



**POLITECNICO  
DI TORINO**

Dipartimento di Ingegneria  
dell'Ambiente, del Territorio  
e delle Infrastrutture

**Approccio multidisciplinare  
per lo studio di fenomeni  
endo-glaciali e bilanci di  
massa**

# Glacier Lab

[cambiamenti\\_climatici@polito](mailto:cambiamenti_climatici@polito)

ultimo aggiornamento: giugno 2020

# Inquadramento preliminare

I fenomeni, anche recenti, di rapida deglaciazione delle aree glaciali possono essere causa di repentini crolli di ghiaccio e roccia oppure a rilasci di volumi di acque trattenuti all'interno dei ghiacciai (laghi endoglaciali). Molti di tali fenomeni sono legati ad alternanze di periodi di accumulo di neve e formazione di ghiaccio (periodi freddi) e periodi caldi, ai quali si associano fenomeni di fusione, infiltrazione di volumi di acqua all'interno di cavità, formazione di condotti e cavità endoglaciali.

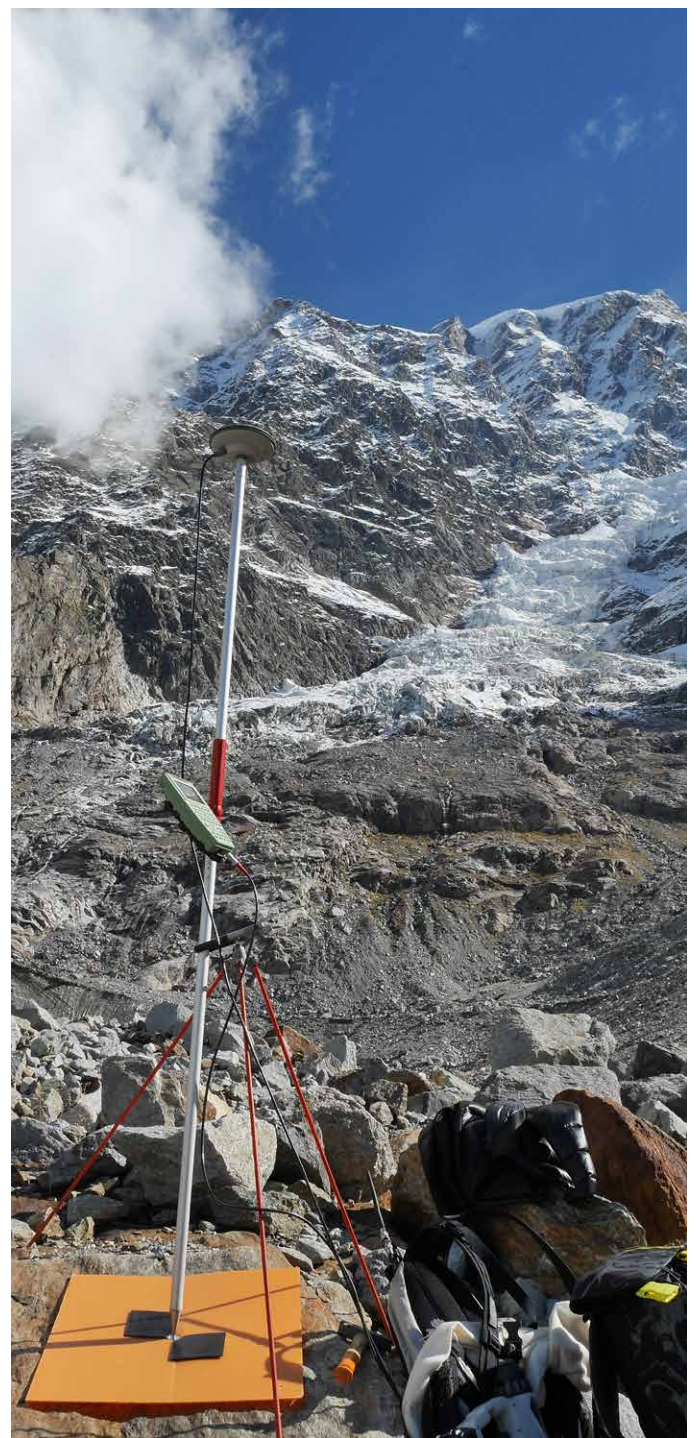
Repentini svuotamenti di laghi glaciali o endoglaciali hanno provocato e continuano a determinare ingenti danni materiali e perdite di vite umane; esempi storici quali quello della Tete Rouse (1892) e più recenti in Nepal e India ne sono testimonianza diretta. I fenomeni sulle Alpi sono di dimensioni più ridotte e si concentrano in modo rilevante nella regione del Vallese in Svizzera. I laghi di natura glaciale sulle Alpi sono generalmente più piccoli che in Nepal; le infrastrutture e gli insediamenti si trovano molto più vicini alla zona di pericolo. Di conseguenza, anche piccoli laghi glaciali possono causare notevoli danni (Huggel et al., 2000). Tutto questo, in una delle catene montuose più popolate del mondo, si riferisce anche al costante avanzamento delle infrastrutture e degli insediamenti in alte zone alpine.

