

Il permafrost nelle Alpi Ticinesi (2006–2011)

Rapporto no. 1 del Gruppo Permafrost Ticino

a cura di Stefano Mari^{1,3}, Cristian Scapozza^{2,4}, Reynald Delaloye³ e Christophe Lambiel⁴

¹ Via ai Ronchi, 6936 Cademario, Svizzera

² A Sassèl 16, 6702 Claro, Svizzera

³ Dipartimento di geoscienze, Università di Friburgo, Chemin du Musée 4, 1700 Friburgo, Svizzera

⁴ Istituto di geografia, Università di Losanna, Dorigny–Anthropole, 1015 Losanna, Svizzera

stefano.mari@bluewin.ch

INTRODUZIONE

Per quanto concerne le ricerche sulla ripartizione e le caratteristiche del permafrost e dei rock glacier, le Alpi ticinesi sono state finora un terreno di studio relativamente marginale rispetto ad altre regioni delle Alpi svizzere. Le prime ricerche in questo campo (STEENS 2003, VALENTI 2006), avevano un carattere descrittivo e regionale. A seguito di numerosi lavori di ricerca svolti tra il 2006 e il 2009, quando è iniziato lo studio geofisico (per es. SCAPOZZA 2008, 2009, SCAPOZZA *et al.* 2011) e dinamico (per es. RAMELLI 2010, MARI *et al.* 2011, RAMELLI *et al.* 2011) di alcuni rock glacier e falde di detrito, e quando è stato elaborato un catasto dei rock glacier delle Alpi ticinesi (SCAPOZZA & MARI 2010), si è deciso di implementare un concetto di studio e monitoraggio degli ambienti periglaciali a scala delle Alpi meridionali svizzere. A questo proposito, nel 2010 è stato fondato il Gruppo Permafrost Ticino, che si prefigge anche di coordinare le ricerche svolte sul territorio ticinese e di integrare i risultati ottenuti nella rete svizzera di monitoraggio del permafrost PERMOS (DELALOYE *et al.* 2010, PERMOS 2010).

SITI DI STUDIO

La rete del Gruppo Permafrost Ticino si compone di 11 siti di studio, dei quali 8 si situano in Ticino e 3 nel Canton Uri (fig. 1). Questi siti sono stati scelti in base a un criterio di distribuzione omogenea sul territorio e tenendo conto della loro accessibilità. I siti urani sono stati integrati a quelli ticinesi al fine di coprire più omogeneamente le regioni di montagna situate a cavallo tra le Alpi vallesane e bernesi a ovest, e le Alpi ticinesi a est (DELALOYE *et al.* 2010).

Gli undici siti selezionati sono stati raggruppati in due grandi regioni morfoclimatiche, denominate “Gottardo” e “Ticino”, appartenenti rispettivamente alle Alpi centrali e meridionali svizzere (tab. 1). Di questi 11 siti, quelli di Monte Prosa nord e sud, Stabbio di Largario

e Piancabella sono inseriti nella lista dei siti di monitoraggio dinamico della rete PERMOS (PERMOS 2010). Le osservazioni svolte sui siti ticinesi sono di due tipi (vedi tab. 1):

1) la misura in continuo della temperatura della superficie del suolo (GSTM);

2) la misura dei movimenti annuali, e a volte stagionali, dello strato superficiale dei rock glacier mediante GPS differenziale (DGPS).

