

GEOGRAFIA FISICA e DINAMICA QUATERNARIA

An international Journal published under the auspices of the
Rivista internazionale pubblicata sotto gli auspici di

Associazione Italiana di Geografia Fisica e Geomorfologia
and (e) Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR)

recognized by the (*riconosciuta da*)

International Association of Geomorphologists (IAG)

volume 45 (1)
2022

COMITATO GLACIOLOGICO ITALIANO - TORINO
2022

GEOGRAFIA FISICA E DINAMICA QUATERNARIA

A journal published by the Comitato Glaciologico Italiano, under the auspices of the Associazione Italiana di Geografia Fisica e Geomorfologia and the Consiglio Nazionale delle Ricerche of Italy. Founded in 1978, it is the continuation of the «Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano». It publishes original papers, short communications, news and book reviews of Physical Geography, Glaciology, Geomorphology and Quaternary Geology. The journal furthermore publishes the annual reports on Italian glaciers, the official transactions of the Comitato Glaciologico Italiano and the Newsletters of the International Association of Geomorphologists. Special issues, named «Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria - Supplementi», collecting papers on specific themes, proceedings of meetings or symposia, regional studies, are also published, starting from 1988. The language of the journal is English, but papers can be written in other main scientific languages.

Rivista edita dal Comitato Glaciologico Italiano, sotto gli auspici dell'Associazione Italiana di Geografia Fisica e Geomorfologia e del Consiglio Nazionale delle Ricerche. Fondata nel 1978, è la continuazione del «Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano». La rivista pubblica memorie e note originali, recensioni, corrispondenze e notiziari di Geografia Fisica, Glaciologia, Geomorfologia e Geologia del Quaternario, oltre agli Atti ufficiali del C.G.I., le Newsletters della I.A.G. e le relazioni delle campagne glaciologiche annuali. Dal 1988 vengono pubblicati anche volumi tematici, che raccolgono lavori su argomenti specifici, atti di congressi e simposi, monografie regionali sotto la denominazione «Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria - Supplementi». La lingua usata dalla rivista è l'Inglese, ma gli articoli possono essere scritti anche nelle altre principali lingue scientifiche.

Editor Emeritus (Direttore Emerito)

P.R. FEDERICI

Dipartimento di Scienze della Terra, Via S. Maria 53 - 56126 Pisa - Italia - Tel. 0502215700

Editor in Chief (Direttore)

C. BARONI

Dipartimento di Scienze della Terra, Via S. Maria 53 - 56126 Pisa - Italia - Tel 0502215731

Vice Editor (Vice Direttore)

A. RIBOLINI

Dipartimento di Scienze della Terra, Via S. Maria 53 - 56126 Pisa - Italia - Tel 0502215769

Editorial Board (Comitato di Redazione) 2022

F. ANDRÈ (Clermont Ferrand), D. CAPOLONGO (Bari), L. CARTURAN (Padova), A. CENDRERO (Santander), M. FREZZOTTI (Roma), E. FUACHE (Paris/Abu Dhabi), E. JAQUE (Concepcion), H. KERSHNER (Innsbruck), E. LUPIA PALMIERI (Roma), G. MASTRONUZZI (Bari), B. REA (Aberdeen), M. SCHIATTARELLA (Potenza), M. SOLDATI (Modena e Reggio Emilia).

INDEXED/ABSTRACTED IN: Bibliography & Index of Geology (GeoRef); GeoArchive (Geosystem); GEOBASE (Elsevier); *Geographical Abstract: Physical Geography* (Elsevier); GeoRef; Geotitles (Geosystem); Hydrotitles and Hydrology Infobase (Geosystem); Referativnyi Zhurnal.

Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria has been included in the Thomson ISI database beginning with volume 30 (1) 2007 and now appears in the Web of Science, including the Science Citation Index Expanded (SCIE), as well as the ISI Alerting Services.

HOME PAGE: <http://gfdq.glaciologia.it/> - CONTACT: gfdq@dst.unipi.it

Printed with the financial support from (pubblicazione realizzata con il contributo finanziario di):

- Comitato Glaciologico Italiano
- Associazione Italiana di Geografia Fisica e Geomorfologia
- Ministero dell'Istruzione, Università e Ricerca
- Consiglio Nazionale delle Ricerche
- Club Alpino Italiano

Comitato Glaciologico Italiano

President (*Presidente*) V. MAGGI

ANNUAL GLACIOLOGICAL SURVEY OF ITALIAN GLACIERS (2021)

CAMPAGNA GLACIOLOGICA ANNUALE DEI GHIACCIAI ITALIANI (2021)

CARLO BARONI ^{1*}, ALDINO BONDESAN ², LUCA CARTURAN ³,
MARTA CHIARLE ⁴ & RICCARDO SCOTTI ⁵

EDITORS (A CURA DI)

ABSTRACT: BARONI C., BONDESAN A., CARTURAN L., CHIARLE M. & SCOTTI R., *Annual glaciological survey of Italian glaciers (2021)*. (IT ISSN 0391-9838, 2022).

The annual glaciological survey (2021) conducted on Italian glaciers is here presented. About 200 volunteers operated last year in the three Alpine sectors (Piemonte - Valle d'Aosta, Lombardy and Triveneto) and in the Apennines (Calderone Glacier, Gran Sasso Group). One hundred and one glaciers were observed in the Piemonte - Valle d'Aosta sector while frontal variation was measured at the snout of forty-nine glaciers. Twenty-seven and fifty-two glaciers were visited in the Lombardy Sector and in the Triveneto Sector, respectively (seventeen and forty-four of which were measured, respectively). Data for seventeen Italian glaciers monitored during the 2020-2021 hydrological year are reported in the section on mass balance measurements: four glaciers in the Western Alps (Piemonte - Valle d'Aosta sector), twelve in the Eastern Alps (two in the Lombardy Sector, the other ten glaciers in the Triveneto Sector) and one in the Central Apennines).

KEY WORDS: mountain glaciers, frontal variation, monitoring, glaciological survey, mass balance.

RIASSUNTO: BARONI C., BONDESAN A., CARTURAN L., CHIARLE M. & SCOTTI R., *Campagna glaciologica annuale dei ghiacciai italiani (2021)*. (IT ISSN 0391-9838, 2022).

Vengono illustrati i risultati della campagna glaciologica annuale per il monitoraggio dei ghiacciai italiani. Nel 2021 circa duecento operatori volontari hanno visitato oltre centottanta ghiacciai nei tre settori delle Alpi Italiane (Piemontese - Valdostano, Lombardo e Triveneto) e l'unico ghiacciaio dell'Appennino (Ghiacciaio del Calderone, Gruppo del Gran Sasso). Nel settore Piemontese-Valdostano sono stati osservati centouno ghiacciai, di quarantanove dei quali sono state misurate le variazioni frontali; nel settore Lombardo sono stati visitati ventisette ghiacciai, per diciassette dei quali è stata monitorata la posizione della fronte, mentre nel settore Triveneto sono stati visitati cinquantadue ghiacciai (quarantaquattro dei quali sono stati misurati). I risultati del monitoraggio di diciassette ghiacciai nell'anno idrologico 2020-2021 sono riportati nella sezione dedicata ai bilanci di massa: quattro nelle Alpi Occidentali (settorre Piemontese - Valdostano), dodici nelle Alpi Orientali (due nel settore Lombardo e gli altri nel Triveneto) e uno nell'Appennino Centrale.

TERMINI CHIAVE: ghiacciai montani, variazioni frontali, monitoraggio, campagna glaciologica, bilancio di massa.

¹ Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pisa & CNR-IGG, Istituto di Geoscienze e Georisorse, Pisa.

² Dipartimento di Scienze Storiche, Geografiche e dell'Antichità (DiSSGeA) - Sez. di Geografia, Università di Padova.

³ Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali (TESAF), Università di Padova.

⁴ CNR-IRPI, Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica, Torino.

⁵ CGI - Comitato Glaciologico Italiano, Torino e SGL - Servizio Glaciologico Lombardo, Milano.

* Corresponding author: C. BARONI (carlo.baroni@unipi.it)

Editing and data check: Simona Gennaro (CNR-IGG)

Research carried out with the contribution of the Italian Glaciological Committee (CGI), CNR-IGG, CNR-IRPI, Club Alpino Italiano (CAI).

Ricerca effettuata e pubblicata con il contributo del Comitato Glaciologico Italiano, del CNR-IGG, CNR-IRPI, del Club Alpino Italiano (CAI).

OPERATORI (OPERATORS)

(I NUMERI CHE SEGUONO I NOMI DEGLI OPERATORI INDICANO I GHIACCIAI CONTROLLATI)
(NUMBERS FOLLOWING THE OPERATORS NAMES INDICATE THE SURVEYED GLACIERS)

SETTORE PIEMONTESE - VALDOSTANO (*PIEMONTE - VALLE D'AOSTA SECTOR*) (pagg. 80-113); coordinatore (*coordinator*): CHIARLE Marta, CNR-IRPI, Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica, Strada delle Cacce 73, 10135 Torino (marta.chiarle@irpi.cnr.it).

ALBERTO Walter (IMAGEO s.r.l.): 38, 213; BACENETTI Marco (CGI): 95; BERTOGLIO Valerio (PNGP): 61, 131; BETTIO Marco (CGI): 162, 179; BORRE Piero (PNGP): 101, 102, 103, 109, 110, 112, 113, 115, 121; CAMINADA Chiara (PNGP): 101, 102, 103, 109, 110, 112, 113, 121; CAT BERRO Daniele (SMI): 38, 64, 81; CERISE Stefano (PNGP): 134; COSTANZO Lorenzo (PNGP): 61; CULLINO Pierluigi (PNGP): 64, 70; DANA Davide (CGI): 20; DELINE Philip (CGI): 208; DELLANOCE Marco (PNGP): 109, 110; DEMATTEIS Niccolò (CNR-IRPI): 225; FERRARIS Stefano (UniTO): 95, 115; FRANCHINO Aristide (CGI): da 209 a 235 (solo foto); FUSINAZ Alberto (CGI): 209, 235; FUSINAZ Andrè (CGI): 209, 221; GADIN Gianluigi (CGI): 232; GARINO Roberto (CGI): 189; GILLI Michelangelo (CGI): 162, 163, 177; GIORCELLI Marco (CGI): 281, 284, 285, 289; JORDAN Daniele (CNR-IRPI): 225, 226; GIULIANO Maura (CGI): 297; JORDANEY Jean Laurent (PNGP): 144, 145, 146, 147, 148; MANCA Dario (CNR-IRSA): 336; MASSONI Demis (PNGP): 130, 131, 132, 134; MERCALLI Luca (SMI): 81; MIRAVALLE Raffaella (PNGP): 56, 57-58, 60, 64, 69, 70; MORTARA Giovanni (CGI): 325; MOTTA Elena (CGI): 219, 220, 222, 223, 224, 227, 228, 229, 233, 234; MOTTA Michele (UniTO): 280; NAUDIN Alice (PNGP): 72.1, 78; NICOLINO Martino (PNGP): 138, 139; NICOLUSSI Stefano (PNGP): 128, 129; PALOMBA Mauro (CGI): 297; PEIRETTI Sergio (CGI): 208; PERACINO Alberto (PNGP): 101, 102, 103, 111, 116; PERMUNIAN Roberto (PNGP): 72.1, 78; PERONA Stefano (CGI): 181, 184; PICCINI Paolo (CGI): 306, 311, 312, 314-315; POLLICINI Fabrizio (CGI): 144, 145, 146, 147, 148, 151, 152, 155, 165, 166, 168, 172; PRINCISVALLE Tito (CGI): 306, 311, 312, 314-315; ROGLIARDO Franco (CGI): 36, 40, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 52; ROSSOTTO Alberto (PNGP): 102, 103, 111, 121, 134, 140, 142, 144, 145, 146, 147; SERGIO Luca (CGI): 336; TAMBURINI Andrea (IMAGEO s.r.l.): 38, 325; TESORO Marco (CGI): 259, 260; TROILO Fabrizio (FMS): 225, 226; TRON Maurizio (CGI): 34; VALISA Paolo (CGI): 356; VALFRÈ Daniele (PNGP): 130, 131; VALLET Rudy (PNGP): 138, 139; VALLET Valter (PNGP): 127.1, 127.2; VERSACI Salvatore (CGI): 325; VILLA VERCELLA Laura (CGI): 259, 260; VIANI Cristina (CGI): 95, 312, 314-315.

SETTORE LOMBARDO (*LOMBARDIA SECTOR*) (pagg. 114-128); coordinatori (*coordinators*): BARONI Carlo, Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pisa, Via S. Maria 53, 56126 Pisa & CNR-IGG, Istituto di Ge-

oscienze e Georisorse, Pisa (carlo.baroni@unipi.it); SCOTTI Riccardo, Comitato Glaciologico Italiano, Torino e Servizio Glaciologico Lombardo, Milano (riccardo.scotti@me-teonetwork.it).

ALMASIO Andrea (SGL): 422; BARILLI Andrea (SGL): 390; BORGHI Aldo (SGL): 512.1; CIPRIANI Valeria (SGL): 512.1; COLOMBAROLLI Davide (SGL): 502, 503; CONGIU Emanuele (SGL): 365; DE ZAIACOMO Maurizio (SGL): 411; FARINELLA Luca (SGL): 507; FIOLETTI Matteo (AR-PA-Lo): 502, 503; FUGAZZA Davide (CGI): 516; GUSSONI Mattia (SGL): 416; IZZO Mariapia (SGL): 507; LENDVAI Amerigo (SGL): 577, 581, 608; LEONI Stefano (SGL): 443; MASSERINI Marco (SGL): 543; MONTI Andrea (SGL): 443; NARDON Cristian (SGL): 577; NERI Gionata (SGL): 419; MONDATI Gianmarco (SGL): 577; OREGGIONI Matteo (SGL): 439-440; PAGLIARDI Paolo (SGL): 608; PIRONI Luca (SGL): 365; PORTA Roberto (SGL): 435; PRANDI Giovanni (SGL): 507.1; SALVETTI Andrea (SGL): 432; SCOTTI Riccardo (SGL): 419, 439-440, 541, 543; SMIRAGLIA Claudio (CGI): 516; SOSIO Valentino (SGL): 473; TOFFALETTI Andrea (SGL): 473; URSO Massimo (SGL): 408; VILLA Fabio (SGL): 371.

SETTORE TRIVENETO (TRE VENEZIE SECTOR) e APPENNINI (pagg. 129-152); coordinatore (*coordinator*) BONDESAN Aldino, Dipartimento di Scienze Storiche, Geografiche e dell'Antichità (DiSSGeA) - Sezione di Geografia, Università di Padova, Via del Santo 26, 35123 Padova (aldino.bondesan@unipd.it).

BARALDO Ezio (SGAA): 754; BARISON Giuseppe (SGAA): 713, 727, 754, 805; BENETTON Giovanni (SGAA): 728, 729, 730, 731, 732, 733, 772, 813, 930, 937, 975; BENETTON Stefano (SGAA): 727, 729, 772, 816, 818, 941; BERTINOTTI Ivan (SGAA): 640, 880; BERTOLUZZA Tommaso (SAT): 941,1; BERTONI Elena (SAT): 640; BRUSCHI Federica (Università di Perugia): 1006; CAIRA Tiziano (CGI): 1006; CAPPELLETTI David (Università di Perugia, CGI): 1006; CARBONE Valter (SGAA): 812; CARTURAN Luca (SAT): 699, 701; CIMINI Domenico (IMAA-CNR, Potenza): 1006; CRESPI Claudio (SGAA): 788, 794; D'AQUILA Pinuccio (Engeoneering Srls, Chieti): 1006; DI FIORE Thomas (Ass. L'Aquila Caputfrigoris): 1006; ESPOSITO Giulio (CNR - IIA, Roma): 1006; FELLIN Alessandro (SAT): 634, 637, 639; FERRARI Cristian (SAT): 634, 637, 639, 644, 678, 699; FRANCHI Gianluigi (CGI): 875, 876, 889, 893, 902; GASPERINI Norman (SAT): 637, 639, 640, 644, 710; GRECO Giovanni (SGAA): 788, 794, 812; GROFF Marisa (SAT): 640; LE PERA Lorenzo (SGAA): 788, 794; LUCHETTA Daniele (SAT): 640; MANINI Alessandro (SAT):

682; MARCHIO Nicola (SAT): 710, 941,1; MARTINELLI Matteo (Engeoneering Srls): 1006; MARZANO Frank (Cetemps, L'Aquila): 1006; MATTIATO Marco (SGAA): 920; MORESCHI Gianni (SGAA): 912; NICCOLINI Romano (SAT): 941,1; PECCI Massimo (PCM-Dipartimento per gli affari regionali e le autonomie, CGI): 1006; PECCI Mattia (CGI): 1006; PEDROTTI Federico (SAT): 637, 639; PERINI Giuseppe (CGI): 730, 731, 732, 733, 926, 937, 967, 975; PEROTTI Giuseppe (SGAA): 920; RAPARELLI Edoardo (Cetemps, L'Aquila): 1006; RAVIZZA Michele (SAT): 682; ROSA Silvano (SGAA): 713, 718; ROSAN Roberta (SGAA): 713, 771; SALVADORI Maurizio (SAT): 950; SANTONI Massimo (SAT): 634; SARTORI Guido (SGAA): 762, 771, 805; SCALTRITI Andrea (SGAA): 746, 773-774, 777, 778; SEPPI Roberto (SAT): 762, 771; SPERI Pier Paolo (SAT): 634, 640, 699; TAUFER Gino (SAT): 947, 950; TORO Matteo (SAT): 646; TOSI Paolo (SGAA): 812; TRAVAGLIA Elisabetta (SAT): 644; TUCCELLA Paolo (Cetemps, L'Aquila): 1006; TURRA Carlo Albino: 947; VALCANOVER Enrico (SAT): 941.1; VAROTTO Mauro: 646, 941; VOLTOLINI Cristina (CGI): 699; ZAMBELLI Osvaldo: 912.

BILANCI DI MASSA DEI GHIACCIAI ITALIANI (*MASS BALANCE OF ITALIAN GLACIERS*) (pagg. 153-167); coordinatore (*coordinator*) CARTURAN Luca, Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali (TESAF), Università di Padova, Viale dell'Università, 16, 35020, Legnaro (Padova) (luca.carturan@unipd.it).

Nelle relazioni ci si è attenuti alle seguenti norme e convenzioni. I numeri in grassetto che precedono il nome dei ghiacciai sono quelli del «Catasto dei Ghiacciai Italiani», 4 voll., Comitato Glaciologico Italiano, 1959-1962 e successive varianti. I numeri in grassetto delle fotografie e delle figure corrispondono a quelli di catasto del ghiacciaio. Sono anche indicati, oltre al soggetto, la stazione fotografica, la data e l'autore.

Le lettere, talora accoppiate, tra parentesi e minuscole, poste a fianco dei simboli dei segnali, hanno il seguente significato: c, centro; d, destra; s, sinistra; f, frontale; l, laterale. I simboli (C), (T), (A) e (GPS) indicano che la quota cui si riferiscono, sempre espressa in metri, è stata desunta, rispettivamente, dalla carta topografica, determinata topograficamente, ricavata con altimetro o GPS.

Nelle tabelle riassuntive delle variazioni di ogni ghiacciaio le distanze, espresse in metri, sono approssimate a ± 0.5 m e si intendono come distanze reali. Ove non sia diversamente indicato tra parentesi, per distanza precedente si intende quella dell'anno 2020. Le variazioni sono indicate con i seguenti simboli: - regresso; + progresso; - X regresso non quantificabile; + X progresso non quantificabile; 0 ghiacciaio stazionario; ? variazione incerta; SN fronte innevata per neve residua; NM non misurato. I coordinatori assumono sia la responsabilità scientifica che quella redazionale per tutte le relazioni dei settori di loro competenza.

BRUSCHI Federica (UNIPG): 1006; CAIRA Tiziano: 1006; CAPPELLETTI David (UNIPG, CGI): 1006; CARTURAN Luca (UNIPD, CGI): 699, 701, 981; CASAROTTO Christian (MUSE, CGI): 639, 701, 941; CAT BERRO Daniele (SMI): 81; CAZORZI Federico (UNIUD, CGI): 981; COLOMBAROLI Davide (SGL): 997; COLUCCI Renato Roberto (CNR-ISP, CGI): 984; CUCCHIARO Sara (UNIUD): 981; D'AQUILA Pinnuccio (Engeoneering - Chieti): 1006; DEL GOBBO Costanza (Soc. Meter. Alpino-Adriatica, CGI): 984; DE MARCO Jessica (UNIUD): 981; DI LULLO Andrea (Prov. aut. Bolzano, CGI): 930; DINALE Roberto (Prov. aut. Bolzano, CGI): 733, 875, 876, 930; ESPOSITO Giulio (CNR): 1006; FERRARI Cristian (SAT, CGI): 639, 701; FLEGO Sara (UNITS): 984; FRANCHI Gianluigi (CGI): 875, 876; GADDO Mauro (Metetrentino, PAT): 639, 701; GALLO Paolo (SGL): 371; GALOS Stephan P. (ACINN - Innsbruck): 733; GRASSO Susanna (Arpa-Lo, SGL): 543; ISABELLON Michel (ARPA V. d'Aosta): 126; MASET Eleonora (UNIUD): 981, 984; MASSERINI Marco (SGL): 543; MERCALLI Luca (SMI): 81; MORO Daniele (RAFGV): 981; MORRA DI CELLA Umberto (ARPA V. d'Aosta): 189; OREGGIONI Matteo (SGL): 543; PECCI Massimo (Pres. Cons. Ministri, CGI): 1006; PECCI Mattia (CAI Roma): 1006; PERI Ivan (SGL): 997; PRANDI Giovanni (SGL, CGI): 371; ROSSOTTO Alberto (PNGP): 134; SCOTTI Riccardo (SGL, CGI): 371, 543, 997; SECURO Andrea (CNR-ISP, CGI): 984; TOGNONI Gianluca (Metetrentino, PAT): 639, 701; VILLA Fabio (SGL, CGI): 371.

In the reports the following rules and conventions were observed. The numbers in bold type preceding the name of the glaciers are those of the «Catasto dei Ghiacciai Italiani» (Inventory of Italian Glaciers), 4 voll., Comitato Glaciologico Italiano, 1959-1962, and subsequent variations. The numbers in bold type that countermark photographs and figures correspond to those of the glacier inventory. In addition to the subject, the photographic station, the date and the author are also indicated. The letters, sometime in pairs, between brackets and lowercase, placed next to the symbols of the signals, have the following meaning: c, centre; d, right; s, left; f, frontal; l, lateral. The symbols (C), (T), (A) and (GPS) indicate that the altitude they refer to, always expressed in metres, has been derived from the topographical map, determined topographically, obtained with an altimeter or GPS, respectively.

In the tables summarising the variations of each glacier the distances, expressed in metres, are approximated to ± 0.5 m and are intended as real distances. Unless otherwise indicated in brackets, previous distance means that of the year 2020. Variations are indicated with the following symbols: - retreat; + advance; - X not quantifiable retreat; + X not quantifiable advance; 0 stationary glacier; ? uncertain variation; SN snout covered by residual snow; NM not measured.

The coordinators assume both scientific and editorial responsibility for all reports in the sectors within their competence.

VARIAZIONI DEI GHIACCIAI ITALIANI 2021^(*)
 FLUCTUATIONS OF THE ITALIAN GLACIERS 2021^(**)

bacino e n. catasto basin and n. of Inv.	ghiacciaio glacier	variazione fluctuation	quota fronte snout elevat.
Stura di Lanzo - Po			
40	Bessanese	-31	2815
43	Ciamarella	-2	3150
45	Tonini	-1	2895
Orco - Po			
57-58	Centrale e Occ. di Nel	-3.5 (2019) ¹	NM
60	Occidentale del Carro	-11.5	NM
61	Capra	0	2485
64	Basei	-0.5	3050
69	Broglio	0	NM
72.1	Occ. di Noaschetta	-15 (2019) ¹	3160
78	Roccia Viva	-122 (2019) ¹	NM
81	Ciardoney	-23.5	NM
Dora Baltea - Po			
95	Tessonet Meridionale	-20.5 (2016) ²	3005
101	Arolla	-8.5	NM
103	Valeille	-10.5	2700
109	Coupé di Money	-3	2820
110	Money	-17	NM
111	Grand Croux	NM	2570
112	Tribolazione	-3	NM
113	Dzasset	-9	NM
115	Gran Val	NM	3230
116	Lauson	-30	NM
121	Trajo	-22	2930
127.1	Occ. del Gr. Neyron	-6	NM
128	Montandeyné	-12.5	NM
129	Lavacciù	-7	NM
130	Gran Paradiso	-7.5	3350
131	Moncorvé	-68	3030
132	Monciair	-6.5	NM
134	Grand Etrèt	-4	2730
138	Aouillié	-5	NM
139	Pércia	-1	NM
140	Sett. di Entrelor	-5	3045
144	Lavassey	-18	2760
145	Or. del Fond	-11	2840 (corpo centrale)
146	Occ. del Fond	-2.5	2735
147	Soches - Tsanteleina	-4	2725
148	Goletta	-23	2835

bacino e n. catasto basin and n. of Inv.	ghiacciaio glacier	variazione fluctuation	quota fronte snout elevat.
152	Truc Blanc	NM	3350
155	Torrent	-1.5	2665
165	Merid. di San Martino	-23 (2019) ¹	3025
168	Gliairetta - Vaudet	-13	2640
181	Château Blanc	0	NM
189	Rutor	-2	2590
208	Estellétte	NM	2637
213	Miage	NM	1720 (lobo S)
225	Planpincieux	NM	2641
229	Frebouge	NM	2650
232	Orient. di Gruetta	+7.5	2650
233	Punta Bosio	NM	2650
234	Triolet	NM	2680
289	Valtourmenche	-12.5	3100
297	Grande di Verra	-4.5	NM
306	Indren	-24 (2019) ¹	3095
Sesia - Po			
311	Bors	-7	NM
312	Piode	-99 (2018) ³	NM
314-315	Sesia-Vigne	-99 (2018) ³	NM
Toce - Ticino - Po			
325	Belvedere	-21	1841
356	Merid. di Hohsand	-15	2545
Adda - Po			
365	Pizzo Ferrè	-6.5	2700
371	Mer. di Suretta	-40 (2016) ²	2702
408	Predarossa	-26	2700
411	Or. di Cassandra	0 (2019) ¹	2925
416	Ventina	-30	2315
422	Sissone	-4	2764
432	Scerscen Inferiore	-18	2770
435	Caspoggio	-2	2752
440	Orientale di Fellaria	-X	2565
443	Pizzo Scalino	-13.5	2750
473	Orientale di Dosdè	-8.5	2625
502	Gran Zebrù (ramo centrale)	-12	3040
	Gran Zebrù (ramo occidentale)	-8.5	3120
	Gran Zebrù (media)	-10.5	

(*) Salvo quando diversamente indicato nella colonna «variazione». Tabella riassuntiva compilata da C. BARONI sulla base dei dati forniti dai coordinatori. Nel caso di più segnali su di una stessa fronte, viene riportata la media delle variazioni; i dati originali sono pubblicati nelle relazioni sui singoli ghiacciai.

(**) Unless otherwise indicated in the column «variation». Summarising table compiled by C. BARONI according to the data supplied by the coordinators. In case more signals are present on the same front, the average value of the measured fluctuations is reported; the original data are published in the single glaciers reports.

¹ Baroni & alii, 2020a; ² Baroni & alii, 2017; ³ Baroni & alii, 2019.

bacino e n. catasto <i>basin and n. of Inv.</i>	ghiacciaio <i>glacier</i>	variazione <i>fluctuation</i>	quota fronte <i>snout elevat.</i>
503	Cedèc (lobo settentrionale)	-26	2770
	Cedèc (lobo meridionale)	-10.5	2990
	Cedèc (media)	-18.5	
507	Palon della Mare (lobo centrale)	-13.5	3062
507.1	Centrale dei Forni	-58.5	2515
	Occidentale dei Forni	NM	
	Orientale dei Forni	NM	
512.1	Dosegù	-15	2890
516	Sforzellina	-3.5	2800
541	Marovin	NM	2070
543	Lupo	NM	2440
Oglio - Po			
577	Occ. del Pìsgana	-X	2690
581	Venerocolo	-9	2570
Sarca - Mincio - Po			
634	Ghiacciaio di Lares	-74	2612
637	Ghiacciaio della Lobbia	-15 (2019) ¹	2735
639	Ghiacciaio del Mandrone	-23	2540
640	Ghiacciaio Occidentale di Nardis	-3	2774
644	Ghiacciaio d'Amola	-5	2541
646	Ghiacciaio Meridionale di Cornisello	-29 (2011) ⁴	2800
Adige			
678	Ghiacciaio della Presanella	-0.5 (2019) ¹	2453
682	Ghiacciaio Occidentale della Busazza	-7	SN
699	Ghiacciaio de La Mare	-4	2705
701	Ghiacciaio del Careser	-12	2965
710	Ghiacciaio di Sternai	-X	2942
713	Ghiacciaio Fontana Bianca	-17	3000 m (fronte sx orografica) 3007 m (fronte dx orografica)
718	Ghiacciaio Soi	-21	2858
727	Ghiacciaio di Grames	-9	2910
728	Vedretta Serana	-7	2927
729	Vedretta Ultima	SN	SN
730	Vedretta Alta	0	2830
731	Vedretta della Forcola	-13	2767

bacino e n. catasto <i>basin and n. of Inv.</i>	ghiacciaio <i>glacier</i>	variazione <i>fluctuation</i>	quota fronte <i>snout elevat.</i>
732	Vedretta del Cevedale	-6	2782
733	Vedretta Lunga	-28	2725
743-744	Ghiacciaio di Lasa e Basso dell'Angelo	-6 (2019) ¹	2920
746	Ghiacciaio del Forno	-16 (2019) ¹	2900
754	Ghiacciaio di Rosim	-2	3020
762	Ghiacciaio Solda	-30	2730
771	Ghiacciaio del Madaccio	-13	2660-2670
772	Vedretta Piana	SN	SN
777	Ghiacciaio di Vallelunga - Langtauferner	-39 (2019) ¹	2530
778	Ghiacciaio Barbadorso di Dentro - Innerer Baerenbart Ferner	-47 (2019) ¹	2780
788	Ghiacciaio di Mazia	-13	2800
794	Ghiacciaio di Saldura Meridionale	-X	2950
805	Vedretta di Lagaun	-22	3200
812	Vedretta delle Frane	-32	2900
813	Vedretta del Giogo Alto	-378	2805
816	Vedretta del Giogo Basso	-5 (2019) ¹	3005
818	Vedretta della Grava	-2.5 (2019) ¹	SN
875	Vedretta di Malavalle	-34	2600
876	Vedretta Pendente	-14	2630
880	Ghiacciaio Montarso	SN	SN
902	Ghiacciaio Orientale di Neves	-60	2750
912	Vedretta di Predoi	-33?	2562
920	Ghiacciaio Rosso Destro	-36 (2019) ¹	2672
926	Ghiacciaio Occidentale di Sassolungo	-17	2565
930	Ghiacciaio Gigante Occidentale	-148 (2019) ¹	2841
937	Ghiacciaio Cristallo	SN	SN
941	Ghiacciaio Principale della Marmolada		
	fronte orientale	-3	2650
	fronte centrale	-10	2830
Piave			
966	Superiore dell'Antelao	SN	NM
967	Inferiore dell'Antelao	SN	NM
Vomano-Mavone			
1006	Calderone	NM	NM

(*) Salvo quando diversamente indicato nella colonna «variazione». Tabella riassuntiva compilata da C. BARONI sulla base dei dati forniti dai coordinatori. Nel caso di più segnali su di una stessa fronte, viene riportata la media delle variazioni; i dati originali sono pubblicati nelle relazioni sui singoli ghiacciai.

(**) Unless otherwise indicated in the column «variation». Summarising table compiled by C. BARONI according to the data supplied by the coordinators. In case more signals are present on the same front, the average value of the measured fluctuations is reported; the original data are published in the single glaciers reports.

¹ Baroni & alii, 2020a; ² Baroni & alii, 2017; ³ Baroni & alii, 2019; ⁴ Baroni & alii, 2012; ⁵ Baroni & alii, 2018.

SETTORE PIEMONTESE - VALDOSTANO

PIEMONTE - VALLE D'AOSTA SECTOR

a cura di (*editor*) MARTA CHIARLE

Nel corso della campagna glaciologica 2021 sono stati complessivamente visitati, da parte di 57 operatori, coadiuvati da numerosi collaboratori, 101 ghiacciai di cui 49 oggetto di misurazioni. Per 7 ghiacciai (Grand Etrèt, Lavassey, Soches - Tsanteleina, Goletta, Gliaietta - Vaudet, Estellète, Meridionale di Hobsand) è stato eseguito il rilievo topografico del margine frontale mediante GPS, mentre il Ghiacciaio del Miage è stato oggetto di rilievi fotogrammetrici mediante drone elicottero. Indagini geomatiche di varia natura hanno riguardato inoltre gli apparati glaciali di Grand Croux, Toula, Planpincieux, Grandes Jorasses, Belvedere, come illustrato nelle specifiche relazioni. Infine, per i ghiacciai di Ciardoney e del Grand Etrèt sono stati realizzati i consueti bilanci di massa annuali, mentre per il Ghiacciaio di Toula è stato realizzato un bilancio di massa geodetico per il periodo 1991-2020.

La distribuzione dei ghiacciai visitati fra i vari gruppi montuosi è la seguente:

Gruppo montuoso	N. ghiacciai visitati
Alpi Marittime	0
Alpi Cozie	2
Alpi Graie	84
Alpi Pennine	13
Alpi Lepontine	2
TOTALI	101

Dal punto di vista dinamico, i risultati delle misure (per lo più riferite al 2020, tranne 5 riferite al 2019, due al 2018 e una al 2016) possono essere così sintetizzati:

- ghiacciai in ritiro: 45 (92% dei ghiacciai misurati);
- ghiacciai stazionari: 3 (6% “ ”);
- ghiacciai in avanzata: 1 (2% “ ”).

Prosegue inarrestabile anche nell'anno idrologico 2020-2021 la rapida contrazione dei ghiacciai delle Alpi Occidentali. I bilanci di massa dei ghiacciai di Ciardoney (-1.33 m *w.e.*, media 1992-2020: -1.31 m) e del Grand Etrèt (-1.72 m *w.e.*, media 1999-2020: -0.82 m) restituiscono una fotografia impietosa delle ingenti perdite che continuano ad assottigliare di anno in anno le sempre più esigue masse glaciali, estenuate da oltre 30 anni di condizioni climatiche sfavorevoli. Dopo un'annata (2019-2020) meno sfavorevole per i ghiacciai rispetto ad altri anni recenti, grazie ad un buon innevamento invernale e a una stagione estiva in parte relativamente fresca, il 2020-2021 ha visto sommarsi gli effetti di una copertura nevosa poco abbondante e di calori estivi elevati e prolungati fino a metà settembre. In questo contesto, il valore medio di regresso frontale degli apparati glaciali (-10.6 m), inferiore a quello registrato nel 2021 (-13 m), rende solo parzialmente conto della drammaticità della situazione,

e deve essere interpretato alla luce della progressiva perdita di dinamicità delle masse glaciali. Come già riscontrato in anni passati, alcuni degli arretramenti più consistenti sono stati registrati nel Massiccio del Gran Paradiso (-68 m al Ghiacciaio di Moncorvè), tuttavia sono degni di nota i ritiri frontali del Ghiacciaio della Bessanese nelle Valli di Lanzo (-31 m) e dei ghiacciai Valsesiani Piode e Sesia-Vigne (-99 m in tre anni). Il progredire del regresso glaciale rende sempre più complicate le operazioni di misura delle variazioni frontali. Da una parte, il costante aumento della copertura detritica sopragliatale ostacola in molti casi l'individuazione dei margini glaciali, sempre più sottili (ad es. Ghiacciaio della Vaudaletta). Dall'altra, i ghiacciai tendono ad abbandonare le loro lingue glaciali (che si trasformano in lenti di ghiaccio morto destinate a una rapida fusione), ritraendosi all'interno di circhi glaciali di difficile o pericoloso accesso (ad es. ghiacciai del Lamet, Settentrionale e Meridionale del Mulinet, Settentrionale delle Sengie). Infine, le rapide trasformazioni in atto nei settori frontali e proglaciali, con abbandono di lenti di ghiaccio morto coperte da detrito, alle volte rendono difficoltosa l'individuazione di punti di riferimento stabili per il posizionamento di caposaldi (ad es. Ghiacciaio di Invergnan). La presenza di una consistente copertura detritica, l'esposizione favorevole e gli apporti valanghivi sono elementi che in alcuni casi limitano gli effetti disastrosi delle condizioni climatiche avverse (ad es. ghiacciai del Miage, dei Jumeaux, Settentrionale di Andolla). Proseguono le segnalazioni di eventi di frana dalle pareti rocciose che circondano i corpi glaciali (ad es. ghiacciai di Monciair e Orientale del Fond), mentre la tipologia d'instabilità emergente in questi ultimi anni è rappresentata dallo scivolamento verso l'interno di interi tronconi di argini morenici della Piccola Età Glaciale, a seguito della perdita di sostegno conseguente alla rapida perdita di spessore delle masse glaciali. Casi emblematici sono i fenomeni che interessano le morene dei ghiacciai del Miage, della Brenva e del Belvedere: in quest'ultimo caso, è stato stimato un abbassamento della cresta della morena di 20 m dal 2017. Specifica attenzione continua infine ad essere dedicata alle fronti sospese dei ghiacciai di Planpincieux e Grandes Jorasses sul Monte Bianco, per i rischi posti alla sottostante Val Ferret, in caso di eventi parossistici di distacco.

I dati sono stati raccolti con il contributo di operatori del Comitato Glaciologico Italiano (CGI), del Parco Nazionale Gran Paradiso (PNGP), di Fondazione Montagna Sicura (FMS), di IMAGEO s.r.l., del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), della Società Meteorologica Italiana (SMI) e dell'Università di Torino (UniTO). Si ringraziano Cristina Viani e Giovanni Mortara per la preziosa collaborazione all'organizzazione e alla validazione dei dati glaciologici e alla revisione dei testi.

During the 2021 glaciological survey, a total of 57 operators, assisted by numerous collaborators visited 101 glaciers, of which 49 were measured. For 7 glaciers (Grand Etrèt, Lavassey, Soches - Tsanteleina, Goletta, Gliaietta - Vaudet, Estellète, Meridionale di Hobsand), the topographical relief of the front has been carried out with GPS, while the Miage Glacier was the subject of photogrammetric surveys by means of a helicopter drone. Various geomatic investigations were

also carried out on the glaciers of Grand Croux, Toula, Planpincieux, Grandes Jorasses, Belvedere, as illustrated in the specific reports. Finally, the usual annual mass balances were carried out on the Ciardoney and Grand Etrêt glaciers, while a geodetic mass balance for the period 1991-2020 was realized for the Toula Glacier.

Distribution of the observed glaciers among the northwestern alpine groups is as follows

Mountain group	N° of observed glaciers
Maritime Alps	0
Cottian Alps	2
Graian Alps	84
Pennine Alps	13
Lepontine Alps	2
TOTAL	101

From the dynamic point of view, the results of the measurements (all referring to 2020, except for 5 measures referring to 2019, two referring to 2018, and one to 2016) can be summarized as follows:

- retreating glaciers: 45 (92% of measured glaciers);
- stationary glaciers: 3 (6% “);
- advancing glaciers: 1 (2% “).

The rapid reduction of the glaciers of the Western Italian Alps continued also in the 2020-2021 hydrological year. The mass balances of the Ciardoney (-1.33 m w.e., 1992-2020 average: -1.31 m) and the Grand Etrêt glaciers (-1.72 m w.e., 1999-2020 average: -0.82 m) provide a dramatic picture of the huge mass losses that ice bodies, exhausted by more than 30 years of unfavorable climatic conditions, continue to suffer. After a year (2019-2020) less unfavorable for the glaciers than other recent years, thanks to a good winter snow cover and, in part, a relatively cool summer season, 2020-2021 saw the effects of a thin snow cover add up to a warm summer season, with ablation prolonging until mid-September. In this context, the average frontal regression of glaciers (-10.6 m), lower than that recorded in 2021 (-13 m), only partially accounts for the dramatic the situation, and must be interpreted in the light of the progressive loss of dynamism of glacial masses. As already found in past years, some of the most consistent frontal retreats were recorded in the Gran Paradiso Massif (-68 m at the Moncorvè Glacier); however, also the frontal retreats of the Bessanese Glacier in the Lanzo Valleys (-31 m) and of the Piode and Sesia-Vigne glaciers in Valsesia (-99 m in three years) are noteworthy. The continuing glacier retreat makes the measurement of the frontal variations more and more complicated. On the one hand, the constant increase in supraglacial debris cover in many cases hinders the identification of glacial margins, which are thinner and thinner (e.g. Vaudaletta Glacier). On the other hand, glaciers tend to abandon their tongues (which turn into lenses of dead ice destined for rapid melting), retreating into glacial cirques of difficult or dangerous access (e.g. Lamet, Northern and Southern of Mulinet, Northern of Sengie). Finally, the rapid transformations taking place in the frontal and proglacial

areas, with dead ice lenses covered by debris, sometimes make it difficult to identify stable reference points for the positioning of benchmarks (e.g. Invergnan Glacier). A thick debris cover, a favorable slope aspect, and avalanche feeding in some cases limit the disastrous consequences of unfavorable climatic conditions (e.g. Miage, Jumeaux and Northern Andolla glaciers). Rockfall reporting from the rock walls surrounding the glaciers are always numerous (e.g. Monciair and Orientale del Fond glaciers). However, the emerging instability in recent years is the sliding along the inner flank of segments of the LIA morainic ridges, due to the loss of support following glacier thinning and vanishing. Exemplary cases are the slidings affecting the moraines of the Miage, Brenva and Belvedere glaciers: in this latter case, a lowering of the moraine crest by 20 m since 2017 has been estimated. Finally, specific attention continues to be dedicated to the hanging fronts of the Planpincieux and Grandes Jorasses glaciers on Mont Blanc, due to the risks posed to the underlying Val Ferret, in case of catastrophic ice failures. Data were collected with the contribution of the operators of the Italian Glaciological Committee (CGI), of the Gran Paradiso National Park (PNGP), of Fondazione Montagna sicura (FMS), of IMAGEO s.r.l., of the National Research Council (CNR), of Società Meteorologica Italiana (SMI) and of the University of Torino (UniTO). We thank Cristina Viani and Giovanni Mortara for their valuable collaboration in the organization and validation of glaciological data and in the revision of the texts.

SETTORE LOMBARDO

LOMBARDIA SECTOR

a cura di (editors) CARLO BARONI & RICCARDO SCOTTI

Sono stati osservati 27 ghiacciai campione e sono state misurate le variazioni frontali di 15 apparati glaciali rispetto al 2020 oltre a due apparati rispetto ad anni precedenti (uno rispetto al 2019 e il secondo rispetto al 2016; Baroni & alii, 2017, 2020a, 2020b). Sono stati posizionati nuovi segnali alla fronte di cinque ghiacciai campione: il Ghiacciaio Orientale di Cassandra nel Gruppo Badile-Disgrazia, i ghiacciai del Gran Zebrù, di Cedèc e dei Forni Centrale nel Gruppo Ortles-Cevedale e il Ghiacciaio del Venerocolo nel Gruppo dell'Adamello.

Suddivisi per gruppi montuosi, i ghiacciai osservati sono così distinti:

Gruppo Montuoso	N. ghiacciai visitati
Tambò - Stella	2
Badile - Disgrazia	6
Bernina	5
Piazzì - Campo	1
Ortles - Cevedale	8
Orobie	2
Adamello	3
TOTALE	27

Dal punto di vista dinamico, i risultati delle 17 misure eseguite si possono così sintetizzare:

- ghiacciai in ritiro: 16 (94% dei ghiacciai misurati);
- “ stazionari: 1 (6% “);
- “ in avanzata: 0 (0% “).

Molti dei ghiacciai misurati mostrano ritiri frontali superiori a 10 m e continua la generalizzata fase di riduzione areale e volumetrica dei ghiacciai lombardi, compresi quelli solo visitati o semplicemente osservati. La sempre più estesa copertura detritica in alcuni casi impedisce la misura delle variazioni frontali.

La riduzione areale e volumetrica è particolarmente significativa nel Gruppo Ortles - Cevedale e nel Gruppo Adamello, ma permangono negativi anche i dati registrati nel Gruppo Badile - Disgrazia e nel Gruppo Bernina. Minori sofferenze si registrano nelle Orobie. Ampiamente sottoalimentati e in marcata contrazione sia areale sia volumetrica restano i due ghiacciai più estesi delle Alpi italiane (Ghiacciaio dell'Adamello e Ghiacciaio dei Forni nel Gruppo Ortles - Cevedale). La neve residua oltre i 3200 m di quota sul Pian di Neve (Adamello) non superava quest'anno gli 80 cm di spessore. Numerosi ghiacciai tendono a suddividersi in corpi minori, con evidenti contrazioni anche alle quote massime di diversi bacini di accumulo. Queste variazioni morfologiche si accompagnano all'ampliamento delle finestre rocciose e a vistosi assottigliamenti delle fronti. Si segnalano nuove grotte in ghiaccio che si aggiungono a quelle già indicate nelle scorse campagne. *Bédière* sempre più lunghe e profonde solcano gran parte delle fronti e la densità del drenaggio superficiale è in alcuni casi molto elevata. Permangono i laghi proglaciali, i laghetti epiglaciali e altri laghetti segnalati in passato al contatto con il substrato roccioso anche alle quote più elevate.

Anche quest'anno i ghiacciai di questo settore monitorati per il bilancio di massa forniscono dati negativi (v. cap. relativo ai bilanci di massa dei ghiacciai italiani per i dati di dettaglio). Da quest'anno si è deciso di non proseguire le misure con metodo glaciologico del bilancio di massa del Ghiacciaio della Sforzellina, sia per ragioni di sicurezza sia per l'estesa copertura di detrito. Da quest'anno si procederà alle misure del bilancio di massa tramite rilievi aerofotogrammetrici mediante drone, ripetuti a cadenza almeno biennale (UNIMI). Il Ghiacciaio Meridionale di Suretta (n. catasto 371) nel Gruppo Tambò-Stella monitorato dal Servizio Glaciologico Lombardo ha registrato un bilancio negativo, con una perdita pari a -737 mm *w.e.* Infine, anche il bilancio di massa del Ghiacciaio del Lupo nelle Orobie (n. catasto 543, monitorato dal Servizio Glaciologico Lombardo) registra un deficit pari a -221 mm *w.e.*, meno negativo rispetto allo scorso anno.

Glaciological operators and their collaborators observed 27 glaciers. Measurements were taken at the front of 15 sample glaciers of the Lombardy Sector. The measures refer to 2020, with two exception for which the frontal variation refers to 2019 and 2016 (Baroni & alii, 2017, 2020a, 2020b). New markers were positioned at the front of five glaciers: Orientale

di Cassandra in the Badile - Disgrazia Group, Gran Zebrù, Cedèc and Central Forni in the Ortles - Cevedale Group, and the Ghiacciaio del Venerocolo in the Adamello Group. Subdivided by mountain group, the glaciers observed are classified as follows:

Mountain Group	N° of observed glaciers
Tambò - Stella	2
Badile - Disgrazia	6
Bernina	5
Piazzzi - Campo	1
Ortles - Cevedale	8
Orobie	2
Adamello	3
TOTAL	27

From the point of view of dynamics, the results of the 20 measurements can be summarised as follows:

- retreating glaciers: 16 (94% of the glaciers measured)
- stationary glaciers: 1 (6% “)
- advancing glaciers: 0 (0% “)

Many of the glaciers measured show frontal retreats greater than 10 m and the generalised phase of areal and volumetric reduction of Lombardy's glaciers continues, including those only visited or simply observed. The increasing debris cover in some cases prevents the measurement of frontal changes.

*The areal and volumetric reduction is particularly significant in the Ortles - Cevedale Group and the Adamello Group, but the data recorded in the Badile - Disgrazia Group and the Bernina Group also remain negative. Less reduction is recorded in the Orobie. The two largest glaciers in the Italian Alps (Adamello Glacier and Forni Glacier in the Ortles - Cevedale Group) remain largely underfed and in marked decline in terms of area and volume. The residual snow above 3200 m on the Pian di Neve (Adamello) was no more than 80 cm thick this year. Many glaciers tend to break up into smaller bodies, with evident contractions even at the highest altitudes of several accumulation basins. These morphological changes are accompanied by the widening of rocky windows and noticeable thinning of the fronts. New ice caves are reported, in addition to those already indicated in previous campaigns. Increasingly long and deep *bédières* furrow most of the fronts and the density of surface drainage is very high in some cases. Proglacial lakes, epiglacial ponds and other ponds reported in the past in contact with the bedrock also remain at higher altitudes.*

Once again, this year the glaciers in this sector monitored for mass balance provide negative data (see chapter on mass balances of Italian glaciers for complete data). From this year it was decided to interrupt the mass balance measurements of the Sforzellina Glacier conducted with the glaciological method, both for safety reasons and because of the extensive debris cover. Mass balance measurements will be carried out by means of aerophotogrammetric drone surveys, repeated at

least every two years by UNIMI. The Ghiacciaio Meridionale di Suretta (inventory n. 371) in the Tambò-Stella Group, monitored by the "Servizio Glaciologico Lombardo", recorded a negative mass balance, with a loss equal to -737 mm w.e. The mass balance of the Ghiacciaio del Lupo in the Orobie Group (inventory n. 543) also monitored by the "Servizio Glaciologico Lombardo", recorded a negative net balance, equal to -221 mm w.e., less negative compared to last year (see chapter on mass balances of Italian glaciers for complete data and details).

