

Fotogrammetria e Sistemi Informativi Geografici per lo studio dei laghi di pertinenza glaciale del Piemonte

Cristina Viani (*), Marco Giardino (*), Luigi Perotti (*),
Giovanni Mortara (**), Marco Bacenetti (*)

(*) Dipartimento di Scienze della Terra – Università degli Studi di Torino – Via Valperga Caluso 35, Torino
cristina.viani@libero.it, (marco.giardino, luigi.perotti, marco.bacenetti)@unito.it

(**) Comitato Glaciologico Italiano – Corso Massimo D’Azeglio 42, Torino
giovanni.mortara@irpi.cnr.it

Riassunto

Questo lavoro riguarda lo studio dei laghi di pertinenza glaciale, cioè le formazioni lacustri circoscritte all’attuale ambiente glaciale e proglaciale del Piemonte; esso è stato svolto principalmente attraverso la realizzazione di un Sistema Informativo Geografico (*GIS*). Gli scopi di questa ricerca sono stati essenzialmente tre: colmare una lacuna conoscitiva, realizzando per la prima volta un catasto dei laghi glaciali in Piemonte; svolgere un’analisi geografica del fenomeno a livello regionale e infine effettuare uno studio specifico su alcuni casi opportunamente scelti per approfondire la conoscenza circa il rapporto che lega un lago glaciale al rispettivo ghiacciaio.

Il lavoro di base è stato svolto attraverso l’osservazione delle ortofoto relative ai voli con copertura nazionale realizzati negli anni 1988-89, 1994-98, 2000 e 2006 con lo scopo di individuare e localizzare i laghi glaciali piemontesi. Essi sono stati contrassegnati con un toponimo, inoltre ne è stata restituita l’area. È stato quindi possibile effettuare una serie di analisi spaziali circa il fenomeno: la distribuzione geografica a livello regionale, la localizzazione altitudinale, la pendenza delle aree che ospitano i laghi glaciali e l’esposizione dei ghiacciai presso i quali essi sono ubicati. Inoltre sono state valutate le dimensioni areali dei bacini. Il fenomeno è stato quindi studiato sia nella sua dimensione temporale sia nella sua dimensione più prettamente spaziale attraverso le funzioni del *GIS*.

Su quattro casi di studio è stata effettuata un’analisi multitemporale con produzione di una cartografia tematica e di panorami che illustrano le sensibili trasformazioni intervenute nel periodo considerato (1954-2010).

Abstract

This study concerns glacial lakes located in glacial and proglacial areas of Piemonte region. It has been realized through the creation of a Geographical Information System (*GIS*). The purposes of the research are three: to realize for the first time an inventory of glacial lakes in Piemonte region; carry out a geographical analysis of the phenomenon and finally deepen some cases to increase the knowledge about the relationship between a glacial lake and the respective glacier.

This work has been achieved observing orthophotos of 1988-89, 1994-98, 2000 and 2006 flights. When a glacial lake was picked out, it was identified with a symbol and a name and his area was drawn. It was carried out a spatial analysis about: geographical and altitudinal distribution of glacial lakes, the slope of the areas where lakes are located and glaciers exposure. Were also evaluated areal dimensions of the basins. The phenomenon was studied both in its temporal and spatial dimension through the functions of the *GIS*.

On four case studies a multitemporal analysis was done with the production of thematic maps and views of the areas that allowed to understand the changes occurring during the period considered (1954-2006).

Introduzione

I laghi di pertinenza glaciale, definiti come quelle formazioni lacustri circoscritte all'attuale ambiente glaciale e proglaciale, sono degli interessanti oggetti di ricerca. La loro presenza in ambiente montano costituisce un valore aggiunto dal punto di vista naturalistico, ecologico e paesaggistico; rappresentano una risorsa economica per il turismo e per la produzione di energia idroelettrica. Infine possono anche risultare un fattore di rischio in quanto possono essere soggetti a fenomeni di rotta glaciale ovvero uno svuotamento con riversamento a valle del loro contenuto.

Gli studi attuali sui laghi glaciali riguardano ricerche su casi specifici (Mortara G. & Tamburini A., 2009; Mercalli L. *et al.*, 2002) e catasti relativi a determinate aree geografiche come in Italia quelli della Lombardia (Galluccio A., 1998) e della Valle d'Aosta (<http://catastoghiacciai.regione.vda.it>).