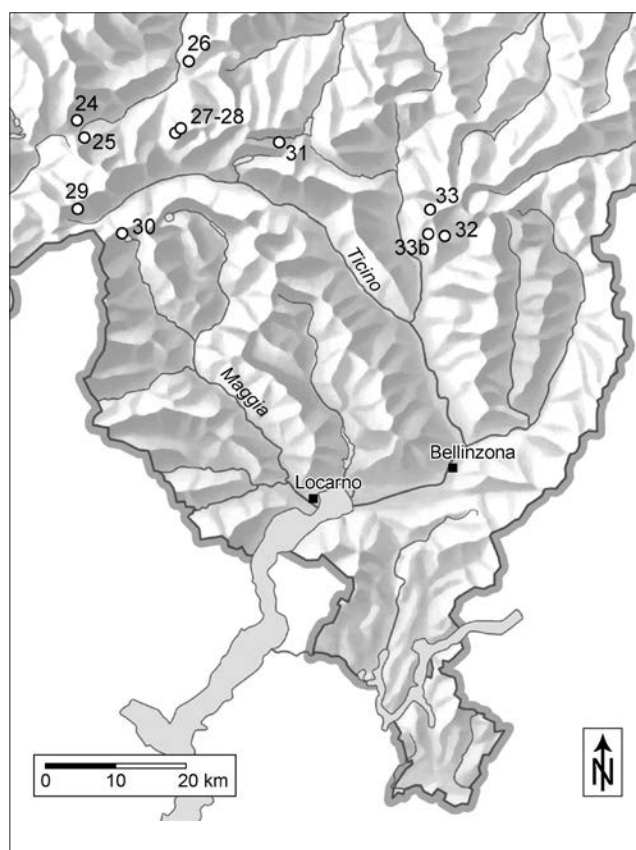


Fig. 1 – Localizzazione dei rock glacier monitorati dal Gruppo Permafrost Ticino. Per le caratteristiche di ogni sito, vedi la tab. 1. Riprodotto con l'autorizzazione di swisstopo (BA12002).

Tab. 1 – Elenco e caratteristiche dei rock glacier monitorati dal Gruppo Permafrost Ticino. *Siti PERMOS. GSTM = Ground Surface Temperature Monitoring; DGPS = Differential Global Positioning System.

No.	Nome	Regione	Altitudine [m slm]	Esposizione	GSTM (logger)	DGPS (inizio)	DGPS (misura/a)
<i>Regione Gottardo</i>							
24	Kleinfurka	Furkapass (UR)	2630–2740	ENE	3	2009	2
25	Blauberg	Furkapass (UR)	2640–2700	N	2	2009	2
26	Guetsch	Andematt (UR)	2190–2240	NW	1	2009	1
27	Monte Prosa Sud*	Gottardo (TI)	2440–2520	NW	1	2009	2
28	Monte Prosa Nord*	Gottardo (TI)	2430–2600	N	2	2009	2
<i>Regione Ticino</i>							
29	Pizzo Nero	Val Bedretto (TI)	2600–2700	S	2	2009	2
30	Passo di Grandinagia	Valle Maggia (TI)	2560–2800	NE	2	2009	1
31	Ganoni di Schenadüi	Val Cadlimo (TI)	2240–2640	N	4	2009	2
32	Piancabella*	Valle di Blenio (TI)	2440–2550	NE	10	2009	1
33	Stabbio di Largario*	Valle di Blenio (TI)	2240–2550	N	4	2009	1
33b	Alpe Pièi	Valle di Blenio (TI)	2340–2500	S	–	2009	1

TEMPERATURE DELLA SUPERFICIE DEL SUOLO

Nelle Alpi ticinesi, i dati relativi alla temperatura della superficie del suolo (GST = *Ground Surface Temperature*) sono disponibili solo a partire dal 1° ottobre 2006, e solamente per il rock glacier di Piancabella e l'adiacente falda di detrito di Gana Rossa che, con 10 sensori di temperatura, sono i siti meglio coperti di tutta la rete del Gruppo Permafrost Ticino. A partire dal 1° ottobre 2009, anche tutti gli altri rock glacier monitorati, tranne quello dell'Alpe Pièi, sono stati equipaggiati con dei mini-logger per il monitoraggio della temperatura del suolo (tab. 1).

Nella fig. 2, sono presentati i valori della temperatura media annua della superficie del suolo (MAGST = *Mean Annual Ground Surface Temperature*) per i rock glacier di Piancabella, dei Ganoni di Schenadüi e di Monte Prosa Nord. La serie di dati disponibili indica un raffreddamento di MAGST durante l'inverno 2007/2008 che si protrae fino all'estate del 2008, e che permette un riequilibrio delle temperature del suolo a seguito dell'inverno 2006/2007 eccezionalmente caldo (LUTERBACHER *et al.* 2007). Assistiamo in seguito a un nuovo riscaldamento di MAGST durante l'inverno 2008/2009 e durante la primavera-estate del 2009, dovuto essenzialmente all'innervamento precoce e abbondante dell'inverno 2008/2009 e all'estate 2009 particolarmente calda (PAUL *et al.* 2010).

