

MONITORAGGIO MULTITEMPORALE DEL GHIACCIAIO DEL MIAGE (MONTE BIANCO) ATTRAVERSO L'UTILIZZO DI CARTOGRAFIA STORICA

**L'Aerofototeca
Nazionale
racconta...**

**di Luigi Perotti, Francesco
Parizia, Giacomo Zulato**

***Sin dalla sua fon-
dazione, nel 1895, il
Comitato Glaciologico
Italiano (CGI) ha inves-
tito risorse nello studio
dei ghiacciai per moni-
torare e comprendere
le loro modificazioni e
le dinamiche ambientali
che le governano. Per
effettuare questi studi,
oltre alla classica foto-
grafia a supporto degli
aspetti glaciologici, sono
state utilizzate tecniche
di rilievo che potessero
produrre dati di base,
rigorosi e misurabili.***



Fig. 1 - Esempio di Stereosimplex Galileo-Santoni IIb prodotto dalle Officine Galileo (Firenze). Questi strumenti permettevano la restituzione in planimetria di ciò che veniva osservato sulle foto aree mantenendo il rigore geometrico;

Alcuni di questi prodotti cartografici sono stati creati tra gli anni '40 e '70 del secolo scorso, dall'Ente Italiano Rilievi Aereofotogrammetrici (EIRA) proprio su incarico del CGI. La società EIRA è stata una delle più note nel campo del rilevamento fotogrammetrico fin dalla sua costituzione su iniziativa dei tecnici delle Officine Galileo di Firenze; grazie all'innovazione dei macchinari in campo ottico-meccanico, durante gli anni della sua attività, le Officine Galileo hanno operato in tutto il mondo. Per esempio, dal luglio 1957 al dicembre 1958 venne indetto l'Anno Geofisico Internazionale (IGY) ovvero un programma di studi scientifici su scala globale al quale partecipò anche l'Italia. In

questo programma vennero inseriti diversi ambiti di studio, volti alla miglior comprensione delle principali proprietà e dinamiche fisiche del pianeta, tra essi vi fu anche la glaciologia. Fu proprio durante l'Anno Geofisico che venne stampata la carta topografica del Ghiacciaio del Miage 1957/1958, restituita ad opera dell'EIRA, su incarico del CGI, grazie ai rilievi fotogrammetrici/topografici effettuati dal Politecnico di Milano. Per la restituzione delle curve di livello l'EIRA utilizzava dei particolari stereorestitutori come lo Stereosimplex, prodotto dalle Officine Galileo su progetto dell'Ing. Santoni, uno degli strumenti maggiormente diffusi e utilizzati in quegli anni (Fig.1), visibile presso il Museo dell'Aerofototeca.

Negli ultimi anni il Comitato Glaciologico ha deciso di digitalizzare anche tutti i dati in suo possesso, a partire dalla grande mole di fotogrammi terrestri ritraenti i ghiacciai italiani sin dalla fine del 1800, includendo anche la cartografia in suo possesso. In questo contesto si è deciso di riutilizzare quella tipologia di dato per ottenere una visione metrica sul passato, creando dei prodotti digitali misurabili e confrontabili con i prodotti moderni.

In questo contesto, nel 2023, il CGI ha scansionato e digitalizzato la carta topografica che ritrae il Ghiacciaio del Miage, terzo ghiacciaio italiano per estensione, situato sul versan-

te italiano del Monte Bianco. Avendo un'estensione di circa 10 km² il ghiacciaio è stato diviso in due campagne di rilievo distinte: il Foglio Sud rilevato nell'agosto 1957 (Fig. 2a) e il Foglio Nord rilevato nell'agosto 1958 (Fig. 2b).

Acquisito il dato in formato digitale, si sono potute iniziare le elaborazioni in ambiente GIS (Geographic Information System). Il primo step di elaborazione effettuato è stato la georeferenziazione delle due carte. Questo ha permesso di co-registrare le due carte rispetto ai prodotti cartografici attuali, per renderle pertanto misurabili e confrontabili con gli altri prodotti digitali (Fig.