SETTORE TRIVENETO e APPENNINI TRIVENETO SECTOR and APENNINES

a cura di (editor) ALDINO BONDESAN

I dati sono stati raccolti con il contributo di operatori del Comitato Glaciologico Italiano (CGI), del Comitato Glaciologico Trentino della Società degli Alpinisti Tridentini (SAT) e del Servizio Glaciologico del CAI Alto Adige (SGAA). Si ringraziano per la collaborazione Pietro Bruschi (SGAA), Cristian Ferrari (SAT) e Chiara Levorato per la raccolta e l'organizzazione generale dei dati glaciologici. I 52 ghiacciai visitati sono così suddivisi per gruppo montuoso o settore alpino:

Settore	N. ghiacciai visitati
Adamello - Presanella (versante trentino)	8
Ortles - Cevedale (versanti trentino e altoatesino)	18
Venoste	9
Breonie	3
Aurine	3
Pusteresi	5
Dolomiti	5
Appennini	1
TOTALE	52

La posizione della fronte e la quota minima raggiunta dal ghiaccio è stata misurata su 44 ghiacciai. Dal punto di vista dinamico, i risultati delle misure eseguite si possono così sintetizzare:

- ghiacciai in ritiro 42 (95% dei ghiacciai misurati);
- ghiacciai stazionari 2 (5% ");
- ghiacciai in avanzata 0 (0% ")

Il 2021 è stato uno degli anni più caldi dell'ultimo secolo con un innalzamento importante della quota dello zero termico e temperature estive sopra la media. Le misure per i bilanci di massa condotte a maggio attestano un maggior accumulo invernale dell'ordine del 20-30% rispetto alla media ventennale; tuttavia, nonostante le abbondanti precipitazioni invernali, queste non sono state sufficienti a compensare le perdite estive.

Rispetto alle campagne glaciologiche precedenti si segnala una maggior diffusione di neve stagionale, che ha in parte attenuato i fenomeni di fusione nei bacini di accumulo.

Si assiste comunque, ancora una volta, a una marcata riduzione delle superfici glaciali, più accentuata nelle aree di ablazione, con conseguente arretramento delle fronti.

Si osserva il consueto complesso di fenomeni legati alla degradazione delle masse glaciali con estese riduzioni areali e vistosi assottigliamenti. I ritiri frontali hanno raggiunto il loro massimo nella Vedretta del Gogo Alto (813), pari a -378 m, e nel Ghiacciaio Gigante Occidentale (930), pari a -148 m; mediamente essi variano da alcuni metri a diverse decine di metri.

Sono frequenti i distacchi dei tratti terminali delle lingue glaciali, con abbandono di placche di ghiaccio morto; è particolarmente pronunciata la tendenza all'appiattimento delle fronti. Molti apparati glaciali sono interessati dall'emersione e dall'ampliamento delle finestre rocciose e da frammentazione dei settori frontali dei ghiacciai. Risultano sempre più frequenti i fenomeni di sprofondamento alla fronte, con formazione di settori depressi subcircolari, contraddistinti dalle tipiche fratture concentriche.

Fenomeni di crollo sono stati segnalati da molti operatori. Questo comporta un aumento dei fattori di rischio nelle fronti più arroccate, che hanno determinato in qualche caso la decisione di abbandonare il monitoraggio dell'apparato glaciale. Sono diffusi i fenomeni gravitativi (crolli e colate detritiche) dai fianchi vallivi che hanno incrementato gli spessori e l'estensione delle morene galleggianti, mentre l'intensità dell'ablazione, che sta via via interessando anche i settori più elevati dei bacini di accumulazione, contribuisce all'emersione in superficie del detrito endoglaciale. Alle fronti, la copertura di detrito epiglaciale rende sempre più difficile l'individuazione del margine frontale.

Si segnala un aumento dei tunnel proglaciali e la nascita di nuove *bédières*. Anche i laghi proglaciali, i laghetti epiglaciali e di margine glaciale sono in aumento.

Gli arretramenti particolarmente pronunciati degli ultimi anni hanno talora richiesto la messa in posto di nuovi riferimenti fissi.

Tutti negativi i bilanci di massa, compreso quello del Ghiacciaio del Calderone nel Gran Sasso, anche se con valori di riduzione inferiori alla media.

L'anno idrologico 2020/2021 conferma ancora una volta una pronunciata riduzione e un arretramento generalizzato dei ghiacciai, appena mitigato dalle coperture residue di neve stagionale nei bacini di accumulo.

Data were collected with the aid of the operators of the Italian Glaciological Committee, of the Comitato Glaciologico Trentino della SAT (Glaciological Committee of the Mountaineers Society of Trentino Region) and of the Glaciological Service of Alto Adige (SGAA), a body of the Italian Alpine Club (CAI). We acknowledge for the collaboration Pietro Bruschi (SGAA), Cristian Ferrari (SAT) e Chiara Levorato for the glaciological data collection and processing.

The 52 observed glaciers are clustered according to mountain group or section of the Alpine range, as follows:

Mountain Group - Sector	N° of observed glaciers
Adamello - Presanella (versante trentino)	8
Ortles - Cevedale (versanti trentino e altoatesino)	18
Venoste	9
Breonie	3
Aurine	3
Pusteresi	5
Dolomiti	5
Appennini	1
TOTAL	52

The snout's position and the lowest altitude were measured on 44 glaciers.

From the point of view of glacier dynamics, the results of the measurements can be summarised as follows:

- glaciers in retreat 42 (95% of the measured glaciers);
- stationary glaciers 2 (5% ");
- advancing glaciers 0 (0% ").

The year 2021 has been one of the hottest in the last century with a significant rise in the zero-degree isotherm altitude and above-average summer temperatures. The mass balance measurements conducted in May attest to a greater winter accumulation (about 20-30%) compared to the twenty-year average; however, despite the abundant winter snowfalls, these were not enough to compensate for the summer losses.

Compared to previous glaciological campaigns, there is a widespread presence of seasonal snow, which has partially attenuated the melting processes in the accumulation basins. Once again, however, there is a marked reduction of the glacial surfaces, more accentuated in the areas of ablation, with a consequent retreat of the fronts.

We observe the usual complex of phenomena linked to the degradation of glacial masses with extensive reductions in area and conspicuous thinning. The frontal retreats reached their maximum in the Vedretta del Giogo Alto (813), equal to -378 m, and in the Western Gigante Glacier (930), equal to -148 m; on average, they vary from a few meters to several tens of meters.

The detachment of the distal sections of the glacial termini is frequent, with the abandonment of plates of dead ice; the tendency to flatten the frontal sector is particularly pronounced. Many glacial bodies show the emergence and enlargement of rock outcrops and the fragmentation of the frontal sectors of the glaciers. Ice collapses at the terminus are increasingly frequent, with the formation of depressed subcircular features, distinguished by the typical concentric fractures.

Rock falls have been reported by many surveyors. This generated an increase in risk in the uppermost hanging fronts, which in some cases led to the decision to abandon

the monitoring of the glacier. Rock and debris fall from the valley sides onto the glacier surface are frequent and widespread; they caused an increase in thickness and extension of the epiglacial moraines, while the intensity of the ablation, which is gradually affecting also the highest sectors of the accumulation basins, contributes to the emergence of endoglacial debris on the surface. At the fronts, the cover of epiglacial debris makes it increasingly difficult to identify the frontal margin.

We note an increase in proglacial tunnels and the formation of new bédrières. Proglacial lakes, epiglacial and glacial-margin lakes are also increasing.

The particularly pronounced withdrawal in recent years has sometimes required the placement of new ground points.

The mass balances are all negative, including that of the Calderone Glacier in the Gran Sasso, even though the drop is less than average.

The hydrological year 2020/2021 once again confirms a pronounced reduction and a generalized retreat of the glaciers, barely mitigated by the residual seasonal snow cover in the accumulation basins.

SINTESI DEI FENOMENI PIÙ IMPORTANTI OSSERVATI NEL 2021 (I NUMERI SONO QUELLI DEL CATASTO DEI GHIACCIAI)

SUMMARY OF THE MOST NOTICEABLE PHENOMENA OBSERVED IN 2021 (NUMBERS ARE REFERRED TO THE GLACIERS INVENTORY)

Assottigliamento, riduzione areale (*thinning, areal reduction*): 38, 44, 46, 49, 81, 95, 130, 132, 134, 147, 155, 162, 163, 166, 181, 184, 189, 213, 220, 221, 224, 228, 233, 234, 285, 289, 356, 365, 371, 390, 408, 411, 416, 432, 439, 440, 443, 473, 502, 503, 507, 507.1, 512.1, 516, 577, 634, 646, 701, 718, , 730, 732, 733, 746, 754, 762, 771, 773-774, 777, 778, 788, 794, 805, 812, 816, 875, 876, 880, 889, 920, 937, 941, 950, 1066.

Bédrières, acqua epiglaciale, mulini (*bédrières, epiglacial water, moulins*): 48, 64, 72.1, 81, 109, 110, 113, 121, 130, 134, 139, 144, 145, 146, 147, 148, 155, 162, 168, 179, 232, 289, 297, 365, 371, 416, 422, 439, 440, 473, 507, 507.1, 512.1, 516, 731, 772, 816.

Cavità in ghiaccio (*caves in ice*): 56, 70, 138, 440, 473, 507.1, 512.1, 577, 581, 788, 754, 926.

Cedimento di argine morenico (*failure of moraine ridge*): 147, 208, 213, 219, 325.

Colate di detrito sul ghiacciaio (*debris flow on the glacier surface*): 47, 165, 172.

Coni detritici a nucleo di ghiaccio (*ice-cored debris cones*): 966.

Crepacci (*crevasses*): 78, 132, 166, 177, 181, 189, 229, 416, 422, 577, 646, 718, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 746, 772, 778, 794, 812, 813, 816, 912, 920, 926, 937, 947, 966, 975.

Crolli di seracchi o falesie superiori, valanghe di ghiaccio (*falls of seracs or ice walls, ice avalanches*): 440, 777.

- Detrito alla fronte (*debris covering the terminus*): 102, 103, 109, 110, 112, 127.1, 128, 139, 140, 142, 144, 145, 155, 162, 168, 208, 209, 213, 221, 224, 232, 325, 371, 390, 408, 416, 419, 422, 432, 473, 502, 503, 507.1, 512.1, 516, 577, 581, 727, 731, 733, 746, 762, 771, 773-774, 778, 812, 880, 947, 966, 975.
- Detrito sulla superficie del ghiacciaio (*debris on the glacier surface*): 20, 36, 46, 60, 64, 69, 78, 95, 101, 102, 103, 109, 110, 116, 121, 139, 140, 142, 145, 146, 147, 151, 152, 155, 162, 168, 172, 179, 181, 208, 213, 226, 232, 289, 297, 325, 371, 390, 419, 422, 473, 502, 503, 507, 507.1, 512.1, 516, 577, 581, 644, 646, 678, 713, 718, 728, 731, 732, 733, 746, 762, 772, 777, 778, 805, 812, 816, 816, 876, 912, 926, 937, 966, 967, 975.
- Finestre, formazione e allargamento (*appearance and enlargement of rock outcrops*): 43, 44, 47, 49, 61, 81, 130, 131, 134, 138, 140, 147, 148, 155, 163, 166, 168, 172, 232, 356, 365, 416, 473, 503, 507, 507.1, 577, 699, 701, 713, 727, 728, 730, 731, 733, 762, 773-774, 788, 794, 818, 876, 920, 930, 937, 941, 947, 975.
- Frane di roccia sul ghiaccio (*rock falls on ice*): 131, 132, 145, 146, 371, 710, 713, 773-774, 778, 805, 876.
- Fronte crepacciata, sfrangiata, sollevata (*terminus with crevasses, fringed, hanging*): 78, 112, 177, 225, 226, 232, 234, 235, 259, 260, 312, 336, 422, 473, 507.1, 516, 730, 818, 930.
- Fronte, appiattimento (*flattening of the terminus*): 72.1, 115, 179, 208, 226, 260, 365, 371, 390, 411, 416, 432, 443, 507.1, 577, 581, 678, 713, 778, 788, 794, 805, 813, 816, 875, 889, 893, 902, 920, 941.
- Fronte, distacchi e crolli (*detachments and ice falls from the terminus*): 78, 131, 144, 224, 225, 226, 227, 232, 408, 440, 507.1, 639, 805, 812, 813, 818, 876, 930, 941.
- Ghiaccio morto (*dead ice*): 56, 60, 144, 145, 148, 166, 208, 219, 281, 440, 813, 818, 830.
- Laghi glaciali (*glacial lakes*): 69, 70, 95, 102, 111, 127.2, 128, 131, 144, 147, 148, 152, 162, 168, 179, 189, 213, 219, 306, 325, 356, 634, 727, 762, 816, 876, 880, 966.
- Laghi proglaciali (*proglacial lakes*): 440, 503, 512.1, 577, 608.
- Morene frontali/laterali (*side and front moraines*): 754, 818, 880.
- Morene mediane (*medial moraines*): 95, 112, 147, 189, 502, 507.1, 762, 812.
- Neve residua abbondante (*abundant residual snow*): 541, 646, 682, 699, 701, 713, 718, 772, 812, 902, 947, 950, 966, 967, 975.
- Neve residua scarsa o nulla (*few or lacking winter snow*): 20, 36, 38, 40, 41, 44, 45, 46, 48, 49, 81, 101, 102, 103, 113, 121, 139, 140, 142, 145, 146, 148, 165, 168, 289, 365, 371, 416, 419, 422, 440, 443, 507.1, 516, 577, 581, 608, 634, 639, 640, 771, 880, 926, 941.
- Separazione di corpi glaciali (*detachment of ice bodies*): 102, 111, 131, 646, 699.
- Svuotamento di lago glaciale (*glacial lake outburst*): 111, 213.
- Termocarsismo, doline in ghiaccio (*thermokarst, dolines in ice*): 507.1, 577, 634, 639.
- Valanghe (*snow avalanches*): 127.2, 184, 224, 226, 281, 336, 435, 440, 516, 543, 710, 713.

SETTORE PIEMONTESE - VALDOSTANO
(Coordinatore Marta CHIARLE)

ALPI COZIE

Bacino: VARAITA - PO

Gruppo Monviso

20 Ghiacciaio Superiore di Coolidge

Operatore: Davide DANA - Controllo del 2021.08.27

Nonostante persistano alcuni nevai sulla parete Nord, il ghiacciaio sembra non presentare innevamento recente ed appare in ulteriore contrazione volumetrica. È da segnalare la presenza di abbondante materiale detritico che ricopre uniformemente la parte medio-bassa del corpo glaciale proteggendola dall'ablazione: questa porzione del ghiacciaio appare pertanto in rilievo rispetto alle aree di ghiaccio scoperte. Il detrito proviene da crolli continui dalla parete nord del Monviso.

Quota min. fronte: NM

Bacino: DORA RIPARIA - PO

Gruppo Ambin

34 Ghiacciaio del Lamet

Operatore: Maurizio TRON - Controllo del 2021.08.20

Presenti pochi nevai residui così come un discreto riciclaggio sin dalla fronte, quest'ultima ormai non più raggiungibile.

Quota min. fronte: NM

ALPI GRAIE

Bacino: STURA DI LANZO - PO

Gruppo delle Alpi Graie Meridionali

36 Ghiacciaio di Bertà

Operatore: Franco ROGLIARDO - Controllo del 2021.08.17

Il ghiacciaio è in accentuata sofferenza e sostanzialmente privo di neve residua, ad eccezione del corpo orientale ancora ricoperto da neve stagionale e pluriennale. Nei corpi glaciali centrale e occidentale continua l'incremento della copertura detritica: solo i settori apicali, a ridosso della parete rocciosa Lera-Sulè, rimangono parzialmente coperti da *firn* degli anni precedenti. Nel corpo orientale, dal confronto fotografico con riprese del 2019, si evince un sensibile assottigliamento degli accumuli nevosi delle tre precedenti favorevoli annate, ma senza evidenti restrizioni areali. La quota minima della fronte del corpo occidentale appare invariata (2935 m).

Quota min. fronte: NM

38 Ghiacciaio della Croce Rossa

Operatori: Andrea TAMBURINI, Walter ALBERTO
e Daniele CAT BERRO - Controllo del 2021.09.30

Sopralluoghi effettuati in data 2021.09.30 (misura sporgenza e posizione paline, rilievo topografico della superficie glaciale con GNSS cinematico) e 2021.12.17 (installazione nuovo termometro ghiaccio e manutenzione stazione meteo). In occasione del sopralluogo di settembre, il ghiacciaio era in gran parte coperto da un primo strato di neve recente caduta durante alcune nevicate avvenute a partire dal 19 settembre 2021, con consistenza crostosa e spessori dell'ordine di 10-20 cm. In nessuno dei punti oggetto di osservazione si è riscontrata la presenza di neve residua frapposta tra il ghiaccio e la neve recente, per cui si può considerare che il ghiacciaio fosse quasi interamente spoglio di nevato a metà settembre 2021, al termine della stagione di ablazione. Ghiaccio vivo e affiorante era visibile nel ripido settore più elevato, al di sopra delle crepacce terminali, sotto la vetta della Croce Rossa. D'altra parte, una fotografia ripresa il 10 agosto 2021, prima della calura tardiva che in seguito, fino a metà settembre, ha ancora generato rilevante fusione nivo-glaciale, mostrava il ghiacciaio già sgombro di nevato in un'ampia porzione del settore mediano-inferiore, oltre che gli evidenti depositi di due crolli rocciosi innescati a ridosso della cresta sommitale.

Il 30 settembre 2021 è stato eseguito un rilievo topografico della superficie glaciale con GNSS cinematico in tutti i settori percorribili a piedi, corrispondenti a circa metà dell'intera superficie. Il modello digitale di elevazione ottenuto è stato confrontato con quello ricavato dall'analogo rilievo eseguito il 17 ottobre 2019, consentendo di calcolare entro l'area rilevata una perdita media di 2 m di ghiaccio per unità di superficie nel biennio 2019-2021. Il volume totale del ghiacciaio, valutato a fine 1998 in circa 1.5 milioni di m³, si è ridotto a circa 625 000 m³, con una perdita pari al 58% rispetto alla prima valutazione. Per la prima volta dall'avvio del monitoraggio (1998), nel 2020 non è stato possibile effettuare alcun sopralluogo al ghiacciaio; pertanto le misure di ablazione puntuale eseguite il 30 settembre 2021 tramite la lettura della sporgenza delle paline ablatometriche, integrate con il rilievo della superficie glaciale eseguito con GNSS differenziale, hanno permesso di ottenere una stima del solo bilancio di massa biennale, pari a circa 1.7 m *w.e.* La velocità di spostamento superficiale del ghiacciaio si mantiene sostanzialmente costante nell'ultimo decennio, variando da circa 0.7-0.8 m/anno nella parte superiore del ghiacciaio a 1.2-1.4 m/anno nel settore inferiore.

Il 17 dicembre 2021 è stato installato un nuovo termometro all'interfaccia ghiaccio-roccia in posizione più spostata verso il centro del ghiacciaio rispetto al precedente, che si trova attualmente a meno di 10 m di profondità e comincia pertanto a risentire della temperatura dell'aria. Il nuovo termometro si trova alla profondità di 15.7 m dalla superficie. I dati della temperatura alla base del ghiaccio mantengono un valore costante di -2.6 °C, e continuano ad essere trasmessi automaticamente dalla stazione meteo Enel Green Power installata al margine sinistro del ghiacciaio, unitamente ai valori della temperatura dell'aria.

Le indagini effettuate dal 1998 ad oggi sul ghiacciaio sono state supportate economicamente da Enel Green Power. Rilievi eseguiti con il supporto delle Guide Alpine U. Bado e A. Welf.

Quota min. fronte: NM

40 Ghiacciaio della Bessanese

Operatore: Franco ROGLIARDO - Controllo del 2021.09.07

L'innevamento residuo è risultato scarso: un manto nevoso continuo resiste solo nel circo collettore al di sopra dei 3040-3060 m di quota, mentre nei settori a quote inferiori permangono solo delle placche isolate di scarsa consistenza. L'indice AAR complessivo è stimato pari a circa 0.4. Il settore inattivo della lingua glaciale situato alla base della parete Est della Uja Bessanese tra le quote 2800 e 2640 m presenta, similmente agli anni scorsi, estesi campi di *firn* pluriennale con zone di neve dell'annata. La lingua meridionale evidenzia ghiaccio quasi completamente esposto fino alle estremità frontali a quota 2815 m. L'esiguo spessore del segmento terminale della lingua lascia intendere un'assenza di attività dinamica a partire dai 2840 m di quota. La fronte, molto assottigliata e depressa, arretra di 31 m; la restrizione del margine laterale sinistro della colata registrata alla stazione F FR02 è di 1.5 m negli ultimi 2 anni. Si conferma pertanto la situazione sfavorevole alla conservazione del ghiacciaio; tuttavia, la presenza per gran parte dell'estate di neve dell'annata e *firn* pluriennale su vaste aree della superficie glaciale ha perlomeno limitato l'ablazione del ghiaccio, come risulta dalla stazionarietà rilevata alle stazioni: F FR02 nel settore mediano della lingua meridionale e G FR90 nel bacino collettore.

Quota min. fronte: 2815 m (GPS)

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
C SC51 (sl)	220°	117*§	117 (2019)	0
D FR90 (sf)	300°	150*§	148	-2
E FR15 (cf)	340°	152*	121**	-31
F FR02 (sl)	250°	105.5*	104 (2019)	-1.5
F FR02 (sl)	305°	74.5	74.5	0
G FR90 (sl)	290°	53.5	53.5	0

* Misura con distanziometro.

§ Misure approssimative effettuate su margine glaciale occultato da detrito.

** Dato non pubblicato nella campagna 2020, utilizzato per la misura della variazione annuale.

41 Ghiacciaio del Pian Gias

Operatore: Franco ROGLIARDO - Controllo del 2021.09.12

L'osservazione del glacionevato si limita per scarsa visibilità al solo settore inferiore. La superficie glaciale è completamente priva di neve residua invernale, solo un banco di neve accumulato nei precedenti anni resiste in zona

frontale, dove i depositi valanghivi sono più significativi. Il confronto fotografico rispetto al 2020 evidenzia il glacionevato in stato di apparente stazionarietà, con limite inferiore sempre posizionato a quota 2665 m. Tuttavia, nonostante l'aumento della copertura detritica conservi maggiormente il ghiaccio, si presume che l'apparato prosegua la sua lenta evoluzione negativa.

Quota min. fronte: NM

43 Ghiacciaio della Ciamarella

Operatore: Franco ROGLIARDO - Controllo del 2021.09.12

Alla data del sopralluogo la neve residua è presente alla testata del ghiacciaio, nel settore mediano a minor pendenza del corpo glaciale e, a lembi disgiunti, anche lungo il margine frontale destro: si stima un valore di AAR di circa 0.55. La copertura nevosa, meno consistente che nel 2020, non è continua e in alcune aree viene a giorno il *firn* del precedente anno. L'apparato non presenta variazioni sensibili rispetto allo scorso anno, a parte un lieve ingraticimento nel pendio frontale sinistro, già in ablazione su ghiaccio ad inizio agosto con l'esaurirsi della neve dell'anno. L'ampliamento della finestra rocciosa al centro del margine frontale rende ormai poco significativa la misura al segnale A EL60.

Quota min. fronte: 3150 m (A)

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
Z60 (cf)	350°	264	262	-2

44 Ghiacciaio dell'Albaron di Sea

Operatore: Franco ROGLIARDO - Controllo del 2021.09.07

L'innevamento residuo è praticamente assente, salvo alcuni isolati lembi nevosi di scarsa consistenza. L'apparato si presenta in stato di grande sofferenza, senza evidenziare al controllo fotografico significative contrazioni planimetriche: la diminuzione di spessore glaciale è inequivocabile anche se non valutabile quantitativamente. Nel corpo superiore dell'apparato, addossato alla cresta Est della Uja Ciamarella, l'allargamento della fascia rocciosa a circa 3340 m di quota ha quasi completamente isolato la porzione più elevata del bacino d'accumulo dal corpo glaciale principale. Le quote minime del corpo inferiore e del corpo superiore – 3010 m e 3190 m, rispettivamente – possono essere considerate stazionarie.

Quota min. fronte: NM

45 Ghiacciaio Tonini

Operatore: Franco ROGLIARDO - Controllo del 2021.09.07

L'innevamento residuo è molto scarso, la neve invernale si presenta nel bacino di accumulo in chiazze isolate a partire



41 - Ghiacciaio del Pian Gias (foto F. ROGLIARDO, 2021.09.12). Placca residua di un ghiacciaio un tempo più esteso che si sviluppava in continuità con il Ghiacciaio di Collerin d'Arnas. Mai figurato. *Residual slab of a formerly larger glacier that developed in continuity with the Collerin d'Arnas Glacier. Never figured.*

dai 3210-3230 m circa, una piccola striscia nevosa estesa alla base dei contrafforti orientali di Punta Tonini scende fino a circa 3060 m: si stima approssimativamente un valore di AAR di 0.25. Il *firm* degli ultimi tre anni è venuto a giorno e copre ancora quasi uniformemente il circo collettore oltre quota 3180 m circa; alcuni lembi si protraggono in basso fino a circa 3040 m. Il ghiacciaio non presenta sostanziali variazioni rispetto all'anno scorso, a parte una contenuta riduzione volumetrica e areale della lingua. Dal confronto fotografico con riprese del 2020 si apprezza un arretramento del margine laterale destro della colata e delle digitazioni delle estremità frontali. L'emergenza di nuovo substrato roccioso evidenzia in alcuni settori della lingua un regresso di circa 2-3 m; modesto il ritiro frontale di 1 m registrato alla stazione C GR85. Misura effettuata mediante distanziometro.

Quota min. fronte: 2895 m (A)

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
C GR85 (cf)	160°	172	171	-1

46 *Ghiacciaio di Sea*

Operatore: Franco ROGLIARDO - Controllo del 2021.09.07

Il ghiacciaio appare in sensibile riduzione volumetrica. Risultano sempre più evidenti l'abbassamento della superficie dell'intero apparato, l'ampliamento dell'affioramento roccioso nel settore sinistro della colata ed il progressivo aumento del materiale detritico superficiale. L'apparato si presenta totalmente privo di copertura nevosa invernale; si riscontrano alcuni isolati banchi di nevato pluriennale nelle estremità frontali e a ridosso dei contrafforti rocciosi su cui defluiva fino al 2014 la colata glaciale della seraccata Tonini.

Quota min. fronte: 2745 m

47 *Ghiacciaio Meridionale del Mulinet*

Operatore: Franco ROGLIARDO - Controllo del 2021.09.24

Al controllo fotografico, la fronte risulta totalmente libera da neve ed in apparente stazionarietà. Una nevicata occorsa a metà settembre impedisce l'individuazione del nevato stagionale, ma un'osservazione realizzata nei giorni precedenti consente di stimare che sia scomparso su circa il 60% della superficie del ghiacciaio, lasciando a giorno il *firm* degli ultimi 3 anni, che è stato nelle ultime fasi dell'estate sensibilmente assottigliato e nel settore mediano più convesso dell'apparato completamente annullato. Una piccola parte dell'unghia frontale immediatamente a monte del salto roccioso appare troncata rispetto al 2020. Nel settore destro del bacino di accumulo si osserva ben marcata la crepaccia terminale con apertura di una nuova finestra in roccia e nel settore centrale un modesto accumulo di colata detritica.

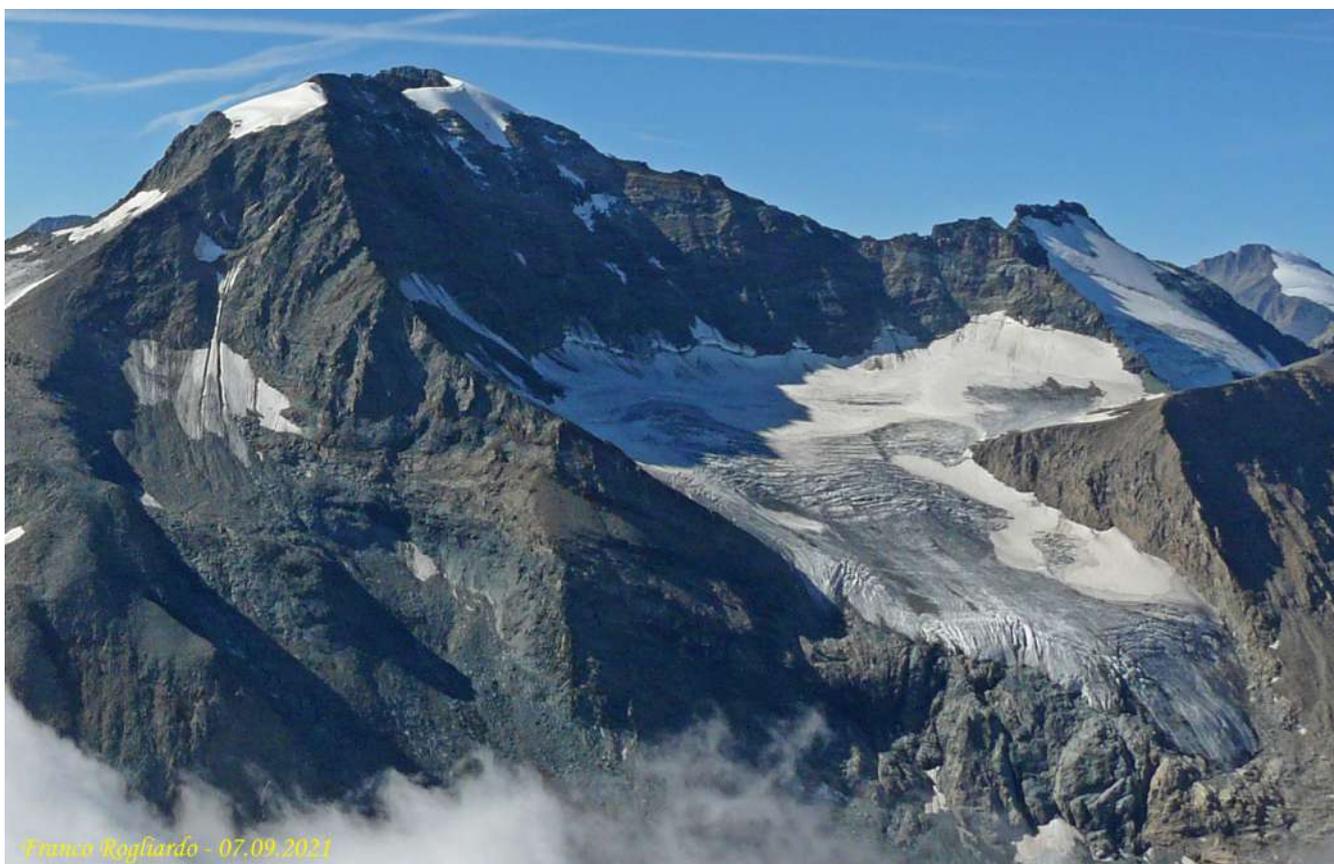
Quota min. fronte: 2745 m

48 *Ghiacciaio Settentrionale del Mulinet*

Operatore: Franco ROGLIARDO - Controllo del 2021.09.24

Il confronto fotografico con la situazione osservata nei precedenti anni evidenzia una sostanziale stazionarietà. Dopo il ritiro del ghiacciaio al di sopra del gradino roccioso, avvenuto nel 2008, la fronte staziona approssimativamente sempre nella stessa posizione a quota 2760 m circa. Quest'anno la neve residua è scarsa e ridotta a poche chiazze discontinue; in riduzione l'area coperta da *firm* accumulato nelle tre precedenti favorevoli annate. Vaste aree di ghiaccio esposto si osservano nel settore medio-basso del ghiacciaio e in zona frontale, che risulta in totale ablazione. In corrispondenza del margine superiore destro, l'apparato risulta profondamente inciso da acque di ruscellamento provenienti dal soprastante canale roccioso.

Quota min. fronte: NM



45 - Ghiacciaio Tonini (foto F. ROGLIARDO, 2021.09.12, ripresa aerea). Si sviluppa alla base della parete Nord della Ciamarella un tempo corazzata di ghiaccio. Fronte sospesa, non più collegata con il sottostante Ghiacciaio di Sea. *The glacier develops at the base of the north face of Ciamarella, once completely covered with ice. The hanging front is no longer connected with the Sea Glacier below.*

49 Ghiacciaio del Martellot

Operatore: Franco ROGLIARDO - Controllo del 2021.09.24

Dopo tre anni consecutivi in cui si era osservata la permanenza di neve residua sull'intero apparato, le condizioni generali del ghiacciaio evidenziano una sensibile riduzione volumetrica senza evidenti contrazioni areali. L'innevamento residuo dell'ultimo inverno è risultato molto scarso, ridotto a chiazze sparse alla base delle pareti, dove è maggiore l'accumulo valanghivo. Il manto di *firn* riferibile alle ultime tre stagioni ricopre ancora interamente l'apparato, ma nella fase finale dell'estate, con l'esaurirsi della neve stagionale, ha subito un sensibile assottigliamento, come dimostra la maggiore estensione delle finestre rocciose. La quota minima del margine frontale può essere considerata invariata a circa 2610 m.

Quota min. fronte: NM

51 Ghiacciaio Meridionale della Levanna Orientale

Operatore: Franco ROGLIARDO - Controllo del 2021.09.24

Il ghiacciaio si presenta leggermente imbiancato da una recente nevicata. L'innevamento residuo appare significativamente minore rispetto al 2020: si riscontra neve d'annata e probabile presenza di *firn* pluriennale principalmente alla

testata del ghiacciaio a partire da 3090-3110 m di quota circa e con ampi lembi lungo il margine laterale destro dell'apparato alla base delle pareti settentrionali di Punta Girard, ricoprendo un'area approssimativamente pari al 40%. La permanenza di una fascia nevosa in zona frontale impedisce le misure delle estremità glaciali, verosimilmente stazionarie a quota 2950 m.

Quota min. fronte: NM

52 Ghiacciaio Settentrionale della Levanna Orientale

Operatore: Franco ROGLIARDO - Controllo del 2021.09.24

L'apparato, spolverato di neve recente, non presenta variazioni sensibili rispetto al rilievo del 2020. La copertura nevosa invernale ha cominciato a esaurirsi solo nella prima decade di agosto con l'affiorare del ghiaccio in zona frontale. Alla data del sopralluogo l'innevamento residuo, di neve d'annata e chiazze di *firn* pluriennale, è presente con un manto continuo sul settore mediano-superiore del ghiacciaio, ricoprendo un'area approssimativamente pari al 65%. Completamente scoperta la lunga scarpata frontale. La quota minima della fronte può essere considerata invariata a circa 3070 m.

Quota min. fronte: NM

Bacino: ORCO - PO

Gruppo: Levanne

56 Ghiacciaio Orientale di Nel o della Levannetta

Operatore: Raffaella MIRAVALLE - Controllo del 2021.09.19

Il giorno del rilievo la parte superiore del ghiacciaio presenta innevamento residuo. La rientranza in destra centrale risulta allargata e profonda, mentre il resto del margine frontale si presenta sostanzialmente invariato rispetto al sopralluogo del 2020.

La cavità affiorante nella parte frontale della lingua di ghiaccio sepolto a valle del margine frontale attivo appare ampliata. In sinistra laterale si segnala l'estensione dell'altra cavità di ridotte dimensioni già presente alla verifica dello scorso anno. Le misure con telemetro rilevano un'ampiezza della cavità glaciale di circa 34 m, un'altezza di 15 m e una lunghezza massima di circa 18 m. Massi instabili di piccole e medie dimensioni incombono sull'imbocco della cavità.

Quota min. fronte: NM

57-58 Ghiacciaio Centrale e Occidentale di Nel

Operatore: Raffaella MIRAVALLE - Controllo del 2021.09.19

La parte superiore del corpo glaciale, lungo le pareti delle Levanne Centrale e Occidentale, è interessata da innevamento residuo. Accumuli irregolari di nevato si notano inoltre a ridosso della parete della Levanna Occidentale. Altre lingue discontinue di neve residua sono presenti sotto la seraccata del margine frontale in destra orografica, in direzione dei sottostanti laghetti glaciali. La fronte in corrispondenza dei punti segnale CC e CC1 è misurabile anche se libera da innevamento residuo da breve tempo. La porzione centro frontale, presso il segnale CC, misurata con telemetro, presenta una stretta lingua di nevato, staccata dal margine frontale superiore, che scende in modo irregolare in direzione del segnale di riferimento. Il giorno del sopralluogo la fusione risulta contenuta a causa delle ridotte temperature e del forte vento da NW con raffiche di bufera provenienti dalla testata della valle.

Quota min. fronte: NM

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
CC (cf)	220°	198	191 (2019)	-7
CC1 (sf)	240°	21	21 (2019)	0

60 Ghiacciaio Occidentale del Carro

Operatore: Raffaella MIRAVALLE - Controllo del 2021.09.14

La porzione centrale del ramo sinistro del ghiacciaio presenta ancora una parziale copertura di neve residua, così come la parte superiore del ramo destro. Risultano in-

vece completamente scoperte e misurabili le due fronti rispettivamente ai segnali CFL e FC. Una modesta placca di nevato è presente in sinistra laterale, in direzione del Colle della Capra. La fusione è in corso. Detriti di crollo dalla cima quotata sovrastante ricoprono la parte destra laterale del ramo sinistro. È sempre presente in destra laterale l'accumulo detritico con probabile nucleo in ghiaccio che scende ad una quota di circa 2850 m lungo il percorso che conduce al Colle del Carro, ricoperto da recenti residui di frana di medie e grandi dimensioni, provenienti dalle pareti sovrastanti.

Quota min. fronte: NM

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
CFL (sf)	230°	28.5	25 (2019)	-3.5
FC (dl)	240°	52	40.5	-11.5

61 Ghiacciaio della Capra

Operatori: Valerio BERTOGLIO e Lorenzo COSTANZO - Controllo del 2021.09.09

La fronte è coperta da una placca di nevato con un'estensione di 140 m di lunghezza e 115 m di larghezza: la copertura nevosa ha protetto dall'ablazione la fronte, la cui posizione risulta inalterata. Nevato è presente anche nella porzione superiore, ma si è ampliata la finestra rocciosa. Si osservano tracce di valanghe nel settore sinistro. Alla misurazione hanno collaborato: Daniele Cat Berro, Marco Giardino, Stefano Perona.

Quota min. fronte: 2485 m (A)

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
CA2 (cf)	180°	27	27	0

Gruppo Gran Paradiso

64 Ghiacciaio Basei

Operatori: Raffaella MIRAVALLE, Daniele CAT BERRO e Pierluigi CULLINO - Controllo del 2021.09.13

Una stagione di ablazione dal caldo non estremo (circa 0.5 °C sopra la media 1981-2010 a 3000 m sulle Alpi occidentali tra giugno e metà settembre) ha permesso di limitare gli effetti potenzialmente rovinosi di un inverno scarsamente innevato, perfino il più povero di neve fresca in sessant'anni di misure alla stazione meteorologica IREN del vicino Lago Serrù, quota 2275 m (totale ottobre 2020 - maggio 2021: 316 cm, metà della media 1981-2010 e inferiore - seppur di poco - al precedente minimo di 324 cm dell'inverno 2005-06). Entro fine estate la neve residua si è ritirata a quote sopra 3200 m circa, in prossi-

mità del cambio di pendenza del settore mediano, esponendo la metà inferiore del ghiacciaio a fusione e perdita di massa. Tuttavia, come spesso osservato in passato, alla data del sopralluogo la fronte presso il segnale FL1 risultava ancora interessata da una modesta placca di nevato (accumulo eolico e/o di valanga) che ne impediva la misurazione. Altrove il margine frontale appariva invece sgombro di neve residua, in moderato regresso (-0.5 m al segnale FL'19) e la fusione era ancora sostenuta con intenso ruscellamento lungo le sette *bédières*, due delle quali piuttosto marcate. La stagione di ablazione terminerà con la prima nevicata pochi giorni dopo il controllo, il 19 settembre. Si segnala copertura detritica in sinistra orografica, sotto le bastionate rocciose, e la presenza di modesti e irregolari accumuli di valanga, presenti anche in destra nel valloncetto sottostante la fronte che ospita il vecchio segnale CL59. Nei pressi del segnale frontale FL1 è stato rinvenuto un esemplare di *Pieris rapae*, lepidottero diurno in grado di compiere notevoli spostamenti anche a quote elevate.

Quota min. fronte: 3050 m (A)

Segnale	Direzione della misura	Distanze (in m)		
		attuale	precedente	variazione
FL'19	220°	3	2.5	-0.5

69 Ghiacciaio del Broglio

Operatore: Raffaella MIRAVALLE - Controllo del 2021.09.23

Il ghiacciaio osservato il 14 agosto dalla cima della Torre si presentava ancora abbondantemente ricoperto da vaste placche di neve residua che ne occultavano interamente la zona frontale e buona parte del lago glaciale sottostante. Il giorno del sopralluogo la neve residua è ancora presente in misura consistente nei pressi del lago e della fronte che, scoperta di recente dalla copertura nevosa residua, non mostra regresso rispetto al 2020. Sul nevato nei pressi del segnale EM 1 è stato rinvenuto un esemplare di lepidottero notturno determinato come *Autographa gamma*. La porzione superiore del ghiacciaio, a ridosso delle pareti del Ciarforon e della Monciair, si presenta sempre più ridotta e ricoperta di massi di piccole e medie dimensioni. Si osserva l'incisione della copertura nevosa lungo il margine superiore ad opera di acque ruscellanti provenienti dalla parete rocciosa soprastante. Qua e là sono evidenti sottili chiazze di neve recente scesa durante la perturbazione del 18-19/09, che non hanno ostacolato le misure e i rilievi fotografici.

Quota min. fronte: NM

Segnale	Direzione della misura	Distanze (in m)		
		attuale	precedente	variazione
EM 1 (cf)	1°	32.5	32.5	0

70 Ghiacciaio di Ciamousseretto

Operatori: Raffaella MIRAVALLE e Pierluigi CULLINO - Controllo del 2021.08.26

Il giorno del sopralluogo il ghiacciaio presenta alcune placche di nevato, evidenti nella porzione superiore in destra laterale, sotto la parete del Ciarforon e nella zona inferiore, nei pressi della fronte e del laghetto proglaciale, che ne risulta parzialmente occultato. L'ingresso della grotta glaciale posto a 3100 m s.l.m. si rivela evidente e privo di accumulo nevoso residuo: un grosso masso scivolato dal margine superiore ne ostruisce parzialmente l'accesso. Il rilievo con rotella metrica conferma dimensioni simili a quelle del 2020: 66 m di lunghezza, larghezza massima di 6.5 m e altezza di 3.6 m nei pressi dell'apertura. Poco discosta, si nota la presenza di un'altra ridotta grotta glaciale. Sul nevato, in prossimità del lago, sono stati rinvenuti alcuni semi di acero.

Quota min. fronte: NM



70 - Ghiacciaio di Ciamousseretto (foto P. CULLINO, 2021.08.26). La spettacolare grotta si inoltra per una lunghezza di 66 m sotto il ghiacciaio. *The spectacular cave extends for a length of 66 m under the glacier.*

72.1 Ghiacciaio Occidentale di Noaschetta

Operatori: Roberto PERMUNIAN e Alice NAUDIN -
Controllo del 2021.10.13

La fronte risulta interamente coperta da neve fresca per uno spessore di circa 10 cm, ma appare ben riconoscibile, anche se sottile per marcata ablazione, e percorsa da torrenti glaciali in corrispondenza delle morene laterali. Il corpo centrale, percorso da torrenti nel 2019, si è assottigliato tanto da raggiungere il livello del lago proglaciale e segue morfologicamente il disegno della conca. La variazione frontale è stata misurata con telemetro.

Quota min. fronte: 3160 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
NP	278°	41	26 (2019)	-15

78 Ghiacciaio di Roccia Viva

Operatori: Roberto PERMUNIAN e Alice NAUDIN -
Controllo del 2021.09.30

Presenza di accumulo nevoso in corrispondenza del punto di misura. La lingua di ghiaccio che costituiva la fronte ancora nel 2019 si è definitivamente staccata dal resto del corpo glaciale ed è fusa. La fronte attuale ha ora una forma ad unghia, è sospesa e priva di copertura detritica. Il ghiacciaio presenta numerosi crepacci e diffusi accumuli detritici sui margini laterali. La variazione frontale è stata misurata con telemetro.

Quota min. fronte: NM

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
RM1 (cf)	2°	198	76 (2019)	-122

81 Ghiacciaio di Ciardoney

Operatori: Luca MERCALLI e Daniele CAT BERRO -
Controllo del 2021.09.13

I calori dell'estate 2021 – non estremi ma pur sempre marcati e prolungati anche alla prima metà di settembre – hanno fuso completamente lo scarso innevamento dell'inverno 2020-21 (spessori nevosi tra 220 e 375 cm il 10 giugno, equivalenti a 1180 mm *w.e.*, -27% rispetto alla media 2012-2020). Così il 13 settembre tutta la superficie del ghiacciaio era spoglia di neve, annerita dal detrito e con fusione ancora molto attiva. Peraltro, durante l'estate una sola modesta nevicata (meno di 5 cm l'8 luglio 2021) aveva imbiancato il ghiacciaio, e alla stazione meteorologica a quota 2850 m soltanto in due occasioni la temperatura è scesa brevemente sotto 0 °C (minime di -1.8 °C il 14 luglio e -0.1 °C il 29 agosto), per il resto la fusione è proseguita con intensità varia. A contribuire alla rapida fusione della neve

a inizio estate, e di conseguenza alla precoce esposizione del ghiaccio sottostante alla radiazione solare, è probabile che abbiano contribuito anche le ripetute deposizioni di polvere sahariana del periodo febbraio-aprile 2021. Rispetto al 17 settembre 2020 si sono rilevate perdite di spessore glaciale comprese tra 78 cm (palina n. 1, Colle Ciardoney) e 224 cm (palina n. 3, settore mediano), corrispondenti a un bilancio di massa complessivo di -1.33 m *w.e.*, peggiore di quello del precedente anno idrologico (2019-20, -0.78 m *w.e.*), e nella media dello sfavorevole trentennio di osservazioni. Quello della stagione 2020-21 è stato infatti il 30° bilancio di massa di una serie ininterrotta avviata nel 1991-92. La media annua del bilancio di tutta la serie di misura è pari a -1.31 m/anno, ma nel tempo si è aggravata, da -1.03 m/anno nel periodo 1992-2002 a -1.48 m/anno nel 2003-2021.

Alla data del sopralluogo si potevano osservare le consuete *bédières* incise nel ghiaccio dall'abbondante acqua di fusione, particolarmente profonde, fino a 4-5 m, oltre a numerosi funghi glaciali, tuttavia quasi sempre "decapitati" dallo slittamento laterale del masso. Il pendio inferiore del ghiacciaio appariva in rapido smagrimento e assottigliamento, e "insidiato" in sinistra orografica dal sempre più evidente affioramento di rocce montonate. Il regresso frontale al segnale A4F, pari a -23.5 m, risulta il più marcato dal 2015, e porta il ritiro totale dal 1971 a sfiorare i 500 m. Infine, lungo l'ampio pianoro detritico antistante la fronte erano evidenti gli alluvionamenti prodotti dal torrente glaciale, anche con migrazioni d'alveo, avvenuti durante l'evento del 2-3 ottobre 2020, quando piovve con violenza fin sul ghiacciaio (165 mm rilevati nei due giorni dalla stazione meteorologica).

Quota min. fronte: NM

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
A4F	245°	51	27.5	-23.5

Bacino: DORA BALTEA - PO

Gruppo Torre Gran San Pietro - Gran Paradiso

95 Tessonnet Meridionale

Operatori: Cristina VIANI, Marco BACENETTI
e Stefano FERRARIS - Controllo del 2021.09.12

L'ultima visita fatta al ghiacciaio risale all'agosto 2016. Il ghiacciaio risulta scoperto da neve residua per circa due terzi della superficie: l'innnevamento è limitato alla parte superiore del ghiacciaio sotto la cresta che dalla Punta Tersiva si sviluppa verso Ovest. Immediatamente sotto la cima della Tersiva, lungo la parete NW, è invece presente un'estesa copertura detritica originata dai numerosi crolli che interessano la suddetta parete. Questo materiale viene trasportato verso quote inferiori dal movimento del ghiacciaio e riemerge sotto forma di morena mediana, a granulometria grossolana, presso il settore centrale della zona fronta-

le, occultando così il ghiaccio. La porzione di ghiaccio che costituiva il settore destro del ghiacciaio, che nel 2016 si immergeva in un laghetto di neoformazione ancora presente, è completamente scomparsa, modificando così il limite destro del ghiacciaio che risulta ad oggi notevolmente spostato verso SW, a ridosso della suddetta morena mediana. La variazione della fronte è stata misurata in sinistra idrografica, dove la fronte raggiunge la quota più bassa ed appare più evidente in quanto libera da detrito. Ancora presenti i numerosi laghetti proglaciali nell'area abbandonata dal ghiacciaio a partire dalla fine della Piccola Età Glaciale. Si segnala infine che è stato ritrovato il segnale MG F1 71 corrispondente alla posizione della stazione fotografica istituita da Giovanni Mortara nel 1971.

Quota min. fronte: NM

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
CV	150°	28	7.5 (2016)	-20.5

101 Ghiacciaio dell'Arolla

Operatori: Piero BORRE, Chiara CAMINADA e Alberto PERACINO - Controllo del 2021.09.12

Continua il crollo di materiale sulla superficie del ghiacciaio dalle pareti della Grande Arolla. La fronte risulta sempre ben individuabile. Quota ELA a circa 3150 m. Percentuale di superficie glaciale ricoperta da nevato residuo:



101 - Ghiacciaio dell'Arolla (foto C. CAMINADA, 2021.09.12). Scivolo frontale cosparso di detrito grossolano. Il ghiacciaio è figurato sul Boll. CGI n. 5 1922 (foto P. Paganini 1881). *The glacier front is covered with coarse debris. The glacier is shown in the CGI Bulletin n.5, 1922 (photo P. Paganini 1881).*

10%. Il precedente angolo di misura (100°) è stato corretto a 120°. Tale scarto è dovuto a un'errata misurazione dello stesso all'atto d'istituzione del segnale.