L'inverno 2009/2010 è stato più freddo, e ha permesso un parziale assestamento di MAGST che si è protratto

fino all'inizio della primavera 2011, per poi riscaldarsi di nuovo a seguito della primavera eccezionalmente calda che ha causato un rapido scioglimento delle nevi con la conseguenza di anticipare la trasmissione di calore al suolo e nel sottosuolo.

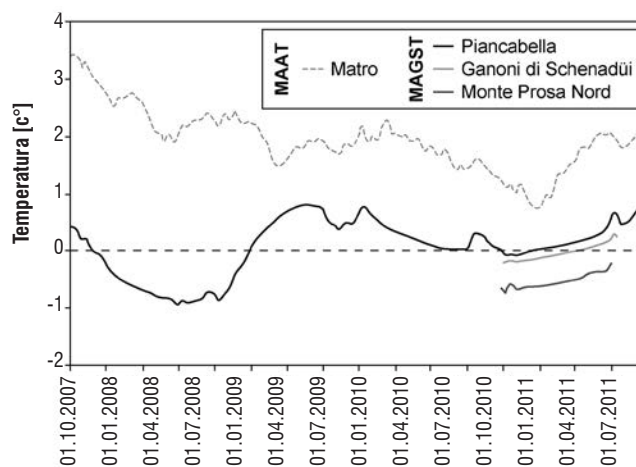


Fig. 2 – Evoluzione della temperatura media annua della superficie del suolo (MAGST = *Mean Annual Ground Surface Temperature*) per i rock glacier di Piancabella (no. 32; media di 4 sensori; altitudine media di 2'500 m slm), dei Ganoni di Schenadüi (no. 31; 4; 2'440 m slm) e di Monte Prosa Nord (no. 28; 2; 2'525 m slm) e confronto con la temperatura media annua dell'aria (MAAT = *Mean Annual Air Temperature*) per la stazione del Matro (2171 m slm; dati MeteoSvizzera).