La ricerca glaciologica, in generale e quella sui laghi glaciali, nello specifico, risulta essere sempre più supportata dalle moderne tecniche geomatiche (Frey H. *et al.*, 2010; Perotti L., 2007; Zanutta A. & D'agata C., 2006). In questo lavoro si è quindi deciso di ricorrere a tali strumenti e in particolare ai Sistemi Informativi Geografici (GIS) e all'aerofotogrammetria digitale in modo tale da produrre un catasto dei laghi presenti sul territorio regionale e da approfondire la conoscenza sul fenomeno in esame andando ad indagare alcuni casi specifici opportunamente scelti.

Il catasto dei laghi di pertinenza glaciale piemontesi

Per la realizzazione del catasto è stato creato un progetto GIS all'interno del quale è stata caricata una serie di ortofoto disponibili sul Geoportale Nazionale attraverso il *Web Map Service* (WMS) derivanti dai voli con copertura nazionale realizzati nel 1988-1989, 1994-1998, 2000 e 2006.

Dall'esame di queste ortofoto, nel periodo 1988-2006 è stata rilevata la presenza di 84 bacini lacustri così caratterizzati:

- tipologia. Fortissima preponderanza di laghi proglaciali (figura 1) con pochi ma celebri casi di laghi epiglaciali (Lago Effimero sul Ghiacciaio del Belvedere, lago epiglacialiale sul Ghiacciaio del Rocciamelone e due laghetti epiglaciali sul Ghiacciaio della Croce Rossa).

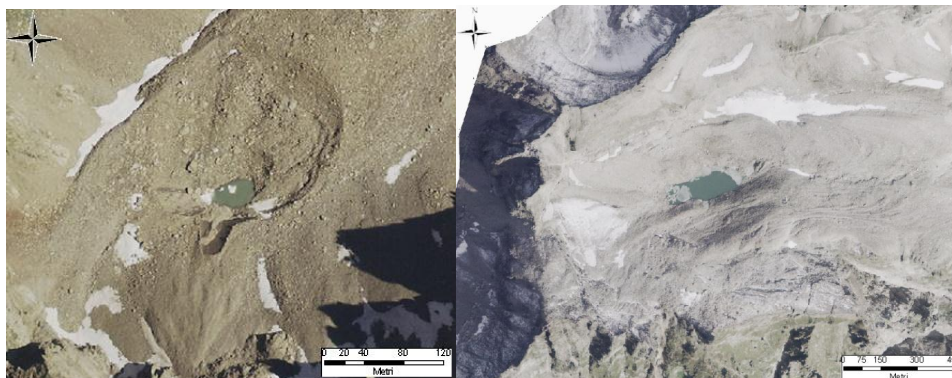


Figura 1. Esempi di laghi proglaciali individuati sull'ortofoto del 2006 presso il Ghiacciaio di Schiantala (Alpi Cozie) e il Ghiacciaio del Cervandone (Alpi Lepontine).

- distribuzione geografica.

ALPI	Numero di laghi	Percentuale di laghi
Marittime	3	3,6%
Cozie	11	13,1%
Graie	45	53,6%
Pennine	6	7,1%
Lepontine	19	22,6%

Figura 2. Distribuzione dei laghi glaciali piemontesi nei singoli settori alpini.

- distribuzione altitudinale. Le quote dei punti rappresentativi dei laghi glaciali piemontesi sono state estratte dal DEM del Piemonte con passo 50 metri del 1992 (accuratezza entro gli 8 m). La quota minima alla quale è stata riscontrata la presenza di un lago glaciale è di 2158 m (Lago Effimero sul Ghiacciaio del Belvedere), quella massima è 3459 m (lago epiglaciale sul Ghiacciaio della Croce Rossa) ma gran parte dei laghi (85%) si colloca nella fascia altimetrica compresa tra i 2500 e i 3100 metri di quota (area in azzurro in figura 3).

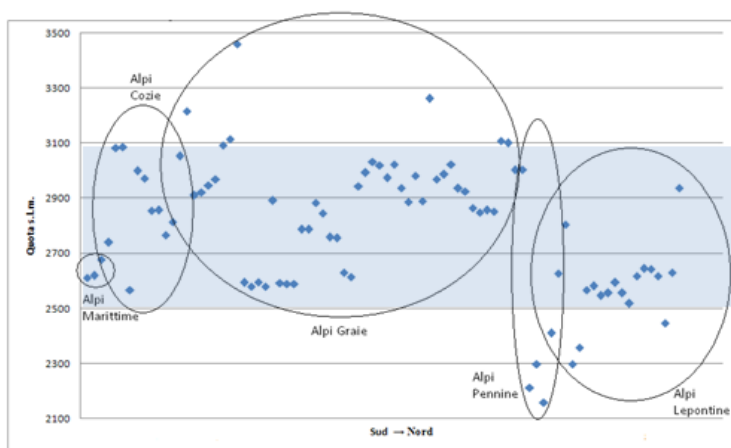


Figura 3. Distribuzione altitudinale dei laghi di pertinenza glaciale piemontesi.

