

## Il contributo operativo della geomática nel monitoraggio dei ghiacciai alpini

Umberto Morra di Cella<sup>(a)</sup>, Elisa Dall'Asta<sup>(b)</sup>, Fabrizio Diotri<sup>(a)</sup>, Gianfranco Forlani<sup>(b)</sup>, Michel Isabellon<sup>(a)</sup>, Riccardo Roncella<sup>(b)</sup>

<sup>(a)</sup> Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente della Valle d'Aosta, Loc. Grande Charrière  
44 – Saint-Christophe (AO), +39.0165.278553, + 39.0165.278555,  
[u.morradicella@arpa.vda.it](mailto:u.morradicella@arpa.vda.it)

<sup>(b)</sup> Dipartimento di Ingegneria e Architettura, Università degli Studi di Parma, Parco Area delle Scienze 181/A, 43124 Parma, 0521 90{5727, 6390, 6145, 5934, 5972, 5328}  
{[riccardo.roncella](mailto:riccardo.roncella@unipr.it), [gianfranco.forlani](mailto:gianfranco.forlani@unipr.it)}@unipr.it

### Premessa

I ghiacciai alpini sono particolarmente vulnerabili al riscaldamento globale e la variazione del loro volume e della loro superficie, rappresenta un importante indicatore di impatto oltre che uno strumento di conoscenza utile alla gestione della risorsa idrica in essi immagazzinata. Per questo motivo il monitoraggio del loro bilancio di massa, coordinato a livello planetario dal *World Glaciological Monitoring Service* ([www.wgms.ch](http://www.wgms.ch)), assume rilevanza strategica soprattutto nell'attuale contesto di cambiamento climatico ed in funzione degli scenari evolutivi futuri. Il ghiacciaio del Timorion (gruppo del Gran Paradiso, Valle d'Aosta) è sottoposto a monitoraggio regolare da ARPA Valle d'aosta dal 2000.

### Metodologia

Il bilancio di massa di tipo "glaciologico" si determina come differenza, per ogni anno idrologico, fra gli accumuli (precipitazioni nevose invernali e primaverili) e la massa persa per fusione di neve e ghiaccio nella stagione estiva. Le perdite di ghiaccio sono calcolate sulla base di misure, a fine estate, dell'abbassamento della superficie del ghiacciaio lungo riferimenti infissi nel ghiaccio (paline), distribuiti secondo un gradiente altimetrico e considerati rappresentativi di più ampi settori. Pertanto, al fine del monitoraggio, si rendono necessarie misure tardo-primaverili di altezza del manto nevoso, effettuate con sonda da valanga sull'intera superficie, e misure tardo-estive di emersione delle paline. Dai valori puntuali si ottiene il bilancio specifico netto dell'intero ghiacciaio ponderando le osservazioni realizzate nei singoli settori considerando la loro estensione rispetto all'intera superficie.

Tale metodo, pur essendo il più diffuso a livello internazionale, è affetto da numerose fonti di incertezza legate alla soggettività nella scelta dei punti di misura, considerati rappresentativi di ampie porzioni di ghiacciaio, e alla loro ridotta numerosità. In più i rapidi cambiamenti indotti dalla intensa ablazione degli ultimi anni possono condurre a evoluzioni differenziali della superficie comportando variazioni di comportamento significative non necessariamente individuabili dai pochi campioni selezionati.

Per ovviare a tali limitazioni è stata sviluppata una metodologia di misura distribuita in grado di descrivere compiutamente la superficie dei ghiacciai monitorati basata sull'utilizzo di droni.

### Tecniche geomatiche

I rilievi fotogrammetrici delle superfici glaciali sono stati eseguiti con un eBee RTK (SenseFly, ala fissa) e un Phantom 4 PRO (DJI, multirottore), entrambi dotati di camere fotografiche con sensore da 1", otturatore di tipo "global", risoluzione di 20 Mpx e ottiche grandangolari a ridotta distorsione. L'impiego delle due tipologie di UAV ha consentito di effettuare un test di operatività in condizioni ambientali particolari. L'UAV ad ala fissa, inoltre, è dotato di un sistema di posizionamento RTK che, accoppiato ad una base master, permette di ridurre notevolmente la materializzazione di punti di controllo a terra (Benassi et al. 2017).

I rilievi GNSS delle superfici e dei GCP (Ground Control Point) sono stati eseguiti utilizzando ricevitori GEOMAX (Zenith20, Zenith35 e ZGP800), impiegati in RTK (Real Time Kinematik) utilizzando un link radio UHF. L'intera superficie è stata descritta effettuando misure equidistanti 100m. Il rilievo fotogrammetrico, appoggiato utilizzando 9 GCP è stato elaborato al fine di produrre il DSM del ghiacciaio (raster, pixel size 1 m) e l'ortomosaico a colori (pixel size 0.1 m). I dati dei rilievi GNSS sono stati interpolati linearmente tramite triangolazione e successiva produzione di DSM (raster, pixel size 1 m).

### Dataset

	data	tecnica	n. dati - densità informazione
Superficie di riferimento	Settembre 2015	GNSS-RTK	320 pt - 8 pt/ha
Accumulo 2016	Maggio 2016	GNSS-RTK	320 pt - 8 pt/ha
Ablazione 2016	Ottobre 2016	GNSS-RTK	194 pt - 4.85 pt/ha
Accumulo 2017	Giugno 2017	GNSS-RTK	182 pt - 4.55 pt/ha
Ablazione 2017	Ottobre 2017	UAV-GCP	400000 pt - 10000 pt/ha

Fig. 1: dataset disponibili sul Ghiacciaio di Timorion.

### Risultati

Nel presente contributo si evidenzia l'opportunità offerta dalla fotogrammetria aerea di prossimità principalmente in relazione alla esaustività della misura; viene inoltre sottolineato l'impiego vantaggioso di tali tecniche soprattutto nelle zone glaciali e periglaciali caratterizzate da accesso difficoltoso o non sicuro. Nel proseguo delle attività di ricerca sarà possibile mettere in luce maggiormente i vantaggi offerti in termini di accuratezza del monitoraggio.

### Riferimenti bibliografici

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 Sens., 9, 172.