Quota min. fronte: NM

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
Mx2 (sf)	120°	16	7.5	-8.5

102 Ghiacciaio Settentrionale delle Sengie

Operatori: Piero BORRE, Chiara CAMINADA, Alberto PERACINO e Alberto ROSSOTTO - Controllo del 2021.09.13

In destra laterale la fronte è coperta da nevato residuo che non consente la misurazione. È da notare che il nevato presente non risale all'ultima stagione invernale, bensì alle precedenti, con una sua progressiva trasformazione in ghiaccio. La parte inferiore del ramo destro è inoltre ricoperta da un ingente quantità di detrito, sino a quota 2850 m circa: lo spessore della copertura detritica è inferiore ai 50 cm, tuttavia rende difficoltosa l'individuazione del margine glaciale. La porzione superiore della lingua glaciale è invece ancora relativamente sgombra da detrito, con accumuli soltanto laterali, in prossimità delle pareti sovrastanti il bacino glaciale. Quota ELA a circa 3100 m. Percentuale di superficie glaciale ricoperta da nevato residuo: 10%.

In sinistra laterale, la lingua glaciale è arretrata sulla parete NO di Punta delle Sengie ed è ormai da considerarsi

un ghiacciaio a sé stante. A causa della difficoltà d'accesso alla fronte di questo corpo glaciale, per ragioni di sicurezza, ne è stata interrotta la misurazione. Nei pressi del vecchio segnale VS2 è presente un piccolo laghetto glaciale.

Quota min. fronte: NM

103 Ghiacciaio di Valeille

Operatori: Piero BORRE, Chiara CAMINADA, Alberto PERACINO e Alberto ROSSOTTO - Controllo del 2021.09.13

La fronte si presenta coperta da detrito, ma comunque ben individuabile. Si osserva un'ingente quantità di materiale depositato su gran parte del ghiacciaio, soprattutto nei pressi delle pareti rocciose tutt'attorno alla conca glaciale. In prossimità della fronte presenza di limo e importante ristagno d'acqua attorno ad essa. Quota ELA a circa 3000 m. Percentuale di superficie glaciale ricoperta da nevato residuo: 15%.

Quota min. fronte: 2700 m (A)

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
LP2 (cf)	170°	43	32.5	-10.5

109 Ghiacciaio del Coupè di Money

Operatori: Piero BORRE, Chiara CAMINADA e Marco DELLANOCE - Controllo del 2021.09.06

La fronte del ramo destro, monitorata tramite il segnale AM7, è ben distinguibile e si posiziona a quota 2857 m (A); scarso il detrito sulla superficie glaciale. La fronte del ramo sinistro, monitorata tramite il segnale AM6, è coperta da detrito che però non inficia la misurazione: in questo ramo il ghiacciaio raggiunge la sua quota minima. Su entrambi i rami sono presenti *bedièrès*. Tra i due rami prosegue l'accumulo di detrito proveniente dalla cresta Paganini, con conseguente separazione fra le due lingue glaciali. Quota ELA a circa 3250 m. Percentuale di superficie glaciale ricoperta da nevato residuo: 20%.

Quota min. fronte: 2820 m (A)

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
AM 6 (sf)	106°	78	76	-2
AM 7 (df)	120°	67	63	-4

110 Ghiacciaio di Money

Operatori: Piero BORRE, Chiara CAMINADA e Marco DELLANOCE - Controllo del 2021.09.06

In sinistra orografica, presenza di ingente quantità di detrito proveniente dal versante e recentemente depositato

in prossimità della fronte, ma che non ha impedito la misura frontale. Si osserva ruscigliamento superficiale. Quota ELA a circa 3200 m. Percentuale di superficie glaciale ricoperta da nevato residuo: 25%

Quota min. fronte: NM

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
PB2 (df)	110°	31	14	-17

111 Ghiacciaio di Grand Croux

Operatori: Alberto PERACINO e Alberto ROSSOTTO - Controllo del 2021.09.30

Il ghiacciaio è ormai diviso in 3 porzioni separate (orientale, centrale e occidentale). Il giorno del rilievo, il ghiacciaio si presenta in parte ricoperto dalla neve recente caduta il 19/09; prima della nevicata il nevato residuo occupava un'area pari a circa il 20% della superficie glaciale, al di sopra dell'ELA (3150 m). Il settore storicamente monitorato dal segnale MA3 (Grand Croux occidentale), completamente coperto da detrito nella zona frontale, si è staccato completamente dal bacino soprastante (in seguito ad emersione di una estesa fascia rocciosa) e pertanto verrà abbandonato. Si è proceduto comunque ad effettuare un'ultima misura, che è risultata invariata rispetto a quella del 2019. È stato collocato un nuovo segnale (CC 2021) in prossimità della fronte del settore centrale, ove si segnala la presenza di un piccolo lago. Tale segnale, posto alla quota di 2570 m (GPS) presenta le seguenti coordinate WGS84: 5042914 N; 3685554 E. Le operazioni di misura sono state eseguite mediante telemetro. Nella parete verticale di ghiaccio alta circa 15 m che borda il lago proglaciale che ha dato luogo alla rotta improvvisa del 2016, è ancora ben visibile il livello raggiunto dall'acqua nel 2016. In posizione più settentrionale si segnala la presenza di un altro lago di dimensioni più ridotte.

Integrazione a cura di Simone GOTTARDELLI, Luca MONDARDINI, Paolo PERRET e Fabrizio TROILO (FMS). Durante l'estate, allo scopo di monitorare il livello idrico del lago, l'espansione del bacino e l'evoluzione della diga di ghiaccio, Fondazione Montagna Sicura ha eseguito due nuovi rilievi aerofotogrammetrici da drone, rispettivamente il 6 luglio e il 15 ottobre. In occasione del rilievo fotogrammetrico, attraverso l'integrazione delle osservazioni di terreno con dati satellitari recenti, si è potuto risalire alla data di svuotamento del bacino, collocato temporalmente fra il 10 ed il 20 settembre 2021.

Quota min. fronte: 2570 m (GPS)

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
CC 2021 (cf)	173°	41	-	-



112 - Ghiacciaio della Tribolazione (foto C. CAMINADA, 2021.09.07). La celebre, grandiosa seraccata tende ad appiattirsi sui margini frontali e ad arretrare. In ampliamento le finestre rocciose e ben visibile la morena mediana in costruzione sul fianco sinistro. *The famous, magnificent serac tends to flatten and retreat. The rock outcrops within the glacier are widening and the medial moraine under construction on the left side is clearly visible.*

112 Ghiacciaio della Tribolazione

Operatori: Piero BORRE e Chiara CAMINADA -
Controllo del 2021.09.07

Prosegue l'arretramento del ramo destro e di quello centrale lungo le balze rocciose. Un impetuoso torrente subglaciale fuoriesce dalla fronte del ramo centrale. Seracchi incombenti rendono pericoloso l'accesso alle fronti. Entrambi i rami sono relativamente sgombri di detrito. Il ramo sinistro è il solo oggetto di misura. Si segnala un ispessimento della morena galleggiante centrale che raggiunge la fronte, alimentata da recenti crolli; in espansione anche quella in sinistra laterale. La fronte di questo ramo risulta parzialmente coperta di detrito, ma ancora facilmente individuabile. Quota ELA a circa 3250 m. Percentuale di superficie glaciale ricoperta da nevato residuo: 30%.

Quota min. fronte: NM

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
BV6 (sl)	210°	41	38	-3

113 Ghiacciaio di Dzasset

Operatori: Piero BORRE e Chiara CAMINADA -
Controllo del 2021.09.07

La fronte risulta ben individuabile. Il ghiacciaio non presenta materiale detritico sulla sua superficie. Si segnala un intenso ruscellamento superficiale. Quota ELA a circa 3350 m. Percentuale di superficie glaciale ricoperta da nevato residuo inferiore al 20%.

Quota min. fronte: NM

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
MM2 (cf)	270°	60	51	-9

115 Ghiacciaio di Gran Val

Operatori: Piero BORRE e Stefano FERRARIS -
Controllo del 2021.09.08

Il pendio frontale, sgombro di neve, è ben individuabile e con ghiaccio ancora esposto a fusione, viste anche le temperature ancora piuttosto elevate. In corrispondenza del margine glaciale è presente una placca di neve residua. La fronte è assai sottile e ormai non presenta più le caratteristiche morfologiche per la formazione di grotte di ghiaccio come quelle segnalate nel 2012.

Quota minima fronte: NM

116 Ghiacciaio del Lauson

Operatore: Alberto PERACINO - Controllo del 2021.09.21

Il giorno del rilievo, il ghiacciaio si presenta parzialmente ricoperto da neve recente caduta il 19/09, ma da osservazioni precedenti risultava cosparso di detriti di varia pezzatura in quantità rilevanti nella porzione in sinistra orografica. La neve residua, precedente la nevicata, ricopriva il 20% del ghiacciaio con quota ELA a 3200 m. Sono stati posizionati due punti di richiamo in prossimità della fronte (rispettivamente a 280 m da SC1 e 240 m da SC2) per facilitare le misurazioni negli anni futuri, lungo la direzione di misura originale. La quota della fronte al segnale SC2 risulta pari a 3090 m, mentre la quota minima viene raggiunta in corrispondenza del segnale SC1.

Quota minima fronte: NM

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
SC1 (sl)	180°	280	250	-30
SC2 (cf)	210°	248	241 (2019)*	-7

* Questa misura corregge quella riportata nella Campagna Glaciologica 2019 (261 m) che risentiva di un errore effettuato nella Campagna Glaciologica 2018 quando la distanza effettiva era 235 m anziché i 255 m indicati.

121 Ghiacciaio del Trajo

Operatori: Piero BORRE, Chiara CAMINADA e Alberto ROSSOTTO - Controllo del 2021.09.25

Si segnala un intenso ruscigliamento superficiale con numerose *bédières*, tra cui una, molto profonda, sita in centro alla lingua glaciale, alla quota di circa 3150 m. Sono stati osservati nuovi apporti di materiale detritico dall'Arête des Clochettes, dove si era staccata la grande frana del 2017. Risulta sempre più marcata la differenza di spessore tra il ghiaccio coperto dall'accumulo di frana e quello rimasto scoperto. I margini laterali del ghiacciaio risultano mascherati da detrito grossolano proveniente dalle pareti rocciose circostanti. La fronte è ben riconoscibile. Si osserva la presenza di una piccola caverna glaciale in prossimità del punto di misura. La quota della ELA non è stata rilevata a causa di neve recente. In base ad un'osservazione del 23/08, la percentuale di superficie glaciale ricoperta da nevato residuo può essere stimata inferiore al 20%.

Quota min. fronte: 2930 m (A)

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
SP2 (cf)	223°	76	54	-22

127.1 Ghiacciaio Occidentale del Gran Neyron

Operatore: Valter VALLET - Controllo del 2021.08.26

La situazione del ghiacciaio risulta abbastanza simile a quella del 2020, non ci sono variazioni significative a parte un modesto ritiro frontale. Resta sempre molto coperta da detriti la zona frontale, mentre nella parte alta permane ancora un po' di nevato residuo. Per quest'anno la misura è stata effettuata sia dal punto di richiamo istituito nel 2020 (C3_2020) sia dal vecchio segnale, che verrà abbandonato definitivamente a partire dal prossimo anno.

Quota min. fronte: NM

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
C3 (cf)	186°	249	243	-6
C3_2020 (cf)	186°	28	-	-

127.2 Ghiacciaio Orientale del Gran Neyron

Operatore: Valter VALLET - Controllo del 2021.08.26

Non è stato possibile effettuare le misurazioni a causa dell'innervamento residuo dovuto ad una valanga caduta lo scorso inverno. Si segnala, per il prossimo anno, la necessità di avvicinare i segnali di misura in quanto molto distanti ed attualmente in una zona dove persiste accumulo di neve dovuto a valanghe. In sinistra frontale è presente un piccolo lago proglaciale di circa 100 m².

Quota min. fronte: NM

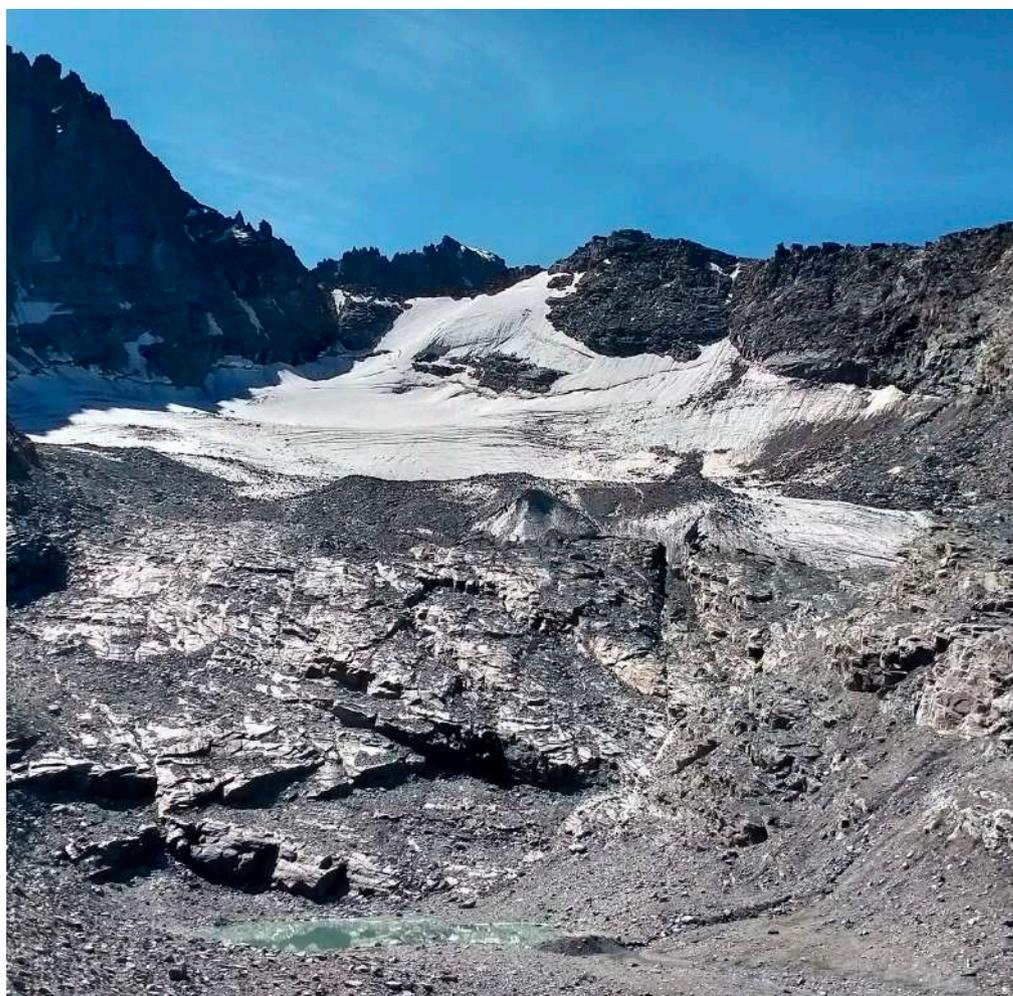
128 Ghiacciaio di Montandeyné

Operatore: Stefano NICOLUSSI - Controllo del 2021.08.26

Il ghiacciaio ha subito negli ultimi anni un forte arretramento che ha determinato l'abbandono del punto segnale ET1. Attualmente il margine frontale è dunque monitorato dai punti segnale ET3 ed ET2, che verosimilmente verrà sostituito nel prossimo futuro poiché ormai situato a 200 m dal margine frontale. Neve residua è presente nei settori più elevati del ghiacciaio, mentre il margine frontale si presenta diffusamente annerito dal detrito, che tuttavia non ne impedisce l'individuazione. Sempre presente il laghetto segnalato in prossimità del segnale ET2.

Quota min. fronte: NM

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
ET2 (cf)	116°	200	200	0
ET3 (cf)	105°	100	75	-25



127.1 - Ghiacciaio Occidentale del Gran Neyron (foto V. VALLET, 2021.08.26). Il ghiacciaio presenta un margine frontale sfrangiato e appiattito, parzialmente coperto da detrito. Ben visibile la finestra rocciosa affiorante nel settore superiore. *The glacier has a fringed and flattened front, partially covered by debris. The rock outcrop emerging in the upper sector is clearly visible.*

129 Ghiacciaio di Lavacciù

Operatore: Stefano NICOLUSSI - Controllo del 2021.08.25

Neve residua ed una spruzzata di neve fresca alle quote più elevate. La fronte si presenta invece ben scoperta, benché annerita da una sottile copertura detritica. Le misure sono state effettuate mediante telemetro.

Quota min. fronte: NM

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
VLM1 (sf)	130°	175	170	-5
VLM2 (cf)	140°	190	180	-10
ST (cf)	120°	90	84	-6

130 Ghiacciaio del Gran Paradiso

Operatori: Demis MASSONI e Daniele VALFRÈ - Controllo del 2021.09.18

La zona frontale si è visibilmente assottigliata nella parte centrale. La barra rocciosa parallela alla fronte è ul-

teriormente emersa. La linea dell'ELA si trova tra i 3600 e i 3700 m. Al momento della visita si osserva una grossa *bédière* attiva in zona destra frontale.

Quota min. fronte: 3350 m (GPS)

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
BP (cf)	118°	19.5	12	-7.5

131 Ghiacciaio di Moncorvé

Operatori: Demis MASSONI, Daniele VALFRÈ e Valerio BERTOGGIO - Controllo del 2021.09.18

Il corpo glaciale è diviso definitivamente in due porzioni: una sotto la vetta del Ciarforon, l'altra sotto la Tresenda. Si osserva l'emersione di fasce rocciose al di sotto del Colle di Moncorvé e di una barra rocciosa sulla parete nord del Ciarforon, con accumuli di frana in zona centrale e sinistra laterale. La parte superiore del Ciarforon è coperta da un ghiacciaio di vetta completamente staccato dal corpo glaciale principale e da una piccola porzione di ghiaccio in

destra laterale. Sempre presente il lago sommitale che appare essersi ampliato verso sud. Il margine frontale registra un brusco arretramento, dovuto al distacco di una sottile lingua di ghiaccio.

Quota min. fronte: 3030 m (GPS)

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
RV (cf)	170°	83	15	-68

132 Ghiacciaio di Monciair

Operatore: Demis MASSONI - Controllo del 2021.09.02

Il ghiacciaio, alla data della visita, è ricoperto da nevato residuo per circa il 30% della sua superficie. Ben evidente e di notevoli dimensioni il crepaccio terminale nella zona sotto il Colle del Ciarforon. Diversi grossi crepacci sono presenti su tutto il corpo glaciale. La zona frontale, come in generale tutta la massa glaciale, risulta visibilmente assottigliata. Si segnalano alcuni accumuli di crolli sul lato sinistro centrale, in corrispondenza della parete nord. La placca di ghiaccio su questa parete è ormai molto sottile e prossima alla definitiva scomparsa.

Quota min. fronte: NM

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
MB1 (cf)	105°	47.5	41	-6.5

134 Ghiacciaio del Grand Etrèt

Operatori: Stefano CERISE, Demis MASSONI e Alberto ROSSOTTO - Controllo del 2021.09.17

Dopo due stagioni relativamente poco sfavorevoli per il ghiacciaio, la stagione 2020-2021 ha fatto registrare valori tra i più negativi della serie storica, come non accadeva dal 2015. Nonostante l'arretramento frontale contenuto (4 m), il ghiacciaio appare infatti visibilmente "appiattito" a causa della notevole perdita di spessore rilevata sull'intera superficie glaciale. Le abbondanti precipitazioni nevose cadute nei mesi di aprile e di maggio e le temperature primaverili relativamente fresche sembravano aver in parte compensato l'inverno particolarmente avaro di neve. Tuttavia le alte temperature del mese di giugno hanno fuso rapidamente gran parte dell'accumulo nevoso, ed in seguito il calore estivo (soprattutto del mese di agosto) ha causato una ingente fusione di ghiaccio.

Al momento delle misurazioni permane sul ghiacciaio un'isola di nevato di 9000 m² che insiste sulla zona della palina ablatometrica III, con uno spessore medio misurato di 35 cm. La zona di accumulo del ghiacciaio occupa una superficie stimata di 30 000 m² nell'area della palina V, con uno spessore medio di circa 30 cm, al di sopra della linea dell'ELA situata a 3070 m di quota. L'indice AAR è pari a 0.11. La fascia rocciosa emersa tra il 2019 ed il 2020, nel

corso dell'estate 2021 si è notevolmente accresciuta ed estesa verso ovest scoprendo una zona di rocce montonate nella sua parte centrale. Questa rapida espansione (ben visibile confrontando le foto del 29 luglio e del 17 settembre) ha generato una notevole perdita di superficie del corpo glaciale, e potrebbe preannunciare una prossima frammentazione del ghiacciaio. L'area soggetta all'espansione della fascia rocciosa e alla strozzatura del corpo glaciale corrisponde al settore del ghiacciaio dove un rilievo con georadar (25/05/2006) aveva evidenziato lo spessore minimo di ghiaccio (17.70 m).

Nella zona centrale del ghiacciaio, in sinistra orografica della palina ablatometrica II, si è formato un mulino glaciale di discrete dimensioni. Due grosse *bédières* sono attive al momento della visita: una in zona centrale e l'altra in sinistra frontale. Il giorno delle misurazioni sono state posizionate, in collaborazione con Società Meteorologica Italiana (SMI), delle nuove paline ablatometriche fino a circa 7 m di profondità. Si è proceduto inoltre ad acquisire nuovamente il perimetro del ghiacciaio mediante GPS. L'accumulo nevoso invernale era stato misurato il giorno 25 maggio 2021 dal personale del Corpo di Sorveglianza del PNGP mediante scavo di cinque pozzi da neve in corrispondenza delle cinque paline ablatometriche di riferimento. La densità media della neve è risultata di 410 kg/m³, decisamente inferiore al valore medio del periodo 2000-2020 (471 kg/m³). La densità della neve è stata misurata ogni 50 cm in verticale con carotiere ENEL - Valtecne (messo a disposizione da SMI) lungo tutta la profondità dei pozzi nei pressi delle 5 paline ablatometriche. L'accumulo medio di neve sul ghiacciaio è risultato pari a 335 cm (media aritmetica), prossimo al valore medio del periodo 2000-2020 (331 cm).

Nell'anno idrologico 2020-2021 sono dunque giunti sul ghiacciaio 527 070 m³ di acqua sotto forma di neve e sono fusi quasi tutti insieme ai 623 900 m³ di acqua in forma di ghiaccio, per un totale di 1 143 680 m³ di acqua persi. L'accumulo specifico è stato di 1465 mm *w.e.*, valore inferiore alla media del periodo 2000-2020 (1592 mm *w.e.*). Il bilancio di massa è stato chiuso il giorno 17 settembre 2021. L'ablazione specifica è stata di 3180 mm *w.e.*, decisamente più sfavorevole rispetto al dato medio del periodo 2000-2020 (2413 mm *w.e.*), e secondo peggior valore della serie storica, inferiore solo a quello registrato nel 2015 (3243 mm *w.e.*). Il bilancio di massa specifico per l'anno idrologico 2020-2021 è risultato molto negativo, con un valore di -1715 mm *w.e.*, che porta il totale cumulato dal 1999 al 2021 a -18.997 m *w.e.* Il bilancio specifico 2020-2021 è il quarto peggior bilancio della serie storica e risulta nettamente inferiore alla media dei precedenti 21 anni (-823 mm *w.e.*). Il ghiacciaio nel corso della stagione 2021 ha perso uno spessore medio di 1.97 m di ghiaccio su tutta la sua superficie. Il ghiacciaio ha perso dal 1999 quasi 22 m di spessore medio. La superficie del ghiacciaio, in base ai punti rilevati nel 2016-2017 e della fronte nel 2019, misurava 359 682 m². Al termine della stagione estiva 2021, dopo ripermetrazione con GPS ed elaborazione dei dati in ambiente GIS (Qgis), risulta essersi ridotta a 286 865 m², con una perdita di 72 817 m². Nel corso di soli 5 anni la superficie glaciale ha pertanto subito una contrazione del 20%, per la maggior parte imputabile, tuttavia, agli effetti negativi dell'estate 2021.

Hanno collaborato: S. Borney, A. Calderamo, D. Cat Berro, J.L. Jordaney, A. Peracino, F. Peretti e D. Valfrè.

Quota min. fronte: 2730 m (GPS)

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
DM2 (cf)	175°	23	19	-4

Gruppo Teu Blanc

138 Ghiacciaio di Aouillè

Operatori: Martino NICOLINO e Rudy VALLET - Controllo del 2021.09.07

La copertura di neve residua è presente sulla parte superiore del ghiacciaio a partire dalla quota di 3240 m in destra laterale e dalla quota di 3270 m in sinistra laterale (stima indice AAR: 0.25). Si segnala la presenza di nevai residui sulla parte più a valle della lingua glaciale e a valle del ghiacciaio fino alla quota di 3080 m. La penisola rocciosa-detritica che si protende lungo il fianco sinistro del ghiacciaio è risultata ancora più estesa di quanto osservato nei due anni precedenti. Sono presenti porte glaciali presso il limite destro orografico di tale penisola e alla destra orografica del punto di misurazione della fronte glaciale dal nuovo punto segnale NV21. Il nuovo segnale (NV21) si trova in posizione centro-frontale ed è indicato con vernice rossa su rocce montonate a valle della parte centro-frontale del ghiacciaio (coordinate: WGS84 0355820 e 5043060; quota: 3135 m; azimuth 230°). Il segnale NV21 è situato alla distanza di 64 m dal segnale NM13 (coordinate: WGS84 0355845 e 5043090; quota: 3085 m), in direzione 230°.

Quota min. fronte: NM

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
NM13 (sf)	265°	82	77	-5
NV21 (cf)	230°	36	-	-

139 Ghiacciaio di Percia

Operatori: Martino NICOLINO e Rudy VALLET - Controllo del 2021.09.06

La copertura di neve residua è presente sulla parte superiore del ghiacciaio a partire dalla quota di 3250 m (quota ELA; stima indice AAR: 0.1). Si segnala la presenza di una *bédière* di ridotte dimensioni che si estende dalla parte superiore del settore centrale del ghiacciaio fino all'accumulo di materiale franoso in sinistra frontale. Rispetto a quanto osservato nei due anni precedenti, tale accumulo detritico, dovuto a crolli di roccia dal costone che sale, alla sinistra orografica del ghiacciaio, dal Colle di Percia verso la parte

superiore del ghiacciaio, risulta ulteriormente aumentato e ricopre ora almeno il 20% della superficie glaciale.

Sono stati istituiti due nuovi punti segnale: VN21 e NV21. VN21 è indicato con vernice rossa su masso a valle del margine frontale destro del ghiacciaio (coordinate: WGS84 0356425, 5044210; quota: 3040 m; angolo di misura: 200°), a 156 m in direzione 200° dal segnale BN99 (coordinate: WGS84 0356486, 5044348; quota: 3020 m); NV21, invece, è indicato con vernice rossa su masso a valle del margine frontale sinistro del ghiacciaio (coordinate: WGS84 0356385, 5044230; quota: 3045 m; angolo di misura: 210°), a 69 m in direzione 210° dal segnale MN11 (coordinate: WGS84 0356423, 5044292; quota: 3035 m). Il segnale VN21 sostituirà il segnale BN99, data l'ormai elevata distanza tra quest'ultimo segnale e il margine del ghiacciaio. Il segnale NV21 permette di misurare la distanza del margine glaciale alla sinistra orografica dell'accumulo di massi da frana che ricopre la superficie glaciale e che, unitamente al ritiro del ghiacciaio, dal 2020 ha reso inutilizzabile il segnale MN11. Sono state nuovamente rilevate con GPS le coordinate e le quote dei segnali BN99 e BBN99, in quanto i dati riportati dagli operatori nella relazione del sopralluogo del 1999 erano ricavati dalla cartografia allora disponibile e dunque imprecisi. I dati rilevati in occasione del sopralluogo 2021 sono i seguenti: segnale BN99, coordinate 32TLR56494435, quota 3020 m; segnale BBN99, coordinate 32TLR56504446, quota 2970 m.

Quota min. fronte: NM

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
BN99 (df)	200°	169	168*	-1
VN21 (df)	200°	13	-	-
NV21 (sf)	210°	36	-	-

* Dato non pubblicato nella campagna 2020.

140 Ghiacciaio Settentrionale di Entrelor

Operatori: Alberto ROSSOTTO - Controllo del 2021.09.02

Il ghiacciaio si presenta per gran parte privo di neve residua, che occupa solo il 30% della superficie glaciale. La quota dell'ELA si attesta intorno ai 3300 m. L'isola rocciosa sottostante l'anticima della Cima di Entrelor si è ulteriormente ampliata nel corso della stagione estiva, rendendo prossima la frammentazione del corpo glaciale. L'assenza di nevato ha consentito un accurato sopralluogo del ghiacciaio, tuttavia la presenza di detrito di varia pezzatura ha reso impossibile mapparne con GPS il perimetro. Il corpo glaciale attualmente presenta 3 settori: uno in destra, che corrisponde alla parte più avanzata del ghiacciaio, la cui fronte è misurata da A(BP-04-40m); uno centrale, con fronte misurata da AR 2020; uno in sinistra (un tempo monitorato dal segnale P1), coperto da detrito di frana che rende impossibile l'individuazione precisa del margine frontale. Proseguono infine le misure dal segnale P4, che attualmente monitora la



139 - Ghiacciaio di Percia (foto M. NICOLINO, 2021.09.06). Mai figurato, presenta una lingua ripida e stretta di modesto spessore. La fronte tende a essere mascherata da frane provenienti dal versante sinistro. *This glacier was never figured before: it has a steep and narrow tongue of modest thickness. The glacier front is increasingly masked by rockfalls from the rock slope on the left.*

distanza del margine glaciale dal dosso che separa i settori destro e centrale. In destra idrografica, il ghiacciaio è ancora ben collegato con il Ghiacciaio di Percia.

Durante la campagna è stata ridefinita mediante altimetro la quota del segnale AR 2020, pari a 3105 m s.l.m. Le operazioni di misura sono state eseguite mediante telemetro.

Quota min. fronte: 3045 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
P4 (cf)	145°	151	151	0
A(BP-04-40m) (df)	160°	129	112 (2019)	-17
AR 2020 (cf)	150°	17	12	-5

142 Ghiacciaio della Vaudaletta

Operatore: Alberto ROSSOTTO - Controllo del 2021.08.21

Il ghiacciaio si presenta per gran parte privo di neve residua, ad eccezione di due placche di nevato, poste una sotto la Punta Leynir ed una presso la zona che un tempo costituiva la porzione frontale. Non è possibile stimare il valore di AAR, in quanto è impossibile stabilire la reale estensione del corpo glaciale. Il detrito che ricopre con continuità il ghiaccio non consente la misura della fronte del ghiacciaio, che viene monitorato solo più fotograficamente. Il confronto con le riprese del 2020 evidenzia più ampi affioramenti di ghiaccio al di sotto dell'abbondante copertura detritica e lo sviluppo di una marcata crepaccia terminale in corrispondenza del settore più elevato ed acclive.

Quota min. fronte: NM

Gruppo Granta Parei

144 Ghiacciaio di Lavessey

Operatori: Fabrizio POLLICINI, Jean Laurent JORDANEY e Alberto ROSSOTTO - Controllo del 2021.08.20

Il rilevamento strumentale è stato effettuato il giorno 20.08.2021, ma un secondo sopralluogo in zona in data 18.09.2021 ha permesso di valutare meglio le condizioni dell'innnevamento residuo. Questo si è presentato abbastanza continuo al di sopra dei 3050 m di quota e con un'estensione stimabile a circa un terzo della superficie glaciale. L'esposizione nord del circo alla base della Punta Bousson permette ancora una discreta conservazione della neve residua che invece è scarsissima sugli apparati adiacenti. Sul bacino ablatore il ruscellamento è prevalentemente diffuso anche se sono osservabili alcune piccole *bédières*. La copertura detritica è poco consistente ed è presente solo nella zona frontale che è in profonda modificazione. Il ghiaccio di quest'area si sta frammentando e tende ad abbandonare diverse placche di ghiaccio morto (il settore frontale destro è già tale) e la tendenza è quella di un riposizionamento del margine su di un ripiano più elevato, a circa 2800 m di quota, ad ovest dell'attuale terminazione. Il laghetto proglaciale a quota 2820 m, segnalato nelle precedenti relazioni, si è ulteriormente allungato ed è ancora a contatto con il ghiaccio in ritiro.

Dati i problemi di utilizzo del caposaldo A.2 si è proceduto alla collocazione del nuovo segnale A.3 (sigla completa A.3 (PF-2021-39m)) sopra la barra rocciosa che impediva le misure dirette. La posizione di A.3 è stata rilevata sia misurando la distanza da A con un distanziometro laser sia con un sistema GNSS (GPS+GLONASS, L1, codice, SBAS attivato e correzione in post process) ottenendo risultati congruenti: A.3 si colloca a 367 m da A (e quin-

di a 50 m da A.2) sempre con azimut 140° alle coordinate 32TLR51683815 (UTM-ED50) ed alla quota 2800 m (A) (dati grezzi WGS84 N 45° 28' 45.392" E 007° 06' 04.202"). Tutte le misure sono state effettuate con distanziometro laser. Il margine frontale è stato tracciato con ricevitore GNSS (GPS+GLONASS, L1, codice, SBAS attivato) e riportato in carta in scala 1:2.500. Strumentazione utilizzata: GPSMAP66st della Garmin, Leica LRF Rangemaster 1200, Nikon Laser 400. Software utilizzati: GPS Trackmaker, GPS Utility, RTKpost.

Quota min. fronte: 2760 m (A)

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
A.2(BP-2019-14m) (cf)	140°	89	70	-19
B.2(BP-2016-9m) (cf)	140°	74.5	28	-46.5
C.2(BP-2019-3m) (cf)	140°	22	13.5	-8.5
D.2(BP-2019-45m) (cf)	140°	65	59	-6
E.2(BP-2019-23m) (cf)	140°	36.5	27.5	-9
A.3(PF-2021-39m) (cf)	140°	39	-	-

145 Ghiacciaio Orientale del Fond

Operatori: Fabrizio POLLICINI, Jean Laurent JORDANEY e Alberto ROSSOTTO - Controllo del 2021.08.20

L'innervamento residuo, osservato per l'ultima volta il 18.09.2021, è apparso molto scarso, ridotto a modeste chiazze poste tutte a quote superiori ai 3100 m. Non è possibile definire una ELA in quanto risulta superiore al massimo rilievo della zona (Punta Galisia, 3346 m). L'area glaciale con copertura nevosa è stimabile in circa il 10% della superficie totale. La fusione provoca un ruscellamento diffuso e solo nelle aree più distali cominciano a formarsi piccole *bédières*. La copertura detritica si concentra in prossimità dei margini frontali ed alla base delle pareti rocciose formate da carnirole. In particolare, si è potuto osservare che diversi crolli si sono originati dalla spalla nord-occidentale (q. 3288.7 m CTR RAVA) della Punta Galisia e molti blocchi hanno raggiunto la zona frontale del corpo centrale dell'apparato. Relativamente al monitoraggio strumentale si riporta che la presenza di neve residua (presumibilmente un accumulo eolico) ha impedito anche quest'anno la misura dal caposaldo A (relativo al corpo destro o orientale). L'unica misura effettuata è quella dal caposaldo B.2 (relativo al corpo centrale) ma si segnala che il capostipite segnale B è stato mobilizzato: il masso su cui era posto è stato traslato a valle di una cinquantina di metri e rovesciato, probabilmente da una valanga. Le misure relative al corpo sinistro o occidentale sono già state interrotte l'anno scorso in quanto prive di significato, poiché tale corpo è ridotto ad una fascia di ghiaccio morto coperta da detrito alla base del Roc Basagne, a cui si aggiunge una zona di ghiaccio nero appena sotto il colle Basagne. Le quote minime dei tre settori sono ancora quelle del 2020 e sono rispettivamente 2920 m (A), 2840 m (A) e 2750 m (A). La misura è stata effettuata con distanziometro Nikon Laser 400.

Quota min. fronte: 2840 m (A, corpo centrale)

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
B.2(BP-2017-20m) (cf)	165°	52	41	-11

146 Ghiacciaio Occidentale del Fond

Operatori: Fabrizio POLLICINI, Jean Laurent JORDANEY e Alberto ROSSOTTO - Controllo del 2021.08.20

L'innervamento residuo, osservato per l'ultima volta il 18.09.2021, è apparso assente. La copertura detritica è molto estesa (interessa circa i due terzi della superficie) e continua a crescere in seguito a nuovi crolli dalle pareti rocciose. Il più recente sembra essere quello avvenuto nel circo poco ad ovest del colle del Fond. Il ghiaccio è a giorno solo nel settore destro del circo orientale ed appare quasi privo di crepacci a testimonianza di una ridotta, se non nulla, dinamica. La sua superficie è interessata da ruscellamento diffuso. La colata che si origina nel circo orientale si protende ancora in quello occidentale con una lingua interamente coperta da detrito che raggiunge la quota minima di tutto l'apparato.

Quota min. fronte: 2735 m (A, settore occidentale)

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
B(BP-08-12m) (df)	170°	114	113	-1
C(BP-12-13m) (df)	165°	76	70	-6
D(BP-2019-17m) (df)	180°	18.5	18.5	0
PR10 (dl)	180°	157	157 (2019)	0

147 Ghiacciaio di Soches-Tsanteleina

Operatori: Fabrizio POLLICINI, Jean Laurent JORDANEY e Alberto ROSSOTTO - Controllo del 2021.08.20

A fine agosto la neve residua è limitata quasi esclusivamente al settore Soches dove compare al di sopra dei 3100 m di quota. Si presenta discontinua: ampie chiazze di ghiaccio scoperto sono visibili fino alla zona più elevata dell'apparato (Punta Calabre). L'area con neve residua può essere stimata in circa un terzo dell'intera superficie glaciale. La lingua che scende dalla Punta Calabre costituisce la maggior parte del ghiacciaio stesso ed è ben individuabile anche quando raggiunge il settore Tsanteleina, per la presenza di una piccola morena mediana che la separa dal ghiaccio proveniente dal circo del Col de Rhêmes. Il dissipatore, relativamente piatto, è soggetto ad intensa ablazione con fenomeni di ruscellamento sia diffuso che concentrato. La continua perdita di potenza ha fatto emergere il substrato roccioso in una nuova finestra che si colloca a circa 3000 m di quota ed ha ampliato l'estensione di quelle già in essere.

La fronte è articolata in almeno due settori. Il settore occidentale (sinistro) presenta una parte, prossima alla parete est della Granta Parei, che, coperta da abbondante detrito, si è modificata poco negli ultimi trent'anni (segnali A, B ed F

unico attivo). Il ghiaccio non è molto lontano dal lago Tsanteleina ed è monitorabile solo in prossimità dell'emergenza del torrente glaciale. Al suo margine est, a circa 2750 m di quota, è in formazione un laghetto proglaciale in continuo mutamento di cui si è già detto in precedenti relazioni. Questa parte, pur se ancora collegata con il resto dell'apparato grazie alla copertura detritica che ha limitato l'ablazione, è ormai sostanzialmente priva di dinamica. La parte priva di copertura detritica è invece arretrata molto ed è monitorata dai segnali D.2 ed E.2 che non possono più essere definiti destro-frontali ma piuttosto centro-frontali. Quest'anno la misura da D.2 non è stata possibile a causa della presenza di abbondante detrito intriso d'acqua che ha impedito l'individuazione del margine glaciale. Il settore orientale (destro) è piuttosto depresso e questo provoca continui franamenti della morena sinistra già segnalati l'anno scorso.

Le modificazioni subite dalla fronte fanno sì che il monitoraggio offerto lungo la direttrice C (il segnale attuale è il C.4) risulti un po' laterale (cfr. campagna 2019) ma si è potuto finalmente posizionare un nuovo caposaldo veramente frontale denominato G(FP-2021-7m) alle coord. UTM-ED50 32TLR49593933, q. 2765 m (A) (dati grezzi WGS84 N 45° 29' 21.955" E 007° 04' 26.541" – posizione ricavata con ricevitore GNSS GPSMAP66st della Garmin, GPS+GLONASS, L1, codice, SBAS attivato) con azimut di misura 205°. Tutte le misure sono state effettuate con distanziometri laser (Leica LRF Rangemaster 1200 e Nikon Laser 400). Il margine frontale è stato tracciato con ricevitore GNSS GPSMAP66st della Garmin (GPS+GLONASS, L1, codice, SBAS attivato) e riportato in carta in scala 1:2.500. La conversione in UTM-ED50, necessaria per poter lavorare su base cartografica RAVA, è stata effettuata con il software GPS Trackmaker.

Quota min. fronte: 2725 m (A)

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
C.4(JP-2020-50m) (df)	195°	50	50	0
E.2(BP-2017-32m) (df)	215°	114	105	-9
F(BP-2015-12.5m) (sf)	190°	37	34.5	-2.5
G(FP-2021-7m)	205°	7	-	-

148 Ghiacciaio di Goletta

Operatori: Fabrizio POLLICINI e Jean Laurent JORDANEY - Controllo del 2021.08.29

L'innnevamento residuo è presente su non più di un quinto della superficie del ghiacciaio. Si estende essenzialmente sul plateau tra la Granta Parei ed il Pic de Goletta a partire dai 3150 m di quota circa. Nel settore italiano la fusione provoca un ruscellamento generalmente diffuso mentre in quello francese arriva a concentrarsi in alcune *bédières*. La copertura detritica è quasi assente se si eccettuano le aree già segnalate in relazioni precedenti (base della parete nord della Granta Parei ed il crollo di q. 3209 m in territorio transalpino). Le aree di emersione del substrato roccioso si sono ulteriormente ampliate.

Presso la fronte destra (orientale) il segnale B.3 è stato avvicinato al ghiaccio di 25 m per facilitare la misura ponendo il nuovo caposaldo B.4(PF-2021-10m) (coord. UTM-ED50 32TLR48724091 q. 2870 m (A), dati grezzi WGS84 N 45° 30' 12.586" E 007° 03' 44.784"). Si è inoltre reso necessario modificare l'azimut di misura dai tre capisaldi (A.4, B.4 ed E.3) da 185° a 205° per allinearli col flusso del dissipatore. La fronte sinistra (occidentale) ha abbandonato masse di ghiaccio morto ma raggiunge ancora, grazie ad esilissimi collegamenti, il lago proglaciale di q. 2835 m. Sul margine destro del dissipatore occidentale alla quota 2930 m (A) è presente un nuovo piccolo bacino lacustre proglaciale: in base all'analisi delle fotografie pregresse ha incominciato a formarsi nel 2017. Il suo perimetro è stato tracciato, congiuntamente ai margini frontali, con ricevitore GNSS.

La quota minima del ghiacciaio è la stessa per le due fronti italiane (2835 m, A). I rilievi GNSS sono stati effettuati con ricevitore GPSMAP66st della Garmin (GPS+GLONASS, L1, codice, SBAS attivato). Tutte le misure sono state effettuate con distanziometro Nikon Laser 400. La conversione in UTM-ED50, necessaria per poter lavorare su base cartografica RAVA, è stata effettuata con il software GPS Trackmaker.

Quota min. fronte: 2835 m (A)

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
A.4(BP-2019-10m) (df)	185°	15	12	-3
B.3(BP-15-13m) (df)	185°	35.5	31	-4.5
E.3(PF-2020-18,5m) (df)	185°	24.5	18.5	-6
F.2(PF-13-15m) (sf)	170°	67	66	-1
G(PF-06-36,5m) (sf)	170°	223.5	193	-30.5
H(PF-06-10m) (sf)	170°	270	177	-93
A.4(BP-2019-10m) (df)	205°	30	-	-
B.4(PF-2021-10m) (df)	185°	10.5	-	-
B.4(PF-2021-10m) (df)	205°	10	-	-
E.3(PF-2020-18,5m) (df)	205°	27.5	-	-

Gruppi Traversière - Grande Rousse - Grande Sassièr

151 Ghiacciaio Settentrionale di Traversière

Operatore: Fabrizio POLLICINI - Controllo del 2021.08.19

L'innnevamento residuo è costituito da chiazze sparse. Nel circo settentrionale tende a concentrarsi sul margine frontale, dove la morfologia favorisce gli accumuli eolici e da valanga. Questa neve residua ha impedito l'esecuzione della misura strumentale. La maggior parte della superficie glaciale presenta una copertura poco potente di detrito scuro.

Quota min. fronte: NM

152 Ghiacciaio del Truc Blanc

Operatore: Fabrizio POLLICINI - Controllo del 2021.08.19

Il corpo sommitale è apparso quasi interamente coperto da neve residua, bagnata e solcata da rigole.

Il laghetto sommitale si è rigenerato ed ha ripreso il drenaggio sul versante della Valgrisenche. Persiste anche il corpo nel circo ai piedi della parete est che si estende dalla Punta Bassac alla sua spalla sud (q. 3347.3 m CTR RAVA). Il ghiaccio è qui obliterato da una fascia detritica, nella sua porzione più elevata, e dalla neve residua, in quella inferiore, ma è chiaramente visibile nella zona intermedia.

Quota min. fronte: 3350 m (A, corpo superiore)

155 Ghiacciaio del Torrent

Operatore: Fabrizio POLLICINI - Controllo del 2021.08.16

L'innevamento residuo appare costituito da chiazze discontinue che si spingono fino a 2750 m di quota circa. Il ghiacciaio appare in rapido dissolvimento. Il ruscellamento è diffuso. La massa glaciale mostra la tendenza a dividersi in due corpi in corrispondenza del cambio di pendenza tra le quote 2850 e 2900 m, dove il substrato continua ad emergere. Il corpo inferiore è coperto da detrito per oltre la metà della sua superficie mentre quello superiore per non più di un terzo. In entrambi i casi le zone con copertura detritica sono quelle occidentali, a ridosso della parete rocciosa sovrastante. La fronte è individuabile solo per brevi tratti in prossimità del torrente glaciale, per cui non è stato possibile tracciarne il limite con il ricevitore GNSS.

Il segnale B.2 è stato avvicinato al ghiaccio di 145 m, azimut 210°, ponendo il nuovo caposaldo B.3(PF-2021-38m) (coord. UTM-ED50 32TLR51004884 q.2665 (A), dati grezzi WGS84 N 45° 34' 31.321" E 007° 05' 21.088", rilievo effettuato con ricevitore GPSMAP66st della Garmin, GPS+GLONASS, L1, codice, SBAS attivato). Tutte le misure sono state effettuate con distanziometro Nikon Laser 400.

Quota min. fronte: 2665 m (A)

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
B.2(PF-06-4m) (cf)	210°	183	180	-3
C.3(PF-2010-22.5m) (df)	220°	118	118	0
C.3(PF-2010-22.5m) (df)	230°	108	107	-1
B.3(PF-2021-38m)	210°	38	-	-

162 Ghiacciaio dell'Invergnan

Operatori: Marco BETTIO e Michelangelo GILLI - Controllo del 2021.09.05

Il corpo glaciale racchiuso nell'ampio canale sottostante la Grande Rousse Sud risulta molto assottigliato, diffusamente ricoperto da abbondante detrito e solcato

da numerose *bédières*. Tutta la parte superiore, nonché la dorsale rocciosa centrale, appaiono ampiamente ricoperte da consistenti placche di nevato sulle quali si è depositato anche un sottile strato di neve recente. Gli accumuli di valanga sono sempre ben presenti alla base della bastionata rocciosa principale. Non si osservano cambiamenti morfologici rilevanti, salvo la graduale progressione verso valle della massa di detrito a probabile nucleo in ghiaccio segnalata lo scorso anno nel settore sinistro sottostante il bacino di accumulo alla base della Pointe Tina. Nonostante l'abbondante copertura detritica, i fenomeni erosivi del corso d'acqua subglaciale determinano l'esposizione di limitate porzioni di ghiaccio. Permane la presenza di piccoli laghetti proglaciali lungo il piatto dissipatore in rapido sfacimento.

Integrazione a cura di Guido NIGRELLI e Marta CHIARLE: nel corso di un sopralluogo effettuato in data 26.08.2021 si è riscontrato che non è più presente la falesia in ghiaccio alta alcuni metri, osservata al termine del dissipatore fino almeno all'estate 2019 (cfr Baroni & alii, 2020): il margine frontale si presenta ora appiattito e mascherato da abbondante copertura detritica.

Quota min. fronte: NM

163 Ghiacciaio di Giasson

Operatore: Michelangelo GILLI - Controllo del 2021.07.20

Nonostante l'innevamento residuo ancora presente, la maggiore emersione della cresta rocciosa centrale denota un progressivo assottigliamento del ghiacciaio. I torrenti denominati Mont Forciatz e Rio Chalet sono regolarmente alimentati dalle acque di fusione.

Quota min. fronte: NM

165 Ghiacciaio Meridionale di San Martino

Operatore: Fabrizio POLLICINI - Controllo del 2021.08.19

Riprese fotografiche dell'11.09.2021 evidenziano un modestissimo innnevamento residuo, limitato ad una stretta fascia, larga al massimo qualche decina di metri, al limite superiore del corpo glaciale. Alcune colate detritiche, provenienti dalla parete settentrionale della sovrastante Punta Bassac nord, coprono alcune parti della superficie del ghiacciaio. Il piccolo corpo superiore, annidato in una concavità a poco più di 3200 m di quota immediatamente a nord del Colle del Truc Blanc, è ancora presente.