- pendenza delle aree che ospitano i ghiacciai. Nel 93% dei casi la pendenza è inferiore ai 15°.
- esposizione dei ghiacciai che presentano bacini lacustri. Questi sono prevalentemente esposti a Nord-Est (44%) e a Sud-Est (22%).
- dimensioni areali dei laghi. Il 74% dei bacini lacustri ha un'area inferiore ai 2000 m², le dimensioni risultano quindi piuttosto modeste.

I casi di studio

In seguito alla realizzazione del catasto si è deciso di approfondire la conoscenza sul fenomeno e in particolare il suo nesso con il glacialismo attuale attraverso l'analisi di quattro casi di studio ritenuti particolarmente significativi: Ghiacciaio e Lago di Galambra (Alpi Cozie), Ghiacciaio del Rocciamelone e lago epiglaciale (Alpi Graie), Ghiacciaio Settentrionale delle Locce e Lago delle Locce (Alpi Pennine) e Ghiacciaio dei Gemelli di Ban e lago proglaciale (Alpi Lepontine).

Per ciascun caso è stata effettuata un'analisi multitemporale attraverso il confronto di ortofoto derivanti da riprese aerofotogrammetriche realizzate tra il 1954 (volo IGM GAI, prima ripresa disponibile) e il 2010 (ultimo volo disponibile della Regione Piemonte).

Le ortofoto analizzate derivano in parte da un lavoro di fotogrammetria e in parte dal Geoportale Nazionale (figura 4).

Il lavoro di fotogrammetria è stato svolto con il *software Leica Photogrammetric Suite 9.1 (LPS)* su fotogrammi aerei in formato digitale. Questo è consistito nel loro orientamento e successiva ortorettifica, inoltre per le coppie di fotogrammi relative al caso di studio sul Ghiacciaio e Lago di Galambra sono stati prodotti anche i relativi *Digital Elevation Model (DEM)*.

È stato effettuato un controllo degli errori attraverso valutazioni qualitative (sovrapposizione di ortofoto) e quantitative (*check points*), essi risultavano generalmente accettabili tranne per il caso del DEM del 1954 il quale è stato per questo escluso dallo studio. Per ciascun fotogramma è stata prodotta una scheda riassuntiva dei dati (volo, strisciata, numero del fotogramma, camera fotogrammetrica, eccetera) e degli errori.

Volo	Anno	Fonte	Tolleranza planimetrica
IGM GAI	1954	Fotogrammi digitalizzati a 800 dpi	10 m
ROSSI- Provincia di Torino	1975	Fotogrammi digitalizzati a 400 dpi	2 m
CGR- Piemonte	1976-77-78	Fotogrammi digitalizzati a 400 dpi	2 m
CGR- Regione Piemonte	1979-80	Fotogrammi digitalizzati a 400 dpi	3 m
Alifoto-Ghiacciai piemontesi	1983	Fotogrammi digitalizzati a 800 dpi	3 m
Italia	1988-1989	Geoportale nazionale WMS	4 m
Italia	1994-1998	Geoportale nazionale WMS	4 m
IT	2000	Geoportale nazionale WMS	4 m
IT	2006	Geoportale nazionale WMS	4 m

Figura 4. Elenco dei voli utilizzati per i casi di studio.

Le ortofoto così prodotte risultano essere un'ottima base cartografica geometricamente corretta e georiferita da utilizzare per produrre cartografia tematica. Per ciascun caso di studio sono state individuate le posizioni assunte dalla fronte glaciale nei diversi anni per i quali sono disponibili le immagini e l'area occupata dal lago (la quale è stata anche opportunamente calcolata).

In questo modo è stato possibile valutare se e come le variazioni della massa glaciale abbiano influenzato l'evoluzione dei bacini lacustri.