MOVIMENTI

Il monitoraggio della dinamica dei rock glacier in Svizzera è iniziato già nel 1994 nel sito Furggentali nelle Alpi bernesi. A partire dal 2000 si sono aggiunti una ventina di rock glacier delle Alpi vallesane (DELALOYE *et al.* 2010). In Ticino e nella regione del Gottardo il monitoraggio è iniziato nell'estate 2009. Questo ha permesso di coprire, assieme a 5 rock glacier delle Alpi grigionesi, una buona parte delle differenti regioni morfoclimatiche delle Alpi svizzere. La fig. 3 mostra l'evoluzione dei movimenti dei 5 rock glacier situati nella regione "Gottardo" (a) e dei 6 rock glacier situati nella regione "Ticino" (b). Indicativamente, le misure sono state svolte, quando possibile all'inizio di luglio, e tra la fine di settembre e l'inizio di ottobre, al fine di ottenere indicazioni sui movimenti estivi e invernali. Per tutti i siti sono state misurate le velocità estive 2009 e invernali 2009/2010 (eccetto il sito dell'Alpe Piè, dove sono state misurate solo le velocità estive 2009; vedi RAMELLI 2010, RAMELLI *et al.* 2011). Questi risultati del primo anno hanno evidenziato in generale delle dinamiche molto eterogenee tra i differenti rock glacier. In particolare si sono rivelati più rapidi i rock glacier di Monte Prosa Nord e Stabbio di Largario, con punte estive di 70 cm/anno. Molto lenti invece i rock glacier di Pizzo Nero e Guetsch, con velocità medie prossime allo zero durante la stagione invernale. Confrontando invece le velocità medie annue tra le regioni Gottardo e Ticino non si notano particolari differenze. In generale i rock glacier misurati presentano velocità medie annue molto basse se confrontati con i siti delle Alpi vallesane, i quali presentano velocità fino a 10 m/anno (DELALOYE *et al.* 2010). L'ampiezza delle velocità medie annue dei rock glacier della regione Gottardo e Ticino sembrerebbe invece più simile ai dati disponibili per i rock glacier delle Alpi grigionesi, che presentano valori solo leggermente superiori (DELALOYE *et al.* 2010). I siti monitorati hanno evidenziato differenze anche per le variazioni stagionali. In particolare i rock glacier di Kleinfurka, Blauberg, Pizzo Nero e Ganoni di Schenadüi, hanno messo in evidenza velocità estive anche doppie rispetto a quelle invernali. Gli altri siti invece presentano differenze decisamente più basse, con addirittura dei rallentamenti estivi (estate 2010) per Monte Prosa Nord. I dati riportati nella fig. 3 mostrano le velocità medie dei singoli rock glacier (*reference value*), velocità che servono per il confronto con altri rock glacier a scala regionale e nazionale. Va tuttavia sottolineato come importanti differenze di velocità si possano osservare tra le differenti parti del corpo del rock glacier (fig. 4), le quali possono produrre caratteristiche linee di flusso. Il corpo dei rock glacier non dovrebbe quindi spostarsi come un'unica massa rigida sullo stesso piano di scivolamento, ma è invece caratterizzato da movimenti interni molto complessi, come dimostrato anche da misure della deformazione dei fori di trivellazione eseguite su alcuni rock glacier alpini da ARENSON *et al.* (2002). In questo senso ogni rock glacier presenta dinamiche specifiche, influenzate da fattori endemici a livello morfoclimatico; risulta quindi difficile cercare di

elaborare modelli esplicativi a scala regionale senza eseguire ulteriori indagini geofisiche o trivellazioni. Sulla base dei risultati relativi alle velocità medie annue e sui differenti comportamenti rispetto alle variazioni stagionali, dal 2010 è stato ritenuto sufficiente misurare gli spostamenti una sola volta l'anno per alcuni siti (tab. 1). Compiendo una sola misura annuale, preferibilmente a inizio autunno, sarà in ogni modo possibile garantire lo studio dell'evoluzione annua e forse decennale degli 11 rock glacier monitorati.