Il segnale B.2 è stato avvicinato al ghiaccio di 131 m, azimut 125°, ponendo il nuovo caposaldo B.3(PF-2021-10m) (coord. UTM-ED50 32TLR48434503 q. 3035 m (A), dati grezzi WGS84 N 45° 32' 25.702" E 007° 03' 26.794", rilievo effettuato con ricevitore GPSMAP66st della Garmin, GPS+GLONASS, L1, codice, SBAS attivato). Tutte le misure sono state effettuate con distanziometro Nikon Laser 400.

Quota min. fronte: 3025 m (A)

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
B.2(PF-15-53m) (cf)	125°	141	118 (2019)	-23
B.3(PF-2021-10m) (cf)	125°	10	-	-

166 Ghiacciaio di Bassac

Operatore: Fabrizio POLLICINI - Controllo del 2021.08.19

Al momento del sopralluogo era possibile osservare un discontinuo innevamento residuo al di sopra dei 3250 m di quota. Un secondo controllo in data 11.09.2021 è stato purtroppo vanificato dalla presenza di neve recente. La tendenza dell'apparato a suddividersi in due corpi segnalata in passato è ormai in fase di realizzazione per l'emersione del substrato roccioso in più punti e piuttosto estesamente nella zona di giunzione tra i due circhi. Il settore sinistro (occidentale) è l'unico che sembra avere ancora una qualche dinamica, testimoniata dalla presenza di diversi crepacci. Sebbene non sia possibile effettuare misure strumentali, il confronto fotografico evidenzia un ritiro della fronte nel settore destro (orientale), che ha abbandonato una delle sue propaggini, ora ghiaccio morto, ed una perdita di potenza del ghiaccio del dissipatore nel settore sinistro (occidentale).

Quota min. fronte: NM

168 Ghiacciaio di Gliaietta-Vaudet

Operatore: Fabrizio POLLICINI - Controllo del 2021.09.11

L'innevamento residuo è distribuito in modo discontinuo lungo una fascia sotto la cresta di confine che si estende dalla Becca della Traversière, dove ha un limite inferiore intorno ai 3150 m di quota, alla Grande Sassiè, dove scende verso i 3050 m. Alla base della parete est della Grande Sassiè, sono presenti diversi accumuli di valanga fino a 2800 m di quota. La superficie innevata è circa un quinto di quella totale. Il grande plateau al centro del circo è scoperto e sottoposto ad intensa ablazione con ruscellamento sia diffuso che concentrato. La copertura detritica è alimentata quasi esclusivamente dai clasti provenienti dalla Grande Sassiè e diviene rilevante dalla quota 2900 m sul settore sinistro del dissipatore. Continua l'emersione del substrato roccioso in più punti della massa glaciale. La fronte risulta arretrata ma raggiunge ancora il lago proglaciale che tende a interrarsi. Un secondo, più modesto, torrente fuoriesce sul margine sinistro della fronte ed ha eroso per 6-7 m di profondità i depositi incoerenti, dando poi origine ad un secondo laghetto.

Per facilitare la misura strumentale il segnale D.2 è stato avvicinato al ghiaccio di 33 m, azimut 180°, ponendo il nuovo caposaldo D.3(PF-2021-44m) (coord. UTM-ED50 32TLR45604255 q. 2650 m (A), dati grezzi WGS84 N 45° 31' 03.180" E 007° 01' 19.587"). Tuttavia, poiché vi sono dubbi sulla possibilità di continuare le misure lungo la direttrice consueta a causa dell'accumularsi dei detriti, si è deciso di affiancare a D.3 un secondo segnale denominato F(PF-

2021-36m) (coord. UTM-ED50 32TLR45594255 q. 2650 m (A), dati grezzi WGS84 N 45° 31' 03.108" E 007° 01' 18.750"), posto ad una ventina di metri più ad ovest e, per ora, in posizione decisamente migliore. Il margine frontale è stato tracciato con ricevitore GNSS. Lo strumento utilizzato per rilevare le posizioni ed effettuare il tracciamento è un GPSPMAP66st della Garmin (in modalità GPS+GLONASS, L1, codice, SBAS attivato). La conversione in UTM-ED50, necessaria per poter lavorare su base cartografica RAVA, è stata effettuata con il software GPS Trackmaker. Tutte le misure sono state effettuate con distanziometro Nikon Laser 400.

Quota min. fronte: 2640 m (A)

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
B.4(PF-12-10m) (df)	180°	180	157	-23
C.3(PF-2020-67m) (df)	180°	70	67	-3
D.2(PF-17-36.5m) (sf)	180°	77	61	-16
E.3(PF-2020-17.5m) (cf)	180°	28	17.5	-10.5
D.3(PF-2021-44m) (cf)	180°	44	-	-
F(PF-2021-36m) (cf)	180°	36	-	-

172 Ghiacciaio Plattes des Chamois

Operatore: Fabrizio POLLICINI - Controllo del 2021.09.11

Il corpo inferiore è sempre occultato da detriti e valanghe. Quello superiore accentua la già segnalata tendenza a dividersi ulteriormente, data la progressiva emersione del substrato roccioso intorno ai 3200 m di quota. L'innevamento residuo è di difficile valutazione a causa di neve recente: una precedente osservazione (del 19/08/2021) lo collocava al di sopra dei 3300 m. Il versante è spesso soggetto alla caduta di grandi valanghe che lo denudano della coltre nevosa. Anche quest'anno erano presenti cospicue masse nevose residue sul fondovalle, a poca distanza dal rifugio Bezzi. Nella parte apicale del corpo inferiore, allo sbocco del torrente proglaciale alimentato dal corpo superiore, si osserva un cospicuo accumulo da colata detritica.

Quota min. fronte: NM

Gruppo Rutor - Valaisan

177 Ghiacciaio di Ormelune

Operatore: Michelangelo GILLI - Controllo del 2021.07.20

L'innevamento residuo è costituito da numerose placche nevose intorno al ghiacciaio, ancora consistente alla data dell'osservazione: la fronte risulta parzialmente scoperta. Il corpo orientale presenta sempre un'ampia fronte convessa, solcata da crepacci radiali, e pensile. La superficie è sgombra da detriti. Rispetto al 2020 non si nota un'apprezzabile variazione.

Quota min. fronte: NM

177 - Ghiacciaio di Ormelune (foto S. ALBERTI, 2021.08.26). Veduta panoramica del ghiacciaio che un tempo fasciava il versante NE della dorsale P.ta Maurin-M. Ormelune. Alle estremità sono ben evidenti i due settori superstiti. *Panoramic view of the glacier that once covered the NE side of the P.ta Maurin-M. Ormelune ridge. The two surviving ice bodies are clearly visible at the ends.*



179-180 - Ghiacciai Occidentale e Orientale di Morion (foto M. BETTIO, 2021.09.25). Veduta panoramica. I due apparati, separati da un gradino roccioso, fasciavano il versante NE della dorsale Rutor- Château Blanc. Il Ghiacciaio Occidentale è ridotto ad una placca sotto la cresta, mentre si può considerare estinto quello orientale (cfr. Geogr. Fis. Dinam. Quat. 34/2 2011, p. 292). *Panoramic view. The two glaciers, separated by a rock step, covered the NE side of the Rutor-Château Blanc ridge. The Western Morion Glacier is now just an ice plate below the ridge, while the Eastern Morion Glacier can be considered extinct (cf. Geogr. Fis. Dinam. Quat. 34/2 2011, p. 292).*



181 - Ghiacciaio di Château Blanc (foto S. PERONA, 2021.10.02). Veduta panoramica. La costola rocciosa che separa il ghiacciaio in due settori sta assumendo maggior evidenza per la progressiva perdita di spessore del ghiaccio. *Panoramic view. The rock spur that divides the glacier into two sectors is becoming more evident due to the progressive loss of thickness of the ice.*

179 Ghiacciaio Occidentale di Morion

Operatore: Marco BETTIO - Controlli del 2021.09.25

Di questo ghiacciaio sopravvive un lembo principale sotto la vetta del M. Rutor e alcuni glacionevati sottostanti il Col del Rutor; il lembo principale appare parzialmente annerito, diffusamente ricoperto da detrito, solcato da numerose *bédières* con fusione ancora molto attiva. Il margine inferiore non è rilevabile in quanto ricoperto da placche di nevato ma, dal confronto con immagini relative ad annate precedenti, il settore frontale appare ridotto e assottigliato. L'innnevamento residuo è scarso, sono presenti tuttavia numerosi nevai sia sulla bastionata rocciosa in destra orografica, sia al piede del versante Sud-Est del Rutor; tutti appaiono ricoperti da polvere di colore grigio-rossastro.

Il Ghiacciaio Orientale di Morion (n. 180 del Catasto CGI-CNR) può essere dichiarato estinto in quanto si osserva ormai solamente la presenza di un lembo di glacionevato residuale nella bastionata rocciosa sottostante il Col de Morion.

Si osserva infine la ricorrente formazione di un lago proglaciale, incastonato in una piccola conca intermorenica, alla base del versante orientale del Rutor.

Quota min. fronte: NM

181 Ghiacciaio di Château Blanc

Operatore: Stefano PERONA - Controllo del 2021.10.02

Nel 2020, i tre segnali SP1, SP2 e SP3 precedentemente utilizzati sono stati abbandonati ed è stato possibile istituire un solo nuovo segnale SP4. Rispetto a quest'ultimo, posto su un dosso montonato recentemente scoperto dal ritiro del ghiacciaio e ancora a contatto del margine glaciale sul lato a monte, non si è ancora riscontrato un ritiro, ma la riduzione dello spessore del ghiaccio a ridosso appare comunque evidente. La neve residua è assente o in lembi ridotti al di sotto dei 3000-2800 m a seconda delle espo-

sizioni e delle concavità/convessità superficiali. Nei settori distali del ghiacciaio sono diffusi sistemi di crepacci circolari e sul lembo monitorato il detrito è ancora relativamente rado, ma sempre più diffuso verso monte.

Quota min. fronte: NM

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
SP4 (df)	235°	4	4	0

Gruppo Paramont

184 Ghiacciaio di Paramont

Operatore: Stefano PERONA - Controllo del 2021.10.03

Alla data del rilievo il ghiacciaio era appena stato imbiancato dal passaggio di una veloce perturbazione. La copertura di neve recente, pur se lieve, ha così in parte limitato l'osservazione. Rimane tuttavia evidente la tendenza della massa glaciale verso una sempre più accentuata contrazione volumetrica all'interno della sua nicchia. Confermata invece la persistenza di consistenti apporti valanghivi alla base della parete NO del Paramont, in corrispondenza del settore destro del circo del (presumibilmente) estinto Ghiacciaio della Testa di Paramont (n. 182 del Catasto CGI-CNR). Come già considerato in precedenti relazioni, sarebbe interessante appurare se questi depositi siano effettivamente ancora in grado di alimentare un corpo glaciale di circo che l'abbondante copertura detritica potrebbe aiutare a mantenere ad una delle quote più basse dell'arco alpino occidentale. Tuttavia, l'accesso malagevole e, soprattutto, il pericolo delle frequenti scariche di roccia provenienti dalla parete NO del Paramont hanno finora costituito un deterrente per la programmazione di un sopralluogo diretto.

Quota min. fronte: NM

Gruppo Rutor

189 Ghiacciaio del Rutor

Operatore: Roberto GARINO - Controllo del 2021.09.05

La campagna glaciologica 2021, pur non presentando sostanziali novità rispetto a quanto rilevato nel 2020, registra un certo rallentamento nel ritiro della fronte, che passa dai 5 m del 2020 ai soli 2 m del 2021. Prosegue l'effetto protettivo della conca in cui la fronte glaciale si è ritirata, anche se è prevedibile che nei prossimi anni esso diminuirà a causa della risalita, seppur lenta, della fronte sulla parete retrostante la concavità. Per il resto la situazione si presenta del tutto invariata rispetto al 2020, con diffuso ruscellamento e presenza di un considerevole corso d'acqua con andamento parallelo alla fronte in direzione del segnale 2 cf, a dimostrazione che l'attività di fusione della massa glaciale continua in modo consistente. Anche la situazione dei laghi proglaciali è sostanzialmente identica a quella degli anni precedenti, alle cui relazioni si rimanda per una descrizione accurata. L'area paludosa compresa tra il segnale 3 df e 2 cf si mantiene costante nella sua ampiezza. La riduzione della massa glaciale, percepibile ormai negli ultimi anni a occhio nudo, diventa sempre più evidente e con essa la morena mediana esistente al di sopra della bastionata rocciosa in corrispondenza del segnale 2 cf. Ampie crepacciature solcano tutta la fronte del ghiacciaio. Innevamento residuo assente.

Le misurazioni sono state effettuate con l'ausilio di cordella metrica e GPS.

Quota min. fronte: 2590 m (GPS)

Segnale	Direzione della misura	Distanze (in m)		
		attuale	precedente	variazione
3 (df)	170°	251	249	-2

Gruppo Monte Bianco

208 Ghiacciaio d'Estellétte

Operatori: Philip DELINE e Sergio PEIRETTI -
Controllo del 2021.09.25

Rispetto al precedente rilievo dGPS del perimetro del settore distale realizzato nel settembre 2018, il ghiacciaio ha subito un'evoluzione contrastante: la sottile placca di ghiaccio ricoperta da detrito che costituisce il settore più avanzato al centro della fronte è ferma dal 2016 a quota 2637 m s.l.m. (n.b. la quota di 2590 m indicata nel 2016 e confermata nel 2018 deve essere corretta: dopo il riprocessamento dei dati, la quota del 2016 risulta infatti 2640 m). La falesia di ghiaccio che costituisce la fronte attiva apparente si trova 60 m a monte della porzione frontale ormai priva di dinamica formata dalla sottile placca di ghiaccio coperta di detrito menzionata in precedenza. Nonostante la posizione invariata, tutta questa porzione centro-frontale risulta appiattita rispetto al 2018. L'arretramento dei

margini sinistro e destro del settore distale dal 2018 è rispettivamente pari a circa 10-25 m e 15 m: sono così state esposte rocce montonate ricoperte da abbondante *till*. L'area del ghiacciaio è diminuita solo di 6000 m² tra il 2018 e il 2021 (-16 000 m² tra il 2014 e il 2016; -7000 m² tra il 2016 e il 2018; n.b. le differenze di area sono state ottenute confrontando i rilievi dei margini glaciali misurati e mantenendo invariata la posizione dei margini non rilevabili). Da ottobre 2018 la copertura detritica sopragliaciale si è notevolmente ampliata, in particolare nel settore distale: occupa il 22% della superficie del ghiacciaio su un'immagine satellitare *Bing Aerial* di settembre 2020 (contro il 13% di due anni prima – valore comunque minimo perché la neve era allora presente sul margine destro del ghiacciaio ai piedi del pendio). Le aree di ghiaccio morto ricoperte di detriti immediatamente a valle della soglia rocciosa e sul fianco interno della morena laterale destra, separate dal ghiacciaio dall'autunno 2012, hanno continuato a contrarsi. Nella parte alta della morena laterale destra si è verificato un grosso scivolamento di detriti che ha portato alla luce del ghiaccio.

Quota min. fronte: 2637 m (dGPS)



208 - Ghiacciaio d'Estellétte (foto S. PEIRETTI, 2021.09.25). Massa di ghiaccio esposta da una frana sul fianco interno della morena laterale destra (*ice-cored moraine*). Mass of ice exposed by a debris slide on the inner side of the right lateral moraine (*ice-cored moraine*).



209 - Ghiacciaio de la Lex Blanche (foto A. FUSINAZ, 2021.08.31 dal Col di Chavannes). Alla confluenza del tributario Ghiacciaio del Petit Mont Blanc è ancora riconoscibile l'accumulo della valanga di roccia del settembre 2008. La rettilinea morena mediana si arresta a monte della fronte ampiamente mascherata dal detrito (cfr. Geogr. Fis. Dinam. Quat. 33/2 2010, p. 282). *At the confluence of the tributary Petit Mont Blanc Glacier, the accumulation of the rock avalanche of September 2008 can still be recognized. The straight medial moraine ends behind the glacier front, masked by abundant debris (see Geogr. Fis. Dinam. Quat. 33 / 2 2010, p. 282).*

209 Ghiacciaio di Lex Blanche

Operatori: Alberto FUSINAZ e André FUSINAZ -
Controllo del 2021.08.31

Dal controllo fotografico non si riscontrano significative variazioni della fronte rispetto allo scorso anno. La neve residua risulta in relativo aumento. La fronte si presenta ricoperta da detrito.

Quota min. fronte: NM

213 Ghiacciaio del Miage

Operatore: Walter ALBERTO - Controllo del 2021.08.09-10

Nel corso del sopralluogo sono stati visitati il lobo Nord e il fianco destro del ghiacciaio, a monte ed a valle della conca del Lago del Miage. La superficie del ghiacciaio nel tratto mediano e terminale si presenta completamente priva di neve e totalmente ricoperta di detrito. Nel corso del sopralluogo è stata confermata l'impossibilità di effettuare misure frontali dirette su entrambi i lobi principali a causa dell'abbondante copertura detritica che nasconde l'effettiva estensione del ghiacciaio. I consueti rilievi laser scanner, effettuati negli anni precedenti, sono stati sostituiti con rilievi fotogrammetrici da drone elicottero, tecnica già utilizzata negli anni passati. Questi rilievi hanno lo scopo di acquisire informazioni di carattere topografico sulla superficie glaciale e documentare l'evoluzione dell'area glaciale, dei bacini lacustri e delle morene, in particolare la laterale destra, soggetta ad instabilità gravitativa.

Sono stati confrontati i modelli topografici ottenuti dai rilievi fotogrammetrici da drone in occasione delle precedenti campagne fotogrammetriche del 2021, 2020, 2018 e del

DTM LiDAR RAVA con cella 2 m rilevato nel 2008. I risultati possono essere riassunti come segue. La superficie del ghiacciaio nella valle del Miage si presenta sempre abbondantemente ricoperta di detrito e mostra un abbassamento plurimetrico (quantificato analiticamente nelle aree coperte dal rilievo fotogrammetrico e comunque chiaramente identificabile dalle riprese fotografiche tradizionali) riconoscibile lungo le scarpate interne delle morene laterali destra e sinistra. Il Lago del Miage ha subito un riempimento primaverile culminato nella prima metà di giugno; il livello è poi sceso repentinamente a partire da metà giugno; nella visita del 09 agosto il livello risultava molto basso. La superficie del ghiacciaio lungo i lobi registra un abbassamento di quota continuo tra il 2012 e il 2021. Aumentano le dimensioni e prosegue l'arretramento della depressione presente alla fronte del lobo Nord, in prossimità della bocca glaciale, dove si sta assottigliando il collegamento con la massa glaciale a destra della bocca stessa. L'analisi della dinamica superficiale del materiale detritico è in corso di valutazione: non si esclude che l'attuale porzione frontale, in destra del torrente proglaciale, sia ormai cinematicamente scollegata dal flusso principale; la presenza di ghiaccio morto sarà valutata dai risultati dei prossimi monitoraggi. Risulta molto evidente un'ampia depressione sul lato destro del lobo Nord, lunga 600 m e larga 50-80 m, contornata a nord da un *ice-cliff* quasi continuo.

La superficie del ghiacciaio tra il Lago del Miage e il lobo Sud presenta una evidente articolazione in numerosi *ice-cliffs*, fatto già osservato dal 2018. Sono stati riconosciuti e mappati numerosi laghi epiglaciali, distribuiti a monte e a valle del Lago del Miage. Continua l'evoluzione gravitativa della morena laterale destra, immediatamente a valle del Lago del Miage per una lunghezza di circa 150 m: la parte interna risulta ormai dislocata di circa 15 m dal riferimento topografico del 2008 e di 7 m dal rilievo del 2018. La porzio-



213 - Ghiacciaio del Miage (foto A. FRANCHINO 2021.10.17 e 2004.08.31 da Courba Tseulena). Il confronto evidenzia la cospicua perdita di spessore subita dal ghiacciaio: i tre lobi frontali risultano attualmente incassati all'interno dei rispettivi argini morenici. *The comparison highlights the conspicuous mass loss of the glacier: the three frontal lobes are currently embedded within their respective moraines.*

ne SW risulta svuotata per effetto del collasso del materiale glaciale costituente la morena: la porzione centrale presenta ancora un'individualità geometrica ben riconoscibile e mostra evidenze di traslazione di alcuni metri con rotazione planimetrica in senso orario. In sezione, la traslazione verso il basso della cresta della morena indica un movimento lungo una superficie di scivolamento piuttosto inclinata che scende fin sotto la superficie glaciale. Sulla base dei confronti effettuati tra la topografia del 2021, rilevata con drone, e quella del 2008, dal modello LiDAR RAVA, è stato

riconosciuto e quantificato il collasso del lato interno della morena destra anche a monte del Lago del Miage, per una lunghezza di circa 270 m. Il collasso è avvenuto tramite traslazione in blocco lungo una superficie di scivolamento immergente verso l'interno del ghiacciaio affiorante sul lato esterno della morena alcuni metri sotto la cresta: l'orlo della morena, traslato, si trova ora circa 20 m più in basso e 6-7 m più verso l'interno. Tali osservazioni saranno verificate con il proseguire dei rilievi nei prossimi anni. I rilievi di agosto sono stati possibili grazie alla preziosa collaborazione di

Philip Deline, Luigi Perotti, Marco Giardino, Mauro Palomba, Silvia Duca, Francesco Parizia, Federico Tognetto, Laura Tedeschi Toschi ed in particolare Aristide Franchino, i cui resoconti con foto e commenti sono fondamentali per la ricostruzione della dinamica glaciale del Miage.

Quota min. fronte: 1770 m circa (Lobo N), 1720 m circa (Lobo S)

219 Ghiacciaio della Brenva

Operatore: Elena MOTTA - Controllo del 2021.10.10

I ghiacciai della Val Ferret sono monitorati fotograficamente dal 2004 nell'ambito del Progetto "Ghiacciai della Val Ferret sorvegliati speciali", promosso da Fondazione Montagna Sicura, anche grazie alla spinta dell'allora Presidente Renzino Cosson, guida alpina ed appassionato fotografo. Obiettivo del progetto è l'analisi dell'evoluzione morfologica dei ghiacciai e del manto nevoso attraverso il confronto fotografico dei tredici ghiacciai della Val Ferret, sul versante meridionale della Catena del Monte Bianco. La conformazione della Val Ferret si presta in modo particolare a questo tipo di attività: il versante della Catena del Monte Bianco, in destra idrografica, è caratterizzato da pendenze molto forti, mentre quello opposto, in sinistra idrografica e a quote inferiori, è facilmente percorribile da sentieri di tipo escursionistico. Il risultato è la possibilità di osservare i ghiacciai nella loro quasi interezza (dalla zona di accumulo alla fronte) da una quota comparabile a quella delle fronti (circa 2000 m) e da una distanza di circa 4 km. Sul versante sinistro della Valle sono stati quindi posizionati 6 caposalda fotografici, disposti lungo il sentiero balconata, dai quali vengono scattate periodicamente fotografie ad alta risoluzione. Per tutti i ghiacciai della Val Ferret si dispone dunque di almeno una fotografia all'anno dal 2004 al 2021, con la sola eccezione del 2020. L'osservazione delle sequenze fotografiche così ottenute fornisce informazioni qualitative di valido supporto al monitoraggio del territorio e dell'evoluzione dei ghiacciai.

Per quanto riguarda il Ghiacciaio della Brenva, dal controllo fotografico effettuato da caposaldo, si può osservare un arretramento del margine frontale attivo. La lingua fossile è in rapida contrazione: al suo posto si è formato un piccolo lago. Da notare la presenza di vegetazione sul fianco interno della morena laterale destra: l'osservazione della vegetazione evidenzia lo scivolamento verso il centro del ghiacciaio dei cordoni morenici sulla quale si sviluppa, già visibile in fotografie del 2019.

Quota min. fronte: NM

220 Ghiacciaio di Entreves

Operatore: Elena MOTTA - Controllo del 2021.10.10

Dal controllo fotografico effettuato, il ghiacciaio che ancora nel 2015 appariva ben sviluppato è ormai ridotto ad una placca di glacio-nevato. Osservazioni realizzate nell'ambito del Progetto di Fondazione Montagna Sicura "Ghiacciai della Val Ferret sorvegliati speciali".

Quota min. fronte: NM

221 Ghiacciaio di Toula (o di Toules, o di Toule)

Operatore: André FUSINAZ - Controllo del 2021.09.24

La fronte ha subito alcune variazioni rispetto allo scorso anno. Si rileva un assottigliamento nel settore destro orografico e copertura di detrito sul settore sinistro.

Integrazione a cura di Simone GOTTARDELLI, Luca MONDARDINI, Marco FRASCA, Paolo PERRET e Fabrizio TROILO (FMS). Nell'ambito del ThoulaLab, parte integrante del progetto Interreg IT-CH RESERVAQUA, sono state svolte alcune analisi di dettaglio, mirate ad indagare la risorsa idrica stagionalmente disponibile sotto forma di acqua di fusione del ghiaccio, quale contributo al ciclo dell'acqua montano, e quella ancora immagazzinata sotto forma di ghiaccio, attraverso la ricostruzione storica dell'evoluzione "recente" dell'apparato glaciale. Abbinando dati storici (rilievi topografici e dati LiDAR dell'area) ad immagini stereo Pléiades ad alta risoluzione e rilievi aerofotogrammetrici è stato possibile ricostruire il bilancio di massa del ghiacciaio per il periodo 1991-2020. Inoltre, grazie alla disponibilità di un'indagine georadar (GPR elitrasportato) effettuata nel 2020, è stato possibile stimare il volume totale di ghiaccio rimanente. Il bilancio di massa geodetico del ghiacciaio per il periodo del 1991-2020 è stato calcolato essere pari a -13.1 ± 4.2 m *w.e.*, con un incremento delle perdite negli ultimi 12 anni, in cui si stima un bilancio medio annuo pari a -0.6 ± 0.1 m *w.e.* Il volume di ghiaccio rimanente all'anno 2020 è stato stimato essere pari $18.9 \pm 4.1 \times 10^6$ m³ (con spessore massimo del ghiaccio di 78 m e spessore medio pari a 35 m). Maggiori informazioni relative a questo studio sono disponibili in Mondardini & alii, 2021.

Quota min. fronte: NM

222 Ghiacciaio Mont Fréty

Operatore: Elena MOTTA - Controllo del 2021.10.10

Dalla sola osservazione fotografica non sembrano esserci indizi della presenza di ghiaccio nella zona sede del Ghiacciaio del Mont Fréty, dove ancora intorno al 2010 erano visibili lenti di ghiaccio emergenti tra il detrito. Osservazioni realizzate nell'ambito del Progetto di Fondazione Montagna Sicura "Ghiacciai della Val Ferret sorvegliati speciali".

Quota min. fronte: NM

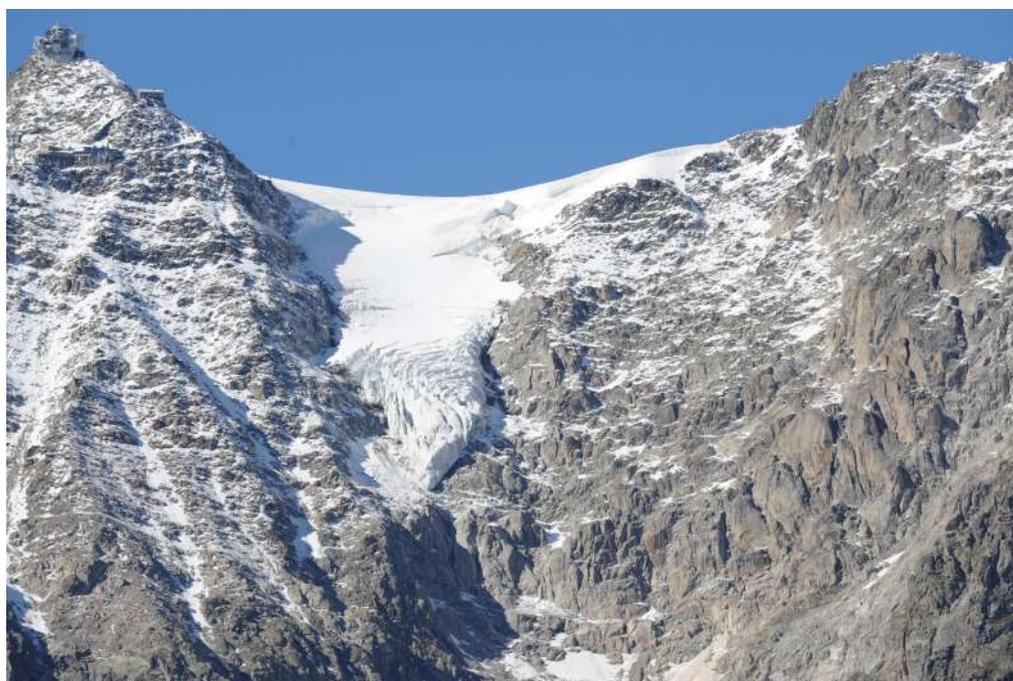
223 Ghiacciaio Colle del Gigante

Operatore: Elena MOTTA - Controllo del 2021.10.10

Il Ghiacciaio sospeso del Colle del Gigante appare in contrazione rispetto a fotografie del 2019, anche se la variazione è molto modesta. Osservazioni realizzate nell'ambito del Progetto di Fondazione Montagna Sicura "Ghiacciai della Val Ferret sorvegliati speciali".

Quota min. fronte: NM

223 - Ghiacciaio del Colle del Gigante (foto E. MOTTA, 2021.10.10). Mai figurato. È un ripido lobo di trasfluenza del grande Glacier du Géant (Francia) e sovrasta il sottostante Ghiacciaio di Mon Frety (222). *Never figured. It is a steep transfluence lobe of the great Glacier du Géant (France) and overlooks the underlying Mon Frety Glacier (222).*



224 Ghiacciaio di Rochefort

Operatore: Elena MOTTA - Controllo del 2021.10.10

Il Ghiacciaio di Rochefort presenta un plateau centrale che raccoglie i flussi provenienti da due distinti rami, occidentale e orientale. Il plateau centrale ed il ramo orientale appaiono molto assottigliati. La fronte del plateau è coperta di detrito ed è difficile stimarne la quota. Il ramo occidentale sembrerebbe non più in collegamento con il plateau centrale, anche se potrebbe esserci ancora del ghiaccio coperto dal deposito di valanghe osservato. Si osservano piccoli fenomeni di *dry calving* dal margine glaciale del ramo occidentale. Osservazioni realizzate nell'ambito del Progetto di Fondazione Montagna Sicura "Ghiacciai della Val Ferret sorvegliati speciali".

Quota min. fronte: NM

225 Ghiacciaio di Planpincieux

Operatori: Nicolò DEMATTEIS, Fabrizio TROILO e Daniele GIORDAN - Controllo del 2021.08.20

Il ghiacciaio è monitorato dal 2013 da Fondazione Montagna sicura in collaborazione con il Geohazard Monitoring Group del CNR-IRPI di Torino, allo scopo di studiare i crolli di ghiaccio che avvengono con frequenza dalla fronte glaciale. Similmente al 2019 e 2020, anche nel 2021 è stata osservata la destabilizzazione di un corpo glaciale di alcune centinaia di migliaia di metri cubi nella porzione inferiore del lobo di Montitaz (destra orografica), che ha fatto registrare tassi di spostamento di oltre 1 m/giorno tra luglio e agosto, a fronte di un movimento annuale del settore frontale stimato in 150 m/anno. Pur non essendo stati osservati crolli significativi, è stato valutato che nel

2021 dal lobo di Montitaz siano crollati nel complesso circa 350 000 m³ di ghiaccio. Nel 2020 è stato rilevato lo spessore del ghiacciaio (sotto quota 3200 m) con un *ice-penetrating* radar da elicottero. Il valore massimo di 105 m è stato osservato nel plateau centrale, mentre lo spessore medio della zona di ablazione (lobi di Montitaz e Margueraz) è risultato pari a 45 m. A giugno 2021 è stato effettuato il primo *Ground Penetrating Radar* a terra nel settore di plateau del ghiacciaio, in collaborazione con il Politecnico di Torino. Nel 2021 sono inoltre stati effettuati 11 rilievi della topografia del lobo frontale destro del ghiacciaio al fine di individuare e determinare in maniera quantitativa le modifiche morfologiche della zona attenzionata. I rilievi fotogrammetrici sono stati effettuati tramite l'utilizzo di una macchina fotografica gestita dall'operatore a bordo di elicottero oppure da drone. Per l'anno 2021, FMS ha definito una nuova procedura per la redazione del Report di Allertamento sintetico del Ghiacciaio di Planpincieux, che viene trasmesso alla Struttura Assetto idrogeologico dei bacini montani della Regione Autonoma Valle d'Aosta e al Comune di Courmayeur. Tale documento considera tutti i parametri di monitoraggio analizzati quotidianamente, come le variazioni di velocità della massa glaciale o di deflusso idrico alla fronte, le variazioni di temperatura e la criticità idrogeologica regionale. Questa nuova procedura di allertamento tiene conto delle fasi di attività (quiescente o attiva) dei settori critici del ghiacciaio e degli effetti di una possibile valanga di ghiaccio sul fondovalle durante il periodo di tempo considerato. Per la gestione del rischio, nel Report viene segnalato il Livello di Rischio (Basso, Medio, Elevato) e lo scenario di rischio indicativo, derivato dalle mappature dei *Safety Plans* prodotti dallo SLF di Davos. Per il Ghiacciaio di Planpincieux, durante l'anno 2021, il Livello di Rischio è stato: per il 67% Basso, per il 25% Medio, per l'8% Elevato.



226 - Ghiacciaio delle Grandes Jorasses (foto A. FRANCHINO, 2021.09.28). Veduta panoramica. Poco al di sotto della calotta delle Grandes Jorasses è riconoscibile il seracco Whympfer, soggetto a ripetuti crolli e pertanto tenuto sotto costante controllo strumentale. Tutto il ghiacciaio è fortemente crepacciato. *Panoramic view. Just below the Grandes Jorasses ice cap, the Whympfer serac is recognizable, subject to repeated collapses and therefore kept under constant instrumental control. The whole glacier is heavily crevassed.*

La quota della fronte (in coordinate ellissoidiche) è stata rilevata su un modello digitale del terreno ottenuto con drone il 20 agosto 2021.

Hanno collaborato Paolo Allasia (CNR-IRPI), Simone Gottardelli, Luca Mondardini, Paolo Perret (FMS), Diego Franco (PolìTO).

Quota min. fronte: 2641 m (T, lobo destro*)

*La misura 2021 è riferita a una porzione del lobo destro situata alla sinistra della falesia principale (dove negli scorsi anni è stato rilevato il dato di quota minima della fronte), in precedenza mascherata da detrito.

226 Ghiacciaio delle Grandes Jorasses

Operatori: Fabrizio TROILO e Daniele GIORDAN

Tra il 6 e l'8 ottobre 2021 il sistema di monitoraggio radar ha evidenziato alla fronte del seracco Whympfer due eventi distinti di crollo di ghiaccio. A conferma di come talvolta alcuni di questi eventi siano repentini e poco prevedibili, non sono stati registrati segnali premonitori nelle giornate immediatamente precedenti ai crolli. I crolli hanno interessato porzioni molto contenute della fronte del seracco: da stime fotogrammetriche le volumetrie ammontano a 3860 m³ per l'evento del 6 ottobre, e a 700 m³ per l'evento dell'8 ottobre. A partire dal 21 e sino al 30 settembre 2021, si sono svolte le operazioni relative alla seconda fase della campagna di perforazioni e misure di temperatura all'interfaccia ghiaccio-substrato presso il Seracco Whympfer, in collaborazione con l'IGE di Gre-

noble (*Institut des Géosciences de l'Environnement del Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS*). Le operazioni di messa in loco delle catene, iniziate nel 2020 con la posa delle prime tre, sono proseguite quest'anno, con l'effettuazione di tre nuovi fori ed il posizionamento di tre nuove catene termometriche. Contestualmente, è stato effettuato un nuovo rilievo GPR (*Ground Penetrating Radar*) sulla superficie del seracco, in collaborazione con il Politecnico di Torino. Il 27 ottobre sono state acquisite le misure di temperatura delle tre nuove catene. Una tendenza al riscaldamento nella maggior parte dei profili di temperatura del 2020/21 è evidente rispetto ai dati del 1997. Nel 1997 la media delle 6 misure di fondo delle catene era pari a -4.2 °C ed è ora pari a -2.2 °C. Cinque punti di misura su 6 mostrano ancora temperature inferiori a 0.0 °C nel 2020/21, ma un punto di misura mostra evidenze di ghiaccio temperato all'interfaccia ghiaccio/roccia. Hanno collaborato: Simone Gottardelli, Luca Mondardini, Paolo Perret (FMS), Diego Franco e Alberto Godio (PolìTO).

Integrazione a cura di Elena Motta. Il monitoraggio fotografico annuale realizzato nell'ambito del Progetto di Fondazione Montagna Sicura "Ghiacciai della Val Ferret sorvegliati speciali" ha evidenziato come il ghiacciaio si presenti molto assottigliato alla fronte. La ramificazione che si estendeva alla base dello sperone della Bouteille è quasi del tutto scomparsa, così come è sempre più esiguo il collegamento tra la corrente principale e la ramificazione alla base della Tour de Jorasses. Quest'ultima è ricoperta da depositi di valanghe e materiale detritico.

Quota min. fronte: NM

228 - Ghiacciaio di Tronchey (foto E. MOTTA, 2021.10.10). Raramente figurato, presenta una fronte bifida: la sinistra, più ampia, si sta appiattendendo e ritirando. *Rarely figured, it has a bifid glacier front: the left part, which is wider, is flattening and retreating.*



227 *Ghiacciaio di Prà Sec*

Operatore: Elena MOTTA - Controllo del 2021.10.10

Il ghiacciaio si presenta al controllo privo di innevamento recente; questo permette di osservare la presenza di nevato nei settori sommitali. L'aspetto rossastro del nevato fa ipotizzare che possa trattarsi di un residuo delle neviccate con sabbia sahariana che hanno interessato la zona nel febbraio 2021. Si osservano piccoli fenomeni di *dry calving* alla fronte, con accumulo del materiale crollato poco a valle. Osservazioni realizzate nell'ambito del Progetto di Fondazione Montagna Sicura "Ghiacciai della Val Ferret sorvegliati speciali".

Quota min. fronte: NM

228 *Ghiacciaio di Tronchey*

Operatore: Elena MOTTA - Controllo del 2021.10.10

Il ghiacciaio appare al controllo assottigliato ai margini, nelle aree più prossime alle pareti rocciose che lo delimitano. In particolare, dal confronto con fotografie del 2019, si osserva una riduzione in larghezza della ramificazione in destra orografica. Osservazioni realizzate nell'ambito del Progetto di Fondazione Montagna Sicura "Ghiacciai della Val Ferret sorvegliati speciali".

Quota min. fronte: NM

229 *Ghiacciaio di Frebouze*

Operatore: Elena MOTTA - Controllo del 2021.10.08

Il ghiacciaio si presenta articolato in più correnti, variamente collegate fra loro nei settori superiori e centrali,

ma con fronti separate. Si possono distinguere almeno tre fronti: meridionale (all'ombra dell'Aiguille de l'Évêque), centrale e settentrionale (a valle del Bivacco Gervasutti). La gran parte del ghiacciaio confluisce verso la fronte settentrionale. Il ghiacciaio presenta ampie zone di seracchi e crepacci. Non è possibile stimare con precisione la quota delle fronti; quella centrale sembra attestarsi intorno ai 2650 m s.l.m. Osservazioni realizzate nell'ambito del Progetto di Fondazione Montagna Sicura "Ghiacciai della Val Ferret sorvegliati speciali".

Quota min. fronte: 2650 m (C, stimata, ramo centrale)

232 *Ghiacciaio Orientale di Gruetta*

Operatore: Gianluigi GADIN - Controllo del 2021.09.12

Permane uno scarso innevamento residuo in alcune parti del ghiacciaio. Il ghiacciaio è ulteriormente avanzato di 7.5 m: la fronte, coperta di detriti, presenta numerosi crepacci ed è solcata da *bédières*; più a monte gli affioramenti rocciosi sono sempre più estesi e si presume che la parte frontale del ghiacciaio si sia ormai distaccata dal bacino di alimentazione.

Integrazioni a cura di Elena Motta (Progetto di Fondazione Montagna sicura "Ghiacciai della Val Ferret sorvegliati speciali"). Il ghiacciaio porta la sua fronte alla base dei due speroni rocciosi che lo delimitano sui fianchi, ad una quota compresa tra i 2750 ed i 2700 m. Si può osservare la presenza di detrito sparso sulla superficie del ghiaccio. Alla base della seraccata centrale, a quota 2800 m circa, si osservano due finestre nel ghiaccio, dove affiora il substrato roccioso. Hanno collaborato: Simone Gottardelli, Luca Mondardini, Paolo Perret e Fabrizio Troilo (FMS).



229 - Ghiacciaio di Frebouze (foto E. MOTTA, 2021.10.08). Il ghiacciaio agli inizi degli anni 1990 presentava ancora una poderosa seraccata frontale pensile. Attualmente occupa i circhi superiori con tendenza a smembrarsi in unità minori (cfr. Geogr. Fis. Dinam. Quat. 6/1 1984, p. 79). *At the beginning of the 1990s, the glacier still had a powerful hanging frontal serac. It currently occupies the upper cirques, and tends to break up into smaller units (cf. Geogr. Fis. Dinam. Quat. 6/1 1984, p. 79).*

Quota min. fronte: 2650 m (da immagine Pléiades di ottobre 2021)

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
P2 2011	285°	48.5	56	+ 7.5

233 Ghiacciaio di Punta Bosio

Operatore: Elena MOTTA - Controllo del 2021.10.08

Il ghiacciaio è in stato di forte contrazione ed appare molto assottigliato. Dal confronto con i dati del Catasto dei Ghiacciai della Valle d'Aosta, sulla base degli elementi geomorfologici riconoscibili sia in foto sia sulle ortofoto, la fronte si attesta a circa 2650 m. Osservazioni realizzate nell'ambito del Progetto di Fondazione Montagna Sicura "Ghiacciai della Val Ferret sorvegliati speciali".

Quota min. fronte: 2650 m (C, stimata)

234 Ghiacciaio del Triolet

Operatore: Elena MOTTA - Controllo del 2021.10.08

Il ghiacciaio è ormai diviso in quattro apparati, separati fra loro dalle creste rocciose che solcano il bacino del Triolet. Al momento del controllo, sul ghiacciaio è presente una spruzzata di neve recente, la cui linea di quota inferiore passa proprio alla base delle due creste rocciose centrali al bacino, a 2900 m s.l.m. Il Ghiacciaio meridionale del Triolet, posto a valle del Col de l'E-boulement, è il più ampio e attesta la sua fronte ad una quota inferiore rispetto agli altri. Dal confronto della

documentazione fotografica con la cartografia su base CTR del Catasto dei Ghiacciai della Valle d'Aosta (aggiornato al 2019) si può affermare che la fronte di questo apparato si trova quasi interamente a monte del gradino roccioso a 2700 m s.l.m.: solo in due punti (al centro della fronte e all'estremità sinistra orografica) sembra spingersi ad una quota leggermente inferiore, stimabile intorno ai 2680 m. Lo spessore del ghiaccio nel settore centrale della fronte è comunque apprezzabile, solo nel settore frontale all'estremità sinistra il ghiacciaio è molto assottigliato. Il Ghiacciaio centro-meridionale del Triolet, posto a valle del Col de Savoie, non è chiaramente osservabile dal punto di ripresa fotografico. Il Ghiacciaio centro-settentrionale del Triolet, posto a valle del Col de Talèfre, si presenta al controllo interamente coperto di neve recente: la fronte si attesta a circa 2900 m di quota. Il Ghiacciaio settentrionale del Triolet, posto a valle del Col de Triolet e collegato al precedente nei settori superiori (quota 3100-3200 m), presenta una fronte molto frastagliata, con diverse digitazioni che raggiungono indicativamente 2900 m di quota.

Quota min. fronte: 2680 m (C, stimata)

235 Ghiacciaio di Pré de Bar

Operatore: Alberto FUSINAZ - Controllo del 2021.08.27

Alla data del rilievo la situazione del ghiacciaio risulta invariata rispetto all'anno precedente, salvo un debole ritiro della colata frontale. Si segnala la presenza di vegetazione nella piana liberata dal ghiaccio dopo il 2005 ad una quota di circa 2170 m.

Quota min. fronte: NM

235 - Ghiacciaio di Pré de Bar (foto A. FUSINAZ, 2021.08.27). Veduta panoramica. Scomparsa la lingua valliva dopo il distacco dal bacino alimentatore (2012), la fronte del ghiacciaio si è trasformata in un esile peduncolo pensile (cfr. Geogr. Fis. Dinam. Quat. 23/2 2000, p. 199). *Panoramic view. With the disappearance of the valley tongue, after the detachment from the accumulation basin in 2012, the glacier has now a thin and narrow hanging front (see Geogr. Fis. Dinam. Quat. 23/2 2000, p. 199).*



260 - Ghiacciaio des Grandes Murailles (foto M. Tesoro, 2021.09.17 da staz. fotografica GMA 95). Il lobo frontale pensile raggiungeva la base del versante una ventina di anni fa (cfr. Geogr. Fis. Dinam. Quat. 27/2 2004, p. 202). *The hanging frontal lobe reached the foot of the slope about twenty years ago (cf. Geogr. Fis. Dinam. Quat. 27/2 2004, p. 202).*



Gruppi Grandes Murailles - Petites Murailles - Dent d'Hérens - Cervino**259 Ghiacciaio di Tza de Tzan**

Operatori: Marco TESORO e Laura VILLA VERCELLA -
Controllo del 2021.09.17

Il controllo fotografico non ha evidenziato apprezzabili variazioni rispetto agli anni precedenti, salvo un ulteriore ingracilimento della propaggine più avanzata del margine frontale, situata in destra orografica.

Quota min. fronte: NM

260 Ghiacciaio des Grandes Murailles

Operatori: Marco TESORO e Laura VILLA VERCELLA -
Controllo del 2021.09.17

Non si rilevano apprezzabili differenze rispetto alle osservazioni delle passate campagne, salvo un appiattimento ai margini del lobo glaciale più avanzato, con apertura di alcune cavità che preludono ad un'ulteriore contrazione della massa glaciale. Dalla stazione fotografica MT16 con angolo di ripresa di 80°, è stato possibile fotografare parte del lobo settentrionale del ghiacciaio, che si presenta come una lingua di ghiaccio e neve, tra il Rocher Silvano e la cresta rocciosa declinante dalla Tête de Valpelline, che termina in una conca ad una quota di circa 3000 m. La posizione del lobo consentirebbe il posizionamento di un nuovo punto segnale, tuttavia la sua posizione marginale e la rapida evoluzione glaciale degli ultimi decenni rischiano di vanificare rapidamente gli sforzi di misura.

Quota min. fronte: NM

280 Ghiacciaio dei Jumeaux

Operatore: Michele MOTTA - Controllo del 2021.08.28

Nell'area un tempo occupata dal ghiacciaio perdura il nevaio già segnalato nel 2020, ma frammentato in quattro parti e con volume ridotto rispetto all'anno scorso. Si conferma quindi che la particolare posizione dell'area (zona di accumulo di grandi valanghe) favorisce la permanenza di *firn*, ma non c'è al momento tendenza alla ricostituzione di un apparato glaciale.

Quota min. fronte: NM

281 Ghiacciaio di Mon Tabel

Operatore: Marco GIORCELLI - Controllo del 2021.08.16

La fronte del ghiacciaio attivo, pensile su ripido gradino roccioso, è divisa in due lingue. La neve è presente nel bacino di accumulo e parzialmente sul lobo destro, per alimen-

tazione da valanghe. Il ghiacciaio appare sostanzialmente invariato dal rilievo dell'anno scorso. Ghiaccio morto affiora all'interno della morena frontale.

Quota min. fronte: 2770 m (stimata, C)

284 Ghiacciaio di Tyndall

Operatore: Marco GIORCELLI - Controllo del 2021.08.16

La fronte risulta ben esposta, con poca neve residua. Permane un'ampia placca nevosa sotto la fronte. Rispetto al 2020 non si notano variazioni di rilievo, salvo un ampliamento della cavità delineatosi lo scorso anno in corrispondenza della porta più avanzata del fronte glaciale, a testimonianza del proseguire del processo di degradazione della fronte glaciale.

Quota min. fronte: 3200 m (stimata, C)

285 Ghiacciaio del Cervino

Operatore: Marco GIORCELLI - Controllo del 2021.08.16

Il ghiacciaio è parzialmente coperto da neve residua; al rilievo fotografico appare ulteriormente smagrito e ridotto nello spessore, soprattutto nella parte sinistra.

Quota min. fronte: NM

289 Ghiacciaio di Valtournenche

Operatore: Marco GIORCELLI - Controllo del 2021.08.15

Il settore frontale del ghiacciaio si presenta quasi completamente sgombro di neve, a parte qualche accumulo in sinistra, in corrispondenza del segnale '20 MG. In questa zona il ghiacciaio è solcato dal passaggio di un grosso blocco (volume stimato 30 m³) derivante da un crollo staccatosi dalla parete della Gobba di Rollin nella prima settimana di agosto. Al confronto fotografico il ghiaccio appare assottigliato, con margine frontale in arretramento. Il ghiaccio è di colore più grigio rispetto al 2020, a causa della presenza di molti detriti sulla superficie. In corrispondenza del segnale "MG '20 C" il ghiacciaio è solcato da una profonda *bédière* avente origine dall'isola rocciosa soprastante. Hanno collaborato ai rilievi Diego Cartella e Marta Chiarle.