3). Per effettuare la georeferenziazione sono state sfruttate le coordinate tridimensionali dei punti quotati presenti sui due fogli, correlabili ai punti quotati presenti sulla cartografia IGM degli anni '60 e, in alcuni casi, agli elementi morfologici. Successivamente si è effettuata una vettorializzazione del dato raster che ha permesso di trasformare l'immagine delle isoipse in vettori lineari. A seguito di una fase di controllo e pulitura delle isoipse, al fine di ottenere dati lineari continui per ciascuna curva di livello, si è passati alla fase di restituzione delle quote. In questo passaggio fondamentale si è attribuito, manualmente, un valore di

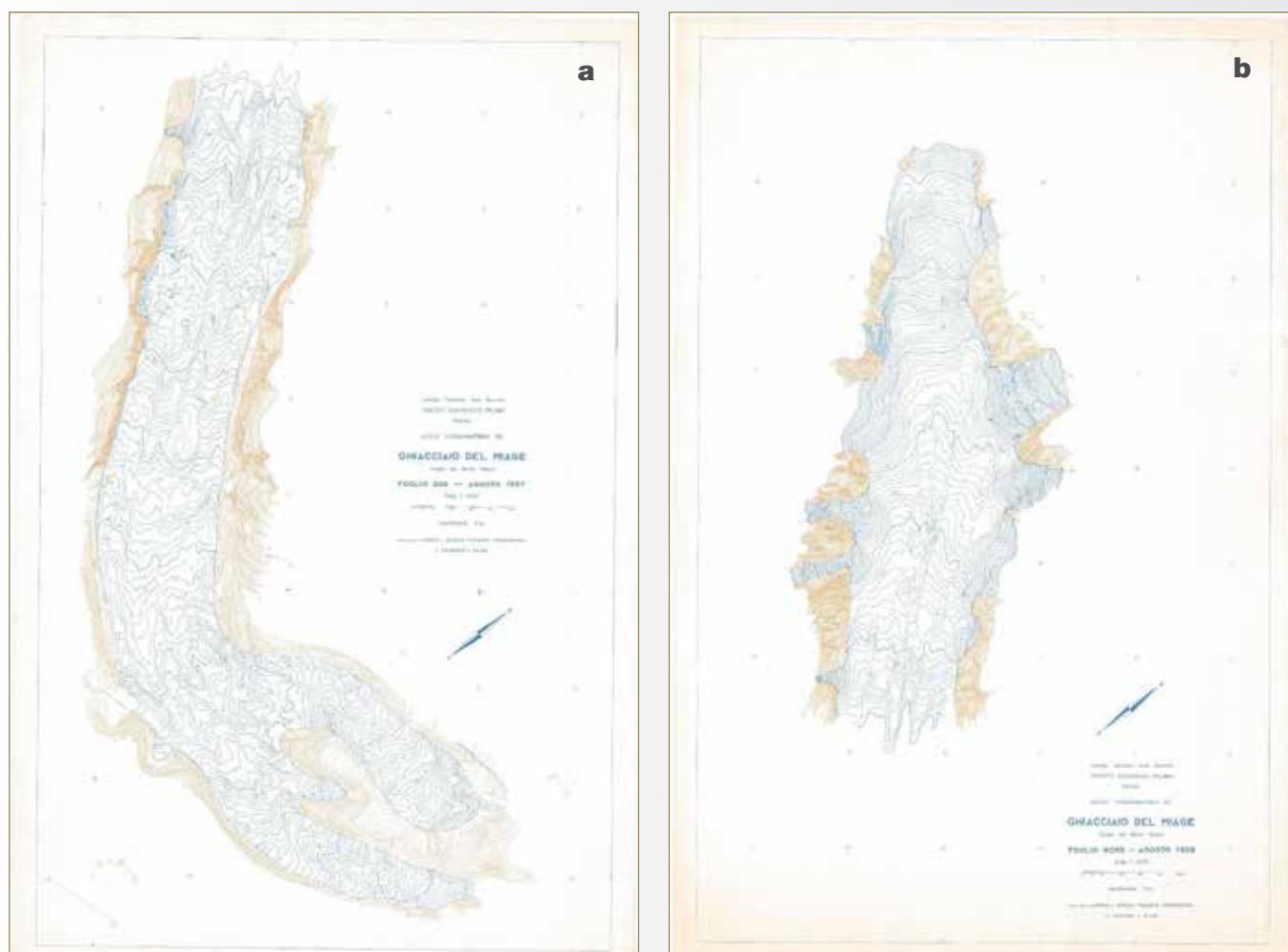


Fig. 2 - Le due figure ritraggono le carte topografiche relative al Ghiacciaio del Miage. In A si osserva la carta relativa al settore sud, rilevato nel 1957. In B la carta relativa al settore nord, rilevato nel 1958. In azzurro si può osservare la superficie del ghiacciaio. In marrone, invece, sono identificate le aree in roccia e le morene che circondano la parte terminale del ghiacciaio, con i suoi celebri 3 lobi.