Nelle Alpi svizzere, fin dall'inizio della "Little Ice Age", si sono osservate oltre 100 inondazioni insolite (non periodiche), coinvolgendo meno di 40 ghiacciai, ossia circa il 2-3 per cento di tutti i ghiacciai svizzeri. Gli eventi si concentrano nelle valli meridionali del Canton Vallese e si verificano più frequentemente nei mesi di giugno, luglio e agosto, a seguito della fusione della copertura nivale (Haeberli 1983; [www.glacier-hazards.ch](http://www.glacier-hazards.ch)).

I ghiacciai sono anche una importante forma di approvvigionamento idrico, determinante in alcune regioni, nonché attrattiva turistica. Sono dunque una risorsa da valutare, osservare e tentare di prevederne i cambiamenti. Non ultimo è l'impatto sociale: l'attuale arretramento dei corpi glaciali e una corretta comunicazione scientifica

può aumentare la sensibilità ambientale portando a considerare modelli di sviluppo più sostenibili.

I temi relativi ai cambiamenti climatici, monitoraggio, analisi e adattamento rappresentano una delle nuove sfide della ricerca del DIATI, come da Piano Strategico di Dipartimento (PSD 4.1). Nel progetto coesisteranno sia linee di ricerca indipendenti che collaborative ad alto spettro scientifico, uno delle strategie sulla ricerca fondamentale individuata nello stesso PSD (4.2.1).



## Obiettivi

Valutazione di una metodologia integrata per la individuazione, analisi e modellazione di fenomeni endoglaciali e loro evoluzione, anche in riferimento agli effetti dei cambiamenti climatici, con particolare riferimento a:

- Comprensione dei meccanismi fondamentali di controllo dell'evoluzione dei laghi glaciali e delle cavità endoglaciali
- Valutazione metodologia di definizione del rischio
- Identificazione casi studio ad alto rischio;
- Procedura integrata di monitoraggio geomatico, geofisico e idrologico
- Redazione modelli previsionali degli effetti di eventuale outburst.

Studio e ottimizzazione di tecniche di misura multi-sensore in ambienti severi, per osservare la velocità di fusione e di arretramento delle lingue ablativie e delle zone di accumulo, per una rappresentazione spaziotemporale (4D) dell'evoluzione dei corpi glaciali.

## Risultati raggiungibili a medio termine (2 anni):

Sperimentazione e applicazione della metodologia su uno o più siti campione, validazione preliminare dell'approccio metodologico e individuazione di *good practice*, con riferimento alla:

- Definizione di un modello fisico/matematico di funzionamento delle cavità endoglaciali
- Definizione di un modello fisico/matematico di evoluzione dei laghi glaciali e di eventuale fenomeno di dam-break.

## Valutazione dei risultati

Pubblicazioni scientifiche internazionali su riviste di glaciologia, remote sensing, geofisica, idrologia, geomatica.

## Metodologia (multidisciplinare)

- Task 1: Definizione del quadro morfologico-geologico di riferimento, analisi delle informazioni cartografiche disponibili; elaborazione di sequenza di immagini satellitari, verifica e calibrazione con misure da terra dei dati satellitari
- Task 2: Eventuale acquisizione di nuovi dati fotogrammetrici relativi a specifiche aree di interesse; indagini geofisiche per la caratterizzazione di spessori massa glaciale, eventuale approccio per individuazione di cavità, condotti...
- Task 3: acquisizione, elaborazione, integrazione e confronto di misure sperimentali di georeferenziazione con fotogrammetria aerea, terrestre, da drone, immagini satellitari, Lidar, per modellazione e rappresentazione 4D delle variazioni dei corpi glaciali. Immagini multispettrali e termiche per determinare i limiti glaciali. Gestione dei dati cartografici
- Task 4: Acquisizione e analisi dei dati nivometeorologici
- Task 5: Caratterizzazione dei percorsi di acqua di fusione superficiale, analisi infiltrazione acqua sotterranea, verifica del bilancio di acqua di fusione, di infiltrazione e di deflusso al fronte glaciale anche mediante installazione di misuratori di portata e prove con traccianti
- Task 6: Applicazione di modelli evolutivi dei ghiacciai nell'area di interesse
- Task 7: Analisi e modellazione di possibili fenomeni di rottura e crollo dell'apparato glaciale con deflusso improvviso di acqua accumulata all'interno delle cavità; modellazione matematica del funzionamento di cavità endoglaciali tramite approcci semplificati (mezzi fratturati, fenomeno dello *jökulhlaup*) modellazione fisica in camera fredda di casi particolareggiati
- Task 8: Valutazioni degli scenari di eventuali rotte glaciali e analisi di rischio
- Task 9: comunicazione e presentazione dei risultati su riviste scientifiche, mostre e media di comunicazione per 3° missione.