Quota min. fronte: 3100 m (GPS)

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
'20 MG (sl)	0°	0	0	0
MG '20 B (cf)	110°*	12	5	-7
MG '20 C (df)	110°*	40	10	-30

* Il valore corregge il dato pubblicato lo scorso anno.

281 - Ghiacciaio di Mon Tabel (foto P. GIORCELLI, 2021.08.16). La seraccata presenta finestre rocciose che rendono frastagliato il margine frontale del ghiacciaio. Alla base del gradino roccioso, il cono di rimpasto sottostante il lobo sinistro si appoggia su una massa di ghiaccio morto parzialmente mascherato dal detrito. *The frontal serac has rock outcrops that make the front margin fringed. At the base of the rock step, the regenerated ice cone below the left lobe rests on a mass of dead ice partially masked by debris.*



Gruppo Monte Rosa

297 Ghiacciaio Grande di Verra

Operatori: Mauro PALOMBA e Maura GIULIANO -
Controllo del 2021.10.10

Nonostante le temperature piuttosto rigide, il giorno delle misure il ghiacciaio mostra comunque una moderata fusione dalla bocca glaciale presente dallo scorso anno nei pressi della fronte. Tracce di neve recente sono presenti a tratti sulla superficie del ghiacciaio nella zona frontale, non sufficienti a mascherare le tracce delle *bédières* scavate dall'acqua di fusione durante l'estate, mentre una copertura nevosa più continua è presente solo a partire dai 3000 m s.l.m. circa. La lingua appare completamente priva di neve residua. È evidente la sempre maggiore copertura detritica del settore destro della lingua glaciale. Il regresso frontale risulta di entità inferiore rispetto agli anni precedenti.

Quota min. fronte: NM

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
C4 (cf)	332°	52	47.5	-4.5

306 Ghiacciaio d'Indren

Operatori: Paolo PICCINI e Tito PRINCISVALLE -
Controllo del 2021.09.21

Si segnala un importante regresso della fronte occidentale del ghiacciaio, che non si immerge più nel laghetto Monterin. È stato posizionato un nuovo segnale MW21

(coordinate UTM 1410979 5082599). Tutta la lingua terminale appare in disfacimento, tanto da prevedere entro 2-3 anni il distacco di una vasta porzione di ghiaccio morto al di sotto del cambio di pendenza di quota 3200 m. È presente il consueto innevamento discontinuo alle quote superiori. Non si segnalano residui di valanga.

Quota min. fronte: 3095 m (A)

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
M2000 (cf)	328°	160	136 (2019)	-24
MW21 (cf)	360°	38	-	-

Bacino: SESIA - PO

311 Ghiacciaio di Bors

Operatori: Paolo PICCINI e Tito PRINCISVALLE -
Controllo del 2021.09.03

Non si segnalano particolari evoluzioni nella morfologia del ghiacciaio: prosegue l'emersione di detrito e il ridimensionamento della crepacciatura, indice di uno spessore ormai ridotto. La *snowline* si attesta intorno a 3400 m.

Quota min. fronte: NM

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
PT20 (cf)	360°	16	9	-7

312 Ghiacciaio delle Piode

Operatori: Paolo PICCINI, Tito PRINCISVALLE e Cristina VIANI - Controllo del 2021.10.28

La misura frontale è stata ripetuta dopo 3 anni: si rileva un importante regresso medio di 33 m/anno. La fronte si presenta sempre più ripida e soggetta a crolli lasciando interamente scoperti banchi di roccia non visibili nel 2018.

Quota min. fronte: NM

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
P14 (sf)	312°	176	77 (2018)	-99

314-315 Ghiacciaio Sesia-Vigne

Operatori: Paolo PICCINI, Tito PRINCISVALLE e Cristina VIANI - Controllo del 2021.10.28

La misura frontale è stata effettuata dopo 3 anni e restituisce un importante regresso medio annuo di 33 m. Dalla osservazione fotografica si evidenzia la prosecuzione del disfacimento del settore frontale di ricongiungimento delle distinte colate di Sesia e Vigne. Si segnala una totale assenza di residui di valanga; il recente innevamento è confinato a circa 4000 m.

Quota min. fronte: NM

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
TP18	352°	118	19 (2018)	-99

Bacino: TOCE - TICINO - PO

Gruppo Monte Rosa

325 Ghiacciaio del Belvedere

Operatori: Andrea TAMBURINI, Giovanni MORTARA e Salvatore VERSACI - Controllo del 2021.10.14

Controlli effettuati in data: 2021.07.22 (misura sporgenza paline e riprese fotografiche da drone a cura di S. Bergamaschi), 2021.08.12 (misura sporgenza paline), 2021.09.30 (campagna fotografica), 2021.10.14 (misura posizione e sporgenza paline, installazione di una nuova palina al lobo destro e misura frontale). Sono state inoltre eseguite riprese fotogrammetriche da drone della morena destra a monte della Cappella Pisati (6 giugno 2021) e della morena Miravalle (28 giugno 2021). Tali rilievi hanno consentito di aggiornare la topografia delle due aree e quantificarne l'evoluzione.

Il rilievo fotogrammetrico della morena destra, nel tratto a monte della Cappella Pisati, ha consentito di misurare un abbassamento della cresta di circa 20 m rispet-

to al rilievo 2017. L'ortofoto ottenuta dal rilievo evidenzia inoltre la presenza di ristagni d'acqua per un tratto di quasi 600 m di lunghezza tra il bordo del ghiacciaio e il piede della morena. Si tratta di acqua proveniente dallo scarico del Lago delle Locce, che non riesce ancora a drenare attraverso il reticolo endo- e sub-glaciale che alla data del rilievo era evidentemente ancora in fase di formazione.

Continua ad evolvere il collasso del fianco esterno sinistro della morena che separa i due lobi glaciali alla biforcazione (morena Miravalle). Dal confronto tra gli elaborati (DEM e ortofoto di dettaglio) ottenuti dal nuovo rilievo fotogrammetrico da drone e quelli dello scorso anno non si osservano sostanziali allargamenti della frattura, mentre il settore ribassato si sta progressivamente alleggerendo a monte e a valle con contemporaneo smantellamento del fianco esterno della morena. Tale evoluzione rende sempre più difficoltosa la percorrenza del "Sentiero Naturalistico" che attraversa il lobo sinistro, sia lungo il tratto che scende dal Belvedere sia lungo quello che risale la morena sinistra verso l'Alpe Fillar. Il problema è attualmente all'attenzione del CAI, che sta valutando l'adozione di un possibile percorso alternativo. Il volo con drone eseguito sul settore di monte della lingua glaciale ha consentito di riprendere i piccoli laghi sopragliaciali che ancora si osservavano il 22 luglio e di documentare l'avvenuto distacco di un ulteriore tratto del tubo di drenaggio delle acque del Lago delle Locce.

La rete di paline ablatometriche attualmente operativa consta di 3 punti di misura: uno in posizione centrale all'altezza della breccia della Cappella Pisati, uno sul lobo destro e uno sul lobo sinistro. La palina del lobo destro, quasi completamente emersa, è stata rimpiazzata mantenendo la medesima posizione degli anni precedenti. I valori puntuali di ablazione sono inferiori a quelli della scorsa stagione e ammontano rispettivamente a 278 cm/anno (Pisati), 317 cm/anno (lobo destro) e 262 cm/anno (lobo sinistro). La velocità di spostamento superficiale misurata con GNSS in corrispondenza della palina del lobo destro è pari a circa 1.9 m/anno, quella del lobo sinistro è di circa 4.3 m/anno, mentre al centro del ghiacciaio, in corrispondenza della Cappella Pisati, si misurano circa 20.8 m/anno. La velocità è in diminuzione in corrispondenza dei due lobi terminali, mentre rimane stazionaria su valori decisamente più elevati all'altezza della Cappella Pisati.

La misura della distanza della fronte è stata eseguita mediante l'utilizzo di un distanziometro laser LTI Truepulse 360 (precisione nominale ± 1 m), il medesimo strumento impiegato negli anni precedenti. La misura è stata effettuata dal segnale materializzato nell'autunno 2018 (S_2018) lungo un azimut di 281°. La quota della fronte è rimasta invariata. È stata inoltre eseguita la lettura lungo un azimut di 292° in previsione di un'ulteriore futura migrazione della bocca glaciale: si valuterà il prossimo anno l'orientazione più adeguata all'aggiornamento della misura della posizione frontale.

Hanno collaborato Manuele Bettoni (riprese fotogrammetriche da drone della morena Miravalle e della morena destra) e Stefano Bergamaschi (riprese da drone della superficie glaciale e dello scarico del Lago delle Locce).

Quota min. fronte: 1841 m (GPS)

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
S 2018	281°	203	182	-21
S 2018	292°	194.5	-	-

ALPI LEPONTINE

336 Ghiacciaio Settentrionale di Andolla

Operatori: Luca SERGIO e Dario MANCA -
Controllo del 2021.09.24

Il ghiacciaio alla data del rilievo si presenta con qualche centimetro di neve fresca caduta i giorni precedenti e neve residua invernale. Il suo regresso lo ha portato a ritirarsi nella conca ai piedi della parete del Pizzo Andolla. Non presenta materiale roccioso sulla superficie: il colore bianco del ghiacciaio fa pensare a un glacionevato giovane che si mantiene ogni anno anche grazie alle valanghe dalla parete. La fronte del ghiacciaio, pensile su un gradino di roccia, si trova a una quota stimata di circa 2850 m: crolli di ghiaccio al momento del rilievo ne hanno impedito un più preciso rilievo. I ricorrenti distacchi dalla fronte pensile si accumulano alla base del salto in roccia, formando una evidente fascia di ghiaccio. A circa 100 m dopo il primo sperone roccioso si è formata una zona pianeggiante con fondo sabbioso e vegetazione dove presumibilmente con le piogge si forma un piccolo lago proglaciale, vuoto al momento del rilievo.

Quota min. fronte: NM



336 - Ghiacciaio Settentrionale di Andolla (foto L. SERGIO, 2021.09.24). Il ghiacciaio è ritirato su uno spalto roccioso a ridosso della parete Sud del Pizzo di Andolla. A metà degli anni 1990 la fronte raggiungeva il dosso montonato visibile al centro della fotografia (cfr. Geogr. Fis. Dinam. Quat. 15/1-2 2002, p. 238). *The glacier retreated on a rock step close to the south face of Pizzo di Andolla. In the mid-1990s the front reached the rock moutonnée visible in the center of the photo (see Geogr. Fis. Dinam. Quat. 15 / 1-2 2002, p. 238).*

356 Ghiacciaio Meridionale di Hobsand (o del Sabbione)

Operatore: Paolo VALISA - Controllo del 2021.09.05

L'estate senza ondate di calore ha conservato una copertura nevosa al di sopra dei 2900 m circa, ovvero 50-100 m più in basso rispetto agli anni recenti. L'AAR si può stimare attorno a 0.15. Continua la perdita di spessore del ghiacciaio con emersione di altre morene soprattutto sotto la Punta Lebendun, tanto che sembra possibile entro pochi anni un distacco della lingua di ablazione dal bacino superiore di accumulo dell'Arbola. Anche alla base dell'Arbola emerge una fascia di rocce ormai quasi continua che isola due piccoli ghiacciai sospesi sulle pareti N e NE. Il ruscellamento superficiale non è molto attivo e termina in una piccola porta da dove fuoriesce il torrente glaciale. Nel piano a quota 2500 m, lasciato libero dal ghiacciaio nel 2018, si struttura sempre più un lago proglaciale con meandri del torrente e ivi compaiono i primi segni di vegetazione (sassifraga gialla), con fioriture ben visibili nella foto panoramica. Per documentare la posizione della linea frontale e il limite destro idrografico si è percorso il bordo del ghiacciaio con GPS. Hanno collaborato ai rilievi Andrea Aletti e Giulio Valisa.

Quota min. fronte: 2545 m (GPS)

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
2012=18 (cf)	230°	420	405	-15

ALPI LEPONTINE

Bacino: ADDA - PO

Ghiacciai del Gruppo Tambò - Stella

365 Ghiacciaio del Pizzo Ferrè

Operatori: Emanuele CONGIU e Luca PIRONI (SGL) -
Controllo del 2021.09.06

Il controllo del Ghiacciaio del Pizzo Ferrè è stato effettuato in due occasioni: il 15 agosto 2021 per realizzare le foto dalla stazione fotografica SF012 e il 6 settembre, per eseguire le misure frontali e fotografare la fronte dalle stazioni SF003 e SF999. Durante il primo sopralluogo (2021.08.21), il ghiacciaio presentava già una copertura di neve residua poco estesa; il 6 settembre l'innevamento residuo era limitato a una strettissima fascia al di sotto della cima e a poche altre piccole chiazze vicine alle pareti che orlano ghiacciaio e al di sotto del *nunatak* centrale. Prosegue anche, in misura evidente, la perdita di volume di ghiaccio e il conseguente allargamento delle finestre rocciose già presenti sul ghiacciaio. La porzione in destra idrografica della lingua glaciale è definitivamente scollegata dalla zona superiore; si tratta ormai di una placca di ghiaccio ad alimentazione quasi esclusivamente diretta. Anche in sinistra idrografica l'allargamento delle finestre rocciose sta portando alla separazione della parte superiore del ghiacciaio da quella inferiore. La diminuzione di spessore del ghiacciaio è molto visibile anche alla fronte. In corrispondenza del punto di misura dalla EC106, in particolare, il ghiacciaio si è abbassato di almeno 1 m rispetto allo scorso anno. Le misurazioni dalla EC 106 bis sono state particolarmente difficoltose a causa della presenza del gradino roccioso situato in prossimità della fronte presente dal 2017. Per facilitare le prossime misure è stato posizionato un nuovo ometto di sassi al di sopra del dosso roccioso che il ritiro del ghiacciaio ha portato alla luce lo scorso anno. L'ometto si trova esattamente a 70 m dalla EC106 bis (117 m dalla EC106) e a 4.5 m dalla fronte. Nei pressi della fronte in corrispondenza del punto di misura della stazione di misura EC206bis sono presenti piccole chiazze di neve rossastra. Come anticipato nel 2014, la stazione fotografica SF003 non consente di apprezzare al meglio le variazioni morfologiche del fronte glaciale, per cui si propone di aggiungere una nuova stazione fotografica: questa si trova sul rilievo roccioso di colore bianco situato in prossimità della stazione di misura EC 206 bis. Coordinate (GPS fotocamera): 46° 28' 8" N, 9° 17' 4" E. Per riprendere la porzione sinistra del ghiacciaio, focale 24 mm e azimut 240°. Per riprendere la porzione destra del ghiacciaio, focale 24 mm e azimut: 190°.

Quota min. fronte: 2700 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
EC 106 bis	180°	74.5	71	-3.5
EC 206 bis	230°	66.5	57	-9.5

ALPI RETICHE

371 Ghiacciaio Meridionale di Suretta

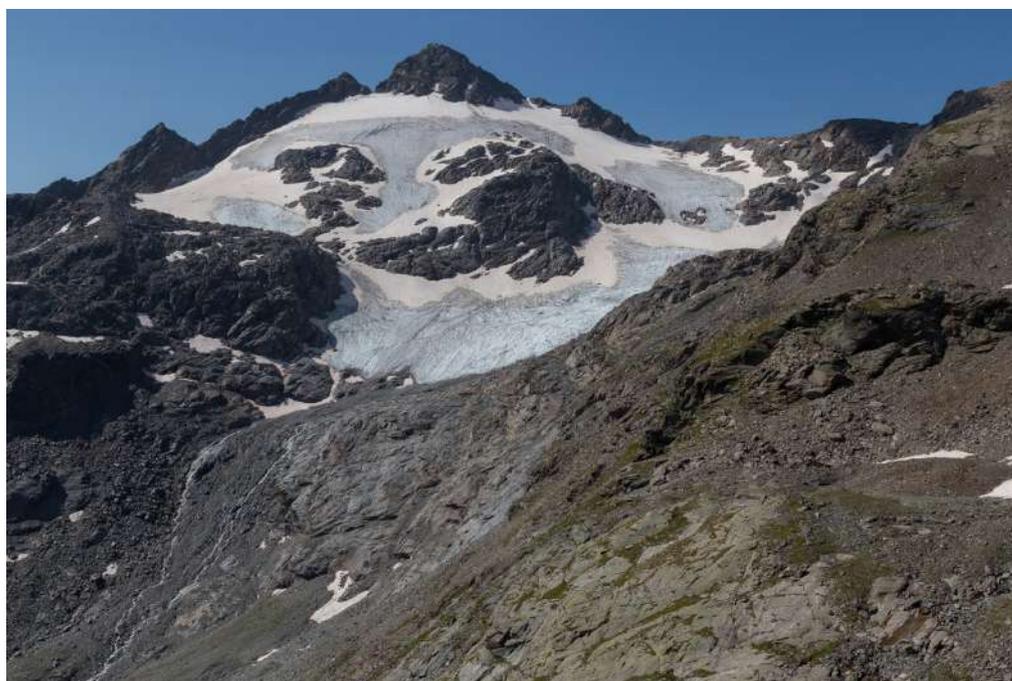
Operatore: Fabio Villa (SGL) - Controllo del 2021.09.30

Il ghiacciaio si presenta con una leggera copertura nevosa recente di circa 2 cm di spessore medio dovuta alle recenti nevicate. La perdita di massa è evidente, il ghiacciaio è sempre più coperto da detriti a causa dei frequenti crolli dalle pareti sovrastanti; a tal proposito l'accesso alla palina 4 è reso sempre più rischioso a causa dei distacchi di grossi blocchi dalla parete. È stata eseguita la misura delle paline, è stata scattata la foto dalla stazione fotografica SF005 ed è stata eseguita la misura dalla fronte rispetto al segnale MV09. La fronte risulta arretrata di 40 m rispetto all'ultima misura effettuata nel 2016. Successivamente le misure si erano arrestate a causa della copertura detritica che non permetteva una corretta identificazione della fronte glaciale; negli ultimi anni si è creato un piccolo lago proglaciale e la posizione della fronte è ora facilmente tracciabile. È stata eseguita una doppia misura di distanza dal segnale MV09 con angoli di misura differenti perché l'orientazione a 20° non permette più di incrociare la fronte glaciale nella sua zona centrale e a breve diventerà inutile. È stata eseguita quindi una misura a 45°, che verrà mantenuta anche nei prossimi anni. La misura è stata eseguita cartograficamente, utilizzando le posizioni GPS della fronte e del segnale misurate durante il rilievo e non mediante bindella, a causa della presenza del lago. Le paline hanno fatto registrare una perdita di 220 cm nella parte bassa (Palina 1), 120 cm (Palina 3) e perdite più contenute nella parte alta: 70 cm in corrispondenza della Palina 2 e 20 cm alla Palina 4. Il bilancio di massa calcolato con metodo glaciologico vede un bilancio di accumulo di 3538 mm *w.e.*, un bilancio di ablazione di 4275 mm *w.e.* per un bilancio netto di -737 mm *w.e.* (v. paragrafo sui bilanci di massa per i dettagli).

Quota min. fronte: 2702 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
MV09 (cf)	20°	70	30 (2016)	-40

365 - Ghiacciaio del Pizzo Ferrè; stazione fotografica SF012 (foto E. CONGIU, 2021.08.15). Panoramica del ghiacciaio che mostra la fronte appiattita, una ridottissima copertura di neve residua e l'ampliamento delle finestre rocciose. *Overview of the glacier highlighting the flat frontal margin, a very reduced residual snow cover, and the widening of rocky windows.*



Bacino: ADDA - PO

Ghiacciai del Gruppo Badile - Disgrazia

390 Ghiacciaio del Passo di Bondo

Operatore: Andrea BARILLI (SGL) - Controllo del 2021.09.12

L'innevamento dell'anno è buono e copre oltre un terzo della superficie del ghiacciaio che resta esposto nella parte inferiore e centrale, ove è evidente la riduzione di spessore rispetto al rilievo del 2020 e degli anni precedenti. Anche quest'anno non è possibile determinare con esattezza la posizione della fronte: nella parte più bassa del ghiacciaio c'è come sempre un accumulo nevoso che nasconde l'eventuale presenza di ghiaccio, mentre nella parte centrale la fronte è appiattita e si insinua sotto il detrito, rendendo non individuabile il limite della fronte. Si assume per il segnale 2 la distanza rilevata lo scorso anno mentre il segnale 1 è probabilmente da abbandonare in quanto non è più visibile il rigonfiamento al di sotto dei detriti che faceva pensare alla presenza di ghiaccio sottostante.

Quota min. fronte: 2910 m

408 Ghiacciaio di Predarossa

Operatore: Massimo URSO (SGL) - Controllo del 2021.09.22

È presente neve recente sull'intera superficie del ghiacciaio. Per cui non è stato possibile rilevare il limite delle nevi dell'anno, che viene così calcolato su base Landsat del 1° settembre. La ELA sulla porzione superiore del ghiacciaio, a valle della Sella di Pioda si attesta sui 3280 m mentre nella porzione inferiore sotto la parete sud del M. Disgrazia, raggiunge i 3100-3150 m. Si evidenzia una particolare sofferenza alla fronte ove si è verificato il collasso

della fronte stessa. La parte frontale superiore, se pur non visualizzata direttamente, rimane sostanzialmente stabile nella forma e nella consistenza.

Quota min. fronte: 2700 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
1.15 (df)	20°	108	82	-26

411 Ghiacciaio Orientale di Cassandra

Operatore: Maurizio DE ZAIACOMO (SGL) - Controllo del 2021.09.17

Rispetto all'ultima buona immagine dalla SF206 del 2018 la posizione della fronte, parzialmente coperta da neve dell'anno, appare stabile, eccetto per la lingua più orientale che è stata interessata da un crollo e da una leggera perdita di volume. Tutti i segnali misurati confermano la sostanziale stabilità della fronte rispetto al 2019. I segnali OME18 e SAN18, che rilevano la parte occidentale della fronte, non sono stati misurati poiché coperti da neve annuale. Vista la dinamicità del ghiacciaio, il cui movimento verso valle è bilanciato dalla fusione, non si assegna alcun valore alla misura, poiché presumere una stazionarietà potrebbe essere un errore. L'innevamento annuale è abbastanza abbondante sui pianori, ai piedi delle pareti e sulle conoidi di accumulo. Si stima una copertura di circa il 40-50% della superficie. La crepacciata terminale, sotto il canale che sale alla cima orientale del Disgrazia, mostra uno spessore dell'innevamento residuo annuale stimato in alcuni metri. Si osserva un aumento dei crolli di roccia e dei detriti, una leggera diminuzione della crepacciatura ed appiattimento del mar-



411 - Ghiacciaio Orientale di Cassandra; stazione fotografica SF206 (foto M. De Zaiaco, 2021.09.17). Vista generale del ghiacciaio; evidenti i residui delle frane di crollo presso il margine frontale. *Glacier overview; remnants of the rock falls rest on the frontal margin.*

gine. La perdita di spessore e potenza di questo ghiacciaio è lenta ma costante negli ultimi anni, dopo la leggerissima avanzata del 2013-2014. In linea con questa tendenza il bilancio di massa annuale è di decremento lieve.

Quota min. fronte: 2925 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
SPO18(cf)	345°	2	1.5 (2019)	-0.5
MDZ15(sl)*	300°	9	9 (2019)	0
SAB18 (dl)*	315°	16	16 (2019)	0
TSO21 §	350°	5	-	-

* Lobo destro.

§ Nuovo segnale, coordinate WGS84, UTM32T 0558050, 5123229.

416 Ghiacciaio della Ventina

Operatore: Mattia GUSSONI (SGL) - Controllo del 2021.10.10

Il ghiacciaio anche per quest'anno registra importanti perdite sia di volume sia di lunghezza. Importanti variazioni morfologiche nel settore frontale: in sinistra idrografica il ghiaccio è sostanzialmente sparito; al centro appare molto assottigliato e solcato da numerose *bédières* e c'è pure una frattura/grotta di grosse dimensioni; la parte in destra idrografica invece, coperta da detrito, è molto più spessa e si trova qualche decina di metri più a valle. Sulla destra idrografica, in corrispondenza della ripida parte terminale della colata, si è formata una fessura perpendicolare al flusso, che fa presagire il distacco di una porzione di ghiaccio entro pochi anni. Alla palina ablatometrica a quota 2500 m (coordinate N 46.2725 E 9.7780) è stata registrata una per-

dita di spessore di 3.2 m. Una nevicata, in data 5 ottobre, non permette l'esatta localizzazione della ELA, ma grazie alle fotografie dei giorni precedenti è possibile stimare che la neve della stagione di accumulo sia sparita su oltre il 70% del ghiacciaio ed anche il *firm* degli ultimi 2 anni sia venuto a giorno specie al di sotto della parete Nord del Pizzo Cassandra. In questo settore appare sempre più evidente uno sprofondamento della massa glaciale.

Quota min. fronte: 2315 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
GR-19 (cf)	174°	81	51	-30

419 Ghiacciaio del Disgrazia

Operatori: Gionata NERI e Riccardo SCOTTI (SGL) - Controllo del 2021.09.04

L'innevamento appariva ancora buono, con una copertura vicina al 50% della superficie complessiva e con neve fresca sulle pareti della cima. La superficie del ghiacciaio è molto crepacciata e denota un substrato ricco di piccole asperità, causa una distribuzione della neve molto irregolare con riempimenti delle concavità fino a quote molto basse. Ne deriva una ELA estremamente irregolare che potrebbe approssimativamente attestarsi ad un valore medio di 2750 m. Sono state effettuate molteplici osservazioni fotografiche dalle SF. Permane la pericolosità da scivolamenti di massi in prossimità della fronte che ne impedisce le misurazioni.

Quota min. fronte: 2460 m

416 - Ghiacciaio della Ventina (foto M. GUSSONI, 2021.08.21). La fronte è estesamente coperta di detrito, con diffuse *bédière*. La neve residua permane solo alla base dei canali di valanga. *The frontal margin is widely covered by debris and furrowed by deep bédrières.*



422 *Ghiacciaio del Sissone*

Operatore: Andrea ALMASIO (SGL) -
Controllo del 2021.09.01

Lieve decremento della copertura nevosa rispetto al 2020, specialmente nella parte superiore del ghiacciaio e nel settore sinistro, in corrispondenza del lobo superiore. Il limite delle nevi si è comunque mantenuto sui 2900-2950 m, in linea con lo scorso anno. Il nevato e la superficie del ghiacciaio presentavano la caratteristica rete di solchi di ruscigliamento e di dilavamento. Il ghiacciaio ha subito un arretramento lieve in corrispondenza della fronte principale, mentre la copertura nevosa mascherava la posizione effettiva dell'articolata fronte del lobo superiore, che è rimasta pressoché stazionaria. La copertura nevosa nella parte superiore del settore sinistro, a monte della fascia rocciosa in progressiva emersione dal 2015, ha protetto anche quest'anno l'esile collegamento tra il lobo superiore ed il resto del ghiacciaio. Nel settore sinistro erano presenti alcuni funghi di ghiaccio a conferma del progressivo assottigliamento della massa glaciale, inoltre della grossa frana segnalata lo scorso anno è rimasta una fascia detritica trasversale nella zona frontale, mentre a monte risultava coperta dalla neve. La seraccata sopra la fronte principale si presentava con il caratteristico profilo laterale concavo, con l'elemento terminale appiattito e completamente coperto da detritico morenico. La fronte principale era priva di neve e col ritiro è risalita di quota, anche a causa dell'accumulo morenico frontale.

Quota min. fronte: 2764

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
3B (cf)*	240°	49	45	-4

* Fronte principale.

Ghiacciai del Gruppo del Bernina

432 *Ghiacciaio Inferiore di Scerscen*

Operatore: Andrea SALVETTI (SGL) - Controllo del 2021.09.30

Nei giorni precedenti alla data del rilievo, alcune perturbazioni hanno portato precipitazioni il giorno 26 (precipitazioni ancora liquide) e il giorno 29, circa 12 mm di precipitazione, in parte nevose, ma rapidamente fuse nelle ore successive. La fronte del ghiacciaio, lungo la morena centrale, risultava libera da neve e ben visibile. Una spolverata di neve fresca era ancora visibile sopra i 3100-3200 m s.l.m. circa. La stagione di fusione era proprio al termine e si sarebbe conclusa nei primi giorni di ottobre. La copertura di detriti della lingua risultava sempre cospicua, come negli anni precedenti, a causa dell'abbassamento generale dello spessore glaciale. La misura della fronte è stata eseguita sia dal segnale AD09, ben visibile e segnato su una roccia della morena centrale, tramite distanziometro laser (4 misure successive, azimut 300°) sia, per verifica, dal segnale MDZ15, (ometto



432 e 433 - Panoramica dei ghiacciai Inferiore e Superiore di Scerscen; stazione fotografica SF307 (foto R. PORTA, 2021.08.18). La neve residua si accumula solo alla base dei canali di valanga e nelle porzioni più elevate dei bacini di accumulo; evidente l'assottigliamento di entrambi gli apparati. *Annual residual snow accumulates only at the base of avalanche tracks and on the highest portion of the accumulation basin. The progressive thinning of both apparatuses is evident.*

su un sasso piatto). Come del 2020 le due misure risultano sostanzialmente congruenti. Nella lingua ormai residua in sinistra idrografica, tra la morena centrale e il versante in roccia, la riduzione dello spessore del ghiaccio è ulteriormente progredita, mentre a destra della morena il torrente ablatore ha ormai asportato il ghiaccio residuo, mettendo a nudo in larga parte la roccia sottostante. Si stima una superficie coperta da neve dell'anno di circa il 20% del ghiacciaio alla data del rilievo, ma la rilevazione da satellite al 1 settembre era del 38% e si riporta questo dato per allinearlo agli altri della campagna.

Quota min. fronte: 2770

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
AD09 (cf)*	300°	420	401	-19
MDZ15(cf)	290°	170	153	-17

* Lobo settentrionale, principale.

435 Ghiacciaio di Caspoggio

Operatore: Roberto PORTA (SGL) - Controllo del 2021.08.18

Rallenta leggermente la fase di contrazione frontale del ghiacciaio grazie a un lembo di neve che ha protetto la fronte nella zona del segnale DVD18 per tutta l'estate. Il bilancio di massa annuale, in virtù dell'esteso innevamento residuo annuale di origine valanghiva, può essere considerato di decremento lieve. Difatti l'indice AAR che al 18 agosto raggiungeva ancora un valore di 0.55 (Sentinel-2), al 1° settembre si riduce a circa 0.3. La ELA è chiaramente distinguibile in entrambi i circhi che formano il corpo glaciale e si assesta sui 2890 m con alcune porzioni laterali dove il ghiaccio vivo si spinge più in alto.

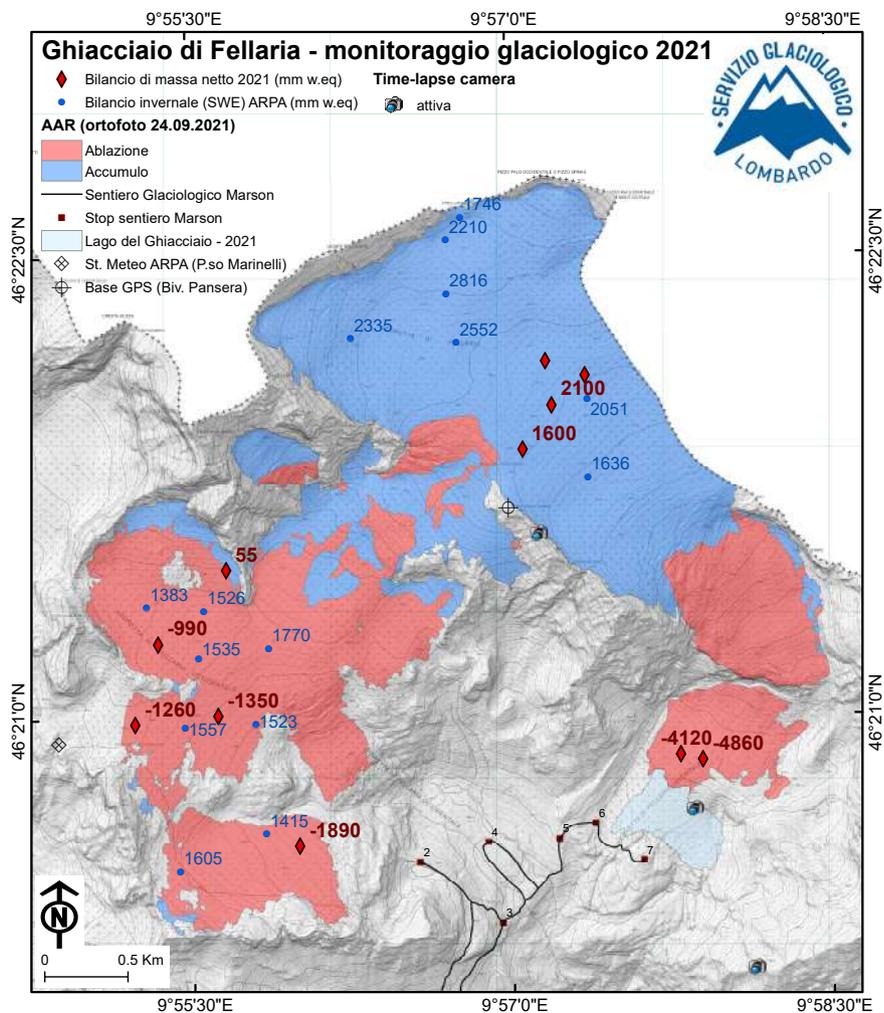
Quota min. fronte: 2752 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
SA16	120°	56.5	52.5	-4
DVD18	135°	3	3	0

439-440 Ghiacciai Occidentale e Orientale di Fellaria

Operatori: Riccardo SCOTTI e Matteo OREGGIONI (SGL) - Controllo del 2021.09.24

L'articolato complesso glaciale di Fellaria - Palù, nella sua porzione in territorio italiano, continua a mostrare segnali contrastanti. Le fronti continuano a perdere spessore, seppur con valori leggermente inferiori rispetto agli altri anni mentre l'innnevamento residuo risulta quest'anno esteso su oltre la metà della superficie glaciale per un indice di bilancio stazionario per il secondo anno consecutivo. Il limite delle nevi, definito sulla base dell'ortofoto acquisita da CGR per SGL il 24 settembre, ha permesso di ricavare l'indice AAR in modo molto accurato. Il dato di 0.52 è sostanzialmente identico al 2020 (0.49) e più elevato che nel 2019 (0.37) e nel 2018 (0.35). L'innnevamento residuo copre completamente l'altipiano di Fellaria fino a 3300 m lungo l'effluenza orientale mentre verso la colata occidentale si arresta a circa 3200 m. La neve risulta invece anche quest'anno sostanzialmente assente nelle porzioni sub-pianeggianti più occidentali, ormai completamente prive di dinamicità e posizionate a quota troppo poco elevata per garantire accumuli nevosi. Lungo l'isoipsa di 3500 m che taglia trasversalmente l'altipiano, il 28 giugno 2020 erano state posizionate 4 paline utili alla misura dell'accumulo nevoso. Dalle misure effettuate nel 2020 la media delle paline aveva visto un accumulo di oltre 3.8 m di neve per valori di "snow water equivalent" (SWE) superiori a 2.1 m w.e. Nel 2021 le paline in alluminio non sono più riemerse mentre sono state infisse il 2 luglio 4 spezzoni da 2 m in legno utili a valutare la fusione/compattezza estiva. Dalla serie di rilievi di altezza neve e densità iniziata da ARPA Lombardia il 1 giugno ed il 2 luglio e dai sondaggi effettuati il 23 settembre da G. Prandi, S. Ialongo, M. Sotgiu e D. Colombaroli si può valutare in circa 3.7 m l'accumulo di neve residua per 1.85 m w.e., valore leggermente inferiore rispetto al 2020 a fronte di un innevamento complessivo leggermente più esteso. Nel settore occidentale al sito di misura della fusione superficiale del Passo Marinelli a 3100 m il ghiaccio ha perso 140 cm di spessore contro i 50 cm dell'anno precedente, tale valore è superiore alla media di 115 cm di ghiaccio perso all'anno dei 9 anni precedenti. Nelle zone di ablazione continua il disfacimento del settore abbandonato nel 2006 dalla lingua orientale, ancora alimentato dai continui crolli di ghiaccio provenienti dalla falesia che staziona sul salto in roccia che divide il flusso della colata



439-440 - Ghiacciai Orientale e Occidentale di Fellaria. Il rilievo eseguito dal Servizio Glaciologico Lombardo mostra le aree in accumulo (in blu) e in ablazione (in rosso) e i dati registrati dalle singole paline (mm w.e.). In azzurro è indicato il lago proglaciale alla fronte del Ghiacciaio di Fellaria Orientale. The survey carried out by the Servizio Glaciologico Lombardo shows the accumulation basins (in blue) and the ablation area (in red) as well as data recorded at each stake (mm w.e.). The proglacial lake at the front of the Ghiacciaio Orientale di Fellaria is indicated in blue.



439-440 - Panoramica dei ghiacciai Occidentale e Orientale di Fellaria; stazione fotografica SF320 (foto di R. BONANNO, 2021.09.24). Si noti l'ampliamento del lago proglaciale presso il settore frontale staccatosi nel 2006 dal Ghiacciaio Orientale di Fellaria. General view of the eastern and western Fellaria glaciers. Note the widening of the proglacial lake at the frontal margin of the tongue detached in 2006.



443 - Ghiacciaio del Pizzo Scalino (foto D. COLOMBAROLLI, 2021.08.17). Panoramica del ghiacciaio. Si noti la neve residua accumulata solo nei settori più elevati del bacino d'accumulo. La fronte è fittamente solcata da lunghe *bédieres*. Note the residual snow accumulated only in the higher portion of the accumulation basin. The flattened front is furrowed by deep and long *bédieres*.

orientale. I conoidi di rimpasto continuano la loro contrazione volumetrica. Il fenomeno del *calving* è stato nel 2021 meno intenso rispetto al 2020 con un arretramento, non quantificabile linearmente, ma meno evidente rispetto agli anni precedenti, forse per il graduale restringimento della fronte a falesia. Anche quest'anno durante l'estate si sono sviluppate due grotte sui due margini laterali della lingua con la volta superiore a 10-15 m dalla superficie lacustre. In sinistra idrografica sta venendo sempre più alla luce un torrente subglaciale visibile lungo la barra rocciosa che tende a dividere in due la lingua glaciale. Tale corso d'acqua è l'emissario di un nuovo lago di neoformazione presente ad un livello altimetrico più elevato lungo il margine sinistro della lingua. Il ghiacciaio è stato visitato numerose volte durante la stagione estiva in conseguenza delle varie attività di monitoraggio in corso nelle sue diverse zone che comprendono: bilancio di massa puntuale (sia di accumulo che netto), monitoraggio fotografico con *time-lapse camera*, bilancio geodetico puntuale con GPS. Hanno collaborato: M. Fioletti e S. Grasso (ARPA Lombardia), D. Colombarolli, S. Ialongo, M. Zanbenedetti, A. Galluccio, G. Prandi, P. Gallo, V. Paneri, R. Bonanno, R. Porta, M. Ruffoni, E. Triglia.

Quota min. fronte: 2565 m

443 Ghiacciaio del Pizzo Scalino

Operatori: Andrea MONTI e Stefano LEONI (SGL) -
Controllo del 2021.09.18

La neve residua copre circa 1/5 della superficie del ghiacciaio, a partire mediamente da 2950 m di quota. Al di sopra dei 3000 m lo spessore della neve residua risulta anche considerevole, localmente superiore ad 1 m. Tuttavia, la porzione inferiore del ghiacciaio ha mostrato un arretramento della fronte e una riduzione di spessore maggiori rispetto al 2020. La porzione più orientale del ghiacciaio risulta collegata al corpo principale da un lembo di ghiaccio di poche decine di metri di sviluppo. Individuata una nuova

stazione fotografica dedicata alla porzione orientale prossima a separazione, presso il punto di misura laterale SL17. Si specifica che la misura SL17, nonostante prosegua la serie storica delle misure frontali della fronte del "Cornetto", attualmente non misura una regressione frontale ma laterale del corpo principale del ghiacciaio, in quanto la fronte è ormai completamente assente da anni. Il segnale, ereditato dagli operatori precedenti, è stato monitorato per proseguire la serie storica ma non viene considerato per il calcolo della variazione frontale media. Ha collaborato E. Lietti.

Quota min. fronte: 2750 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
AMSL19	184°	39	20	-19
AM19	215°	16.5	8.5	-8
SL17*	140°	19.5	17	-2.5

* propaggine del "Cornetto".

Ghiacciai del Gruppo Piazzi - Campo

473 Ghiacciaio Orientale di Dosdè

Operatori: Andrea TOFFALETTI e Valentino SOSIO (SGL) -
Controllo del 2021.09.26

Al momento del rilievo il ghiacciaio si trova coperto per circa il 30/35% della sua superficie da neve residua della passata stagione invernale per un AAR pari allo 0.35 che fa sì che il ghiacciaio si trovi in un bilancio di massa negativo anche se in misura leggermente inferiore rispetto alle annate precedenti. I dati satellitari al 01/09 invece restituiscono un AAR del 45% con IBM stazionario; si considera questo valore per allinearli agli altri della campagna. Gli accumuli risultano presenti nella parte superiore del baci-

no di alimentazione e nel tratto pianeggiante a valle dello stesso con un'ampia zona priva di innevamento nei settori più ripidi del settore di alimentazione e sulla lingua. Lo stato di sofferenza del ghiacciaio viene evidenziato dalla continua espansione della costolatura rocciosa presente nel bacino di accumulo e dai bordi sollevati del settore frontale in destra orografica. Profonde *bédières*, al solito, solcano la parte frontale della lingua glaciale arrivando fino al *bed-rock* sottostante. La cospicua copertura morenica dovuta a crolli dalle pareti soprastanti presente in sinistra orografica determina una differente ablazione tra i due settori frontali: in sinistra orografica il ghiacciaio risulta di maggiore spessore, dove è ancora presente un'ampia grotta glaciale sebbene di dimensioni rispetto agli anni precedenti.

Limitati spessori di ghiacciaio sopravvivono sotto la parete Ovest grazie ai più frequenti crolli di materiale, che vanno a proteggere il ghiaccio dalla radiazione. In relazione alle precedenti considerazioni, tra il 2015 ed il 2016 si apre una grotta sotto la parete del Lago Spalmo, crollata negli anni successivi, andando a crollare totalmente nel 2020. Tra il 2018 ed il 2019 la perdita di spessore del ghiacciaio anche a quote più elevate determina l'affioramento di un cordone roccioso centrale, laddove il ghiacciaio si presenta più ripido e probabilmente meno spesso. L'abbassamento del terminale del ghiacciaio rilevato dal 2017 è pari a 5 m, mentre lo spessore di ghiaccio perso verrà rilevato in modo più preciso il prossimo anno, grazie alla differenza dei modelli 3D.

Quota min. fronte: 2 625 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
Toffa 17	185°	45	35	-10
Toffa 17	200°	39	34	-5
Toffa 17	160°	54	43.5*	-10.5
TB18**	200°	39	31	-8

* Dato non pubblicato nella campagna 2020.

** Misura effettuata il 5 settembre.

Bacino: ADDA - PO

Ghiacciai del Gruppo Ortles - Cevedale

502 Ghiacciaio di Gran Zebrù

Operatori: Davide COLOMBAROLLI (SGL) e MATTEO Fioletti (ARPA Lombardia) - Controllo del 2021.09.06

Il ghiacciaio appare con spessori ridottissimi ed è ormai arroccato sul cambio di pendenza, privo di una vera e propria lingua, e totalmente senza spinta. È ancora presente il piccolo lago di margine glaciale, ormai notevolmente distanziato dal limite della lingua. Il ramo glaciale occidentale è caratterizzato da una morfologia complessa. La lingua appare strutturata in due sistemi distinti: il primo, posto più a valle, risulta abbondantemente ricoperto da detrito. La morfologia evidenzia come sia ancora presente del ghiaccio sottostante (che affiora in più punti specialmente nelle inci-

sioni provocate dai torrenti di fusione). Tuttavia, si ritiene non vi sia dinamica e che tale settore sia sostanzialmente non più alimentato da monte, quindi ascrivibile alla categoria dei ghiacciai coperti da detrito. La parte superiore, priva di detrito e direttamente collegata alla zona di accumulo, è quella attualmente misurata e il *trend* in atto è quello di un progressivo regresso. L'innnevamento stagionale alla data del rilievo è presente ancora nell'area superiore del ghiacciaio ricoprendone un'area stimata tra il 20 e il 30%, in particolare a ridosso della parete del Gran Zebrù. I dati satellitari del 1° settembre confermano un AAR = 32%.

Quota min. fronte: 3040 m (fronte centrale), 3120 m (fronte occidentale)

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
BCF18(cf)*	0°	65	53	-12
COFI21§*	0°	13.5		
BCF20(cf)**	337°	26.5	18	-8.5

* Fronte centrale.

** Ramo occidentale.

§ Nuovo segnale, coordinate WGS84, UTM32T 0621187, 5147307.

503 Ghiacciaio di Cedèc

Operatore: Davide COLOMBAROLLI (SGL) e MATTEO Fioletti (ARPA Lombardia) - Controllo del 2021.09.06

Il ghiacciaio sta progressivamente abbandonando la pia-nista posta a quota 2750 m. La spinta dal bacino di accumulo è sempre più flebile, pertanto, la lingua meridionale anno dopo anno appare smagrita e ridotta sia come estensione longitudinale che come spessore (gli spessori maggiori (5-15 m) si trovano in destra orografica). È sempre presente un piccolo laghetto periglaciale in destra idrografica. La porzione frontale del ghiacciaio appare quasi completamente ricoperta da detriti anche di grosse dimensioni. Il limite delle nevi si colloca intorno ai 3200 m. La lingua settentrionale si presenta di modeste dimensioni e di spessore non molto consistente nella sua parte frontale. La stessa è limitatamente ricoperta da detrito di medio-grosse dimensioni (soprattutto sul bordo). Affiorano diffusamente parecchi pezzi di assi di legno risalenti agli eventi bellici del passato. Quota neve recente ubicata sempre intorno ai 3200 m.

Quota min. fronte: 2770 m (lobo meridionale) 2990 m (lobo settentrionale)

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
BCF18**	105°	80	54	-26
FC20**	157°	29	18.5	-10.5
CF21§	122°	13	-	-

* Lobo settentrionale.

** Lobo meridionale.

§ Nuovo segnale, coordinate WGS84, UTM32T 0622588, 5145764, 2735 m.



503 - Panoramica del Ghiacciaio di Cedèc (foto D. COLOMBAROLLI, 2021.08.19). La frastagliata fronte, sempre più coperta di detrito, si assottiglia ulteriormente. *The fringed front is increasingly thinning and covering with supraglacial debris.*

507 Ghiacciaio del Palon della Mare

Operatori: Luca FARINELLA e Mariapia IZZO (SGL) -
Controllo del 2021.10.10

Alla data del rilievo l'apparato glaciale si mostra completamente coperto dalla neve caduta nella settimana precedente, in spessori variabili, a causa azione eolica, dai 10 ai 40 cm. Dalle foto scattate il 21 agosto 2021 dalla SF 515 da A. Borghi (la stazione fotografica SF116 era irraggiungibile causa neve), l'apparato mostra un'ottima copertura nevosa del bacino sommitale, posto al di sopra dei 3400 m s.l.m. e dell'adiacente effluenza delle Rosole, che si spinge più in basso e fino a circa 3250 m s.l.m. Neve dell'anno si riscontra anche in piccole plaghe nella porzione superiore della parte mediana, presso la seraccata, ed estesamente a ridosso della cresta rocciosa in sinistra idrografica, dove appare continua e con margini molto incrementati se confrontati alla situazione rinvenuta nel 2020. Si stima una ELA media prossima ai 3300 m. Le misure del lobo orientale necessitano di ulteriori controlli e verranno fornite il prossimo anno.

Quota min. fronte: 3062 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
D3 (cf)*	22°	99.5	86	-13.5

* Lobo centrale.

507.1 Ghiacciaio dei Forni

Operatori: Valentino SOSIO e Giovanni PRANDI (SGL) -
Controllo del 2021.09.18 e 2021.10.17

Ghiacciaio del Forni Centrale - Nel 2015 i Ghiacciai dei Forni Orientale e Occidentale si sono staccati dal ghiacciaio Centrale; il mancato afflusso ha determinato un rapido ritiro dei margini laterali essendo lo spessore del ghiacciaio inferiore (abbassamento medio di 4.5 m/anno dal 2017). Inoltre, a causa della fusione subglaciale, si sono formate alcune depressioni, che sono collassate lasciando lenti di ghiaccio più o meno grandi, destinate a fondere nel corso delle estati successive. Nel 2017 si è formata una grande depressione nella grande lingua terminale del ghiacciaio ricoperta di uno spesso strato di detrito. Nel mese di settembre del 2018 il grande cratere formatosi l'anno precedente è collassato completamente formando poco più a valle piccoli laghetti e lasciando sul posto molto materiale fine. Nel 2021 il ghiacciaio si è ritirato ulteriormente sul pianoro occupato in precedenza. Alla stessa altezza due piccole doline in ghiaccio profonde 8 e 10 m, la seconda collegata al grande "calderone" di 25 m alla confluenza del torrente Forni Ovest, lasciano prevedere prossimi crolli. La stessa valutazione si evidenzia per il bordo orientale, destinato a ritirarsi fino alla lingua principale coperta di detrito. All'altezza della palina 5bis si è aperto un mulino profondo circa 35 m che si sviluppa fino al substrato, rilevato da un'indagine georadar effettuata nell'estate 2021. Rimane invece protetto da detrito e apparentemente immutato il residuo del ghiacciaio sulla destra del torrente meridionale che scende dal Ghiacciaio

507 - Ghiacciaio del Palon della Mare (foto G. COLA, 2021.09.07). Visione generale del ghiacciaio. La neve residua si accumula solo sui coni di valanga superiori e alla base della parete rocciosa che sovrasta il settore frontale. *General view of the glacier. Residual snow only accumulates on the avalanche cones and at the base of the rocky wall behind the frontal sector.*



Occidentale dei Forni. In generale si nota come il ritiro del Ghiacciaio Centrale dei Forni, a quota inferiore i 2700 m, riguarda tutto il perimetro, in costante abbassamento. Nel 2019-2020 la riduzione del ghiaccio all'altezza della seraccata a quota 2800 m sotto la Cadini ha comportato l'affioramento di una nuova finestra rocciosa. Alla stessa altezza, nel 2021 si estingue definitivamente la lingua glaciale che fino al 2010 alimentava il residuo glaciale collegato con la lingua occidentale dei Forni Centrale. L'AAR pari al 42% è stato ricavato da dati satellitari del 1° settembre ed è riferito all'intero Ghiacciaio dei Forni, inclusi quindi gli altri due ghiacciai dei Forni, Orientale e Occidentale.