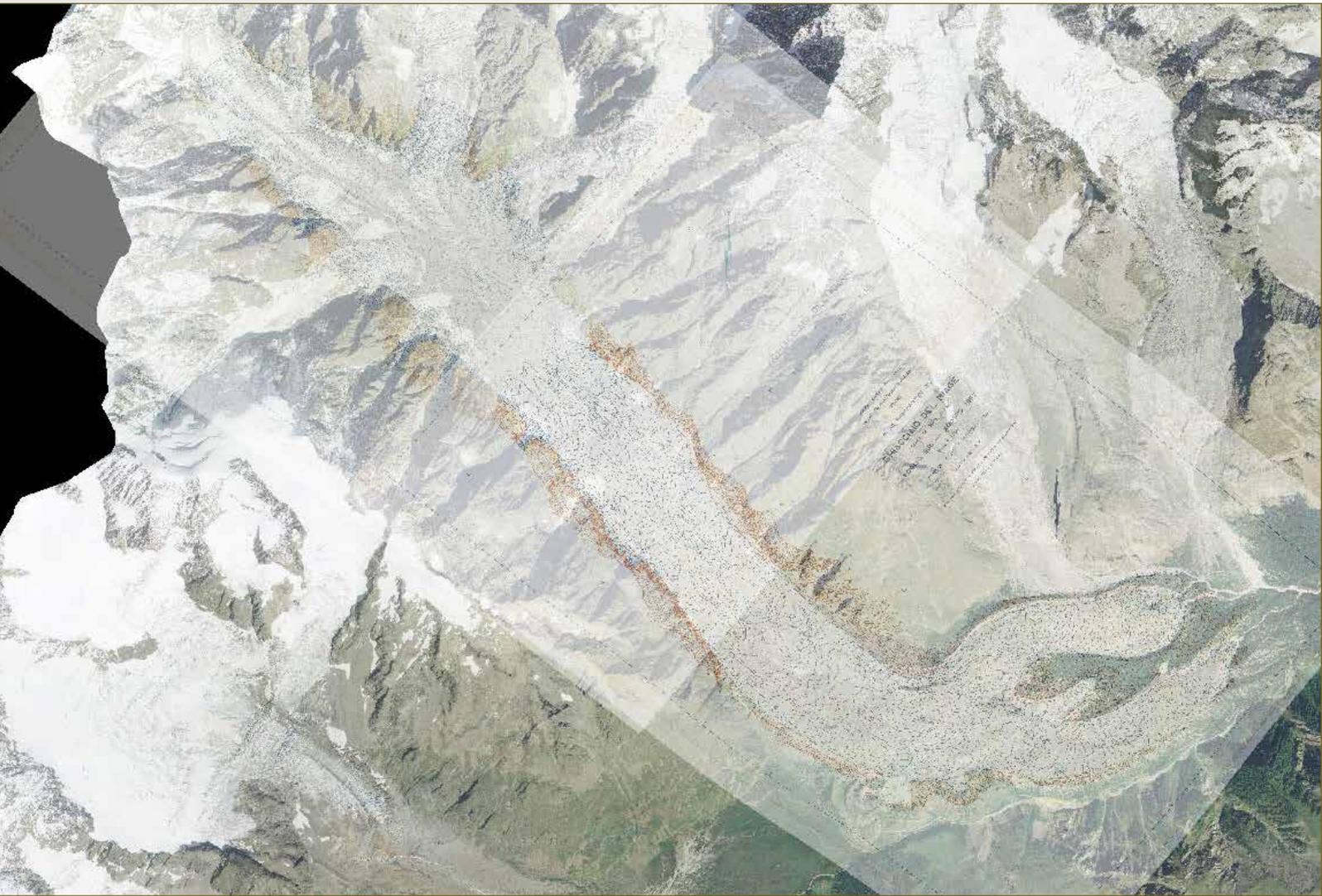


Fig. 3 - Sovrapposizione delle due carte topografiche sull'ortofoto 2006, reperibile in formato Web Map Service (WMS) sul sito del Ministero dell'Ambiente.