## Definizione (eventuale) area geografica di intervento

Possibile test site il ghiacciaio di Chérillon, alta Valtournenche, dove nel recente passato 2017 si sono osservati particolari fenomeni di deflusso anomalo alla fronte del ghiacciaio, potenzialmente correlabili alla formazione di cavità/condotti carsici.

Ghiacciaio Del Belvedere (Macugnaga) ove sono già presenti dati storici sull'evoluzione di uno dei ghiacciai più vasti e a bassa quota delle Alpi. Possibile test sui Ghiacciai della Valpelline.



# Bibliografia di riferimento

F. Avanzi, A. Bianchi, A. Cina, C. De Michele, P. Maschio, D. Pagliari, Daniele Passoni, L. Pinto, M. Piras, L. Rossi (2018): Centimetric Accuracy in Snow Depth Using Unmanned Aerial System Photogrammetry and a MultiStation. *Remote Sens.* 2018, 10, 765; doi:10.3390/rs10050765

Diolaiuti, G., D'Agata, C., Smiraglia, 2003: Belvedere Glacier, Monte Rosa, Italian Alps: Tongue Thickness and Volume Variations in the Second Half of the 20th Century. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 35(2), 255-263.

Diolaiuti G.A., Maragno D., D'Agata C., Smiraglia C., Bocchiola D., 2011. *Glacier retreat and climate change: documenting the last 50 years of Alpine glacier history from area and geometry changes of Dosde Piazzis glaciers (Lombardy Alps, Italy)*. *Prog. Phys. Geogr.*, 35, 161-182.

Eisen, O., Nixdorf, U., Keck, L., and Wagenbach, D. 2003. Alpine ice cores and ground penetrating radar: combined investigations for glaciological and climatic interpretations of a cold Alpine ice body, *Tellus B*, 55, 1007-1017, 2003.

Fan, J. (2019): Monitoring and Analyzing Mountain Glacier surface Movements using SAR data and a terrestrial laser scanner: a case study of the Himalayas North slope glacier area. *Remote Sensing*, 11, 2019, doi 10.3390.

Forte E., Pipan M., Francese R., Godio A., 2015. *An overview of GPR investigation in the Italian Alps*. *First Break*, 33,8, 61 – 67.

Frey H., Haeberli W., Linsbauer A., Huggel C., and Paul F., 2010. *A multi-level strategy for anticipating future glacier lake formation and associated hazard potentials*. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 10, 339-352.

Haeberli F.; 1983. *Frequency and characteristics of glacier floods in the Swiss Alps*. *Annals of Glaciology*, 4(1), 85-90. Haeberli, W., Kääh, A., Paul, F., Chiarle M., Mortara G., Mazza A., Deline, P., Richardson S., 2002: A surge-type movement at Ghiacciaio del Belvedere and a developing slope instability in the east face of Monte Rosa, Macugnaga, Italian Alps. *Norsk Geografisk Tidsskrift - Norwegian Journal of Geography*, 56(2), 104-111.

Künzler, M., Huggel, C., Linsbauer, A., Haeberli, W., 2010. Emerging risks related to new lakes in deglaciating areas of the Alps. In: *Mountain Risks: Bringing Science to Society*. Proc. of the Mountain Risk' Int. Conf., November 2010, Firenze, Italy, CERG Editions, Strasbourg, France, 453-458.

Mortara G., Mercalli L.; 2002. Il lago epiglaciale "Effimero" sul ghiacciaio del Belvedere, Macugnaga, Monte Rosa. *NIMBUS Rivista Soc. Meteorologica Italiana*, 23-24, VII (1-4), 10-17.

Murray T., Stuart G.W., Fry M., Gamble N.H. and Crabtree M.D., 2000. *Englacial water distribution in a temperate glacier from surface and borehole radar velocity analysis*. *Journal of Glaciology*, 46 (154), 389-398.

Stoffel M., Huggel C.; 2012. *Effects of climate change on mass movements in mountain environments*. *Prog. Phys. Geogr.*, 36, 421-439.

Vincent C., Garambois S, Thibert E, Lefèbvre E, Le Meur E and Six D. 2010. *Origin of the outburst flood from Glacier de Tête Rousse in 1892 (Mont Blanc area, France)*. *J. Glaciol.*, 56(198), 688-698 (doi: 10.3189/002214310793146188)

Vincent C., Desclotres M, Garambois S, Legchenko A, Guyard H. and Gilbert A 2012. *Detection of a subglacial lake in Glacier de Tête Rousse (Mont Blanc area, France)*. *J. Glaciol.*, 58(211), 866-878 (doi: 10.3189/2012JoG11J179).

Winsvold, S.H. et al. (2018) Using SAR satellite data time series for regional glacier mapping. *The Cryosphere*, 12, 867-890, 2018