Ghiacciaio del Forni Orientale. Nel 2015 il Forni Est si stacca definitivamente dal ghiacciaio centrale. L'imponente e compatta seraccata nel 2013 inizia a suddividersi in una parte più esile a destra idrografica e una più compatta a sinistra. La seraccata più a ovest scende fino ad un pianoro su un pendio di pendenza inferiore che ne consente uno spessore maggiore (negli anni 2000 questa scendeva fino ad alimentare il Forni centrale). La parte più a est della seraccata poggia su pendii molto più ripidi e gli spessori del ghiaccio sono minimi: nel 2015 si apre una prima finestra rocciosa. Nel 2017 la finestra rocciosa nel centro della seraccata si libera di molto ghiaccio perimetrale; più a valle la ritirata verso monte del crepaccio terminale fa emergere un altro affioramento roccioso. Nel 2018 la lingua che evidenziava la finestra rocciosa si ritira dal corpo centrale; a valle il ghiaccio si ritira sul pianoro emerso l'anno precedente. Il mancato apporto da monte porterà nel pianoro a destra significative fusioni subglaciali, che formeranno la grotta Lapislazzuli con ingresso nei pressi del grande masso erratico che il ghiacciaio ha trasportato. Nel 2018 emerge una nuova

finestra rocciosa che delimita meglio la seraccata occidentale: meno ripida e con spessore maggiore. Nel 2019 l'ingresso della grotta crolla; nello stesso anno un circoscritto corpo di ghiaccio della seraccata est che resisteva si stacca dal corpo a monte. Nel 2020 crolla il corpo di ghiaccio sospeso crolla lasciando nuda la roccia. Si nota dal 2015 una forma via via più convessa della seraccata di Ovest. Evidente anche la riduzione di spessore dal 2015 del corpo glaciale più a monte che discende dal Vioz, causa della ritirata a monte del ghiacciaio una volta collegato al Forni Centrale. La ridotta lingua di ghiaccio sotto la seconda finestra che definisce la seraccata ovest più spessa, ha resistito nel 2021. Non è stata effettuata la misurazione dalla stazione FE; il ghiaccio morto che nel 2021 sopravvive è coperto da uno strato di detriti che lo protegge dalla radiazione diretta.

Ghiacciaio del Forni Occidentale. Nel 2015 anche questo ghiacciaio si stacca definitivamente dal Forni Centrale. La risalita è relativamente lenta per via dello spessore importante alimentato dagli accumuli nel pianoro a 3000 m. L'abbassamento ai bordi della grande lingua glaciale che scendeva fino ai Forni Centrale è ben visibile osservando l'affioramento di roccia sempre maggiore sul bordo ovest. Nel 2016 il ritiro del ghiaccio determina la formazione sul bordo sinistro di un laghetto. Non è stata rilevata la misura dalla stazione FO. Le due grandi finestre di roccia all'altezza del colle tra Tresero e S. Giacomo, separate da un'imponente seraccata anche negli anni 2000, risultano nel 2021 separate da un ridottissimo spessore di ghiaccio destinato a scomparire entro l'estate 2022. Si evidenziano gli imponenti collassi di ghiaccio e roccia dalla sommità del S. Matteo accumulatisi sul pianoro a quota 3000 m. Hanno collaborato Davide Colombaroli, Susanna Grasso e Ivan Peri.

Quota min. fronte: 2515 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
3B*	175°	591	532.5	-58.5
SPP20*	191°	120	103.5	-16.5
SPP20*	170°	202	198	-4
SPP20*	154°	232	232	0
SPP21§*	141°	87	-	-

* Ghiacciaio Centrale dei Forni.

§ Nuovo segnale, coordinate WGS84, UTM32T 0621758, 5139933, SPP20: segnale ubicato nel 2020, dato non pubblicato lo scorso anno, coordinate WGS84, UTM32T 0621845, 5140021.

512.1 Ghiacciaio del Dosegù

Operatore: Aldo BORGHI e Valeria CIPRIANI (SGL) -
Controllo del 2021.09.11

Il raggiungimento di quota 3300 m ci ha consentito una valutazione piuttosto accurata della ELA, che si posiziona intorno a 3250 m, e dell'Indice AAR che valutiamo in circa 60% (valori simili a quelli dell'anno precedente). I bacini di accumulo dei ripiani superiori del ghiacciaio confermano la presenza di neve dell'anno, mentre nei cambi di pendenza più accentuati anche a quote elevate è evidente la presenza di ghiaccio vivo. Il segnale BP08 tornato misurabile lo scorso anno e LAB18 non sono stati raggiunti causa meteo e il poco tempo rimasto. Abbiamo posizionato un nuovo segnale indicato come A08-ter (segnato con triangolo rosso e numero arabo 3 coordinate - WGS84 UTM32 - 1618545, 5136389, 2966 m di quota), può essere definitivamente considerato un punto di riferimento affidabile, anche in considerazione del fatto che l'A08bis si trova in una posizione prospiciente ad una dolina e potrebbe crolla-

re nei prossimi mesi; sostituirà a tutti gli effetti A08 Bis. La situazione morfologica che caratterizza il segnale 2ter è invece particolarmente critica (si osservi la foto allegata Area 2 Ter), non siamo riusciti a raggiungerlo causa i canali scavati dal torrente di ablazione ma dalle foto scattate in lontananza si evince come ormai questo segnale misuri una zona del ghiacciaio completamente coperta da detrito che non sembra essere soggetta a ritiro ma che probabilmente non rappresenta in modo realistico il comportamento del ghiacciaio. Nella foto con teleobiettivo del segnale 2ter si vede molto bene il masso su cui è apposto il segnale. La palina 1 ha registrato una perdita di 217 cm, in linea con quella dell'anno precedente. Tutte le altre paline sono considerate perse e sostituite dalla nuova palina denominata 2bis, posizionata a oltre 3228 m di quota e infissa per 690 cm nel ghiaccio (lo spezzone giallo non è stato infisso causa l'impossibilità di giuntare i due cavi della sonda vapore). Si presume che la palina a differenza di quelle poste a quote superiori sarà rintracciabile e misurabile ogni anno, infatti, la neve residua dovrebbe essere limitata.

Quota min. fronte: 2890 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
A08bis	40°	142	127	-15

516 Ghiacciaio della Sforzellina

Operatori: Claudio SMIRAGLIA e Davide FUGAZZA (CGI) -
Controllo del 2021.09.17

Ghiacciaio totalmente privo di neve recente e nevato. L'unico accumulo visibile è ai piedi della parete del Corno dei Tre Signori, dove si localizzano imponenti coni di valanga, sui quali sono visibili colate detritiche derivanti



516 - Ghiacciaio della Sforzellina (foto C. SMIRAGLIA, 2021.09.17). Gran parte del ghiacciaio è coperto da detrito. Da quest'anno il bilancio di massa misurato con metodo glaciologico è stato abbandonato. *Supraglacial debris covers wide portions of the glacier. Starting from this year the mass balance measured with glaciological method was abandoned.*

da frane di crollo. Continua l'ampliamento della superficie coperta da detrito (attualmente superiore al 70% dell'area totale), che tende ad assumere una morfologia convessa rispetto alle limitate fasce laterali prive di copertura. Il Ghiacciaio della Sforzellina può ormai essere considerato un vero e proprio *debris covered glacier*. La fronte, completamente ricoperta da morenico, come gran parte del settore medio-inferiore del ghiacciaio, continua il lieve arretramento. Tenendo conto dell'ormai ridotta significatività e delle difficoltà dovute alla presenza del detrito, si è deciso di non proseguire con la valutazione del bilancio di massa con il tradizionale metodo glaciologico di terreno, iniziato nel 1987 (variazione totale di spessore 37 m *w.e.*). Si è proceduto a un rilievo aerofotogrammetrico con drone (DJI Phantom 4 RTK del Dipartimento di Scienze e Politiche Ambientali dell'Università degli Studi di Milano), che si pensa di effettuare a scadenza almeno biennale. Rilievi eseguiti in collaborazione con il Club Alpino Italiano, Sezione di Valfurva.

Quota min. fronte: NM

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
CS2 (cf)*	130°	14	10.5	-3.5

Bacino: ADDA - PO

Ghiacciai del Gruppo Orobic

541 Ghiacciaio dei Marovin

Operatori: Riccardo SCOTTI e Matteo OREGGIONI (SGL) -
Controllo del 2021.10.01

Rispetto al 2020, il ghiacciaio presenta un innnevamento più esteso e consistente nella parte frontale, impedendo anche quest'anno le misure. Al contempo la porzione mediana è largamente scoperta, con ghiaccio vivo, detrito e *firn* 2020 esposto. L'indice AAR ancora stimabile attorno al 90% alla data del 26 agosto, si riduce significativamente nel mese di settembre. L'indice AAR, valutato in modo dettagliato sulla base dei rilievi di terreno al 1° ottobre vede un valore del 63%, il 5% inferiore rispetto al 2020 per una sostanziale stazionarietà del volume di ghiaccio complessivo nel 2021. Osservazioni fotografiche complementari ad opera di Mario Butti.

Quota min. fronte: 2070 m

543 Ghiacciaio del Lupo

Operatore: Riccardo SCOTTI, Matteo OREGGIONI,
Marco MASSERINI - Controllo del 2021.10.01

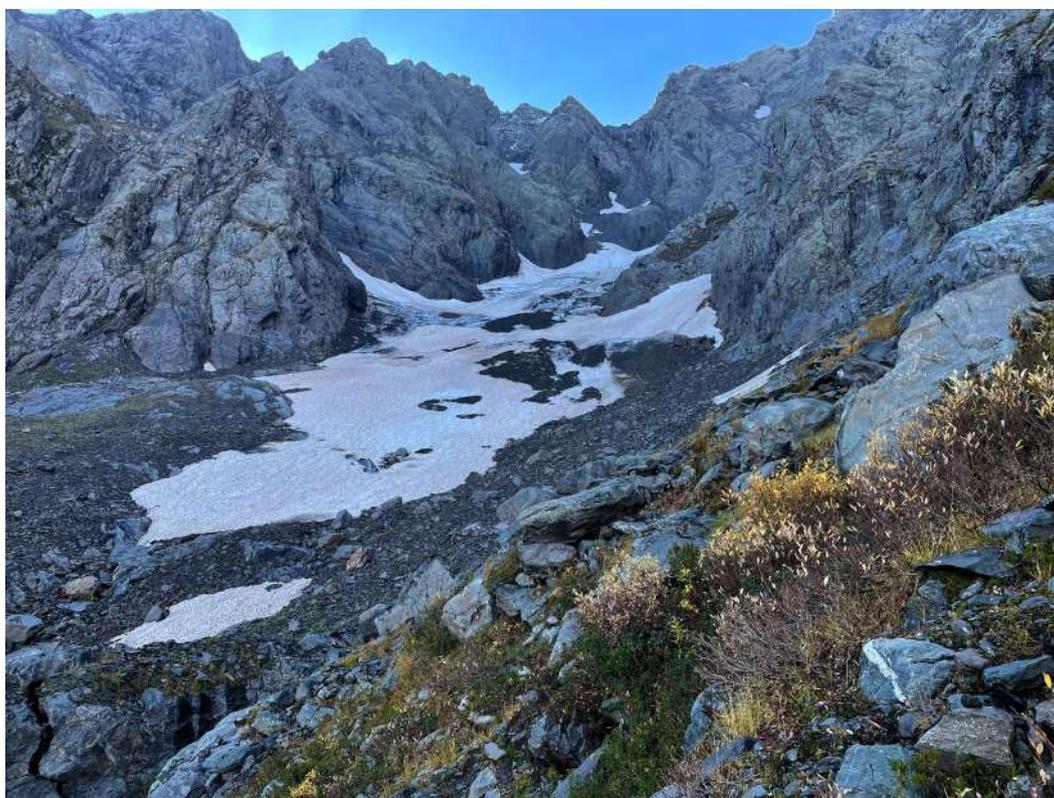
Il ghiacciaio come di consueto è stato visitato in 4 occasioni durante il semestre estivo. I rilievi nivologici per il calcolo del bilancio invernale e i sondaggi della neve su tutta la superficie del ghiacciaio sono stati effettuati il 13

giugno mentre il 6 agosto sono stati ripetuti i sondaggi nei 3 punti campione; il 5 settembre è stato effettuato un controllo delle paline ablatometriche. Il rilievo finale è stato effettuato il 1° ottobre in concomitanza con la ricostruzione aereofotogrammetrica del ghiacciaio svolta dalla società TERR.A.IN per conto di ARPA Lombardia (Centro Nivo-Meteorologico di Bormio).

Alla data del 13 giugno la media dello spessore della neve nei 3 punti campione è di 592 cm, sesto valore più elevato dal 1996. Il bilancio di accumulo distribuito sull'intera superficie del ghiacciaio (3921 mm *w.e.*) è il 4° più abbondante della serie di misure (2007-2021) dopo 2009, 2019 e 2014. A differenza dello scorso anno l'ablazione è molto intensa ma il forte accumulo iniziale permette al ghiacciaio di iniziare a scoprirsi attorno al 31 luglio, circa una settimana dopo il 2000 e oltre un mese dopo il 2018 (annata particolarmente negativa).

Al 6 agosto la neve è ancora presente nei 3 punti di misura per uno spessore medio di 155 cm. Nel corso del mese di agosto l'innnevamento si riduce ulteriormente soprattutto nella porzione centrale del ghiacciaio. Al 5 settembre la neve rimane ancora al punto di misura 1 (80 cm) mentre è scomparsa ai punti 2 e 3. La prima nevicata arriva il 19 settembre e rallenta o blocca l'ablazione fino al 26 settembre, quando un po' di pioggia esaurisce la neve fresca. La nevicata che chiude definitivamente la stagione di ablazione arriva invece il 6 ottobre, pochi giorni dopo il rilievo finale. Grazie alle immagini in continuo della fotocamera *time-lapse* del Bivacco Corti, alle foto di terreno e all'ortofoto della porzione inferiore del ghiacciaio fornita da ARPA Lombardia è stato possibile definire con particolare accuratezza l'estensione della neve residua al 1° ottobre per un AAR di 0.32 (32%). A differenza dei limitrofi ghiacciai di Porola e Marovin, l'innnevamento è più esteso che nel 2020. Invece, come al Ghiacciaio del Marovin, è più abbondante nella porzione inferiore sia in destra sia, soprattutto, in sinistra idrografica, dove gli accumuli valanghivi hanno permesso ad un consistente accumulo residuo di proteggere la fronte del ghiacciaio. Nella parte alta, alla base delle pareti rocciose la neve è invece meno estesa che nel 2020. Il perdurare di accumuli valanghivi nella porzione inferiore del ghiacciaio ha reso impossibili quest'anno le misure di fluttuazione frontale. Nel suo complesso la neve residua presenta anche quest'anno una distribuzione particolarmente complessa tanto che la quota della ELA di 2600 m può essere considerata come un dato medio poco indicativo. Il bilancio di massa netto esteso all'intera superficie del ghiacciaio è pari a -211 mm *w.e.*, leggermente meno negativo rispetto al 2020. Con il 2021 si è giunti al settimo anno consecutivo di bilanci negativi mentre il bilancio netto cumulato dal 2010 (inizio della serie) raggiunge i -6320 mm *w.e.* Hanno collaborato ai rilievi o hanno fornito immagini: Simone Vaninetti, Fabio Fazzini, Stefano Losa, Michele Ruffoni, Luca Bongio, Giulia Mazzoletti, Aurora Curtoni, Luca Galbiati, Emanuele Nicoli, Alessio Micheletti, Mario Butti e Susanna Grasso (ARPA Lombardia)

Quota min. fronte: 2440 m



541 - Ghiacciaio dei Marovin, visione generale (foto M. OREGGIONI, 2021.10.01). La neve si accumula alla base dei canali di valanga. *General view of the glacier; annual residual snow accumulates only at the base of avalanche tracks.*



543 - Ghiacciaio del Lupo; stazione fotografica SF716 (foto M. OREGGIONI, 2021.10.01). Panoramica del ghiacciaio; la neve residua di origine valanghiva si accumula anche sul settore inferiore del ghiacciaio. *An overview of the glacier showing the residual snow cover accumulated also in the lower sector of the glacier.*

Bacino: OGLIO - PO

Ghiacciai del Gruppo Adamello - Presanella

577 Ghiacciaio Occidentale di Pisgana

Operatori: Gianmarco MONDATI, Amerigo LENDVAI e Cristian NARDON (SGL) - Controllo del 2021.09.04

I rilievi nivologici del 20 giugno hanno riscontrato un manto nevoso di 280 cm di spessore e 1561 mm *w.e.* Le condizioni di temperature elevate della settimana precedente il rilievo hanno compromesso la bontà del dato e si ritiene più coerente un accumulo nivale di 1900-2000 mm *w.e.*, basandosi anche sui rilievi effettuati da ARPA a fine maggio. Tale accumulo risultava di certo al di sopra della media degli ultimi dieci anni, ma la fusione estiva l'ha comunque consumato interamente sull'altopiano nei pressi di Passo Venerocolo, esponendo il ghiaccio attorno al 15-20 agosto. Alla data del rilievo delle paline si erano già persi 50 cm di ghiaccio (media semplice delle due paline) ed è proseguita l'ablazione fino al 21 settembre. Al momento del rilievo fotografico, effettuato in data 26 agosto dalla vetta della Cima di Salimmo (SF 611, 3115 m), la copertura nevosa riferibile all'inverno trascorso, risultava essere già inferiore al 40%, con un valore di AAR stimato di 0.3. La quota del limite delle nevi (ELA) si attesta attorno 3100 m s.l.m. Bisogna precisare che l'area al di sopra della ELA non è completamente coperta di neve dell'inverno appena passato, né tanto meno sembra essere presente del *firn* delle annate precedenti, in quanto sono presenti aree, probabilmente caratterizzate da una esposizione meno congeniale, in cui il ghiacciaio risulta scoperto.

Analizzando il settore inferiore del ghiacciaio Occidentale di Pisgana, risulta ancora essere collegato al bacino superiore da una stretta lingua di ghiaccio che, oltre a mostrare evidenti crepacci, non lascia intendere la presenza di una dinamica glaciale tuttora attiva. Il settore inferiore continua a mostrare un ulteriore assottigliamento e decremento, elementi messi in evidenza dalla presenza di due collassi settoriali ben visibili, il primo formatosi alla fronte oramai non più attiva, generando una piccola grotta glaciale con un piccolo lago proglaciale, mentre il secondo si presenta come una dolina di crollo in una posizione leggermente più interna, con alla fronte un secondo lago proglaciale. Le cause che potrebbero aver indotto questi collassi possono essere ricondotte all'alto tasso di ablazione con conseguente presenza di torrenti ablatori alla base del ghiacciaio. L'intero settore potrebbe essere interessato in futuro da ulteriori collassi, ipotesi sostenuta dalla presenza di numerose fratture circolari e semicircolari nelle aree marginali a contatto con il substrato. Il settore superiore mostra una larga fronte glaciale molto assottigliata, in alcuni settori sono visibili delle piccole cavità che mettono in luce il substrato tonalitico affiorante. Rispetto agli anni precedenti, questa fronte continua ad assottigliarsi e a ritirarsi. Il grande nunatak centrale non può essere più definito tale, in quanto non più circondato nella sua parte inferiore dal ghiacciaio, ne rimane uno più piccolo a quote più elevate. Sulla base di questo rilievo fotografico e di una successiva ispezione alla fronte del ghiacciaio passando

per la Val Sozzine e il Lago di Pisgana, è stata valutata una possibile ripresa delle misure frontali da valutare nell'anno 2022.

Quota min. fronte: 2690

581 Ghiacciaio del Venerocolo

Operatori: Amerigo LENDVAI e Cristian NARDON (SGL) - Controllo del 2021.09.04

La neve residua sul corpo glaciale principale è limitata quasi esclusivamente ai conoidi valanghivi a ridosso della parete nord dell'Adamello, divenendo quasi continua sopra quota 2800 m, mentre sulla porzione distaccata occidentale la ELA, seppur irregolare si può individuare attorno a quota 3100 m. La finestra rocciosa centrale continua a ingrandirsi. La fronte del corpo principale continua ad arretrare nel pianoro detritico e la parete quasi verticale è ormai smussata e presenta una pendenza di 45° circa. La grotta si è ridotta ulteriormente presentando uno sviluppo quasi parallelo alla fronte. Complessivamente non si notano variazioni di aspetto della porzione coperta di detrito. Data la notevole distanza dal segnale BTP15, approfittando del superamento del torrente ablatore, è stato utilizzato il nuovo segnale VEN20, identificato temporaneamente nel 2020 su un masso con un ometto con un blocco rossastro al vertice, in attesa di contrassegnare con apposita vernice il segnale nel 2022.

Quota min. fronte: 2570 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
VEN20 [§]	153°	25	16	-9

[§] Nuovo segnale, posizionato nel 2020, in sostituzione di BTP15, troppo distante (stesso azimuth); coordinate WGS84, UTM32T 0615511, 5114206, 2570 m.

608 Ghiacciaio dell'Adamello

Operatori: Amerigo LENDVAI e Paolo PAGLIARDI (SGL) - Controllo del 2021.09.26

Il 3 luglio sono state controllate le paline 1, 2, 3. La neve stagionale era continua da quota 2650 con spessore di 120 cm presso la palina 3. Il 21 agosto è stata visitata la zona del Pian di Neve superiore, il Corno Miller e la cima del Monte Adamello. La neve residua non superava gli 80 cm di spessore sull'altopiano di quota 3200 m, mentre era più abbondante sul pendio a ridosso del Corno Miller. Risultava chiuso il crepaccio terminale di accesso al Bivacco Ugolini e, sulla via per la Cima erano presenti alcuni nevai, oltre alla placca di ghiaccio a NNE della cima, completamente coperta di neve. L'Effluenza Miller non mostra variazioni rispetto al 2019. Anche l'Effluenza Salarno, rilevata fotograficamente dal Corno Miller, appare immuta-

ta nel profilo della fronte, ormai risalita sopra un gradino roccioso di quota 3000 m. Il 27 agosto sono state rilevate le paline nei pressi del Passo Salarno, che mostravano una variazione nulla rispetto all'anno precedente, seppur con una copertura nevosa residua ormai esigua. L'ablazione di circa 30 cm in questa zona è quindi imputabile al solo mese di settembre. Presso la stazione fotografica della Cima Pian di Neve è stata rilevata fotograficamente anche l'Effluenza Adamè, che evidenzia un lieve arretramento, ma senza modifiche rilevanti del profilo della fronte. L'effluenza pensile del Cornetto di Salarno invece non è variata, se non per uno smussamento dei bordi della frattura dell'ultimo crollo, risalente all'inverno 2019-2020. La fronte del Mandrone, visitata in ultimo il 26 settembre, ha subito una significativa contrazione, con arretramento lineare più marcato in sinistra idrografica. La fusione superficiale rilevata dalle paline in questa zona è stata di 140 cm in soli 23 giorni (3-26 Luglio) e di 495 cm complessivi. I rilievi fotografici sono stati svolti in anticipo rispetto alle prime nevicate del 18 e 19 settembre, che hanno fermato l'ablazione alle quote sopra i 2900 m. Tuttavia, dall'analisi

delle immagini della webcam di Punta Venerocolo e delle *timelapse-camera* si è rilevata una quasi identica estensione della neve residua al 17 settembre, che anche nel 2020 è stato l'ultimo giorno della stagione di fusione. Come nel 2020 solo il settore esposto a WNW del Dosson di Genova presentava innevamento residuo esteso, mentre i versanti esposti a ESE avevano neve residua solo a tratti al di sopra dei 3200 m, con il plateau superiore del Pian di Neve che quasi totalmente coperto, ma con spessori certamente molto ridotti. Si può quindi affermare che, nonostante i cospicui apporti nevosi dell'inverno 2020-21, superiori al 2019-20, la fusione è stata nettamente superiore alla stagione precedente, in quanto la neve residua è inferiore e i dati delle paline sono peggiori. Sono state fissate le seguenti stazioni fotografiche con segnale rosso per replicare al meglio i confronti già presenti in archivio: 660 sopra Rifugio Mandrone, fuori dal sentiero verso ovest presso grande masso e piccolo rudere, coordinate 46.2067 N 10.5723 E; 661 sulla sella di vecchio accesso al ghiacciaio, coordinate 46.1859 N, 10.5582 E.

SETTORE TRIVENETO
(Coordinatore: Aldino Bondesan)

ALPI RETICHE

Bacino: SARCA - MINCIO - PO

Gruppo Adamello - Presanella

634 Ghiacciaio di Lares

Operatori: Cristian FERRARI, Alessandro FELLIN,
Massimo SANTONI, Pier Paolo SPERI (SAT) -
Controllo del 2021.10.02

Prosegue l'evoluzione del ritiro della fronte per l'apertura dei "calderoni" che si stanno formando nella parte basale della fronte, dove si sta originando un nuovo lago. Il ghiacciaio risulta quasi completamente privo della neve vecchia.

Quota min. fronte: 2612 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
SAT 1-17	230°	432	358	-74

637 Ghiacciaio della Lobbia

Operatori: Cristian FERRARI, Alessandro FELLIN,
Norman GASPERINI e Federico PEDROTTI (SAT) -
Controllo del 2021.09.12

Nella porzione centrale della fronte glaciale vi è una lingua che si trova più avanti rispetto a tutto il resto della fronte, e dalla quale fuoriesce l'acqua di fusione.

Di difficile interpretazione è la determinazione della ELA, in quanto sulla superficie del ghiacciaio sembrerebbe esserci del *firm*. Sulle porzioni laterali del ghiacciaio, dove le pendenze sono notevolmente maggiori rispetto alla zona centrale, si nota la presenza di neve.

Quota min. fronte: 2735 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
SAT 3A-18	178°	46	31 (2019)	-15

639 Ghiacciaio dell'Adamello effluenza del Mandrone

Operatore: Cristian FERRARI, Alessandro FELLIN,
Federico PEDROTTI e Norman GASPERINI (SAT) -
Controllo del 2021.09.12

Il ghiacciaio si presenta quasi completamente privo di neve ad esclusione dei versanti più pendenti del bacino a quote superiori ai 2700 m s.l.m. La superficie glaciale assume una colorazione molto scura a causa della presenza di sedimenti sabbiosi.

Il punto di misura SAT 4A 18 si trova in destra idrografica della fronte e la distanza è stata misurata rispetto al punto più a valle del ghiacciaio. Nella parte centrale e nella porzione più in sinistra idrografica la fronte è molto più arretrata, probabilmente come evoluzione del crollo avvenuto nell'estate 2020.

Quota min. fronte: 2540 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
SAT4a -18	222°	82	59	-23

640 Ghiacciaio Occidentale di Nardis

Operatori: Marisa GROFF, Daniele LUCHETTA, Elena BERTONI,
Norman GASPERINI e Pier Paolo SPERI (SAT) -
Controllo del 2021.09.18

Sulla superficie del ghiacciaio non vi è neve residua; si rileva la presenza di *firm*. Lo scorrimento delle acque superficiali è modesto.

Non è stato possibile determinare la posizione della ELA, perché non visibile a causa dell'orografia.

Quota min. fronte: 2774 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
SAT 20-1	308°	47	44	-3

644 Ghiacciaio d'Amola

Operatori: Cristian FERRARI, Elisabetta TRAVAGLIA
e Norman GASPERINI (SAT) - Controllo del 2021.09.02

Il ghiacciaio si presenta con una copertura detritica piuttosto spessa, a parte nella porzione sommitale, dove è presente copertura nevosa e nella porzione centrale, dove è presente una parete verticale di ghiaccio, dalla quale fuoriesce una cascata d'acqua.

Il ghiaccio sulla fronte assume una colorazione molto scura tendente al nero. È stato misurato anche l'arretramento rispetto a una porzione della fronte del ghiacciaio un po' più arretrata e che possedeva una forma concava, dalla quale fuoriusciva l'acqua di fusione.

Quota min. fronte: 2541 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
SAT02 10	290°	130	125 (2019)	-5

646 Ghiacciaio Meridionale di Cornisello

Operatori: Matteo TORO e Enrico VALCANOVER (SAT) -
Controllo del 2021.09.12

Dal confronto con le fotografie scattate dalla stazione fotografica SAT90-1 nei primi anni 2000 appare evidente come il ghiacciaio abbia subito una drastica riduzione dello spessore. Il ghiacciaio è attualmente diviso in due corpi distinti da un salto roccioso che separa la porzione sommitale in destra orografica dal resto del corpo glaciale. La neve residua è presente sia alla base che nelle porzioni sommitali.

Il ghiacciaio è coperto da detrito per circa metà della sua superficie. La porzione sommitale in sinistra orografica presenta una pendenza elevata ed è ricoperta da materiale ghiaioso, mentre le porzioni centrali risultano ricoperte da grossi blocchi.

In destra orografica è presente un unico profondo crepaccio con andamento longitudinale.

Quota min. fronte: 2800 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
MV 1951*		595	341 (1970)	-254
MV 70*	220°	270	16 (1970)	-254
SAT90-1*	290°	197	16 (1990)	-X
SAT06-2	290°	73	44 (2011)	-29

* Segnali storici non più in uso.

Bacino: NOCE - ADIGE

678 Ghiacciaio della Presanella

Operatori: Cristian FERRARI (SAT) - Controllo del 2021.09.06

La copertura detritica rimane importante nella parte basale del ghiacciaio della Presanella, mentre risulta assente sulla parte del Cercen. L'importante copertura nevosa ha probabilmente favorito, sia nella fronte della Presanella misurata dal punto VM 96 (al riporto +84), sia al Cercen, un ridotto arretramento della fronte; nel primo caso è evidente il calo dello spessore della fronte, nel caso del Cercen la fronte va in battuta su una roccia montonata. Nella misura annuale si è evidenziata una riduzione dello spessore della fronte, nonostante la sostanziale immobilità della stessa.

Quota min. fronte: 2453 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
VM96	200°	370	369 (2019)	-1
SAT19-5	210°	2	2 (2019)	0

682 Ghiacciaio Occidentale della Busazza

Operatori: Alessandro MANINI e Michele RAVIZZA (SAT) -
Controllo del 2021.09.08

Presenza di copertura di neve vecchia sulla superficie del ghiacciaio. Nevai residui nei pressi della fronte in destra orografica, nella zona dei punti di misura 5 e 6. Si ritiene di abbandonare il punto di misura 1 (Richiamo +55) per pericolo di scariche dall'alto. Installato il nuovo segnale 2/2021 a 50 m di distanza dalla fronte. Si tratta di fatto dell'avvicinamento del punto 2 per 120 m.

Quota min. fronte: SN

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
2 (+ richiamo 40 m)	174°	170	163	-7
2/2021*	160°	50	-	-

* Nuovo segnale.

Gruppo Ortles - Cevedale

699 Ghiacciaio de La Mare

Operatori: Luca CARTURAN (CGI), Cristina VOLTOLINI (CGI), Cristian FERRARI (CGT-SAT) e Pier Paolo Speri (CGT-SAT) -
Controllo del 2021.09.25

Nel 2021 il bilancio invernale (dato indice misurato il 12 giugno) è risultato del 37% superiore alla media dal 2004 al 2020. La fusione estiva, iniziata nella seconda decade di giugno, è stata intervallata da periodi più freschi, anche se brevi, che hanno portato un po' di neve sul ghiacciaio rallentando l'ablazione. In particolare, si segnalano le nevicate del periodo 13-16 luglio (circa 30 mm di precipitazione nevosa con limite sceso fin sui 2600-2700 m), tra l'1 e il 5 agosto (circa 75 mm con limite sceso a 2700-2800 m), e tra il 27-31 agosto (5-10 mm con limite sceso a 2600-2700 m). Quest'ultima neve, seppure scarsa, è persistita su gran parte del ghiacciaio, sopra i 3100 m, fino a metà mese e poi dal 19 settembre altra neve ha fatto terminare definitivamente la stagione di fusione. A fine annata di bilancio la neve residua copriva piuttosto estesamente la metà superiore del ghiacciaio (AAR = 0.49), con ELA a 3216 m e bilancio annuale praticamente in pareggio (-64 mm *w.e.*). È proseguita anche nel 2021 la fase di rapida riduzione del settore sotto i 3100 m (circa 17 ha), ancora unito alla parte superiore da esili lingue di ghiaccio, ma di fatto dinamicamente scollato a causa dell'ulteriore affioramento del substrato roccioso che ne rende prossimo il distacco.

Quota min. fronte: 2705 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
CV16m83	193°	187	183	-4

699 - Il Ghiacciaio de La Mare ripreso il 18 settembre 2021 dalla fotocamera automatica installata nei pressi di Cima Nera. La metà superiore del ghiacciaio presenta una buona copertura di neve residua e un leggero strato di neve recente. La foto documenta la condizione di minimo innevamento dell'anno 2021. Il settore inferiore del ghiacciaio è prossimo al distacco. *Photo of La Mare Glacier on 18 September 2021, taken by the automatic camera close to Cima Nera. The upper half of the glacier is covered by residual snow and by a thin layer of snow. The photo shows the minimum snow cover reached in 2021. The lower ablation area is close to detachment.*



701 Ghiacciaio del Careser

Operatore: Luca CARTURAN (CGI) -
Controllo del 2021.09.13

Nel 2021 il Ghiacciaio del Careser non ha subito particolari variazioni morfologiche, ad eccezione di un significativo arretramento del margine inferiore e di un nuovo piccolo affioramento roccioso nei pressi del margine più settentrionale. L'accumulo nevoso invernale del 2021, misurato il 18 maggio, è stato del 40% superiore alla media dal 1967 al 2020. In virtù di questo, e di una fase conservativa tra l'ultima decade di maggio e la prima di giugno, a fine luglio il ghiacciaio era ancora per l'80% coperto di neve residua. A metà agosto il ghiacciaio era pressoché interamente scoperto, nonostante una fase fresca con un po' di neve tra il 2-5 agosto. La fusione è poi proseguita fino al 18 settembre, salvo una breve interruzione negli ultimi giorni di agosto per una debole nevicata. Le temperature da metà agosto non sono però state eccessivamente elevate e quindi l'ablazione è stata moderata. Il bilancio annuale è stato pari a -950 mm *w.e.*, significativamente meno negativo rispetto alla media degli ultimi 30 anni (-1614 mm *w.e.*). La ELA si è collocata a 3106 m e l'AAR è stato pari a 0.03. Le coordinate del punto di misura frontale C19 sono: 631760 E - 5145184 N - WGS84/UTM 32N. Le coordinate della stazione fotografica SF2021 sono: 631639 E - 5145105 N - WGS84/UTM 32N.

Quota min. fronte: 2965 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
C19*	63°	35	23	-12

710 Ghiacciaio di Sternai

Operatori: Nicola MARCHIO e Norman GASPERINI (SAT) -
Controllo del 2021.09.26

La misurazione della fronte del ghiacciaio è stata effettuata rispetto al punto più basso di quota dove era visibile il ghiaccio. La neve valanghiva ha coperto parte della fronte. È stato posizionato un nuovo punto di misura SF 21-1 a 68 m dal punto precedente SF 73 42m sulla linea azimutale 95° perché non era più possibile osservare la fronte del ghiacciaio a causa di un dosso che ne ostruiva la visuale. È stato posizionato un secondo punto di misura SF 21-2 a 80 m dal punto precedentemente posizionato (SF 21-1) sulla linea azimutale 90° perché la fronte risultava coperta da una falda detritica proveniente dal versante in sinistra orografica. La prossima misura che avverrà nel 2022 dovrà essere eseguita rispetto al punto SF 21-2.

Quota min. fronte: 2942 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
SF 73 42m	100°	214	118 (2003) [§]	-96
SF 21-1*	95°	146		
SF 21-2**	90°	66		

* Nuovo segnale, coordinate: UTM 32T 635190.4, 5148560.3, quota 2904 m

** Nuovo segnale, coordinate: UTM 32T 635268.1, 5148560.5, quota 2918 m.

[§] Dato non pubblicato in precedenza



701 - Il Ghiacciaio del Careser ripreso dalla stazione fotografica SF2021. Il ghiacciaio è quasi interamente privo di neve residua e il lago proglaciale aumenta rapidamente di dimensioni per il rapido ritiro della fronte. (Foto L. CARTURAN, 2021.09.13). *The Careser Glacier is almost without snow cover and the proglacial lake expands due to the rapid shrinking of the glacier terminus.*

Bacino: VALSURA - ADIGE

713 Ghiacciaio Fontana Bianca - Weissbrunnferner

Operatori: Giuseppe BARISON, Silvano ROSA (ramo destro) e Roberta ROSAN (ramo sinistro) (SGAA) - Controllo del 2021.09.11

Come nella precedente campagna, sul settore frontale destro è presente una consistente copertura nevosa, dovuta anche alle valanghe, che ha ostacolato e reso imprecise le misure di arretramento del bordo del ghiaccio (che non sono state considerate nella valutazione complessiva del ritiro). La fronte del ramo sinistro presenta un arretramento modesto, accompagnato da una perdita di spessore evidenziata da affioramenti rocciosi riscontrati anche nella parte mediana del bacino. Una notevole estensione di nevato è presente alla base della fronte. Nel settore centrale la superficie del ghiaccio è ricoperta da una notevole quantità di materiale detritico accumulatosi per le numerose frane dalle pareti rocciose sovrastanti.

Quota min. fronte: 3000 m (fronte sinistra orografica); 3007 m (fronte destra orografica)

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
BG18m13dx	220°	65	30*	-35
	180°	60	28*	-32
	240°	70	33	-37
SG15m21sx	234°	51	43	-8
	190°	41	39	-2
SG20m10	240°	15	10*	-5
	180°	14	11*	-3

* Dato non pubblicato nella campagna del 2020.

Bacino: PLIMA - ADIGE

718 Ghiacciaio Soi - Soyferner

Operatori: Giuseppe BARISON e Silvano ROSA (SGAA) - Controllo del 2021.09.25

La presenza di neve recente non ha consentito una valutazione dello stato delle attuali fronti e dell'intero corpo glaciale. Solo sul ramo sinistro è stato possibile misurare correttamente le variazioni frontali che hanno evidenziato un forte regresso e una notevole perdita di spessore. Nuovi crepacci si sono formati sul settore superiore, sul ramo di sinistra. A causa della copertura di neve recente, sul ramo destro non è stato possibile effettuare adeguate osservazioni e misure di variazione. È stato comunque osservato un aumento della presenza di massi anche di consistenti dimensioni.

Quota min. fronte: 2858 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
BR18m37	210°	70	49	-21

727 Ghiacciaio di Grames-Gramsenferner

Operatori: Stefano BENETTON (SGAA) - Controllo del 2021.09.03

Il ghiacciaio si presenta con una morfologia stabile. Il lobo sinistro mostra un restringimento a monte della fronte di larghezza di circa 10 m. Presenza di ghiaccio vivo nel settore inferiore e centrale, con nevato alle quote superiori e sotto alle pareti sommitali. Presenti delle placche di neve dai 2800 m circa, sui bordi laterali del ghiacciaio e fuori da esso. Sono presenti piccoli crepacci nel lobo in sinistra idrografica. Poche e grandi finestre rocciose in sinistra idrografica; attualmente una è in prosecuzione con le rocce laterali. Nei pressi della fronte nell'estrema sinistra idrogra-

727 - Ghiacciaio di Grames-Gramsferner; stazione fotografica Cima Rossa. La fronte del ghiacciaio è arretrata a monte del gradino roccioso che ospita sulla destra idrografica un piccolo lago proglaciale. In sinistra, un ristretto lembo residuale di ghiaccio, in parte inglobato nell'estesa copertura detritica frontale, costituisce l'estremità più avanzata della lingua glaciale in procinto di staccarsi dal corpo principale. (Foto S. BENETTON, 2021.09.03). *The front of the glacier is set back upstream of the rocky step which hosts a small proglacial lake on the hydrographic right. On the left, a narrow residual patch of ice, partly incorporated in the extensive frontal debris cover, forms the most advanced end of the glacial tongue about to detach from the main body.*



730 - Vedretta Alta - Höbenferner. Il ghiacciaio mostra una fronte notevolmente appiattita e frastagliata, in parte ricoperta da depositi glaciali sul lato in destra idrografica; nel tratto centrale affiora materiale detritico. In generale il solco vallivo proglaciale presenta rocce montonate con coperture detritiche scarse o assenti. (Foto G. BENETTON, 2021.08.26). *The glacier shows a notably flattened and jagged front, partly covered by glacial deposits on the hydrographic right side; detrital material emerges in the central section. In general, the proglacial valley furrow presents roche moutonnée with little or no detrital cover.*



fica è presente detrito. La fronte è facilmente riconoscibile, senza detrito, in ghiaccio vivo. Il lobo destro si tuffa nel laghetto proglaciale. È presente un laghetto proglaciale anche in corrispondenza del lobo in destra idrografica, ghiacciato e in espansione. La portata dei due torrenti proglaciali è bassa.

Quota min. fronte: 2910 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
SB19m4(sf)	160°	31	18	-13
SB19m8(df)	175°	22	17	-5

728 Vedretta Serana - Schranferner

Operatore: Giovanni BENETTON (SGAA) -
Controllo del 2021.08.25

Si osserva la presenza di un significativo crepaccio in corrispondenza del cambio di pendenza e direzione. Sono presenti altri piccoli crepacci attorno a quello principale, con varie direzioni di sviluppo. Si osserva l'espansione della finestra in destra idrografica. È presente, inoltre, una grande finestra rocciosa affiancata da una molto piccola, poco più in alto. Altre finestre rocciose sono presenti anche a valle e alla base delle pareti rocciose in destra idrografica. Il detrito appare in aumento sulla fronte in destra idrografica. La fronte è sottile, con il bordo facilmente riconoscibile, eccetto nella porzione in destra idrografica, a causa della copertura detritica. In generale il ghiacciaio si presenta in fase di ritiro, senza evidenti modificazioni alla morfologia.

Quota min. fronte: 2927 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
C06 m10 (cf)	150°	82	77	-5
CS06 m158(cf)	105°	313	302	-11
PC10(cf)	90°	182	178	-4

729 Vedretta Ultima - Ultenmarkferner

Operatore: Stefano BENETTON e Giovanni BENETTON (SGAA) -
Controllo del 2021.08.25 e 2021.09.03

Non si riscontrano particolari cambiamenti nella morfologia del ghiacciaio. Se dovesse continuare il ritiro, il ghiacciaio potrebbe separarsi in corrispondenza della strozzatura che permette il passaggio a valle dell'esile lingua attualmente sotto osservazione; in tale situazione il ghiacciaio diverrebbe più difficilmente monitorabile.

Presenza di ghiaccio vivo nel settore inferiore del ghiacciaio. Sono presenti alcuni crepacci di breve lunghezza a monte del contrafforte roccioso, in corrispondenza della massima pendenza. Assenti le finestre rocciose. Presenza importante di detrito in corrispondenza della strozzatura con cambio di direzione della lingua attualmente monitorata. La fronte non è stata individuata a causa della copertura nevosa. Torrente proglaciale con scarso deflusso idrico.

Quota min. fronte: ND

730 Vedretta Alta - Höhenferner

Operatori: Giuseppe PERINI (CGI) e Giovanni BENETTON (SGAA) - Controllo del 2021.08.26

Il ghiacciaio appare in assottigliamento. Alcune placche di neve residua dell'inverno sono presenti nelle zone epiglaciale e proglaciale. Visibili soltanto piccoli crepacci in sinistra idrografica, in corrispondenza del cambio di pendenza, e una piccola finestra rocciosa in vicinanza al margine sinistro. La copertura detritica risulta in aumento, dalla parte destra fino quasi al centro.

Vi è copertura nevosa della fronte e, poco a monte, presenza del ghiaccio vivo. La fronte risulta frastagliata, con quota leggermente inferiore in sinistra idrografica, in ghiaccio vivo.

Torrenti epiglaciali assenti e torrenti proglaciali in fuoriuscita da vari punti della fronte, con un quantitativo d'acqua intermedio.

Quota min. fronte: 2830 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
GP19m13	180°	55	55	0

731 Vedretta della Forcola - Fürkele Ferner

Operatori: Giuseppe PERINI (CGI) e Giovanni BENETTON (SGAA) - Controllo del 2021.08.26

La morfologia del ghiacciaio appare stabile. Presenti alcuni crepacci di forma circolare a monte della caverna in destra idrografica e piccoli crepacci longitudinali in corrispondenza del cambio di pendenza, più a monte. Si osserva un affioramento roccioso in espansione sia in sinistra che in destra idrografica. Detrito in destra idrografica, nella porzione inferiore, con alcune coperture detritiche allungate che arrivano alla fronte. La fronte appare ben riconoscibile. Il torrente principale è in uscita sulla sinistra idrografica della fronte con una quantità d'acqua moderata, minore del consueto. Presenza di una *bédrière* in sinistra idrografica e una che fuoriesce da un crepaccio in posizione centrale.

Quota min. fronte: 2767 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
GP2015m9	245°	112	99	-13

732 Vedretta del Cevedale - Zufall Ferner

Operatori: Giuseppe PERINI (CGI) e Giovanni BENETTON (SGAA) - Controllo del 2021.08.26

Il ghiacciaio appare in riduzione di volume, riscontrabile in particolare nei pressi della fronte del lobo sinistro. Presenza di numerosi crepacci (ridotti rispetto agli scorsi anni) sul lato destro della lingua sinistra. Detrito in aumento sul lato destro. La fronte risulta ben evidente; una sottile lingua di colorazione più scura scende ancora nel canalino con torrente (anche se non è il flusso principale). La massa d'acqua principale si trova a sinistra del canalino e scorre su rocce lisce.

Quota min. fronte: 2782 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
GP19m29	200°	41	35	-6

732 - Vedretta del Cevedale - *Zufall Ferner*; stazione fotografica SF18. La lingua glaciale appare appiattita e crepacciata, coperta da detrito nel suo tratto in destra idrografica; l'assenza di neve residua consente il riconoscimento delle foliazioni. (Foto G. BENETTON, 2021.08.26). *The glacial tongue appears flattened and crevassed, covered by debris in its stretch on the hydrographic right; the absence of residual snow allows the recognition of the foliations.*



733 *Vedretta Lunga - Langen Ferner*

Operatori: Giuseppe PERINI (CGI) e Giovanni BENETTON (SGAA) - Controllo del 2021.08.27

Il ghiacciaio risulta in evidente fase di riduzione di spessore. Presenza di crepacci al di sopra della finestra rocciosa, in corrispondenza del principale cambio di pendenza del corpo glaciale. Una finestra rocciosa in destra idrografica è in espansione e si sta estendendo verso un affioramento laterale. All'incirca alla medesima quota, si osserva anche in sinistra idrografica un'emergenza del substrato roccioso. Presenza di un affioramento roccioso anche in prossimità della fronte. Si osserva un aumento del detrito nella porzione centro-terminale destra, dove la morfologia del ghiacciaio appare mantenersi più stabile. La fronte è ben evidente, anche se coperta da detrito. Scomparsa della caverna in sinistra idrografica. La porzione in destra idrografica ha una fronte meno facilmente distinguibile. L'acqua esce in vari punti della fronte per poi riunirsi poco più a valle in un unico flusso torrentizio. Nella fase attuale il ghiacciaio presenta una riduzione frontale e volumetrica e un aumento della copertura detritica.

Quota min. fronte: 2725 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
GP18m17	240°	84	56	-28

743-744 *Ghiacciaio di Lasa e Basso dell'Angelo*

Operatore: Andrea SCALTRITI (SGAA) - Controllo del 2021.09.12

Il ghiacciaio si trova in una situazione di forte regresso e di diminuzione di spessore per i diversi settori, in particolare quello al di sotto di Punta Livi. Per tale motivo è stata osservata la comparsa di nuove finestre rocciose. Sempre più abbondante la copertura detritica a causa dei continui crolli dalle pareti sovrastanti. La copertura nevosa residua è stata valutata mediamente al di sopra dei 3200 m di quota. Non sono state eseguite misure alla fronte in destra idrografica.

