

Tragedia della Marmolada, cosa causò il crollo? “Ghiacciaio in equilibrio critico: calore penetrato in profondità, acqua di fusione e crepe l'hanno reso fragile”

TRENTO. Un'azione congiunta del calore penetrato fino in profondità, dell'acqua liberata dalla fusione della massa glaciale e delle crepe che l'hanno resa fragile. È questo l'insieme delle condizioni che, quattro anni fa – il 3 luglio 2022 – portò al tragico crollo del ghiacciaio della Marmolada, nel quale 11 persone persero la vita.

REDAZIONE



TRENTO. Un'azione congiunta del calore penetrato fino in profondità, dell'acqua liberata dalla fusione della massa glaciale e delle crepe che l'hanno resa fragile. È questo l'insieme delle condizioni che, quattro anni fa – il 3 luglio 2022 – portò al tragico crollo del ghiacciaio della Marmolada, nel quale 11 persone persero la vita. A riportarlo sono un gruppo di esperti di diverse università – compresa quella di Trento – e centri di ricerca, che hanno realizzato uno studio –

Climate warning and ice weakening trigger alpine glacier collapses: the Marmolada case, pubblicato su Geophysical research letters – per comprendere nel dettaglio i meccanismi che hanno determinato il collasso e contribuire alla prevenzione. Gli esperti parlano infatti di una condizione di “equilibrio critico” del corpo glaciale, dopo aver ricostruite le condizioni in cui si trovava il ghiacciaio al momento del crollo – analizzandone i principali fattori di instabilità – grazie all'utilizzo di un modello termo-meccanico tridimensionale. “Il rapido arretramento dei ghiacciai temperati delle medie latitudini – si legge nello studio – dovuto al riscaldamento globale, provoca una drastica perdita di massa e ne aumenta l'instabilità. L'analisi ha indicato che il ghiacciaio si trovava in una condizione di equilibrio critico, poiché l'aumento della temperatura all'interno del ghiaccio ha agito in sinergia con fratture diffuse in prossimità delle superfici di rottura, riducendo la resistenza al taglio del ghiaccio. Inoltre, l'aumento della pressione dell'acqua alla base del ghiaccio, causato dall'acqua di fusione, lo ha reso instabile anche in presenza di valori più elevati di resistenza”. E di fronte alle conseguenze indotte dalla crisi climatica, continuano i ricercatori, il livello d'attenzione deve essere particolarmente alto sull'arco alpino: “Poiché la maggior parte dei ghiacciai alpini – scrivono – è in fase di arretramento sotto l'effetto di condizioni climatiche analoghe, esprimiamo preoccupazione per il possibile aggravarsi degli scenari di rischio nelle regioni montane delle medie latitudini e sottolineiamo l'importanza di strumenti predittivi, come quello sviluppato in questo studio, a supporto delle attività di mitigazione del rischio”. A firmare il lavoro sono Carlo Baroni, Chiara Frassi e Maria Cristina Salvatore del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa, Alberto Bellin e Nicola Pugno del Dipartimento di Ingegneria civile, ambientale e meccanica dell'Università di Trento, Luca Carturan dell'Università di Padova e Andrea Berton, dell'Istituto di geoscienze e georisorse del Consiglio nazionale delle ricerche a Pisa. Lo

studio rappresenta l'evoluzione delle ricerche sviluppate nell'ambito di una consulenza tecnico-scientifica per la Procura della Repubblica di Trento, coordinata da Carlo Baroni e Alberto Bellin: “Ne emerge – scrive UniTrento – un quadro composto da diversi fattori che assieme hanno contribuito agli eventi che ne sono seguiti. Con protagonista l'acqua, con il suo effetto di indebolimento sulla resistenza del ghiaccio e l'azione di sottospinta idraulica che ha destabilizzato la massa glaciale alla base”. Tra gli aspetti più rilevanti, gli autori e le autrici indicano il ruolo della struttura interna del ghiacciaio: “Le analisi condotte – scrive l'ateneo trentino – evidenziano come la presenza di diffusi sistemi di fratture nelle aree prossime alle superfici di rottura abbia contribuito a ridurre la resistenza del ghiaccio. Un elemento che, associato alla complessa configurazione interna della massa glaciale, si è rivelato determinante nella valutazione delle condizioni di stabilità che hanno preceduto il collasso”. “Oltre al coordinamento della ricerca insieme al professor Bellin – dice Carlo Baroni, del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa - il contributo dei ricercatori Unipi si è particolarmente concentrato sul ruolo esercitato dalla complessa struttura interna del ghiacciaio e sulla caratterizzazione di diverse generazioni di sistemi di fratture secondarie che hanno contribuito a ridurre la resistenza al taglio del ghiaccio e generato le superfici di distacco della massa glaciale. Questi risultati hanno permesso di chiarire alcuni dei principali meccanismi che hanno portato all'innesco del collasso e di migliorare la comprensione delle condizioni di instabilità del ghiacciaio”. “Nello studio – dice Bellin, ordinario al Dicam e al C3A dell'Università di Trento – abbiamo usato un modello di stabilità globale tridimensionale, che tiene conto di tutte le forze agenti e dell'effetto della temperatura. Abbiamo notato come in Marmolada la presenza di acqua all'interfaccia fra la roccia e il ghiaccio abbia ridotto la componente stabilizzante delle forze agenti sul ghiacciaio causandone il crollo, ulteriormente favorito dall'aumento della temperatura che ha ridotto la resistenza del ghiaccio alle forze di taglio. Abbiamo così ricostruito il meccanismo scatenante del crollo proponendo valutazioni quantitative sulla stabilità: in questo senso i risultati di questo lavoro aprono prospettive interessanti per il monitoraggio dei ghiacciai. Il modello di stabilità che abbiamo messo a punto potrà essere applicato ad altri contesti”. Oltre a ricostruire i meccanismi responsabili del collasso del ghiacciaio della Marmolada, dice l'ateneo trentino, l'articolo propone un approccio innovativo per la valutazione della stabilità dei ghiacciai e per l'identificazione di possibili condizioni di rischio. Gli autori mostrano che le condizioni di collasso possono essere individuate anche attraverso una versione semplificata del modello 3D, già in uso in altri casi, rendendo l'approccio potenzialmente applicabile a contesti più ampi di monitoraggio e analisi del rischio glaciologico. Uno strumento predittivo importante, sottolineano le firmatarie e i firmatari del paper, nell'attuale contesto di cambiamento climatico che vede una rapida perdita di massa e un arretramento di gran parte dei ghiacciai alpini che stanno modificando il loro equilibrio dinamico. In questo senso evidenziano come studi come quello pubblicato su *Geophysical Research Letters* “possono contribuire alla comprensione dei processi che governano l'evoluzione dei ghiacciai e rappresentare un supporto concreto per la valutazione dei pericoli associati agli ambienti glaciali in un clima in rapido cambiamento”.