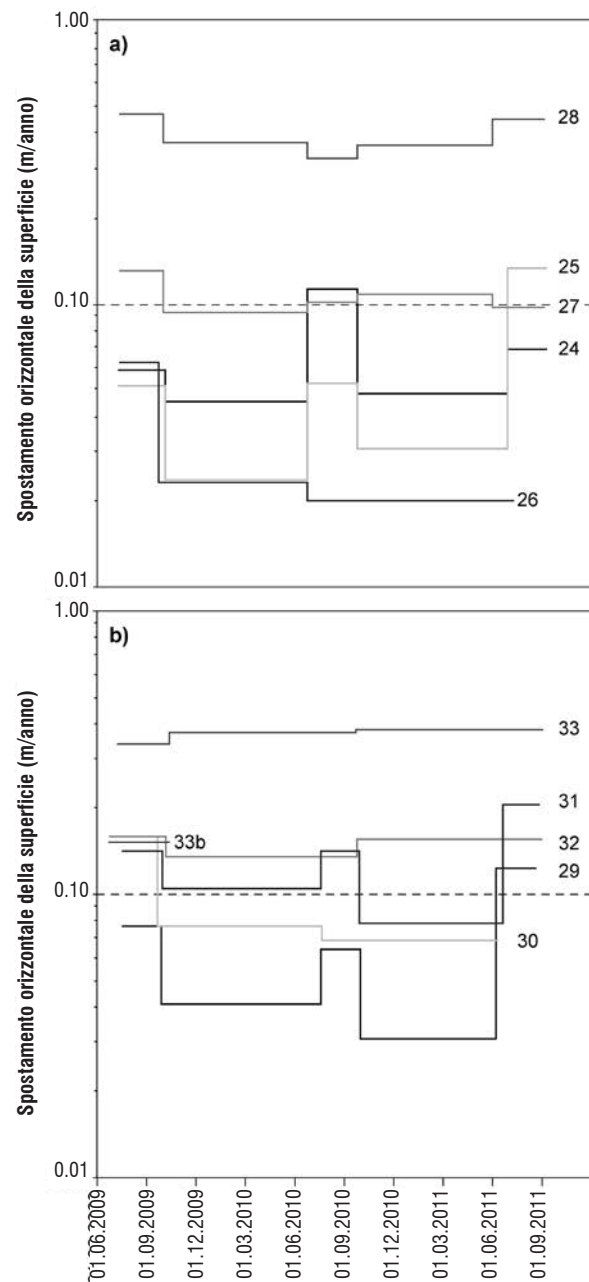


Fig. 3 – Velocità media (*reference value*) degli 11 rock glacier delle regioni "Gottardo" a) e "Ticino" b). 24: Kleinfurka (media di 25 punti di misura); 25: Blauberg (15); 26: Guetsch (22); 27: Monte Prosa Sud (19); 28: Monte Prosa Nord (15); 29: Pizzo Nero (26); 30: Passo di Grandinagia (32); 31: Ganoni di Schenadüi (33); 32: Piancabella (22); 33: Stabbio di Largario (25); 33b: Piè (20).

