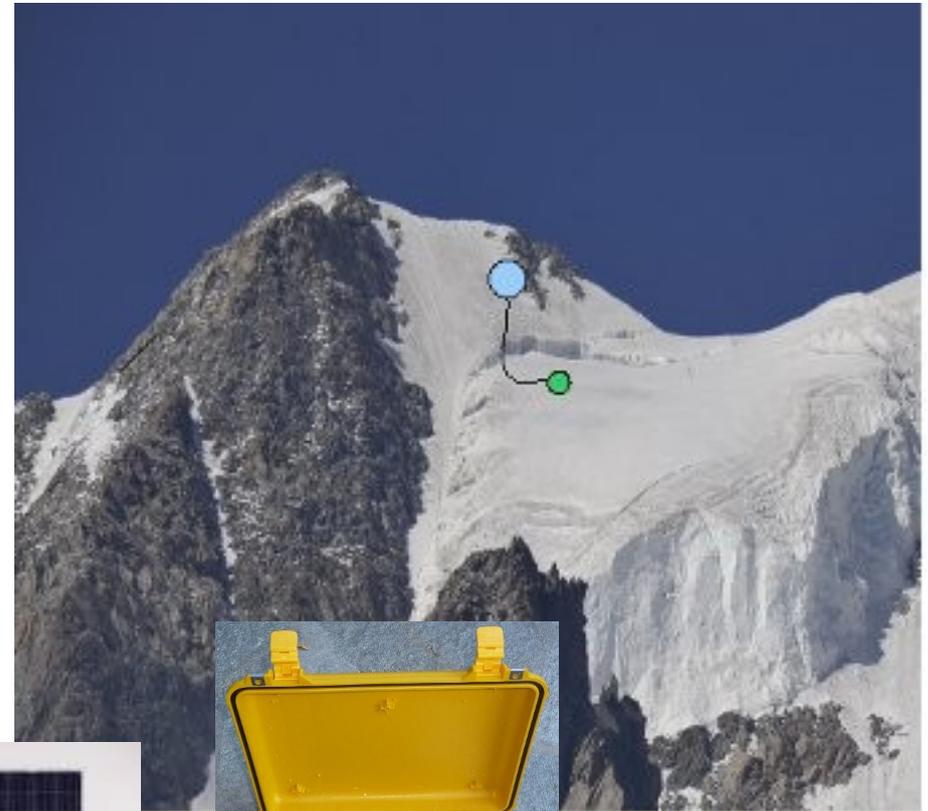
IL SISTEMA

SISMOGRAFO:

- Nanometrics Taurus
 - campionamento 100 Hz
 - sensibilità 10^{-6} mm/s
 - temporizzazione con GPS
 - memoria interna
 - modem GPRS
- Pannello fotovoltaico e batterie

GEOFONO:

- movimenti sui 3 assi (XYZ)
- collegato tramite cavo da 70 m
- calato in foro in neve compatta

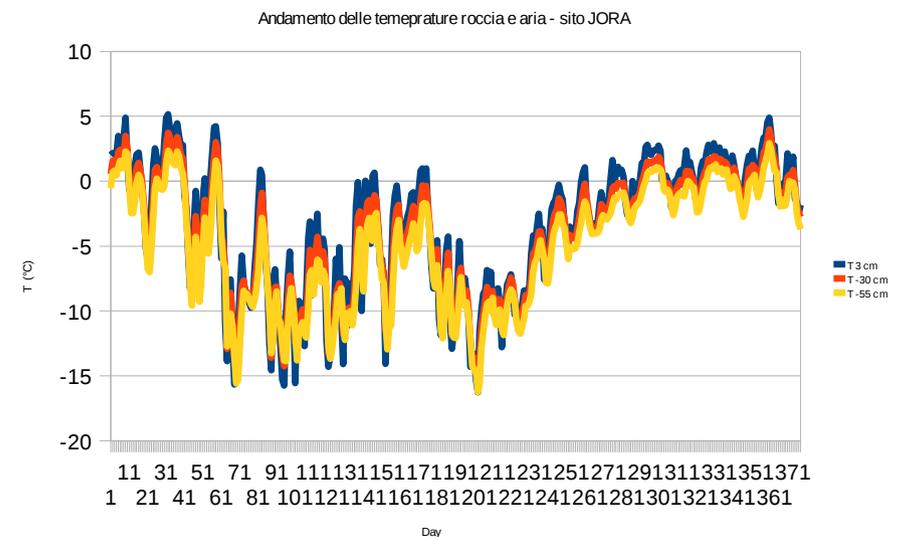


MISURAZIONE DEL REGIME TERMICO NEI PRESSI DEL GHIACCIAIO SOSPESO

L'andamento del regime termico delle masse rocciose ai lati del seracco risulta essere molto utile per comprenderne la dinamica evolutiva a medio e lungo termine. Due sono le attività pianificate:

- termometri automatici sulle rocce in prossimità del seracco (faccia sud); (OPERAZIONE ESEGUITA)
- termometri automatici sulle rocce nella faccia nord delle Grandes Jorasses; (DA EFFETTUARE)
- catene termometriche installate nel corpo del ghiacciaio fino al substrato roccioso; (DA EFFETTUARE)

Tutte queste attività sono a cura di ARPA Valle d'Aosta.



CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

La raccolta di tutti i dati, derivanti dalle varie tecniche sperimentate, ha permesso di mettere in luce la complessità dell'oggetto che si sta osservando. Dall'esperienza di questi due anni di lavoro sono emerse chiaramente quelle che sono le potenziali tecniche da sviluppare, quelle che hanno fornito maggiori risultati.

Sulla base di tali considerazioni, le sperimentazioni future dovranno convergere principalmente sulle seguenti attività:

- **fotogrammetria con matching automatico in modalità multiimmagine;**
- **rete di stazioni GPS per la ricostruzione dei campi di spostamenti in tempo reale ed in continuo;**
- **potenziamento e approfondimento delle questioni legate all'attività sismica del seracco.**

Per la realizzazione di tutte le attività sul **terreno e di laboratorio** si ringraziano:

- le Guide alpine: **Dario Brocherel, Stefano Bigio, Valerio Glarey e Remo Béthaz**
- il Politecnico di Torino: **Alberto Godio, Diego Cesare, Germain Bal, Marco Roggero**
- l'Università degli Studi di Parma: **Gianfranco Forlani, Riccardo Roncella**
- l'ETH di Zurigo: **Martin Funk, Jerome Faillettaz, Pierre Dalban**

GRAZIE A TUTTI PER L'ATTENZIONE