Quota min. fronte: 2920 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
GP18m17	240°	84	56	-28

746 *Ghiacciaio del Forno - Ofenwand Ferner*

Operatore: Andrea SCALTRITI (SGAA) - Controllo del 2021.10.03

Nonostante una leggera copertura (1-5 cm) di neve fresca, è stato possibile riconoscere il limite della neve vecchia attorno ai 3200 m di quota. Il ghiacciaio, pur conservando un aspetto sostanzialmente compatto, ha mostrato una continua riduzione volumetrica accompagnata da un assottigliamento laterale. È stato osservato un incremento dell'i-



733 - Vedretta Lunga - *Langen Ferner*; stazione fotografica SF 2734m. Confronto tra le riprese del 1992 (in alto) e del 2021 (in basso). Il confronto tra i due rilievi a distanza di 29 anni mette in evidenza il vistoso arretramento frontale, l'abbondante copertura detritica alla fronte e la separazione della massa glaciale nel bacino di accumulo. Si osservi la morena sinistra deposta ai piedi del versante. (Foto G. PERINI 1992 e 2021.08.27). *Comparison of images from 1992 (top) and 2021 (bottom). The comparison of the two surveys after 29 years highlights the conspicuous frontal retreat, the abundant debris cover at the front and the separation of the glacial mass in the accumulation basin. Note the left moraine at the foot of the slope.*

746 - Ghiacciaio del Forno - Ofenwand Ferner; stazione fotografica indicata da un triangolo rosso, posta a 2740 m sul lato opposto della valle, sui macereti sotto la Cima Tedesca. La fronte si trova su un letto roccioso molto ripido e, sebbene negli ultimi anni abbia dato luogo a un arretramento relativamente contenuto, risulta oggi fortemente ridotta in spessore. La copertura morenica, soprattutto sul settore inferiore sinistro, risulta notevolmente estesa e particolarmente instabile. In posizione mediana, sulla destra idrografica, si sta progressivamente allargando l'affioramento roccioso, mentre i crepacci sulla sinistra evidenziano la presenza del sottostante gradino roccioso. (Foto A. SCALTRITI, 2021.10.03). *The front is located on a very steep rocky bed and, although in recent years it has evidenced a relatively limited retreat, it is now greatly reduced in thickness. The moraine cover, especially on the lower left sector, is considerably extended and particularly unstable. In the middle position, on the hydrographic right, the rocky outcrop is gradually widening, while the crevasses on the left show the presence of the underlying rocky step.*



sola rocciosa di destra (settore centrale), in prossimità della parete laterale. Sul settore inferiore l'ingente diminuzione di spessore potrebbe preludere a una perdita consistente di massa a causa di un possibile distacco del settore frontale. La fronte si trova su un letto roccioso molto ripido e negli ultimi anni ha dato luogo ad un arretramento relativamente contenuto. La copertura morenica soprattutto sul settore inferiore sinistro è risultata notevolmente estesa e particolarmente instabile tanto da costituire un pericolo per l'avvicinamento alla fronte. Presenti alcuni crepacci trasversali in prossimità della fronte; il settore centrale sinistro è caratterizzato dalla presenza di fratture su una ben definita area coincidente con una variazione di pendenza del letto roccioso. Molto evidente il crepaccio che corre lungo il piede di gran parte della sovrastante parete rocciosa.

Quota min. fronte: 2900 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
AS13m44	240°	151	135 (2019)	-16

Bacino: ROSIM - SOLDA - ADIGE

754 Ghiacciaio di Rosim - Rosimferner

Operatori: Giuseppe BARISON e Ezio BARALDO (SGAA) -
Controllo del 2021.08.21

Una parte della fronte poggia su uno zoccolo roccioso e la restante parte, comprese due grandi grotte molto profonde, su materiale detritico in movimento che probabilmente

ha determinato la misura positiva da azimuth 130°. La misura da azimuth 115° potrebbe essere fuorviante per la presenza di neve primaverile residua e la copertura detritica. Al centro del bacino si nota una depressione che indica una perdita di spessore della massa glaciale.

Scarsa la quantità di materiale detritico sull'intera superficie, presente solo parzialmente sul settore sinistro, ai piedi della morena laterale in fase di disfacimento. La portata d'acqua molto ridotta è forse dovuta alla giornata particolarmente fredda. In generale, più che arretramento lineare della fronte, il ghiacciaio manifesta una sensibile perdita della massa.

Quota min. fronte: 3020 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
UF07m20	130°	108	110	+2
UF07m20	115°	92	86	-6

762 Ghiacciaio Solda - Sulden Ferner

Operatori: Guido SARTORI e Roberto SEPPI (SGAA) -
Controllo del 2021.08.28

È stata osservata una pronunciata riduzione associata ad un forte arretramento delle due lingue glaciali, come conseguenza dello spessore sempre più ridotto del ghiaccio. La morena mediana che divide le due lingue è aumentata di dimensioni e si estende sempre più in alto verso il settore centrale del ghiacciaio. Il bordo inferiore della lingua destra si presenta sotto una aumentata copertura di



754 - Ghiacciaio di Rosim - Rosimferner. La superficie del ghiacciaio è per la gran parte libera da neve residua ed è quasi assente la copertura detritica, fatte salve alcune frange laterali e, in particolare, il fianco sinistro, ai piedi della morena laterale in fase di disfacimento. Si osservino in destra idrografica gli imbocchi di due grandi tunnel subglaciali. (Foto G. BARISON, 2021.08.21). *The surface of the glacier is mostly free of residual snow and the debris cover is almost absent, except for some lateral fringes and, in particular, the left side, at the foot of the decaying lateral moraine. On the hydrographic right, the entrances of two large subglacial tunnels can be observed.*



762 - Ghiacciaio Solda - Suldenerferner. L'apparato mostra una rete di colate glaciali separate da finestre rocciose che si sono progressivamente allargate negli anni. La maggior parte dei corpi glaciali è fittamente crepacciata nei tratti a maggior pendenza. Alla fronte, una morena mediana separa due flussi distinti che hanno manifestato un consistente arretramento anche quest'anno. Il detrito alla fronte è aumentato in estensione e spessore. (Foto G. SARTORI e R. SEPPI, 2021.08.28). *The glacier is composed by a network of glacial flows separated by rock windows that have progressively widened over the years. Most of the glacial bodies are thickly crevassed on the steepest slopes. At the front, a median moraine separates two distinct streams which have shown a consistent retreat this year as well.*

materiale detritico. Il laghetto proglaciale presente da alcuni anni davanti alla lingua di destra si è ridotto di dimensioni e lo strato di limo è risultato aumentato di spessore. Nella parte mediana del ghiacciaio è evidente il progressivo allargamento delle diverse finestre rocciose.

Quota min. fronte: 2730 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
RS08m16	154°	167	147	-20
	174°	170	130	-40
RR15m56	200°	130	118	-12
	185°	155	108	-47
SG21 m14*	155°	14	-	-

* Nuovo segnale, coordinate N 46° 28' 85"; E 10° 35' 70".

Bacino: TRAFIOI - SOLDA ADIGE

771 Ghiacciaio del Madaccio - Madatschferner

Operatori: Guido SARTORI, Roberta ROSAN e Roberto SEPPI (SGAA) - Controllo del 2021.09.25

La misurazione quest'anno è avvenuta con un mese di ritardo rispetto alla campagna precedente. Le condizioni generali del ghiacciaio hanno evidenziato una sensibile riduzione generale della massa e un sensibile arretramento frontale soprattutto nel settore centrale dove lo spessore era più ridotto (vedi misura da azimut 200°). Il collegamento di questa parte della lingua riguarda una superficie piuttosto ridotta e quindi destinata a isolarsi entro breve tempo. Anche la lingua di sinistra si è particolarmente ridotta nonostante l'abbondante copertura di materiale detritico. Nei settori rimanenti il ghiacciaio possiede ancora uno spessore maggiore e più rilevante. Non sono state osservate aree di nevato o neve vecchia ai bordi del ghiacciaio. A causa delle basse temperature del periodo non è stata notata una significativa fusione e le portate dei corsi d'acqua erano quasi nulle.

Quota min. fronte: 2660-2670 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
SG20m32*	200°	51	32	-19
	172°	95	88	-7

* Abbandonato il segnale SG17 m28 perché si trova ormai al sotto un salto di roccia che impedisce le misurazioni. Trovato un vecchio segnale S.F. del 1977 che indicava a 10 m la distanza del ghiacciaio e che ora si trova a qualche centinaio di metri. Le coordinate del segnale SG20m32 sono: N 46° 31' 00", E 10° 28' 94".

772 Vedretta Piana -Eben Ferner

Operatori: Stefano BENETTON e Giovanni BENETTON (SGAA) - Controllo del 2021.08.18 e 2021.09.05

Copertura di neve su tutto il corpo glaciale, ancora possibile il riconoscimento di varie morfologie superficiali; placche di neve a partire dai 2825 m circa. Sono presenti due crepacci longitudinali che terminano nel margine inferiore; assenti le finestre rocciose. Presenza di detrito, in grande quantità, solo in corrispondenza del massimo restringimento a monte del canalino. La fronte alla base del canalino appare coperta da neve. Al 18 agosto 2021, dal segnale SB19m14 al margine della neve si misura una distanza di 7 m circa; il 5 settembre sono stati misurati 10 m circa. In generale la presenza del manto nevoso, in parte artificiale, ha impedito l'effettuazione di misurazioni riguardanti l'evoluzione della fronte. Il corpo glaciale apparente in fase stazionaria. Modesta quantità d'acqua nel torrente proglaciale; presenti tre piccole *bédière* prive di portata.

Quota min. fronte: ND

Bacino: CARLIN - ADIGE

Gruppo: Venoste Occidentali

777 Ghiacciaio di Vallelunga - Langtauferner

Operatore: Andrea SCALTRITI (SGAA) - Controllo del 2021.09.05

Leggera copertura di neve recente, di ordine centimetrico oltre circa 3000 m; limite della neve vecchia oltre i 3100 m di quota. Prosegue la modifica morfologica del settore frontale che presentava un evidente e ingente calo volumetrico della lingua e che ha determinato in pochi anni un forte regresso della fronte. A causa dell'arretramento il bordo del ghiaccio si sta avvicinando alla voragine provocata dal crollo del 2018 di un consistente settore della lingua. Al suo interno la riduzione della massa gelata ha messo in luce il fondo roccioso dove scorre il torrente glaciale proveniente dal *Gepatsch Ferner* soprastante. Forte ablazione in atto sia nel ghiacciaio principale che nel soprastante *Gepatsch Ferner*, la cui area seraccata ha evidenziato una ulteriore diminuzione volumetrica.

Quota min. fronte: 2530 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
AS13m120 (cf)	110°	419	380 (2019)	-39
AS13m70 (cf)	100°	70	-	-

778 Ghiacciaio Barbadorso di Dentro - Innerer Baerenbart Ferner

Operatore: Andrea SCALTRITI (SGAA) - Controllo del 2021.09.05

Il giorno del sopralluogo era presente un leggero strato di neve fresca oltre i 3000 m di quota che non ha impedito di valutare il limite della neve vecchia a una quota superiore ai 3100 m. di quota. È proseguita la riduzione della massa complessiva, soprattutto nello spessore rilevabile dall'affioramento di nuove finestre rocciose e dal continuo assottigliamento del settore frontale della lingua ablatrice. La fronte è arretrata di 47 m dal 2019 (23.5 m/anno) con il limite inferiore del ghiaccio valutato a 2780 m circa di quota. Sono stati osservati anche nuovi accumuli di modeste frane provenienti dalla sovrastante parete rocciosa di destra orografica. Consistente l'ablazione all'atto del rilievo rilevabile dalla portata dei due principali torrenti glaciali.

Quota min. fronte: 2780 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
AS18m103	150°	155	108 (2019)	-47

Bacino: SALDURA - ADIGE

788 Ghiacciaio di Mazia

Operatori: Giovanni GRECO, Lorenzo LE PERA e Claudio CRESPI (SGAA) - Controllo del 2021.09.14

La parte superiore del ghiacciaio è ricoperta da uno strato di neve recente. La crepacciatura è molto visibile. Abbondante accumulo di materiale detritico soprattutto sul settore inferiore della lingua di destra dove vi sono evidenti scorrimenti di acqua di fusione, con alcuni inghiottitoi. Alla fronte sono comparse tre piccoli tunnel; su quella di sinistra è sempre più evidente l'aumento degli affioramenti rocciosi a causa della diminuzione di spessore del ghiaccio. Il ghiacciaio mostra una continua fase di arretramento frontale e di abbassamento della superficie. L'area del settore inferiore destro e frontale della lingua di destra è ricoperta da abbondante materiale detritico, mentre nel settore centrale è presente un'area molto crepacciata con disposizione radiale dei crepacci stessi. La riduzione di spessore della lingua di sinistra (orografica) è messa in evidenza dall'incremento delle aree rocciose del letto.

Quota min. fronte: 2800 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
TP14m112	120**	200	193	-7
GG11m68	92°	145	131	-14
GG04m48	110°	331	311	-20
GG15m59	50°	189	178	-11

* Cambiato l'azimut di misura da 140° a 120°.

794 Ghiacciaio di Saldura meridionale - Saldur Ferner

Operatori: Giovanni GRECO, Lorenzo LE PERA e Claudio CRESPI (SGAA) - Controllo del 2021.09.24

Il giorno del sopralluogo era presente uno strato di neve fresca sull'intera superficie, condizione che ha impedito l'effettuazione di misure di variazione della fronte. Tuttavia, è stato possibile valutare il perdurare della fase di riduzione dello spessore del ghiaccio soprattutto nel settore inferiore e frontale. Gli affioramenti rocciosi sono aumentati fino anche a suddividere la fronte. Sempre abbondante l'accumulo di materiale detritico proveniente dalle pareti, soprattutto sul versante destro. I crepacci presenti nella zona centrale si sono ridotti di dimensione mentre sono quasi del tutto scomparsi quelli del settore di sinistra, ancora presenti nei rilievi degli ultimi anni. Le portate dei due torrenti glaciali erano ridotte, evidentemente a causa delle condizioni meteorologiche del periodo. In generale, continua la fase di assottigliamento dello spessore specialmente in zona frontale, evidenziato dall'aumento degli affioramenti rocciosi. Le misure non sono state possibili per la presenza di neve fresca.

Quota min. fronte: 2950 m

Bacino: SENALES - ADIGE

805 Vedretta di Lagaun - Lagaun Ferner

Operatori: Guido SARTORI e Giuseppe BARISON (SGAA) - Controllo del 2021.08.21

La fronte si presenta con una perdita di spessore piuttosto importante. Per la riduzione di spessore del ghiaccio, soprattutto nel settore centrale di destra, è aumentata la quantità di materiale morenico in superficie che risulta spingersi fino quasi a ridosso della parete rocciosa sovrastante. In aumento anche il materiale detritico sul settore superiore a causa dei crolli dalle sovrastanti pareti.

Quota min. fronte: 3200 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
BRG 19- m23	270°	33	21	-12
	300°	21	20	-1
BRG 17- m21	270°	65	33	-32
	290°	52	42	-42

812 Vedretta delle Frane - Steinschlag Ferner

Operatore: Giovanni GRECO, Paolo TOSI e Valter CARBONE (SGAA) - Controllo del 2021.08.19

Il ghiacciaio ha evidenziato una fase di costante regresso, sia volumetrico che areale. In costante aumento la copertura detritica. Tra la lingua di destra e quella di centro si è formata una morena mediana di notevoli dimen-

805 - Vedretta di Lagaun - Lagaun Ferner; stazione fotografica BG19. Il notevole spessore dei depositi frontali mette in evidenza il pronunciato appiattimento della fronte, che manifesta una perdita di spessore considerevole. In secondo piano, sulla destra idrografica, si scorgono due morene laterali, parallele, con caratteristici allineamenti di conetti detritici. Numerose le bédrières che alimentano lo scaricatore glaciale. (Foto G. SARTORI e G. BARISON, 2021.08.21). *The considerable thickness of the frontal deposits highlights the pronounced flattening of the forehead, which shows a loss of considerable thickness. In the background, on the hydrographic right, two parallel lateral moraines can be seen, with characteristic alignments of debris cones. Numerous bédrières which feed the glacial drain.*



sioni che concorre a mascherare anche parte del bordo inferiore del ghiacciaio. La lingua sinistra sembra essersi ormai definitivamente isolata dal ghiacciaio vero e proprio. A causa della presenza di estese aree di neve residua e di nevato non è stato possibile individuare con esattezza il limite inferiore del ghiaccio, ma si è potuto ugualmente verificare la perdita di spessore della massa gelata. Presenti alcuni torrenti glaciali con una notevole portata a causa delle condizioni termiche del periodo. Sono stati osservati alcuni crepacci sopra il masso centrale rimasto scoperto da neve.

Quota min. fronte: 2900 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
PB05m85	254°	254	252	-2
PT10m32	250°	173	101	-72
PT11m113	285°	214	181	-33
PT12m37	244°	165	144	-21

* Cambiato l'azimut di misura da 270° a 254°.

813 Vedretta del Giogo Alto - Hochjoch Ferner

Operatori: Giovanni BENETTON (SGAA) -
Controllo del 2021.08.24

Buona parte del corpo glaciale risulta in ghiaccio vivo. Neve di colorazione scura presente ai piedi della parete rocciosa in destra idrografica. Presenza di neve sotto la

cima di Grawand, ben più a monte di Ötzi Bivack. Sono presenti crepacci trasversali stretti e poco profondi, paralleli alla fronte. Assenti le finestre rocciose. Contrafforte roccioso nella porzione superiore del ghiacciaio. Assenza di detrito, presente in piccolissima quantità sulla fronte sotto la parete destra. La fronte appare arretrata enormemente, posizionandosi per la quasi totale larghezza sopra il contrafforte roccioso, determinando quest'anno il record assoluto di ritiro annuale di tutti i ghiacciai altoatesini monitorati. È stata misurata l'esile breve lingua, larga tra i 2 e i 5 m, situata nel canalino con torrente, che discende in sinistra idrografica del contrafforte roccioso descritto. Si osserva un abbondante quantitativo d'acqua. Il torrente nella porzione inferiore svolta a destra e si immette nel lago collocato in posizione orientale e a valle rispetto alla piana antistante il ghiacciaio. Sono ancora presenti le piramidi di ghiaccio presenti nei pressi della fronte nel 2020 e ora completamente distaccate dal restante corpo glaciale. L'impianto di risalita sul ghiacciaio non poggia su un cumulo di neve, ma direttamente su ghiaccio. In generale la frammentazione del settore frontale ha determinato come conseguenza il grande arretramento e che in realtà risulta essere una perdita di area per distacco dal corpo del ghiacciaio, con piccoli lembi di ghiaccio morto abbandonati a valle della nuova fronte.

Quota min. fronte: 2805 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
SB18m52	150°	472	94	-378



812 - Vedretta delle Frane - *Steinschlag Ferner*. Il ghiacciaio ha evidenziato negli ultimi anni una fase di costante regresso, sia volumetrico che areale. Il costante aumento della copertura detritica è testimoniato dai depositi frontali, in parte rimaneggiati dallo scaricatore. Tra la lingua di destra e quella di centro si è formata una morena mediana di notevoli dimensioni che concorre a mascherare anche parte del bordo inferiore del ghiacciaio. (Foto G. GRECO, 2021.08.19). *In recent years, the glacier has undergone a phase of constant regression, both in terms of volume and area. The constant increase in the debris cover is evidenced by the frontal deposits, partly reworked by the meltwater stream. A median moraine of considerable size has formed between the right tongue and the central tongue, which also contributes to masking part of the lower edge of the glacier.*

816 *Vedretta del Giogo Basso - Niederjoch Ferner*

Operatori: Stefano BENETTON (SGAA) -
Controllo del 2021.09.01

Il giorno del sopralluogo era presente una leggera copertura di neve fresca (5-10 cm) che ha impedito di rilevare il limite della neve vecchia. Restringimento in destra idrografica nei pressi della fronte con aumento della copertura di materiale detritico. La diminuzione di spessore potrebbe determinare un forte arretramento nei prossimi anni. Presente un crepaccio con *bédière* in destra idrografica. Non sono state rilevate finestre rocciose. Presente una modesta quantità di detrito in forma di blocchi di medie dimensioni in sinistra e destra idrografica. La fronte appare con una forma ad unghia sempre più accentuata. Riconoscibile il bordo del ghiaccio anche sotto la copertura di neve fresca. Modesta la portata del torrente proglaciale (misurata temperatura di circa 3° C alle ore 20). Da rilevare la formazione di un laghetto in sinistra idrografica, a circa 50-100 m di quota a monte della fronte, in una conca rocciosa.

Quota min. fronte: 3005 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
SB19m17	95°	22	17 (2019)	-5

Bacino: ADIGE

Gruppo: Venoste di Levante

818 *Vedretta della Grava*

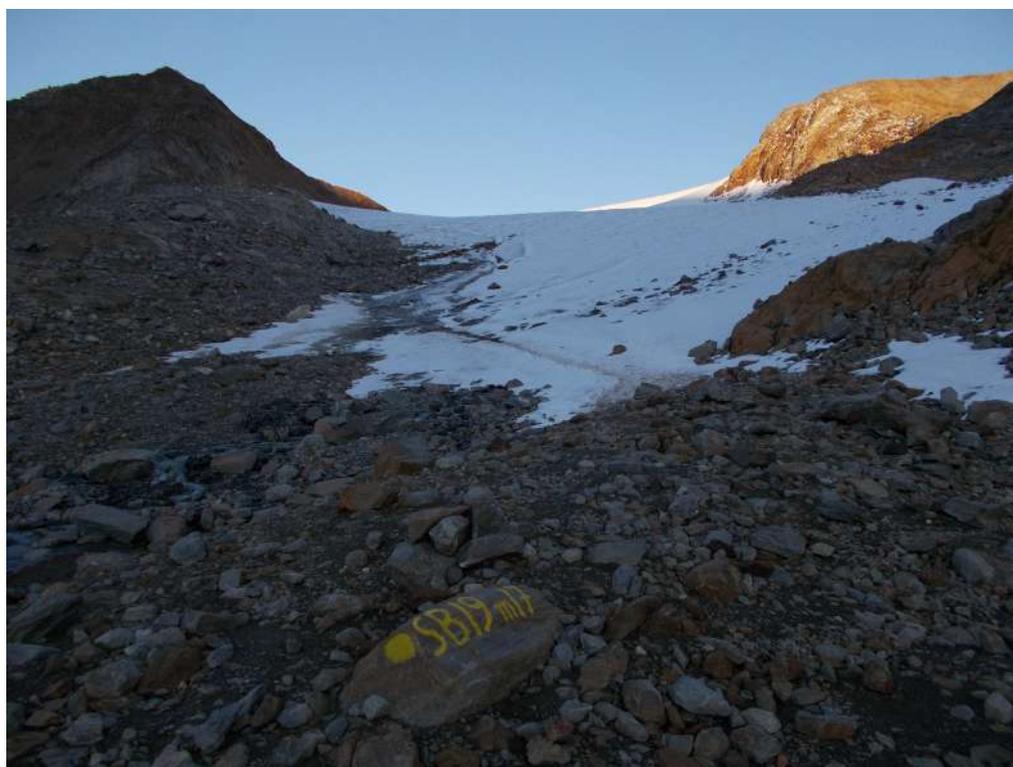
Operatori: Stefano BENETTON (SGAA) - Controllo del 2021.09.02

Il ghiacciaio appare coperto da un leggero strato di neve, con ghiaccio vivo su tutta la fronte. La lingua destra si è ritirata a monte del ripido canalino, lasciando lembi di ghiaccio morto a valle. Assenti i crepacci. Le finestre rocciose risultano in espansione in sinistra idrografica, dove rimane collegato il lobo inferiore grazie ad un esile corridoio di ghiaccio. Detrito presente in minima parte sul ghiacciaio, con alcuni blocchi in destra idrografica e in maggior quantità per frantumamento in sinistra idrografica sotto la ripida parete della Croda Marcia. Morene sopra il ghiacciaio assenti, notevoli invece i tre cordoni morenici della PEG (uno destra, due a sinistra). La fronte appare frastagliata, in particolare in sinistra idrografica. In alcune parti è ricoperta da neve invernale, in vari punti da circa 10 cm di neve recente. Quantitativo limitato di acque nelle ore centrali, in aumento nel pomeriggio.

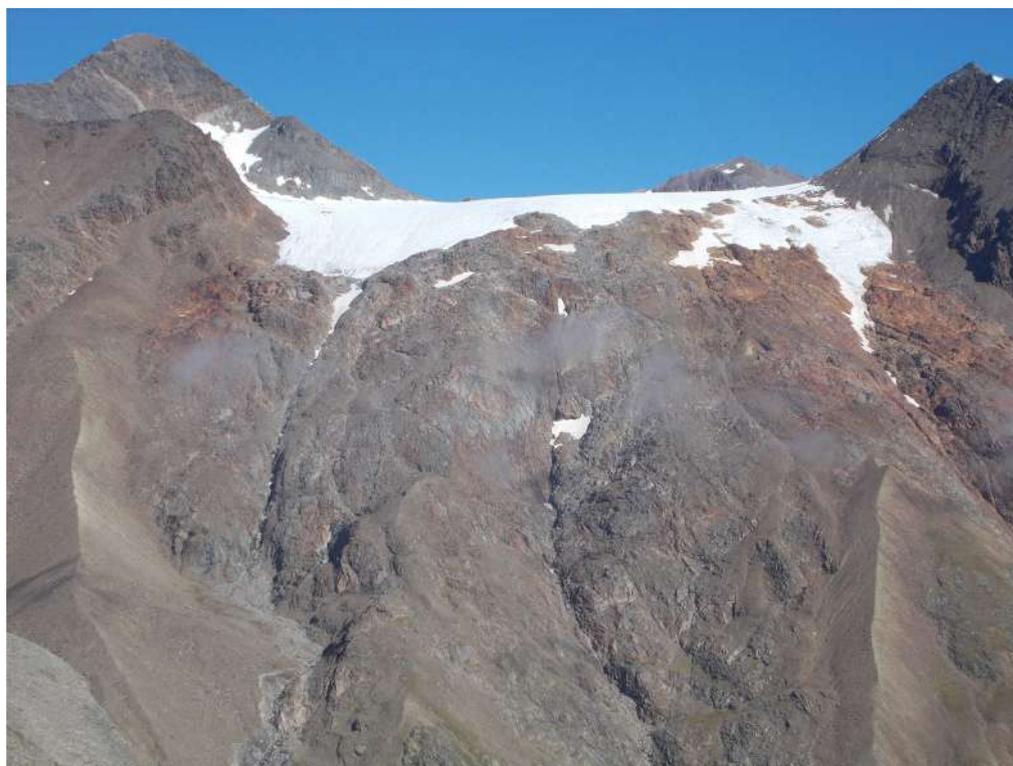
Quota min. fronte: ND

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
GD94m35	350°	172	169 (2019)	-3
SB18m16	360°	21	19 (2019)	-2
SB15m10	25°	200	47 (2017)	-153

816 - Vedretta del Giogo Basso - Niederjoch Ferner; stazione fotografica SB19m17. Continua la riduzione della fronte con conseguente appiattimento. Sui fianchi è presente una modesta quantità di detrito in forma di blocchi di medie dimensioni, mentre alla fronte le coperture sono più spesse ed estese. (Foto S. BENETTON, 2021.09.01). *The reduction of the terminus has been continuing, resulting in flattening of the frontal sector. On the sides there is a modest quantity of debris in the form of medium-sized blocks, while on the front the debris cover is thicker and more extensive.*



818 - Vedretta della Grava. Foto scatta da Croda Rotta. La lingua è quasi completamente arretrata sul ripiano sommitale, lasciando sgombro il ripido versante e abbandonando modesti lembi frastagliati di ghiaccio morto a valle. Spiccano in primo piano i cordoni morenici della Piccola Età Glaciale, particolarmente sviluppati e ben conservati. (Foto S. BENETTON, 2021.09.01). *The tongue is almost completely retired on the summit plateau, leaving the steep slope clear and abandoning modest jagged patches of dead ice downstream. The particularly well-developed and well-preserved morainic ridges of the Little Ice Age stand out in the foreground.*



Bacino: RIDANNA - ADIGE

Breonie

875 Vedretta di Malavalle - Uebetal Ferner

Operatore: Gianluigi FRANCHI (CGI) -
Controllo del 2021.08.19

Dall'anno idrologico 2001/02 è in atto sul ghiacciaio Malavalle lo studio del bilancio di massa. L'accumulo nevoso invernale (rilevato il 29 maggio) è stato di 1742 mm *w.e.*, superiore del 27% alla media di 1374 mm *w.e.* degli ultimi 20 anni, e si colloca al 2° rango della serie (dopo quello del 2014). Non essendoci stata ablazione invernale, l'accumulo coincide con il bilancio invernale, mentre negli anni scorsi per 12 volte si è rilevata ablazione invernale, per cui la media dei bilanci invernali è di 1312 mm *w.e.* Prima delle nevicate del mese di settembre (quasi sempre sopra i 3000 m) la neve invernale residua si trovava attorno ai 2900-3000 m sui versanti esposti a N, e ai 3000/3100 m sugli altri versanti. Il Bilancio Specifico Annuale del 2020/21 con -420 mm *w.e.* si colloca al 5° rango della serie di 20 anni, la cui media annuale è di -883 mm *w.e.* L'ELA sul Malavalle è stato calcolato a 3108 m, al di sopra dei 2934 m dell'ELA₀, quota teorica per l'equilibrio. Ne consegue che il ghiacciaio tende sempre più a ritirarsi verso l'alto e a diminuire di spessore soprattutto nella zona frontale intorno ai 2700 m. Infatti, alle Paline 1 (quota 2635 m) e 2 (quota 2690 m) in 20 anni lo spessore del ghiaccio è diminuito rispettivamente di 61 e 47 m, mentre globalmente il livello superficiale del ghiacciaio nello stesso periodo, come si evince dai bilanci cumulati, è diminuito mediamente di 19.6 m. Notevole l'arretramento frontale (-34 m) e il restringimento della linguetta terminale compresa tra i due versanti rocciosi.

Quota min. fronte: 2600 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
GF15m200	240°	317	283	-34

876 Vedretta Pendente - Hangender Ferner

Operatore: Gianluigi FRANCHI (CGI) -
Controllo del 2021.09.28

Dall'anno idrologico 1995/96 è in atto sulla Vedretta Pendente lo studio del bilancio di massa. L'accumulo nevoso invernale, che si effettua dal 1999, quest'anno (rilievi del 29 maggio) è stato di 1961 mm *w.e.*, e cioè il 18% superiore alla media degli ultimi 23 anni (1665 mm *w.e.*). Il bilancio di massa annuale, -1200 mm *w.e.*, è di poco inferiore alla media (-1157 mm *w.e.*) e si colloca all'12° rango della serie di 26 anni. Alla chiusura della campagna il 28 settembre il ghiacciaio si trovava sostanzialmente privo di copertura nevosa, tranne qualche chiazza sul bacino occidentale, che nonostante la riduzione, mantiene ancora una buona struttura, mentre il bacino orientale si va sfaldando e coprendo di detriti sia per i frequenti i crolli di dalla cresta rocciosa, sia per l'emersione sulla superficie del ghiacciaio di morene

interne a causa dell'ablazione. La fronte, sempre meno inclinata, si è ritirata di 14 m, e si trova ancora in un pianoro, su cui si va allargando il piccolo lago proglaciale.

Quota min. fronte: 2630 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
GF90m5(cf)	345°	290	276	-14

880 Ghiacciaio Montarso - Feuersteinferner

Operatore: Ivan BERTINOTTI (SGAA) -
Controllo del 2021.09.08

Il tempo perturbato con nuvole basse non ha permesso di rilevare la quota minima del nevato, la cui presenza molto scarsa è limitata alla sola forcella del Montarso. Presenza di alcune macchie di neve vecchia poco significative ai bordi del ghiacciaio. Il ghiacciaio ha perso di spessore in modo considerevole (stimato in circa 5 m in due anni). Notevole presenza di detriti sulla superficie sulla sinistra orografica, al centro meno, mentre sulla destra orografica della lingua principale è comparsa una morena che, seppur di dimensioni limitate, separa quest'ultima dalla zona scoperta degli anni scorsi e quindi dal bacino meridionale compreso fra Punta S. Lorenzo e Punta Rocol. Quest'ultimo bacino, in notevole sofferenza, è unito a quello principale solo per un'esigua striscia di ghiaccio che contorna un nuovo laghetto. Tale parte si prevede rimarrà a breve isolata dal resto del corpo glaciale.

Quota min. fronte: NM

ALPI NORICHE

Gruppo delle Aurine

902 Ghiacciaio Orientale di Neves - Oestlicher Nevesferner

Operatore: Gianluigi FRANCHI (CGI) -
Controllo del 2021.09.14

Ghiacciaio ricoperto quasi completamente da neve residua al di sopra dei 2950-3000 m. È stato posto un segnale di richiamo a contatto della fronte su un grosso masso a 61 m dal segnale di richiamo del 2017 (che si trova a 101 m dal segnale GF2014m36) sempre nella stessa direzione. Molto accentuato il restringimento laterale della linguetta glaciale terminale.

Quota min. fronte: 2750 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
GF14m36 (cf) Quota 2705 m	355°	162	102 (2017)	-60

Bacino: RIENZA - ADIGE

912 *Vedretta di Pedroi - Prettau Kees*

Operatore: Gianni MORESCHI e Osvaldo ZAMBELLI (SGAA) -
Controllo del 2021.09.02

Il giorno del sopralluogo sulla superficie dell'intero ghiacciaio era presente una leggera copertura di neve fresca che ha impedito l'individuazione di alcuni parametri come la quota media del limite della neve vecchia. Inoltre, tale situazione ha nascosto parzialmente le aree con detrito morenico e anche attenuato l'aspetto dell'area crepacciata centrale conferendo un'immagine del ghiacciaio più estesa, omogenea e uniforme. Inoltre, la presenza di una notevole copertura detritica ha reso in parte difficoltoso il riconoscimento del margine frontale del ghiacciaio, soprattutto nel settore centrale. Notevole, comunque, la quantità di materiale detritico riscontrata sia sul settore centrale frontale che sulla superficie laterale sinistra del ghiacciaio. Le portate dei torrenti erano alquanto ridotte, verosimilmente a causa delle condizioni meteo climatiche del periodo.

Quota min. fronte: 2562 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
MC14m58	130°	152*	119	-33?

* La fronte è di difficile individuazione per la presenza di numerosi detriti sulla superficie meridionale del ghiacciaio. Di conseguenza la misurazione della distanza dal segnale deve considerarsi approssimativa.

Gruppo delle Pusteresi

920 *Ghiacciaio Pizzo Rosso - Rechts Rot Kees*

Operatori: Marco MATTIATO e Giuseppe PEROTTI (SGAA) -
Controllo del 2021.09.02

Rispetto ai rilevamenti precedenti la fronte si presenta meno delineata, più irregolare, con evidenti perdite di massa glaciale, soprattutto nella parte perpendicolare al segnale e con spessore notevolmente ridotto, che la rende meno visibile dal segnale. Di conseguenza, dal prossimo rilevamento si ritiene necessario individuare un nuovo segnale più vicino alla fronte. La copertura di un leggero strato di neve fresca ha ostacolato la corretta interpretazione delle condizioni del ghiacciaio e la lettura di alcuni parametri come il limite altimetrico della neve vecchia. Si sono potuti comunque osservare numerosi crepacci e una diminuzione dello spessore del ghiaccio che ha messo in evidenza la comparsa di un'isola rocciosa centrale, in prossimità della fronte, circondata ancora per poco dal ghiaccio. Presenti un ruscello centrale e uno sul lato orografico sinistro, entrambi con scarsa portata, probabilmente a causa delle basse temperature registrate nei primi giorni di settembre.

Quota min. fronte: 2672 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
DF12 m20	158°	221	185 (2019)	-36

926 *Ghiacciaio Occidentale di Sassolungo - Westl. Lenkestein Ferner*

Operatori: Giuseppe PERINI (CGI) - Controllo del 2021.10.02

Il ghiacciaio si presenta in gran parte privo di neve dell'inverno e il limite del nevato è attestato a 2900 m circa. La neve fresca precipitata nel mese di settembre, con uno spessore di pochi centimetri, si trova solo sulla parete nord del Collalto. Sono presenti pochi crepacci solo nel cambio di pendenza nel settore centrale del ghiacciaio. Assenti le finestre rocciose. Risultano aumentati i detriti superficiali rispetto allo scorso anno, sia nel settore centrale che inferiore del ghiacciaio. La fronte appare stabile dopo il collasso di due anni fa della grande porta frontale. Assenti i torrenti epiglaciali. Dalla porta collassata esce l'acqua di fusione del ghiacciaio.

Quota min. fronte: 2565 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
GS17m54	150°	125	108	-17

930 *Ghiacciaio Gigante Occidentale - Westl. Rieser Kees*

Operatore: Giovanni BENETTON (SGAA) -
Controllo del 2021.08.23

Copertura totale del ghiacciaio da parte di uno strato di 5-10 cm di grandine e neve, in rapida fusione sulle rocce, che però non ha consentito di valutare il limite della neve vecchia. Il margine del ghiacciaio risulta riconoscibile nonostante alcune placche di neve dell'inverno precedente. Assenti i crepacci. Le finestre rocciose risultano in espansione e di nuova formazione nel settore orientale; è comparsa la prima finestra rocciosa anche nel settore occidentale. Assenza di copertura detritica sul corpo del ghiacciaio. Il margine della fronte appare frastagliato, con conseguente posizionamento della fronte a quote diverse. A causa della riduzione di spessore, alcune porzioni di ghiaccio morto si sono recentemente separate dal corpo glaciale principale, accelerando il regresso frontale. Abbondante deflusso idrico, in parte dovuto alla fusione della lieve copertura nevosa precipitata nella notte precedente.

Quota min. fronte: 2841

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
F	190°	1136	988 (2019)	-148

937 Ghiacciaio Cristallo

Operatori: Giuseppe PERINI (CGI) e Giovanni BENETTON (SGAA) - Controllo del 2021.08.17

Il ghiacciaio risulta essere quasi completamente innevato per copertura nevosa invernale residua. La restante superficie del ghiacciaio è coperta da detriti. I crepacci non sono visibili a causa della copertura nevosa. La fronte appare con entrambi i lobi innevati, anche se il lobo sinistro non è più controllato da anni, in quanto la finestra rocciosa apertasi nel lontano 1908, secondo quanto testimoniato da foto storiche, ha pian piano diviso in due lobi la fronte del ghiacciaio. Tale finestra rocciosa è in forte espansione. In corrispondenza della finestra rocciosa è facilmente visibile come sia avvenuta una sostanziosa riduzione di spessore. Il lobo sinistro, già dai primi anni del 2000, si è attestato al di sopra della finestra rocciosa, risultando ora un settore laterale della fronte. Le acque di fusione percolano nella rete carsica del substrato e compaiono solamente nei pressi del gradino roccioso sottostante, posto ad una quota di circa 2000 metri.

Quota min. fronte: ND

DOLOMITI

Gruppo: Dolomiti orientali

Gruppo: Marmolada

941 Ghiacciaio Principale della Marmolada

Operatori: Mauro VAROTTO, Giovanni DONADELLI e Stefano BENETTON (CGI) - Controlli del 2021.08.27-28

Il ghiacciaio appariva in buona parte coperto di neve residua dell'annata sulla parte alta, da un leggero strato di neve recente nella parte bassa e da modesti accumuli da valanga anche oltre i settori frontali.

Sul settore orientale la misura di S1* è stata abbandonata nel 2020 dal momento che essa intercetta l'accumulo nevoso indotto dai teli geotessili stesi dalla società Funivie Marmolada per il ripascimento della pista, teli protettivi che si spingono ormai abbondantemente oltre la superficie glacializzata. Permane la tendenza all'assottigliamento (4 metri di spessore in meno rispetto al 2016 in corrispondenza di S3) e arretramento dei settori frontali, con aumento generalizzato di detrito superficiale, in particolare in prossimità di S5, in cui la misurazione non è stata possibile causa parziale accumulo nevoso da valanga.

Il settore centrale, caratterizzato da spessori estremamente ridotti, presenta anche quest'anno l'arretramento più consistente (circa 10 metri); si tratta di un settore oramai nettamente separato da quello occidentale a causa di una serie di ampie finestre rocciose emergenti in direzione di Punta Rocca, destinate a tagliare presto il flusso di ghiaccio sopra M2.

Il settore occidentale si mantiene pressoché inalterato su M1, dove è presente neve residua anche da accumulo di valanga, mentre continua l'arretramento e l'assottigliamento su M2.

Anche quest'anno la campagna glaciologica è stata aperta alla partecipazione di un gruppo di 10 persone al fine di sensibilizzazione sui temi del cambiamento climatico, in collaborazione con il Museo di Geografia dell'Università di Padova (III edizione).

Quota min. fronte orientale: 2650 m; fronte centrale: 2830 m; fronte occidentale: 2750 m.

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
Fronte orientale				
S1(sf)	180°	NM	NM	-
S2m250(cf)	180°	86	86	0
S3m100(df)	180°	168	166	-2
S4m50(df)	180°	140	133	-7
Fronte centrale				
F1m450(sf)	180°	316	308	-8
F2m450(cf)	180°	348	336	-12

Operatore: Tommaso BERTOLUZZA, Nicola MARCHIO, Romano NICCOLINI, Enrico VALCANOVER (SAT) - Controlli del 2021.09.25 (Settore occidentale)

Alla base del ghiacciaio, e in generale su buona parte della superficie, è presente un livello di neve vecchia, risalente, in parte allo scorso inverno, e in parte alla stagione invernale 2019-2020. È presente una scarsa copertura detritica in destra orografica. Non sono presenti scorrimenti superficiali, e a causa della copertura nevosa non sono visibili crepacci.

Quota min. fronte: 2688 m

Gruppo: Pale

947 Ghiacciaio del Travignolo

Operatore: Gino TAUFER e Carlo Albino TURRA (SAT) - Controlli del 2021.10.01

L'apparato si presenta abbondantemente coperto da neve dell'inverno e assenza di neve fresca, con pochissimi crepacci visibili nella parte alta dove di solito risultavano molto evidenti ed estremamente pericolosi da superare in questa stagione. Rispetto alla fronte, partendo dal basso, si osserva in destra orografica la neve invernale e in sinistra orografica molto detrito (copertura continua e di spessore abbondante); la neve invernale compatta si alterna frequentemente ad affioramenti rocciosi e a detrito. Nel 2021 non sono stati eseguiti rilievi primaverili di accumulo per il calcolo dell'equivalente in acqua.

La presenza di abbondante neve vecchia ghiacciata impedisce di effettuare la misura alla fronte.

Quota min. fronte: SN

950 Ghiacciaio della Fradusta

Operatore: Gino TAUFER e Maurizio SALVADORI (SAT) -
Controlli del 2021.09.09

Il 2021.09.09 sono stati eseguiti i rilievi delle misure frontali da F5 mentre il rilievo topografico della parte alta non è stato effettuato. La superficie complessiva della parte alta (la sola oramai monitorata) in termini assoluti non risulta variata più di tanto rispetto all'anno precedente, almeno sul perimetro, ma risulta presente anche della neve vecchia. Non è possibile invece fare valutazioni precise circa la perdita di spessore anche se è intuibile una importante riduzione nella parte centrale che è divenuta ancora più concava. La superficie si presenta poco coperta da detrito, con la presenza di neve vecchia dell'inverno precedente disposta su buona parte della superficie e con segni di collasso sui bordi. La parte centrale mostra ancora segni di sofferenza in quanto risulta essere quella più colpita dalla radiazione solare che, seppur in esposizione nord, entra lateralmente attraverso una forcellata della parete sovrastante. La parte bassa termina con varie colate di ghiaccio e neve di colore scuro. Le misure sulla fronte risultano in avanzamento di 6 m sull'azimut 174° e di circa 12 m sull'azimut 144°, ma si deve tener conto che si tratta del bordo di neve vecchia ghiacciata e non di ghiaccio vero e proprio. L'acqua di fusione al momento del rilievo risulta scarsa.

Quota min. fronte: SN

Bacino: OTEN - PIAVE

Gruppo: Antelao

966 Ghiacciaio Superiore dell'Antelao

Operatore: Giuseppe PERINI (CGI) -
Controllo del 2021.08.21 e 2021.09.18

Dopo la prima parte dell'inverno molto nevoso e la primavera fredda (la seconda più fredda degli ultimi 30 anni) in agosto la neve permaneva su gran parte del lobo destro frontale del ghiacciaio e parzialmente su quello sinistro. Innevato anche il settore proglaciale con i due laghi. Scoperto il settore centrale e superiore del ghiacciaio e limite del nevato sui 2800 m.

La situazione a settembre era di poco cambiata; era completamente libero di neve il settore epiglaciale e proglaciale del lobo sinistro dove è stato possibile effettuare l'unica misura della variazione frontale. Presenti crepacci trasversali in corrispondenza del cambio di pendenza alla base del bacino di accumulo. Nessuna nuova finestra rocciosa da segnalare.

Si osserva un aumento della copertura detritica nei settori inferiore e centrale del ghiacciaio. Il lobo destro è completamente ricoperto da detriti, ma della fronte ancora coperta di neve invernale. Sempre con la stessa dimensione il grande cono di ghiaccio ricoperto di detriti nel settore centrale del ghiacciaio. La fronte appare asimmetrica con il lobo destro, coperto da detrito, che scende a quota inferiore. Margine prevalentemente riconoscibile.

Assenti i torrenti epiglaciali. I due laghi proglaciali senza deflusso superficiale per ragioni carsiche quest'anno sono in

secca e con al loro posto la presenza di neve residua dell'inverno. In generale il ghiacciaio risulta stabile per la permanenza a lungo della neve invernale che ha limitato l'ablazione.

Quota min. fronte: 2520 m

Segnale	Direzione della misura	DISTANZE (in m)		
		attuale	precedente	variazione
GP2014m15	240°	80	80	0

967 Ghiacciaio Inferiore dell'Antelao

Operatore: Giuseppe PERINI (CGI) - Controllo del 2021.08.21

Quest'anno il ghiacciaio è quasi completamente coperto di neve dell'inverno che si è conservata fino al pieno dell'estate grazie alla primavera fredda.

Il lobo sinistro non è più stato monitorato dal 2014 a causa prima della copertura nevosa e poi della frana del novembre 2014. Il lobo destro invece non è più controllato dal 2019, dopo la frana dal canalone Menini dell'agosto 2020, descritta nella relazione dell'anno scorso, che ha coperto di grandi blocchi rocciosi e detriti a zona epiglaciale e proglaciale destra. L'innevamento è tale da mascherare ogni presenza di crepacci. Assenti le finestre rocciose. Detrito non visibile a causa della copertura nevosa. La fronte, sconvolta dalle frane del 2014 e 2020, non è monitorabile. L'acqua risulta raccolta in piccoli torrenti proglaciali alimentati anche dalla fusione della neve.

Quota min. fronte: NM

975 Ghiacciaio Occidentale del Sorapìs

Operatore: Giuseppe PERINI (CGI) e Giovanni BENETTON (SGAA) - Controllo del 2021.08.21

La lingua frontale del ghiacciaio e parte del settore centrale sono coperti di detriti di diverso spessore e il ghiaccio affiora in poche zone perché è coperto da neve. Sono presenti sulla superficie ancora vaste placche di neve. In corrispondenza del cambio di pendenza, rispetto all'ultimo controllo del 2018, l'abbassamento del ghiacciaio ha scoperto maggiormente il gradino roccioso che si è ulteriormente ingrandito, soprattutto su settore destro, anche se mantiene una discreta larghezza in corrispondenza della strozzatura che collega il bacino di accumulo con la sottostante lingua frontale.

Presenti alcuni crepacci in corrispondenza del gradino roccioso. Rispetto all'ultima osservazione di tre anni fa si nota un aumento di detriti al di sopra del gradino roccioso; per il resto le condizioni sono simili a quelle dell'ultimo controllo. Tutto il settore frontale, pur mantenendo la stessa posizione da anni, è completamente nascosta da detriti di notevole spessore e anche abbassata rispetto a quanto apprezzabile con foto scattate oltre venti anni fa. Si registra la completa assenza di acqua di fusione, che affiora e alimenta più a valle il lago del Sorapìs.

Quota min. fronte: SN



966 - Ghiacciaio Superiore dell'Antelao; stazione fotografica SF81. Confronto tra il 1987 e il 2021. Rispetto al rilievo del 1987 oggi il ghiacciaio è arroccato sul versante con abbondante copertura detritica che ricopre buona parte del settore inferiore del ghiacciaio e placche di neve residua che hanno in parte limitato la fusione superficiale. (Foto G. PERINI 1987 e 2021.09.18). *Comparison between 1987 and 2021. Compared to the 1987 survey, today the glacier is perched on the slope with an abundant debris cover, that shelters a good part of the lower sector of the glacier, and residual snow plates that have partially slowed down the surface melting.*

Bacino: MAVONE - VOMANO

Gruppo: Gran Sasso d'Italia

1006 Ghiacciaio del Calderone*

Operatori: Massimo PECCI (PCM-Dipartimento per gli affari regionali e le autonomie, CGI), David CAPPELLETTI (Università di Perugia, CGI), Giulio ESPOSITO (CNR - IIA, Roma), Federica BRUSCHI (Università di Perugia), Pinuccio D'AQUILA (Engineering Srls, Chieti), Matteo MARTINELLI (Engineering Srls, Chieti), Tiziano CAIRA (Geologo, CGI), Mattia PECCI (Fisico, CGI), Frank MARZANO (Cetemps, L'Aquila), Domenico CIMINI (IMAA-CNR, Potenza), Paolo TUCCELLA (Cetemps, L'Aquila), Edoardo RAPARELLI (Cetemps, L'Aquila), Thomas DI FIORE (Ass. L'Aquila Caputfrigoris) -
Controlli del 2021.06.28 e del 2021.09.12

La stagione estiva 2021 è stata caratterizzata da frequenti e durature ondate di caldo, dovute alla persistenza sul Mediterraneo di anomalie positive di geopotenziale, associabili alla presenza dell'anticiclone africano. In particolare, sul Centro Italia, alla quota isobarica di 850 hPa (circa 1500 m s.l.m.), nel trimestre estivo si è registrata un'anomalia positiva di temperatura di 2-2.5°C (reanalisi NCEP, NOAA) rispetto alla media del periodo 1981-2010.