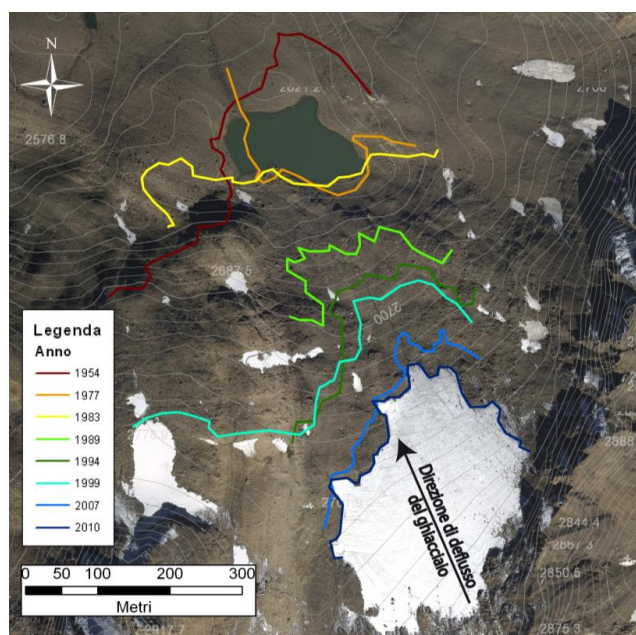


Figura 5. Posizioni assunte dalla fronte del Ghiacciaio dei Gemelli di Ban (Val Formazza, Alpi Lepontine) tra il 1954 e il 2010.

Nel caso del Ghiacciaio e del Lago di Galambra oltre a valutare le variazioni frontali della massa glaciale e areali del lago sono state effettuate anche delle elaborazioni sui DEM precedentemente generati.

In particolare sono stati creati due profili altimetrici uno longitudinale del ghiacciaio (figura 6) e uno trasversale nei pressi del lago. In questo modo è stato possibile constatare una perdita di

spessore del ghiacciaio nella sua zona centrale nell'ordine dei 20 metri, fatto poi confermato dal confronto di fotografie storiche.

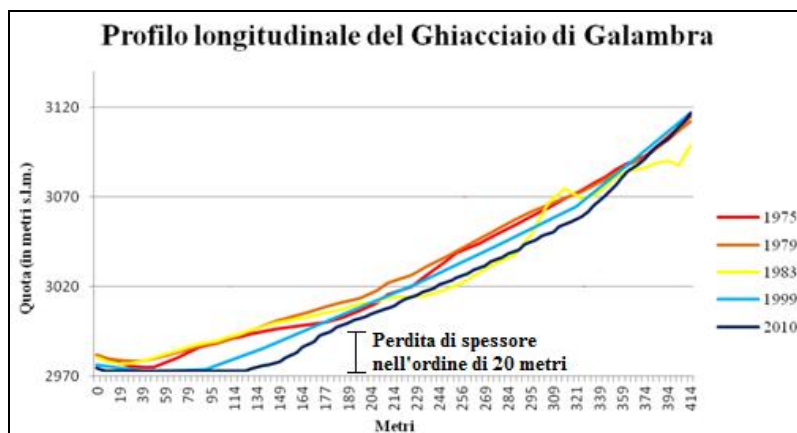


Figura 6. Profilo longitudinale del Ghiacciaio di Galambra.

Inoltre sono state calcolate le variazioni di quota tra DEM di anni successivi (1975, 1979, 1983, 2010) attraverso il *GIS* e create le relative carte tematiche che rappresentano con campiture che sfumano dal blu al rosso le aree del ghiacciaio che hanno subito accumuli o perdite.

Infine, per meglio apprezzare le modifiche subite dalla zona in esame nel corso del periodo considerato, sono stati prodotti dei panorami interpolando le ortofoto con i DEM all'interno del software ArcScene di ESRI (figura 7).