quota a ciascuna isoipsa. Le due carte sono state successivamente unite attraverso l'interpretazione manuale dell'area e intervenendo sulle singole

curve di livello in modo da "saldare" il settore di giunzione tra le due carte topografiche in modo coerente nonostante la differenza temporale di un

anno che ha generato evidenti differenze - generate dal movimento del ghiacciaio - (Fig. 4). Si è quindi passati alla creazione di una nuvola di punti. A

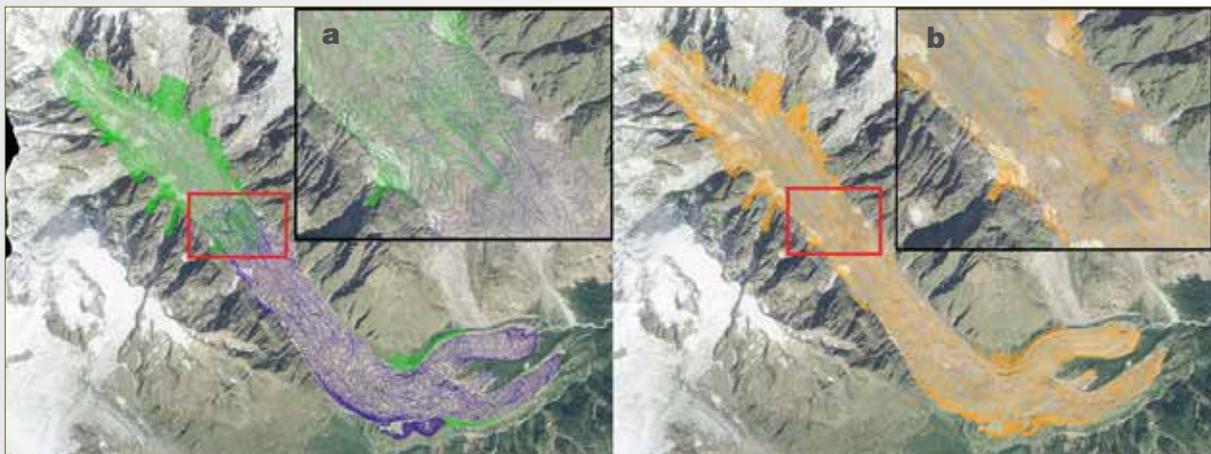


Fig. 4 - In questa figura si può apprezzare in A il settore di giunzione tra il Foglio Sud (isoipse blu) e Nord (isoipse verdi). In B il prodotto finale e perfettamente armonizzato, tra i due fogli, ormai diventati prodotto unico.

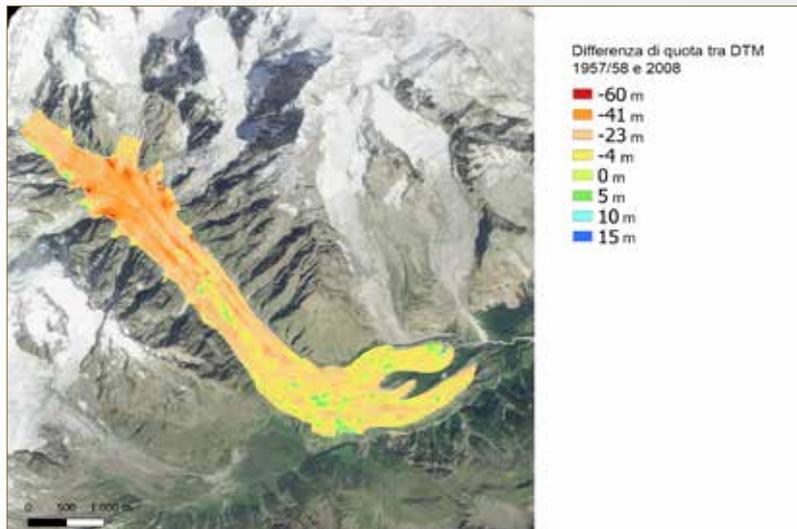


Fig. 5 - Visualizzazione della perdita di quota tra il modello del 1957/58 e il 2008.

partire dalle isoipse, sono stati estratti i punti quotati utilizzando un passo costante lungo ogni singola curva di livello. Questo ha permesso di estrarre una considerevole quantità di punti 3D che in seguito ad un processo di rasterizzazione hanno dato vita al Modello Digitale del Terreno (DTM). Questo modello, in formato raster, attribuisce a ciascun pixel la quota della superficie glaciale al momento del rilievo topografico avvenuto nel 1957/1958.

