



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



UNIVERSITÀ
DI PARMA

COMUNICATO STAMPA

Padova, 2 luglio 2025

TRE ANNI DOPO IL DISASTRO DELLA MARMOLADA STUDIO SCIENTIFICO SVELA I MECCANISMI NASCOSTI DEL CROLLO DEL GHIACCIAIO

A tre anni dalla tragedia che ha segnato per sempre la storia dell'alpinismo sulle Dolomiti, un nuovo studio scientifico pubblicato oggi sulla rivista «Natural Hazards and Earth System Sciences» ricostruisce con precisione inedita i meccanismi che portarono al collasso di una porzione del ghiacciaio della Marmolada il 3 luglio 2022. In quell'occasione, una massa di oltre 70.000 metri cubi di ghiaccio si staccò improvvisamente a oltre 3.200 metri di quota, travolgendo numerosi alpinisti lungo la via normale di salita alla Punta Penia. Il bilancio fu drammatico: 11 vittime e almeno 7 feriti gravi.



Il nuovo articolo scientifico, dal titolo *Failure of Marmolada Glacier (Dolomites, Italy) in 2022: Data-based back analysis of possible collapse mechanisms*, è il risultato di una ricerca condotta da un team multidisciplinare internazionale composto da glaciologi, geologi, ingegneri e geofisici appartenenti a diverse istituzioni italiane ed europee: Università di Parma, Università di Padova, Istituto

Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (OGS), Università di Trieste, Università di Zurigo, ARPAV e Università di Stellenbosch.

«Abbiamo voluto analizzare la tragedia con gli strumenti della scienza, mettendo insieme dati storici, rilievi di precisione e modelli fisico-matematici per comprendere se e come l'instabilità del ghiacciaio potesse essere prevedibile - **spiega Roberto Francese, primo autore dello studio, docente di Geofisica all'Università di Parma e ricercatore associato all'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale.** «Il nostro lavoro dimostra che la Marmolada non è crollata per un

singolo fattore scatenante, ma per una combinazione di condizioni critiche che si sono sommate in modo sinergico».

Dell'Università di Parma anche il secondo autore, **Roberto Valentino**, docente di Geotecnica.



La dinamica del collasso

Il crollo si è verificato in un piccolo circo glaciale poco sotto la Punta Rocca (3309 m), lungo un settore già frammentato e fragile del ghiacciaio. I ricercatori hanno stimato che la massa crollata si sia staccata lungo una zona con inclinazioni fino a 40°, percorrendo oltre 2,3 km a una velocità stimata tra gli 80 e i 90 km/h.

Nessun terremoto è stato registrato in prossimità dell'evento, e l'ipotesi sismica è stata definitivamente esclusa. Al contrario, l'analisi indica che il collasso è stato provocato da:



Aldino Bondesan

- un'accelerata **fusione nivale e glaciale**, dovuta a temperature record registrate nella primavera e nell'estate del 2022;

- una **massiccia presenza di acqua di fusione** intrappolata in profondi crepacci ostruiti, che ha generato pressioni idrauliche elevate;

- permafrost degradato** nella roccia sottostante, che ha ridotto la coesione tra ghiaccio e substrato;

una **geometria sfavorevole del letto roccioso**, con pendenze elevate e strati di detrito glaciale poco coesivo.

«Il ghiacciaio si è trovato improvvisamente in una condizione di equilibrio precario: la temperatura interna era elevata, la base era instabile e l'acqua in pressione, nei crepacci e alla base, ha esercitato una spinta». L'evento si è consumato in pochi secondi, ma le sue premesse si sono costruite nei mesi e negli anni precedenti -

spiega Aldino Bondesan, geografo dell'Università di Padova al dipartimento di Scienze storiche, geografiche e dell'antichità e *corresponding author* dello studio -. Per le ricerche abbiamo impiegato tecniche geofisiche avanzate, tra cui rilievi con georadar (Ground Penetrating Radar – GPR), misure geolettiche e ricostruzioni topografiche con laser scanner terrestri e droni LIDAR. Le immagini satellitari ad alta risoluzione sono state elaborate per analizzare la presenza d'acqua superficiale e inglobata, tramite indici multispettrali come il NDWI (Normalized Difference Water Index).

Un'analisi ad alta tecnologia, durante la quale è stato anche effettuato un **carotaggio del ghiacciaio residuo** e sono stati inseriti **sensori di temperatura** a diverse profondità nella massa glaciale, per monitorare direttamente le condizioni termiche alla base del ghiacciaio. I dati indicano temperature comprese tra -2,4°C e -3,1°C nel cuore del ghiaccio, a conferma di un ambiente freddo ma prossimo al punto di fusione.

I ricercatori hanno poi simulato numericamente la stabilità del ghiacciaio utilizzando il **Limit Equilibrium Method (LEM)**, tecnica comunemente usata in ingegneria geotecnica per valutare la stabilità dei pendii. Solo l'interazione di più fattori destabilizzanti ha portato a valori del “fattore di sicurezza” (FoS) inferiori a 1, soglia convenzionale che indica la perdita di equilibrio.

Un monito per il futuro

Il crollo della Marmolada è il primo caso documentato in Italia di una valanga glaciale con un simile bilancio umano. Ma non è un episodio isolato: eventi simili stanno aumentando nelle regioni alpine e andine, in relazione alla **rapida ritirata dei ghiacciai e alla degradazione del permafrost**.

Questo studio fornisce una chiave interpretativa fondamentale non solo per capire cosa è accaduto, ma anche per impostare strategie di **monitoraggio e prevenzione dei rischi in alta montagna**. I risultati evidenziano l'importanza di integrare osservazioni climatiche, rilievi geofisici e modellazione numerica per anticipare scenari di collasso potenzialmente catastrofici.

Università degli Studi di Padova
Settore Ufficio Stampa
Via VIII febbraio, 2 – 35122 Padova
tel.: 3346962662
e-mail: stampa@unipd.it
web: <http://www.unipd.it/comunicati>

Università di Parma - Ufficio Stampa
U.O. Comunicazione Istituzionale e Cerimoniale
Via Università, 12 - 43121 Parma
tel.: 0521 904008
e-mail: ufficiostampa@unipr.it
web: <http://www.unipr.it>