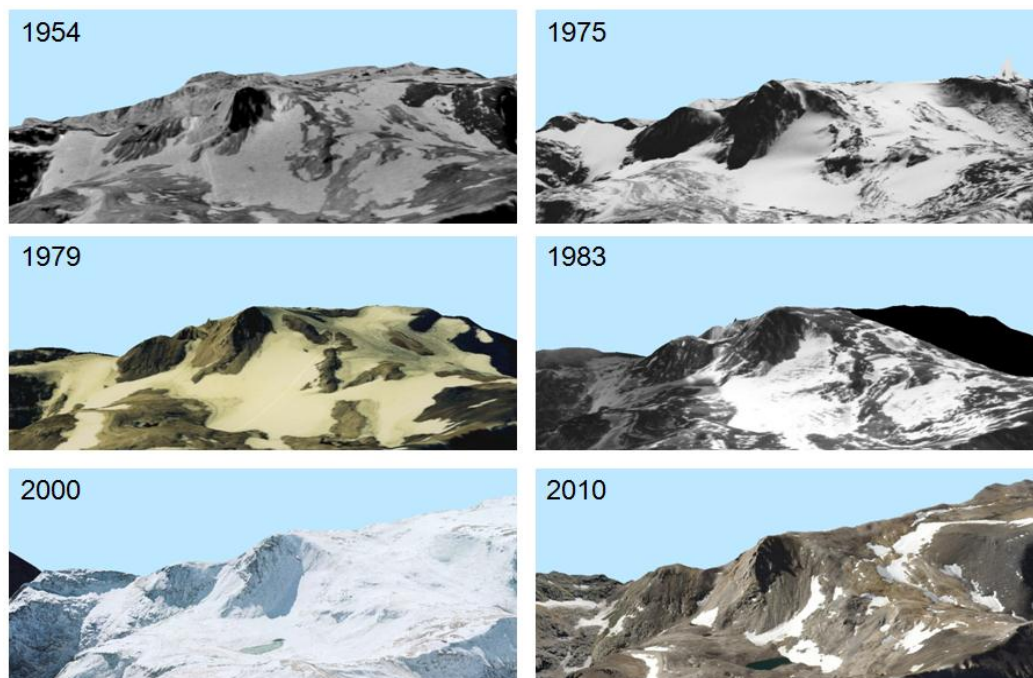


Figura 7. Panorami del Ghiacciaio e del Lago di Galambra.

Conclusioni

Si ritiene che la realizzazione del catasto dei laghi di pertinenza glaciale in Piemonte abbia colmato una lacuna conoscitiva, fornendo un quadro sorprendente per il numero di casi individuati.

La numerosità e la distribuzione geografica dei laghi rilevate attraverso l'analisi delle ortofoto disponibili sul web ha fornito elementi di base per approfondimenti ed elaborazioni condotti attraverso l'utilizzo dei Sistemi Informativi Geografici che si sono dimostrati un supporto fondamentale per realizzare un'analisi parametrica del fenomeno in questione (considerazioni sulla localizzazione altitudinale, sulla pendenza, sull'esposizione, eccetera).

Infine l'aerofotogrammetria digitale, supplendo anche alla non disponibilità di correnti basi cartografiche multitemporali, è risultata uno strumento di grande valore per le analisi che ci si è proposti di fare sui quattro casi di studio, in particolare la ricostruzione e la caratterizzazione della storia evolutiva di questi laghi nell'intervallo di tempo 1954-2010, attraverso la produzione di mappe di tipo tematico.

L'insieme dei dati ottenuti rappresenta un bagaglio conoscitivo utile non solo alla comprensione dell'evoluzione spazio-temporale dei laghi glaciali, ma, più in generale, alla comprensione dei fenomeni che caratterizzano la criosfera, esigenza particolarmente sentita alla luce del cambiamento climatico globale.

Bibliografia

- Frey H., Haeberli W., Linsbauer A., Huggel C. & Paul F. (2010). "A multi-level strategy for anticipating future glacier lake formation and associated hazard potentials". *Natural Hazards and Earth System Sciences*. 339-352.
- Galluccio A. (1998). "I nuovi laghi proglaciali lombardi". *Terra Glacialis* 1. 133-149.
- Mercalli L., Cat Berro D., Mortara G. & Valla F. (2002). "Un lago sul ghiacciaio del Rocciamelone, Alpi occidentali: caratteristiche e rischio potenziale". *Nimbus* 23-24, anno VII. 3-9.
- Mortara G. & Tamburini A. (2009). "Il Ghiacciaio del Belvedere e l'emergenza del Lago Effimero". SMI, Collana *Memorie dell'atmosfera*, 8.
- Perotti L. (2007). "Geomorfologia e Geomatica: nuovi strumenti e metodi per il rilevamento e la cartografia tematica". Tesi di Dottorato di ricerca in scienze della Terra XIX ciclo, facoltà di scienze MFN, Università di Torino (inedita). 278 pp.
- Zanutta A. & D'Agata C. (2006). "Confronti cartografici e aerofotografici per la conoscenza della Brenva e del Lys". In *Valle d'Aosta figlia dei ghiacci. Miti, realtà ed evoluzione dei ghiacciai valdostani*. Musumeci Editore. 121-123.