Il flusso di lavoro nel suo insieme è stato verificato ad ogni passaggio in modo da ottenere un Modello Digitale del Terreno completo, con un errore valido per la misura delle variazioni glaciali e confrontabile con i modelli odierni. Si è scelto così di comparare il DTM 1957/1958 con il dato DTM più aggiornato ed accurato, reperibile sul sito della Regione Autonoma Valle d'Aosta: il DTM Lidar 2008.

Il paragone tra i due modelli ha portato alla creazione di una mappa di evoluzione della superficie glaciale (DEM of Difference) in cui vengono

espresse le differenze di quota evidenziate dal confronto numerico dei due modelli della superficie del Ghiacciaio del Miage (Fig. 5).

Si può notare come la dinamica glaciale sia molto negativa, con picchi di perdita anche superiori ai 60 metri, ma si può anche notare la presenza di settori in cui la superficie del ghiacciaio si è alzata rispetto al passato. Dal punto di vista volumetrico si sono persi circa 94 miliardi di m³ di ghiaccio. Si tenga presente, inoltre, che la stima della perdita di volume dal 1957 al 2008 non è reale, poiché non tiene in considerazione delle variazioni volumetriche che il ghiacciaio ha subito tra i due momenti temporali, specialmente con le pulsazioni positive avvenute tra gli anni '80 e '90 che, più freddi della media del periodo, hanno prodotto un temporaneo aumento di volume del ghiacciaio.

Questo lavoro mette in luce la grande qualità e la preziosità dei dati che l'Aerofototeca Nazionale dell'Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione (ICCD) ha

a disposizione. Inoltre questo lavoro vuole mettere in luce e sottolineare come l'enorme mole di dati in possesso di questo ente, sia ancora del tutto attuale e assolutamente fondamentale al mondo della ricerca, per la conoscenza, la pianificazione e la gestione del territorio alpino italiano.

BIBLIOGRAFIA

- Comitato Glaciologico Italiano (1959-1960) - Bollettino del comitato Glaciologico Italiano N-9 II serie (1959-1960).
Istituto Geografico Militare (1970) - Carta Topografica serie 25. https://www.igmi.org/prodotti/serie_WMS/2
Ministero dell'Ambiente. (2006). Ortofoto a colori anno 2006 con relative date del volo. Derivato da Geoportale Nazionale - Servizio di consultazione - WMS: http://wms.pcn.mnambiente.it/ogc?map=/ms_ogc/WMS_v1.3/raster/ortofoto_colore_06.map
Regione Autonoma Valle d'Aosta. (2013). DTM 2008. Tratto da Geoportale SCT - Dati territoriali Regione Valle d'Aosta: <https://mappe.partout.it/pub/geonavitg/geodownload.asp?carta=DTM08>

PAROLE CHIAVE

FOTOGRAMMETRIA, GHIACCIAI, COMITATO GLACIOLOGICO ITALIANO, MONITORAGGIO GLACIALE MULTITEMPORALE.

ABSTRACT

Multitemporal glacier monitoring through the digitalization of old topographic maps in a Digital Terrain Models and comparison to the present.

AUTORE

LUIGI PEROTTI 1,2,3,
LUIGI.PEROTTI@UNITO.IT
FRANCESCO PARIZIA 2,3,4
GIACOMO ZULATO 2;

- 1 - Comitato Glaciologico Italiano
- 2 - Università degli Studi di Torino
Geositlab - GIS and Geomatics Laboratory
Dipartimento di Scienze della Terra
- 3 - Università degli Studi di Torino
GEO4Agri Lab - Laboratorio di Geomatica e Telerilevamento Agro-Forestale
Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari
- 4 - Università di Roma "La Sapienza"
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale

"L'Aerofototeca nazionale racconta.." è a cura di A. Dell'Anna.