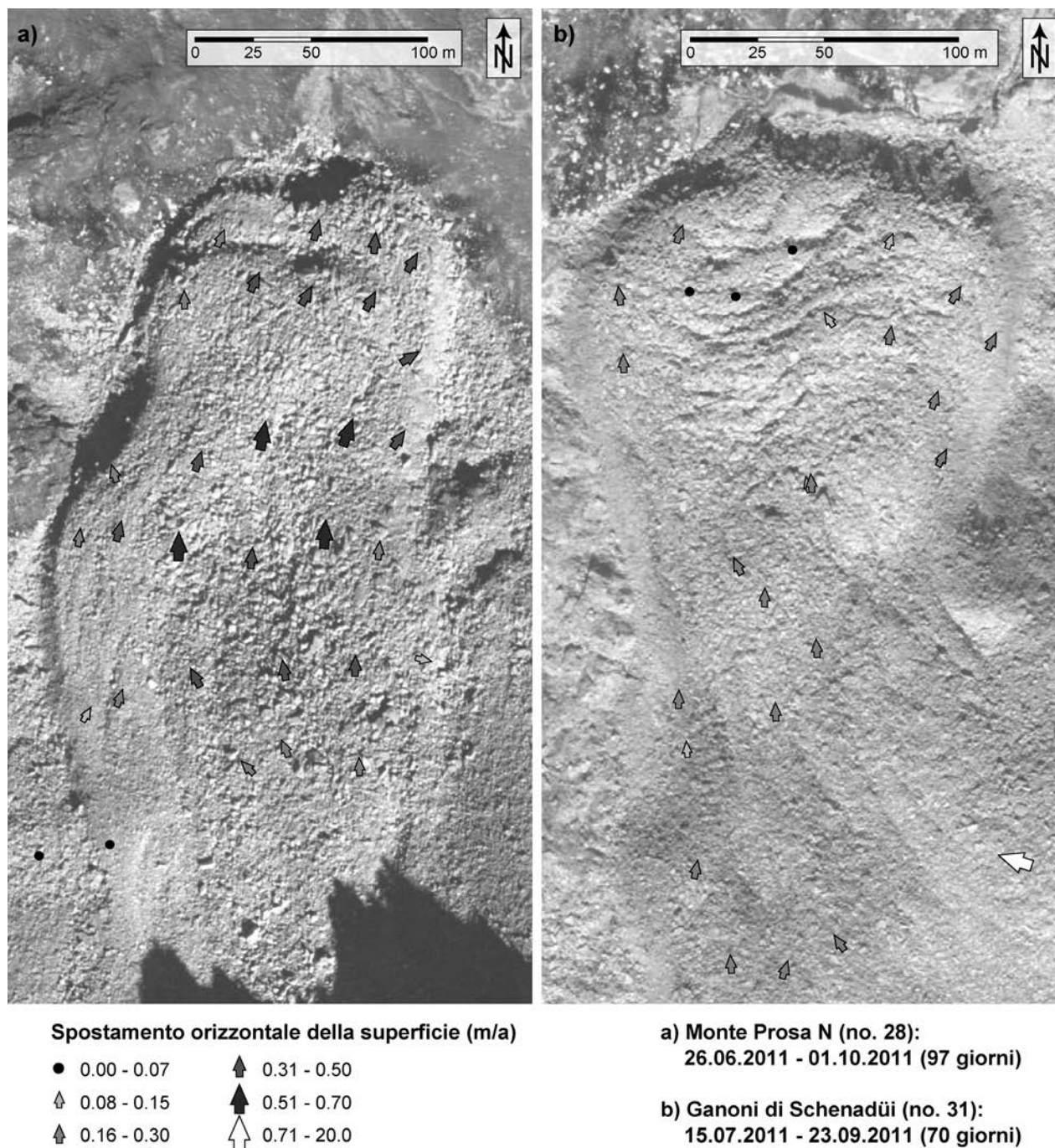


Fig. 4 – Velocità e direzione dei movimenti orizzontali di superficie dei rock glacier di Monte Prosa Nord (a) e del lobo ovest del rock glacier dei Ganoni di Schenadüi (b) durante il periodo estivo 2011. A Monte Prosa Nord, si noti la maggiore velocità della parte centrale del corpo del rock glacier. Questa caratteristica è presente anche negli altri periodi di misura con deboli variazioni stagionali. Ai Ganoni di Schenadüi, le variazioni stagionali sono invece ben definite, e presentano un’accelerazione nel periodo estivo: in particolare si noti come la parte destra del lobo è più veloce della parte sinistra, con conseguente formazione delle caratteristiche linee di flusso ondulate sul fronte. Riprodotto con l’autorizzazione di swisstopo (BA12002).

CONCLUSIONI

Il Ticino e la regione del Gottardo presentano un numero significativo di rock glacier attivi e dinamici i quali sono testimoni della presenza e della “dinamicità” del permafrost sottostante. Il Gruppo Permafrost Ticino intende di conseguenza continuare il monitoraggio termico e dinamico di questi rock glacier anche per gli anni a seguire. Solo in questo modo sarà possibile ottenere dati

che permetteranno di studiare anche le variazioni delle temperature e dei movimenti a scala annuale e decennale. Con uno studio pianificato e coordinato a lungo termine si potrà inoltre osservare l’eventuale influenza dei cambiamenti climatici in atto su queste sensibili e spettacolari forme della criosfera alpina che sono i rock glacier.

RINGRAZIAMENTI

Il Gruppo Permafrost Ticino funziona su base volontaria e con il supporto scientifico dell'Istituto di geografia dell'Università di Losanna (Dr. Christophe Lambiel) e del Dipartimento di geoscienze dell'Università di Friburgo (prof. Reynald Delaloye). Per il supporto logistico e tecnico, siamo particolarmente grati all'Ufficio della Geomatica del Cantone Ticino (Franco Bernasconi) e all'Ufficio dei pericoli naturali, degli incendi e dei progetti del Cantone Ticino (Giorgio Valenti). Il monitoraggio a lungo termine delle temperature della superficie del suolo è stato reso possibile grazie al sostegno finanziario della "Fondazione Avv. Dott. Angelo Berla, console generale, e Teresita Berla nata Veglio".

Per l'aiuto sul terreno e la fornitura di dati si ringraziano in particolare Ruggero Mari, Giulia Ramelli, Georgia Scapoza, Nicola Deluigi, Damien Abbet, Martin Brunati e Tazio Strozzi. Un ringraziamento a Marco Antonini (*referee*) per la rilettura del manoscritto.

BIBLIOGRAFIA

- ARENSEN L.U., HOELZLE M. & SPRINGMAN S. 2002. Borehole deformation measurements and internal structure of some rock glaciers in Switzerland. *Permafrost and Periglacial Processes*, 13: 117-135.
- DELALOYE R., LAMBIEL C. & ROER I. 2010. Overview of rock glacier kinematics research in the Swiss Alps. Seasonal rhythm, interannual variations and trends over several decades. *Geographica Helvetica*, 65: 135-145.
- LUTERBACHER J., MENZEL A., ESTRELLA N., DELLA-MARTA P.M., PFISTER C., RUTISHAUER T. & XOPLAKI E. 2007. Exceptional European warmth of autumn 2006 and winter 2007: historical context, the underlying dynamics, and its phenological impacts. *Geophysical Research Letters*, 34: L12704. DOI: 10.1029/2007GL029951.
- MARI S., DELALOYE R., SCAPOZZA C. & STROZZI T. 2011. Inventario dei movimenti di terreno per analisi dei segnali InSAR nelle Alpi meridionali svizzere (periodo 1994-2007). In: C. LAMBIEL, E. REYNARD & C. SCAPOZZA (eds.), *La géomorphologie alpine: entre patrimoine et contrainte. Actes du colloque de la Société Suisse de Géomorphologie*, 3-5 septembre 2009, Olivone. Lausanne, Université, Institut de géographie, Géovisions 36, pp. 145-159.
- PAUL F., KAMMER K., BAUDER A., DELALOYE R., MARTI C. & NÖTZLI J. 2010. Neige, glaciers et pergélisol en 2008/2009. *Les Alpes*, 8/2010: 42-48.
- PERMOS 2010. Permafrost in Switzerland 2006/2007 and 2007/2008. J. NÖTZLI & D. VONDER MÜHLL (eds.), *Glaciological Report Permafrost No. 8/9 of the Cryospheric Commission of the Swiss Academy of Sciences*, 68 pp.
- RAMELLI G. 2010. Structure interne, dynamique et âge des glaciers rocheux du Massif de la Cima di Gana Bianca, Val Blenio (TI). *Mémoire de master, Université de Lausanne*, 141 pp. (disponibile su <http://mesoscaphe.unil.ch/igul/memoires/bd/>).
- RAMELLI G., SCAPOZZA C., MARI S. & LAMBIEL C. 2011. Structure interne et dynamique des glaciers rocheux du massif de la Cima di Gana Bianca, Val Blenio (Tessin). In: C. LAMBIEL, E. REYNARD & C. SCAPOZZA (eds.), *La géomorphologie alpine: entre patrimoine et contrainte. Actes du colloque de la Société Suisse de Géomorphologie*, 3-5 septembre 2009, Olivone. Lausanne, Université, Institut de géographie, Géovisions 36, pp.177-193.
- SCAPOZZA C. 2008. Contribution à l'étude géomorphologique et géophysique des environnements périglaciaires des Alpes Tessinoises orientales. *Mémoire de master, Université de Lausanne*, 286 pp. (disponibile sur <http://doc.rero.ch/record/8799?ln=fr>).
- SCAPOZZA C. 2009. Contributo dei metodi termici alla prospezione del permafrost montano: esempi dal massiccio della Cima di Gana Bianca (Val Blenio, Svizzera). *Bollettino della Società ticinese di Scienze naturali*, 97: 55-66.
- SCAPOZZA C. & MARI S. 2010. Catasto, caratteristiche e dinamica dei rock glacier delle Alpi Ticinesi. *Bollettino della Società ticinese di Scienze naturali*, 98: 15-29.
- SCAPOZZA C., LAMBIEL C., GEX P. & REYNARD E. 2011. Prospection géophysique multi-méthodes du pergélisol alpin dans le Sud des Alpes Suisses. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 1/2011: 15-32.
- STEENS L. 2003. Cartographie périglaciaire de la région du Basòdino-Cristallina. *Mémoire de diplôme, Université de Lausanne*, 83 pp.
- VALENTI G. 2006. Il permafrost in Ticino. *Dati, statistiche e società*, 6(2): 46-50.