Nella giornata di sabato 28 giugno 2021 (fig. 1006 -1a) è stato effettuato il sopralluogo di inizio stagione di ablazione (anche quest'anno, con un paio di settimane di ritardo rispetto alla consueta tempistica, a causa degli effetti della perdurante pandemia da Covid 19 e della conseguente impossibilità di pernottare, in quota, al rifugio C. Franchetti), con l'obiettivo di mantenere la serie storica delle osservazioni nivologiche e glaciologiche di inizio stagione di ablazione, continue dal 1994, e la continuità nel monitoraggio ambientale tramite il campionamento della neve al suolo, effettuato nella consueta ubicazione della trincea di neve a quota 2700 m circa (nel glacionevato Calderone inferiore, poco al di sotto delle rocce montonate).

Dal punto di vista nivologico, sul manto nevoso che ricopriva quasi interamente il bacino del Calderone, nel glacionevato inferiore sono stati misurati spessori variabili tra 2.50 m e 6.40 m, mentre nel glacionevato superiore gli spessori di nevato sono risultati variabili tra 3.80 m e 5.00 m.

Il 12 settembre 2021 (fig. 1006_1b) si sono svolte le attività di monitoraggio di fine stagione di ablazione, dopo un agosto molto caldo; nel corso del sopralluogo è stato condotto un rilievo fotogrammetrico da drone ed è stata rilevata la presenza di 4 limitate aree (fig. 1006_2) in cui, però, la neve stagionale riferibile all'inverno precedente si è conservata, anche con spessori massimi ragguardevoli, se confrontati con l'anno idrologico precedente, pari a circa 1.75 m (valore calcolato da GIS) nel glacionevato

superiore (area n. 3) e, nel glacionevato inferiore, pari a circa 1.50 m (valore misurato) nella placca di neve (area n. 2) in corrispondenza del sito di scavo della trincea di neve a quota 2.700 m circa e di circa 2.25 m (valore calcolato da GIS) nella placca di neve inferiore (area n. 1). I classici rilievi da drone sono stati integrati anche con tecnologia ottica mediante Multistation Leica MS60 (precisione 1") in grado di acquisire sia semplici punti topografici, anche in assenza di mire, sia scansioni laser a grande distanza¹.

In assenza di punti topografici caratteristici visibili i dati acquisiti dalla multistation sono stati georeferenziati mediante intersezione su "punti noti" acquisiti mediante GPS-RTK. A causa della sopraggiunta scarsa visibilità per il sopraggiungere di umidità e, poi, nuvole, è stato possibile acquisire soltanto una scansione tridimensionale della porzione basale del Ghiacciaio del Calderone con un passo di campionamento di circa 50 cm. L'orientamento della stazione presenta un RMS inferiore ai 2 cm, considerato accettabile in relazione alla precisione dei punti GPS-RTK utilizzati quali capisaldi. I dati acquisiti consentiranno di effettuare, a partire dal prossimo anno idrologico, bilanci di massa di precisione basati sul confronto temporale tra diverse scansioni.

Entrambi i rilievi sono stati realizzati grazie all'impiego delle risorse umane ed economiche messe a disposizione, rispettivamente, dal progetto SMIVIA (*Snow-mantle Modeling, Inversion and Validation using multi-frequency multi-mission InSAR in central Apennine*) e dal progetto *Ice Memory*, coordinato dall'Istituto di Scienze Polari (ISP) del CNR, che dal 2019 hanno condiviso e partecipato lo sforzo del CGI di coordinamento delle ricerche, che da fine 2021 sono ricomprese all'interno del più generale progetto MAGIS (Monitoraggio dell'Ambiente Glaciale e Iniziative Scientifiche) CALDERONE.

In fig. 1006_2 è presentato il mosaico delle ortofoto da drone, scattate il 12 settembre 2021 e, in fig. 1006_3, il confronto/sottrazione delle superfici digitali ottenute dall'analisi in ambiente GIS, da cui emerge che l'area glaciale "attiva" a settembre 2021 (disegnata in verde), complessivamente, ha manifestato delle variazioni nel corso dell'anno idrologico iniziato a settembre 2020, risultate pari a 38 927 m² nel glacionevato inferiore e a 10 054 m² nel glacionevato superiore, per una area massima totale di 48 981 m².

All'interno di queste aree, che includono anche limitate zone senza variazioni (considerate comprese tra 0 cm e 25 cm), la diminuzione di spessore per ablazione, che si è manifestata come variazione altimetrica, è risultata so-

* L'attività di monitoraggio è stata svolta con il sostegno economico dell'ASI e il conseguente contributo economico dell'Università degli Studi di Roma - DISET nell'ambito del progetto SMIVIA (Contratto ASI & DIET-SAPIENZA "SMIVIA" n.2021-9-U.0 - CUP F85F21001230005); al riguardo, si ringraziano entrambi gli Enti.

¹ A causa del limitato tempo a disposizione, per ottimizzare la produzione, è stato necessario installare la multistation pressoché sul fondo del ghiacciaio su materiale detritico. Tale installazione ha consentito di sfruttare la massima velocità di scansione ma, tuttavia, potrebbe aver risentito di leggere derive dovute al cedimento del detrito. Future campagne consentiranno di eliminare tale incertezza grazie all'acquisizione di punti noti posizionati sul substrato (GCP - *Ground Control Point*, materializzati dalle croci in minio sulla roccia tracciate dagli Autori nel corso delle battute topografiche effettuate nel secolo scorso, fino al 1992) ed al posizionamento della stazione in siti maggiormente stabili.



1006_1a - Panoramica del glacionevato del Calderone il 28 giugno 2021 (Foto di Massimo Pecci). *View of the Calderone glacieret on the 28th of June 2021 (Photo by Massimo Pecci).*

prattutto nel glacionevato inferiore, con un valore pari a -0.44 m, registrato sulla corrispondente superficie, per un volume di $-17\,200$ m³; viceversa nel glacionevato superiore si è registrato un moderato accumulo, pari ad un valore medio dello spessore di 0.14 m distribuito sulla corrispondente area, per un volume positivo pari a $1\,401$ m³, come anche evidenziato dalla presenza delle aree e degli spessori di neve residua precedentemente ricordati e cartografati in fig. 1006_2, che, solo in parte, ha compensato le perdite del glacionevato inferiore.

Come già rilevato ed evidenziato negli ultimi anni, queste, pur se limitate, variazioni positive di spessore, da un punto di vista glaciologico, non possono essere considerate completamente come accumuli, in quanto prevalentemente legate a locali rigonfiamenti di origine gravitativa, che coinvolgono principalmente il deposito glaciale superficiale e, solo subordinatamente, possono essere considerate come derivanti da una dinamica deformativa glaciale.

Sulla superficie totale massima di area glaciale “attiva” (che ha contribuito, quindi, con le sue variazioni complessive al bilancio di massa glaciale, come evidenziato e descritto nel dettaglio in fig. 1006_3), pari a $48\,981$ m², è risultata una variazione volumetrica:

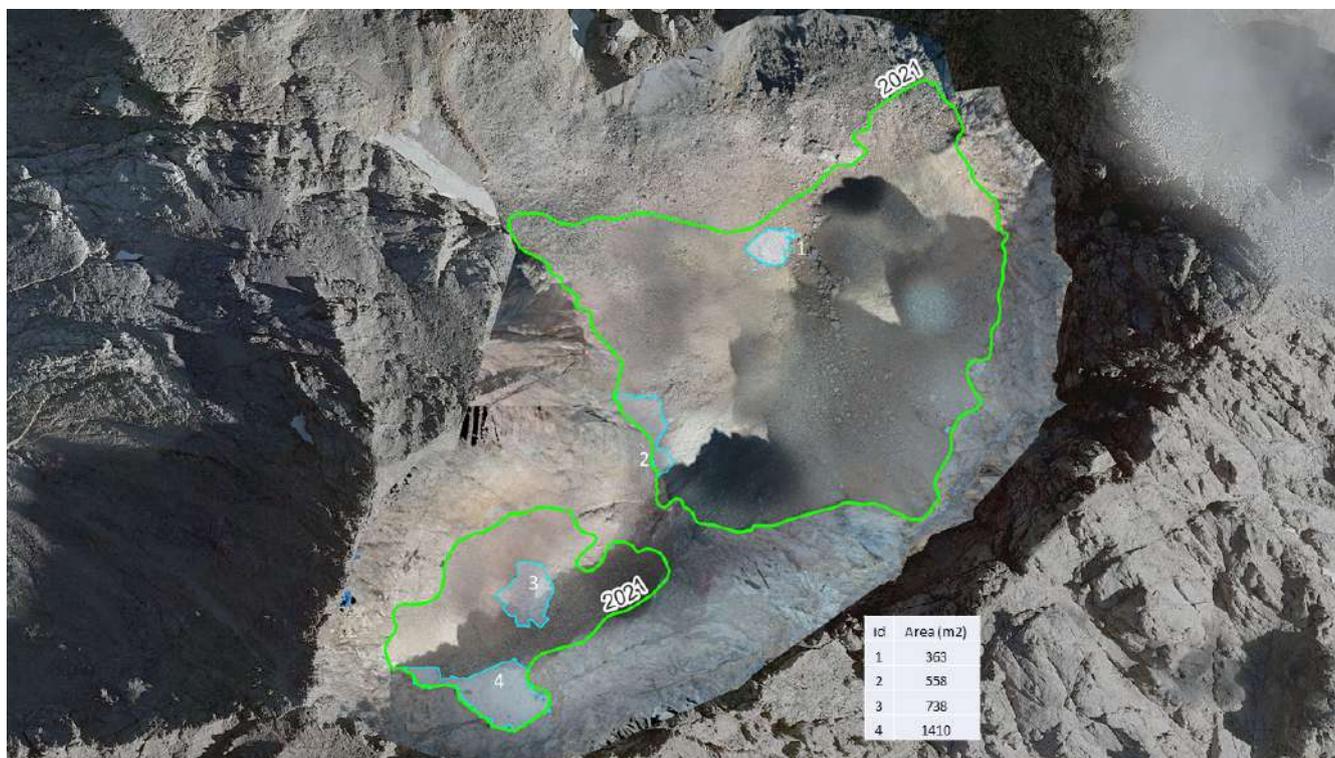
$$1\,401\text{ m}^3 - 17\,200\text{ m}^3 = -15\,799\text{ m}^3$$



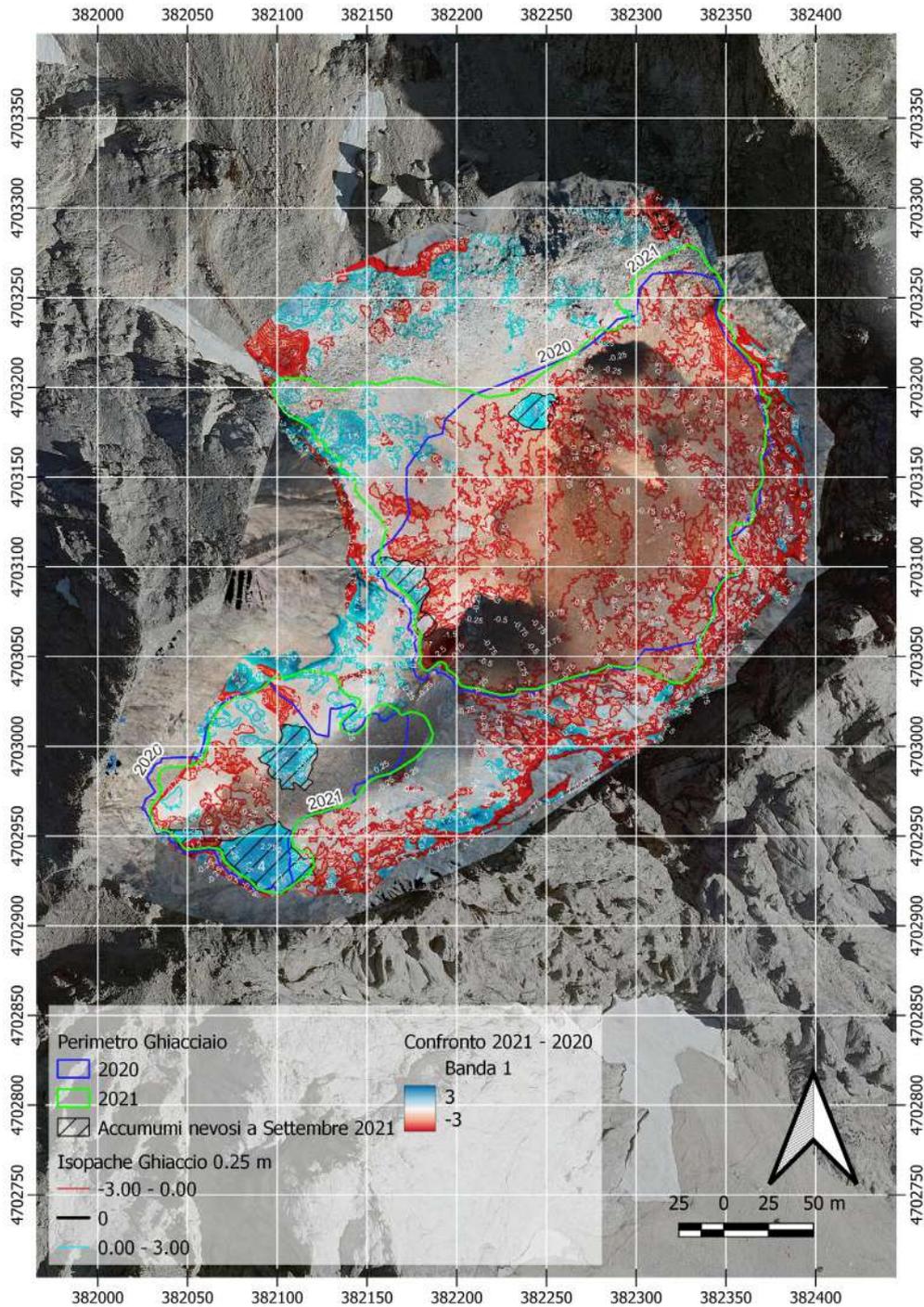
1006_1b - I glacionevati del Calderone il 12 settembre 2021 dall'anticima della Vetta Orientale del Corno Grande (Foto M. Pecci). *The Calderone glacierets on the 12th of September 2021; photo (by M. Pecci) from the lower E Peak of the Corno Grande.*

Tenuto conto che al volume, principalmente di *firm* e, solo in trascurabile parte, di ghiaccio, fuso in acqua, in accordo con quanto suggerito da Huss (2013), può essere attribuito un fattore di conversione di volume in massa (*f DV*) pari a 850 ± 60 kg/m³, si ottiene, dividendo il volume risultante (in perdita), pari a $-15\,799$ m³, per la semisomma tra area min e max, nel periodo considerato, pari a $45\,910$ [($42\,840 + 48\,981$)/2] m², e moltiplicando per il fattore di conversione di volume in massa, un bilancio di massa specifico netto pari a -292 mm *w.e.*

Tale stima tiene conto degli errori già menzionati, della conversione di volume in massa, e assume che sia ancora valido il contributo di entrambe le placche di glacionevato alla sopravvivenza dell'apparato, considerato come se fosse unitario.



1006_2 - I glacionevati del Calderone. Mosaico delle immagini riprese il 12 settembre 2021 da drone e restituzione in ortofotocarta digitale con aree di neve residua, i cui valori di superficie sono riportati nella legenda per un totale di 3 070 m²; il modello digitale sorgente è stato utilizzato e sottratto a quello ottenuto a settembre 2020 per il calcolo dei volumi risultanti e, quindi, per il calcolo del bilancio di massa 2019-2020. *Mosaic of the pictures taken by drone the 12th of September 2021 and restitution in digital ortophotomap, see the legend for the residual snow areas (total surface 3 070 m²). The resulting digital elevation model source (2021) has been used and subtracted to the one obtained in September 2020 for the calculation of the deriving volumes and, then, of the mass balance 2021-2020.*



1006_3 - Glacionevati del Calderone: confronto e sottrazione dei DEM 2021-2020 con indicata le isolinee con egual variazione di spessore (indicate come isopache ghiacciaio). Sono indicate in rosso le variazioni positive e in blu le variazioni negative; dall'analisi dei DEM sono risultati, volumetricamente, una ablazione relativa $\Delta V = -17\,200\text{ m}^3$ (spessore medio = -0.44 m) e un accumulo relativo $\Delta V = 1\,401\text{ m}^3$ (spessore medio = $+0.14\text{ m}$). *The Calderone glacierets: comparison and subtraction of the DEM 2021-2020; in green color the surface areas of both glacierets (upper and lower Calderone) show variation and, thus, have been considered "active"; DEM analysis on volume differences has shown, as result, a relative ablation $\Delta V = -17\,200\text{ m}^3$ (average thickness = 0.44 m) and a relative accumulation $\Delta V = 1\,401\text{ m}^3$ (average thickness = $+0.14\text{ m}$).*

BILANCI DI MASSA DEI GHIACCIAI ITALIANI
NELL'ANNO 2021
MASS BALANCE OF ITALIAN GLACIERS IN 2021
a cura di (*editor*) LUCA CARTURAN

GHIACCIAI MONITORATI, OPERATORI
ED ENTI FORNITORI DEI DATI
MONITORED GLACIERS, OPERATORS
AND AFFILIATIONS

- 81 Ghiacciaio di Ciardoney: Mercalli Luca, Cat Berro Daniele (SMI, CGI);
- 126 Ghiacciaio del Timorion: Isabellon Michel (ARPA Val d'Aosta);
- 134 Ghiacciaio del Grand Etrèt; Rossotto Alberto, (Parco Nazionale Gran Paradiso);
- 189 Ghiacciaio del Rutor: Morra di Cella Umberto (ARPA Val d'Aosta);
- 371 Ghiacciaio Meridionale di Suretta (Suretta Sud): Scotti Riccardo (SGL, CGI), Villa Fabio, Gallo Paolo, Prandi Giovanni (SGL);
- 543 Ghiacciaio del Lupo: Scotti Riccardo (SGL, CGI), Oreggioni Matteo, Masserini Marco, Grasso Susanna (SGL);
- 639 Ghiacciaio del Mandrone: Casarotto Christian (MUSE, CGI), Gaddo Mauro, Tognoni Gianluca (Meteotrentino - Provincia Autonoma di Trento), Ferrari Cristian (Commissione Glaciologica SAT);
- 699 Ghiacciaio de La Mare: Carturan Luca (Università di Padova, CGI);
- 701 Ghiacciaio del Careser: Carturan Luca (Università di Padova, CGI), Gaddo Mauro, Tognoni Gianluca (Meteotrentino - Provincia Autonoma di Trento), Ferrari Cristian (Commissione Glaciologica SAT), Casarotto Christian (MUSE, CGI);
- 733 Vedretta Lunga (*Langenferner*): Galos Stephan P. (ACINN - Innsbruck); Dinale Roberto (Agenzia per la Protezione civile, Provincia autonoma di Bolzano, CGI);
- 875 Vedretta di Malavalle (*Uebeltal Ferner*): Franchi Gianluigi, Dinale Roberto (Provincia Autonoma di Bolzano, CGI);
- 876 Vedretta Pendente (*Hangender Ferner*): Franchi Gianluigi, Dinale Roberto (Provincia Autonoma di Bolzano, CGI);
- 930 Ghiacciaio Occidentale di Ries (Vedretta Gigante Occidentale - *Westl. Rieser Kees*): Dinale Roberto, Di Lullo Andrea (Agenzia per la Protezione civile, Provincia autonoma di Bolzano, CGI);
- 981 Ghiacciaio Occidentale di Montasio: Cazorzi Federico (Università di Udine, CGI), Cucchiario Sara, De Marco Jessica, Maset Eleonora (Università di Udine), Moro Daniele (Regione autonoma Friuli Venezia Giulia), Carturan Luca (Università di Padova, CGI);

- 984 Ghiacciaio Orientale del Canin: Colucci Renato Roberto, Securo Andrea (CNR-ISP, Società Meteorologica Alpino-Adriatica, CGI), Del Gobbo Costanza, (Società Meteorologica Alpino Adriatica), Flego Sara (Università di Trieste), Maset Eleonora (Università di Udine);
- 997 Ghiacciaio Settentrionale di Campo (Campo Nord): Scotti Riccardo (SGL, CGI), Colombarolli Davide, Peri Ivan (SGL);
- 1006 Ghiacciaio del Calderone: Pecci Massimo (Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dip. Affari Regionali e Autonomie, CGI), Cappelletti David (Università di Perugia, CGI), Esposito Giulio (CNR – IIA, Monterotondo - Roma), Bruschi Federica (Università di Perugia), D'Aquila Pinuccio, Martinelli Matteo (Engineering Srls - Chieti), Caira Tiziano, Pecci Mattia (CGI), Marzano Frank, Tuccella Paolo, Raparelli Edoardo (Cetemps), Cimini Domenica (IMAA-CNR), di Fiore Thomas (Ass. L'Aquila Caputfrigris)

INTRODUZIONE
E INQUADRAMENTO GEOGRAFICO
INTRODUCTION
AND GEOGRAPHIC SETTING

Per l'anno idrologico 2020-'21 si riportano i risultati delle misure di bilancio per 17 ghiacciai italiani, di cui quattro sulle Alpi Occidentali, 12 sulle Alpi Orientali, e uno sull'Appennino Centrale (Figura MB1). Gran parte delle misurazioni è stata eseguita con il 'metodo glaciologico' (detto anche 'diretto'), che consiste nella misurazione *in-situ* di accumulo e ablazione in corrispondenza di alcuni punti sulla superficie glaciale, interpolando ed estrapolando in seguito le misure sull'intero ghiacciaio. Per alcuni piccoli ghiacciai sulle Alpi Giulie e sul Gran Sasso, le misure sono state eseguite con il 'metodo geodetico', che consiste nel confronto di rilievi topografici multi-temporali della superficie glaciale, al fine di calcolare la variazione altimetrica, che viene convertita in bilancio di massa usando opportuni valori di densità (Cogley & alii, 2011).

Here we report the results of mass balance measurements for the year 2020-'21 on 17 Italian glaciers. Four of them are located in the Western Alps, 12 on the Eastern Alps and one in the Central Apennines (Figure MB1). Most measurements were acquired using the 'glaciological method' (also called 'direct'), which consists of in-situ measurements of surface accumulation and ablation at selected points, which are interpolated and extrapolated to yield the mass balance of the entire glacier. For some small glaciers in the Julian Alps and Gran Sasso, the mass balance was measured using the 'geodetic method', which is aimed at calculating the elevation change of a glacier by multi-temporal mapping of its surface topography. The elevation changes are converted to mass balance using the density of the mass lost or gained (Cogley & alii, 2011).

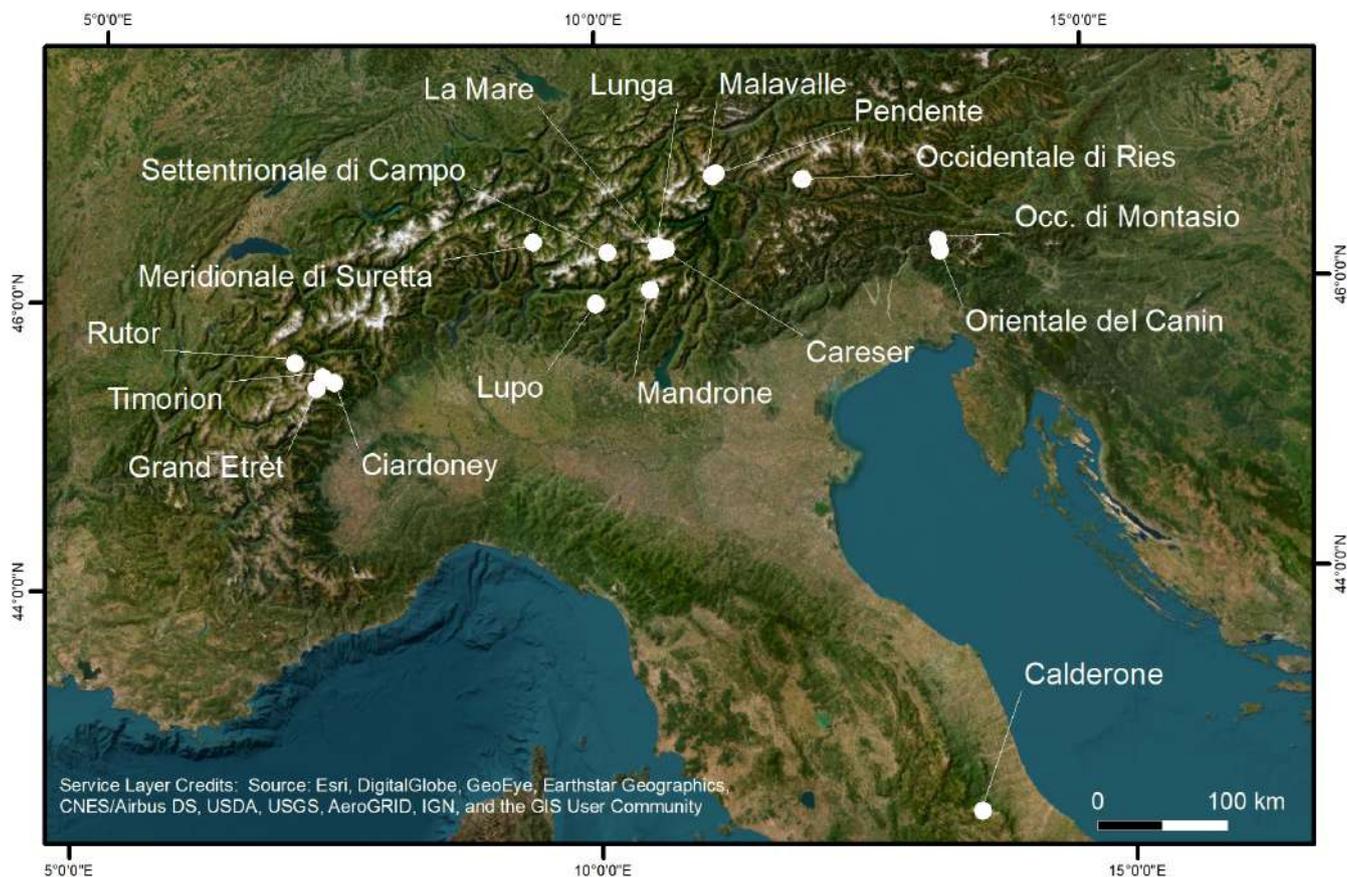


FIG. MB1 - Collocazione geografica dei ghiacciai italiani per i quali si riportano i valori di bilancio di massa nell'anno 2021. *Geographic setting of the Italian mass balance glaciers with reported data for 2021.*

PARTE GENERALE - GENERAL INFORMATION

Le continue trasformazioni cui sono soggetti i ghiacciai sottoposti alla misurazione del bilancio di massa rappresentano in alcuni casi un serio impedimento per la prosecuzione delle misure. In altri casi le masse glaciali residue hanno un comportamento via via meno sensibile alle condizioni climatiche su scala regionale, e più controllato da fattori locali come ad esempio l'alimentazione valanghiva, la copertura detritica, il riparo orografico. Per l'anno 2021 si evidenzia la cessazione delle misure di bilancio con il metodo glaciologico sul ghiacciaio della Sforzellina, nel gruppo Ortles-Cevedale (dopo la cessazione nel 2017 di quelle sulla Fontana Bianca). La quasi completa copertura detritica del ghiacciaio rende le misure glaciologiche molto difficoltose, poco precise e poco significative per quanto riguarda le relazioni con la dinamica meteo-climatica. Data la lunga serie di misure disponibili (dal 1987) si è in ogni caso deciso di continuare nel prossimo futuro la raccolta dati utilizzando il metodo geodetico basato sull'utilizzo di droni (Claudio Smiraglia, comunicazione personale).

Come i precedenti, anche l'anno idrologico 2020-'21 è stato caratterizzato da bilanci di massa prevalentemente negativi sui ghiacciai monitorati (Tabella MB1). Il valore medio di bilancio annuale di tutti i ghiacciai osservati è stato pari a -424 mm w.e. , meno negativo di quello delle quattro precedenti annate (-1676 mm w.e. nel 2017, -1582 mm w.e.

nel 2018, -918 mm w.e. nel 2019, -666 mm w.e. nel 2020). I bilanci annuali più negativi sono stati misurati sui ghiacciai Grand Etrèt (-1715 mm w.e.), Ciardoney (-1330 mm w.e.), Pendente (-1200 mm w.e.), Timorion (-1115 mm w.e.). Nel caso del Grand Etrèt, Ciardoney e Timorion, sulle Alpi occidentali, le misure hanno evidenziato un leggero deficit di alimentazione nevosa invernale, compreso tra il 4% e il 10%, mentre sul Pendente gli accumuli nevosi erano ben superiori alla media (Tabella MB2). Questi ghiacciai hanno avuto ablazione estiva superiore alla media, già elevata negli ultimi decenni, con l'eccezione del Ciardoney dove l'ablazione è risultata allineata ai valori medi. Questi ghiacciai hanno caratteristiche morfologiche e ipsometriche che li rendono particolarmente vulnerabili, essendo sviluppati su un limitato intervallo di quota ed avendo una quota mediana piuttosto bassa. Nel caso del Pendente, inoltre, l'esposizione prevalente è meridionale. Su Pendente e Grand Etrèt sono infine in atto processi di disgregazione della massa glaciale dovuti all'affiorare del substrato roccioso.

Una caratteristica comune a gran parte dei ghiacciai osservati nel 2021 sulle Alpi orientali è stata l'anomalia di bilancio invernale, che ha evidenziato accumuli nevosi superiori alla media, in alcuni casi anche in modo sensibile, come sui ghiacciai Meridionale di Suretta (+45%), Careser (+40%), La Mare (+35%) e Malavalle (+35%). Nel caso del Meridionale di Suretta e del Malavalle, si tratta del valore massimo dell'intera serie storica (dal 2010 e dal 2002, ri-

spettivamente). Gli accumuli invernali, sebbene non misurati, sono stati certamente superiori alla media anche nelle Alpi Giulie, dove si trovano i ghiacciai del Canin Orientale e del Montasio Occidentale che nel 2021 hanno fatto registrare un bilancio di massa positivo. Questi ghiacciai risentono maggiormente degli accumuli nevosi invernali rispetto a gran parte dei ghiacciai alpini (Colucci & Guglielmin, 2015; De Marco & alii, 2022), ed indicano chiaramente condizioni di ottima alimentazione nevosa. Tra i ghiacciai con bilancio più prossimo al pareggio si evidenzia quello de La Mare (-64 mm w.e.) dove, oltre al già citato abbondante innevamento invernale, è stata misurata anche un'anomalia negativa nell'ablazione estiva (-21%). Oltre a condizioni meteorologiche favorevoli, questo ghiacciaio beneficia anche di una quota mediana piuttosto elevata (3221 m s.l.m.) e di un buon range altimetrico, raggiungendo i 3587 m s.l.m.

L'area di accumulo è risultata pressoché inesistente ($AAR \leq 0.05$) su 4 dei 17 ghiacciai osservati. Su 11 ghiacciai è stato rilevato un AAR pari o superiore a 0.25, con un valore massimo pari a 1.00 sul Ghiacciaio Orientale del Canin (ghiacciaio interamente coperto da neve residua). Su 10 ghiacciai l'area di accumulo è risultata stazionaria o in espansione rispetto al 2020, mentre sugli altri è rimasta assente oppure si è ridotta. Sul ghiacciaio del Calderone a fine estate si osservavano 4 piccole placche di neve residua, che coprivano il 6% del corpo glaciale, altrove sepolto sotto il detrito. Sulla sua superficie si osservano morfologie che suggeriscono la presenza di processi periglaciali con formazione di strutture assimilabili a lobi di geliflusso o piccoli rock glaciers.

Dal punto di vista meteorologico, la stagione di accumulo è stata caratterizzata da un autunno e prima parte d'inverno con precipitazioni abbondanti, in particolare ad ottobre e soprattutto dicembre, e sulle Alpi orientali. Tra febbraio e aprile invece le precipitazioni sono state scarse e si è avuta l'alternanza di fasi piuttosto miti (febbraio e marzo) e fasi fredde (aprile).

Il mese di maggio è stato conservativo, con prevalente flusso occidentale e diversi episodi con precipitazioni nevose alla quota dei ghiacciai. La prima decade di giugno è proseguita in modo simile, ma nella seconda e terza decade c'è stato un forte rialzo termico che ha portato condizioni di ablazione intensa sui ghiacciai. Luglio ha visto la prevalenza di fasi anticicloniche calde, intervallate da fasi più instabili e fresche di breve durata. In particolare tra il 13 e il 17 si è avuto un abbassamento termico con qualche nevicata oltre i 2700-2900 m, che ha interrotto temporaneamente la fusione. Un episodio simile è avvenuto ad inizio agosto, con neve sui ghiacciai specie al di sopra dei 3100 m. La seconda decade di agosto è però stata molto calda ed ha portato ad una rapida fusione della neve residua, mentre la terza decade è stata via via più fresca, specie tra il 27 e il 31 quando lo zero termico è sceso sotto i 3000 m e si sono avute deboli nevicate che hanno imbiancato i ghiacciai. La prima metà del mese di settembre è stata anticiclonica anche se non eccessivamente calda, mentre la seconda metà ha visto l'alternanza di fasi calde e fasi instabili, che hanno portato le prime nevicate sui ghiacciai, anche se modeste. Nel complesso quindi la stagione di ablazione, iniziata tardivamente, è stata piuttosto intensa e si è prolungata per

gran parte del mese di settembre. Nonostante ciò, e con le eccezioni descritte in precedenza, i ghiacciai erano ben alimentati dalle nevicate invernali e soprattutto quelli a quota più elevata hanno beneficiato di numerosi episodi instabili che hanno portato nevicate estive utili a rallentare, seppur temporaneamente, l'ablazione.

The ongoing transformations that affect glaciers subjected to mass balance measurement may represent a serious issue for the continuation of measurement series. In some cases, the residual ice bodies become gradually less sensitive to regional climatic conditions, and more controlled by local factors such as avalanches, debris cover, orographic shadowing. In 2021, the glaciological mass balance measurements on the Sforzellina Glacier (Ortles-Cevedale Group) have been discontinued, in addition to the Fontana Bianca Glacier measurements series, which stopped in 2017. The almost complete debris coverage of the glacier makes glaciological measurements very difficult, imprecise and not very significant as regards the relationships with the weather-climatic dynamics. Given the long series of available measurements (since 1987) it has been decided in any case to continue data collection in the near future using the geodetic method based on the use of drones (Claudio Smiraglia, personal communication).

Negative mass balance conditions occurred at most monitored glaciers in Italy during the hydrological year 2020-'21 (Table MB1), as already observed in previous years. The average mass balance for all the measured glaciers has been -424 mm w.e., which is significantly less negative compared to the previous four years (-1676 mm w.e. in 2017, -1582 mm w.e. in 2018, -918 mm w.e. in 2019 and -666 mm w.e. in 2020). The largest negative mass balances have been measured at the Grand Etrêt (-1715 mm w.e.), Ciardoney (-1330 mm w.e.), Pendente (-1200 mm w.e.) and Timorion (-1115 mm w.e.) glaciers. In the case of Grand Etrêt, Ciardoney and Timorion glaciers, in the western Alps, measurements indicate a slight deficit of winter snow accumulation, between 4% and 10%, while on the Pendente Glacier the snow accumulations was well above average (Table MB2). These glaciers had above-average summer ablation, with the exception of Ciardoney where the ablation was close to the mean. These glaciers have morphological and hypsometric characteristics that make them particularly vulnerable, such as the limited elevation range and the low median elevation, and for the Pendente Glacier a southern exposure too. The Pendente and Grand Etrêt glaciers are also experiencing fragmentation processes, due to the outcrop of the underlying bedrock.

A feature common to most of the glaciers observed in 2021 in the Eastern Alps was the above-average winter snow accumulation, reaching in some cases significant positive anomalies such as on the Meridionale di Suretta (+45%), Careser (+40%), La Mare (+35%) and Malavalle (+35%) glaciers. For the Meridionale di Suretta and Malavalle glaciers, the 2021 winter balance was the largest in the observation series (from 2010 and 2002, respectively). Although not measured, the winter snow accumulation was certainly above average also in the Julian Alps, where the Canin Orientale and Montasio Occidentale glaciers recorded a positive mass balance in 2021. Indeed, the mass balance of these glaciers is largely affected by winter snow accumulation (Colucci

Tabella MB1 - Bilanci di massa dei ghiacciai italiani 2021.

Metodo di misura: GLAC = glaciologico (diretto); GEOD = geodetico. Tra parentesi: per il metodo glaciologico è riportata la tecnica di spazializzazione e calcolo del bilancio (AUTO = automatica mediante software GIS; RL = regressione lineare quota-bilancio; MAN = tracciatura manuale delle isolinee di bilancio; DA = ghiacciaio suddiviso in aree a bilancio uniforme; COM = combinazione dei precedenti). Per il metodo geodetico è riportata la tecnica di rilievo (TS = stazione totale; GPS = rilievo mediante GPS; FT = fotogrammetria terrestre; FA = fotogrammetria aerea, TLS = LiDAR da terra; ALS = LiDAR aereo).

Table MB1 - MASS BALANCE OF ITALIAN GLACIERS 2021.

Measurement method: GLAC = glaciological (direct); GEOD = geodetic. In brackets: for the glaciological method the interpolation and calculation method is reported (AUTO = automatic by means of GIS software; RL = linear regression of mass balance vs. elevation; MAN = manual drawing of mass balance isolines; DA = glacier divided in areas with uniform mass balance; COM = combination of other methods). For the geodetic method the survey technique is reported (TS = total station; GPS = GPS survey; FT = terrestrial photogrammetry; FA = aerial photogrammetry, TLS = ground-based LiDAR; ALS = aerial LiDAR).

Bacino e n. catasto Basin and n. of inv.	Ghiacciaio Glacier	Metodo di misura* Measurement method*	Da (data iniziale) From (initial date)	A (data finale) To (end date)	Bilancio invernale (mm w.e.) Winter balance (mm w.e.)	Bilancio estivo (mm w.e.) Summer balance (mm w.e.)	Bilancio annuale (mm w.e.) Annual balance (mm w.e.)	ELA (m slm)	AAR
Dora Baltea - Po									
126	Timorion	GLAC (DA)	20201019	20210923	848	-1963	-1115	3450	0.256
134	Grand Etrêt	GLAC (DA)	20200916	20210917	1465	-3180	-1715	3070	0.110
189	Rutor	GLAC (DA)	20200930	20210913	1371	-1699	-328	3080	0.520
Orco - Po									
81	Ciardoney	GLAC (DA)	20200917	20210913	1180	-2510	-1330	> 3150	0.000
Adda - Po									
371	Mer. di Suretta (Suretta Sud)	GLAC (AUTO/COM)	20200918	20210930	3538	-4275	-737	2825	0.190
Inn - Danubio									
997	Settentrionale di Campo (Campo Nord)	GLAC (MAN)	20200919	20210914	N.D.	N.D.	-350	3080	0.280
Adda - Po									
543	Lupo	GLAC (AUTO/COM)	20200929	20211001	3921	-4132	-211	2600	0.32
Noce - Adige									
701	Careser	GLAC (AUTO)	20200919	20210913	1364	-2314	-950	3106	0.034
699	La Mare (settore meridionale)	GLAC (COM)	20200918	20210909	1342	-1406	-64	3216	0.487
Sarca - Mincio - Po									
639	Mandrone	GLAC (COM)	20201102	20211002	1952	-2899	-947	3163	0.260
Plima - Adige									
733	Vedretta Lunga	GLAC (MAN)	20201001	20210930	1183	-1912	-729	3266	0.270
Isarco - Adige									
930	Occidentale di Ries (Vedretta Gigante Occidentale)	GLAC (DA)	20201001	20210924	1299	-1501	-202	3000	0.560
876	Pendente	GLAC (DA)	20201001	20210928	1961	-3161	-1200	2934	0.000
875	Malavalle	GLAC (DA)	20201001	20210928	1742	-2162	-420	3108	0.300
Avisio - Adige									
Fella - Tagliamento									
981	Montasio	GEOD (FT-FA)	20201008	20210928	N.D.	N.D.	949	1890	0.690
984	Orientale del Canin	GEOD (TS)	20200930	20210928	N.D.	N.D.	2428	<2140	1.000
Mavone - Vomano									
1006	Calderone	GEOD (FA)	20200905	20210912	N.D.	N.D.	-292	N.D.	N.D.

Tabella MB2 - Anomalie di bilancio annuale e stagionale di alcuni ghiacciai italiani nel 2021. Il ranking esprime la posizione del bilancio 2021 rispetto alla serie storica (ranking = 1 corrisponde al valore massimo della serie).

Table MB2 - Annual and seasonal mass balance anomalies of some Italian glaciers in 2021. Ranking expresses the position of the 2021 balance compared to the historical series (ranking = 1 means the highest value in the series).

ANOMALIE - ANOMALIES								
	Periodo di osservazione Observation period	N. anni osservazione N. years of observation	Bilancio invernale Winter balance	Ranking invernale Winter balance ranking	Bilancio estivo Summer balance	Ranking estivo Summer balance ranking	Bilancio annuale Annual balance	Ranking annuale Annual balance ranking
Ciardoney	1992-	30	-4%	13/30	+1%	17/30	-1%	16/30
Meridionale di Suretta (Suretta Sud)	2010-	12	+45%	1/11	-18%	10/11	+26%	5/12
Lupo	2010-	12	+18%	3/12	-6%	7/12	+62%	4/12
Careser	1967-	55	+40%	6/48	-10%	29/48	+16%	23/55
Langenferner - Vedretta Lunga	2004-	18	+19%	5/18	+12%	4/18	+39%	4/18
Pendente	1996-	26	+19%	4/23	-10%	18/23	-4%	12/26
Calderone	1995-	25					+31%	13/25

& Guglielmin, 2015; De Marco & alii, 2022), and clearly indicates conditions of high snow supply. Among the glaciers with a balance closest to equilibrium, we highlight the La Mare Glacier, whose annual balance (-64 mm w.e.) depends on the aforementioned abundant winter snowfall and a negative anomaly in summer ablation (-21%). In addition to favourable weather conditions, this glacier also benefits from a rather high median elevation (3221 m a.s.l.) and a high elevation range, reaching 3587 m a.s.l.

The accumulation area was almost non-existent (AAR ≤ 0.05) on four of the 17 glaciers observed. An AAR equal to or greater than 0.25 was detected on 11 glaciers, with a maximum value of 1.00 on the Eastern Canin glacier (glacier entirely covered by residual snow). On 10 glaciers, the accumulation area was stationary or expanding compared to 2020, whereas on the others it shrank or remained absent. Four small patches of residual snow were observed on the Calderone glacier at the end of the summer, covering 6% of the glacial body, which is buried elsewhere by debris. The morphology of the debris-covered glacier surface indicates the occurrence of periglacial processes, with the formation of structures similar to geliflution lobes and small rock glaciers.

From a meteorological point of view, the accumulation season was characterized by abundant precipitation, especially in October and December, and in the Eastern Alps. Between February and April, however, precipitation has been scarce and there was an alternation of mild phases (February and March) and cold phases (April). The month of May was conservative, with a prevailing zonal circulation and several snowfalls at the glaciers' elevation. The first decade of June continued in a similar way, but in the second and third decades there was a sharp rise in temperature that led to intense ablation on glaciers. July was characterised by the prevalence of warm anticyclonic phases, interspersed with unstable and cool phases of short duration. In particular, between the 13th and the 17th a drop in temperature and some snowfall above 2700-2900 m temporarily stopped the ablation. A similar episode occurred in early August, with snow on the glaciers,

especially above 3100 m. However, the second decade of August was very warm and led to a rapid melt of the residual snow, while the third decade was gradually cooler, especially between the 27th and the 31st, when the zero-degree elevation dropped below 3000 m and weak snowfalls whitened the glaciers. The first half of September was anticyclonic, even if not excessively warm, while the second half saw the alternation of warm and unstable phases. The latest brought the first snowfalls on the glaciers, albeit modest. Overall, the ablation season began late but was quite intense and lasted for the largest part of September. Despite this, and with the exceptions described above, the glaciers were well fed by winter snow and especially those at elevation higher than 3100-3200 m benefited from several summer snowfalls, which contributed to slow down temporarily the ablation.

INFORMAZIONI DI DETTAGLIO - DETAILED INFORMATION

Vengono fornite le informazioni di dettaglio relative al bilancio di massa di alcuni ghiacciai per l'annata di bilancio 2020-'21. Il paragrafo è suddiviso in sotto-paragrafi, uno per ogni ghiacciaio, all'interno dei quali si riportano alcune informazioni generali sui ghiacciai, la loro serie di misurazioni e informazioni sull'annata in oggetto, seguite da una foto del ghiacciaio, una figura che mostra la distribuzione spaziale del bilancio annuale, e un grafico che riporta i risultati dall'inizio delle misurazioni.

This section presents the detailed information on the mass balance of selected glaciers for the year 2020-'21. This section is divided in sub-sections, one for each glacier, composed by a description of the glaciers, their observation series and the current year, followed by a picture of the glacier, a map with the spatial distribution of the annual balance, and a chart that reports the measurements results since the beginning of the series.

371 Ghiacciaio Meridionale di Suretta (*Suretta Sud*)

Riccardo SCOTTI (SGL, CGI), Fabio VILLA, Paolo GALLO,
Giovanni PRANDI (SGL)

Il ghiacciaio Meridionale di Suretta è un ghiacciaio di circo con esposizione meridionale. Situato a Nord del Lago di Montespluga è il più settentrionale dei ghiacciai del Gruppo Spluga-Lej (Alpi lombarde). Attualmente il ghiacciaio occupa una superficie di 0.125 km² (2019), una quota che varia tra 2700 e 2910 m s.l.m. con una quota mediana di 2770 m s.l.m. Nel 2014 è stato effettuato un rilievo radar sull'intera superficie del ghiacciaio che ha messo in luce uno spessore medio di 11.2 m fino ad un massimo di 38.8 m (Hagg & alii, 2017).

Dal 2001 il ghiacciaio è stato oggetto di misure di bilancio di massa geodetico per mezzo di rilievo GPS differenziale (Tamburini & alii, 2003; Tamburini & Villa, 2009) al quale dal 2010 è stato affiancato il bilancio glaciologico classico comprensivo di bilancio invernale (Hagg & alii, 2017).

Dal 2002 i bilanci sono stati costantemente negativi con solo due anni positivi (2010 e 2014). Dopo che nel 2020 il bilancio invernale risultò il peggiore dal 2010, il 2021 ha visto una stagione di accumulo particolarmente

nevosa che ha garantito il miglior bilancio invernale della serie 2010-2021 (+ 3538 mm *w.e.*). Considerando solo la serie di altezza neve misurata presso la palina n° 2 al centro del ghiacciaio (serie 1999-2021), il 2021 con 670 cm di neve è secondo solo al 2019 (675 cm) e superiore al 2001 (610 cm). L'ablazione è stata particolarmente significativa con un valore di -4275 mm *w.e.*, superiore alla media 2010-2021 di oltre 600 mm portando ad un bilancio netto negativo pari a -737 mm *w.e.* La ELA, come al solito piuttosto irregolare a causa di accumuli eolici e valanghivi, si è attestata attorno a 2825 m per un indice AAR pari a 0.19.

The Suretta Sud is a cirque glacier with southern exposure. It is located north of the Lago di Montespluga, and it is the northernmost glacier of the Sluga-Lej Group (Alpi Lombarde). Currently (2019), the glacier area is of 0.125 km², with elevation ranging between 2700 and 2910 m a.s.l., and with a median elevation of 2770 m a.s.l.. In 2014 a georadar survey covering the entire area of the glacier highlighted a mean ice thickness of 11.2 m, and a maximum ice thickness of 38.8 m (Hagg & alii, 2017).

Mass balance measurements using the geodetic method started in 2001, employing a differential GPS (Tamburini &



FIG. MB2 - Il ghiacciaio Meridionale di Suretta al termine della stagione di ablazione 2021 (foto F. VILLA, 2021.09.30). *The Meridionale di Suretta Glacier at the end of the 2021 ablation season.*

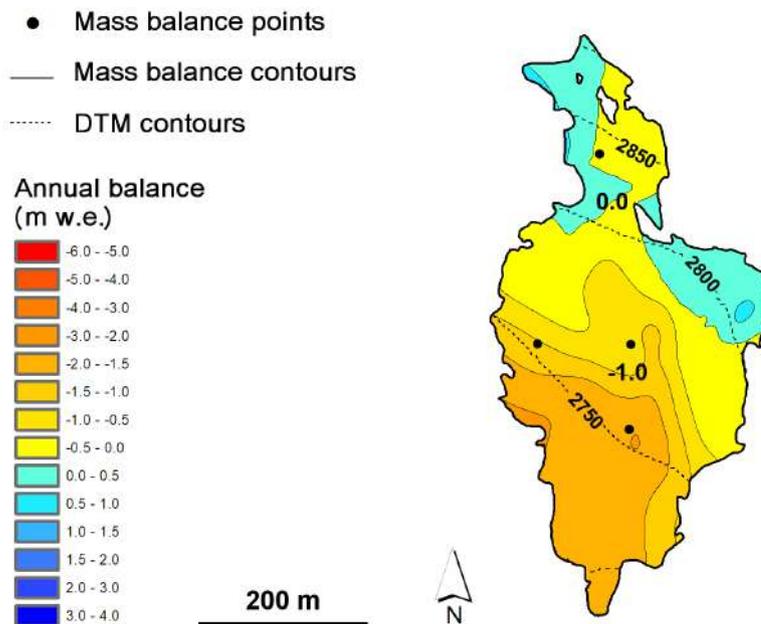


FIG. MB3 - Distribuzione spaziale del bilancio annuale sul ghiacciaio Meridionale di Suretta nel 2021. *Annual balance distribution on the Meridionale di Suretta Glacier in 2021.*

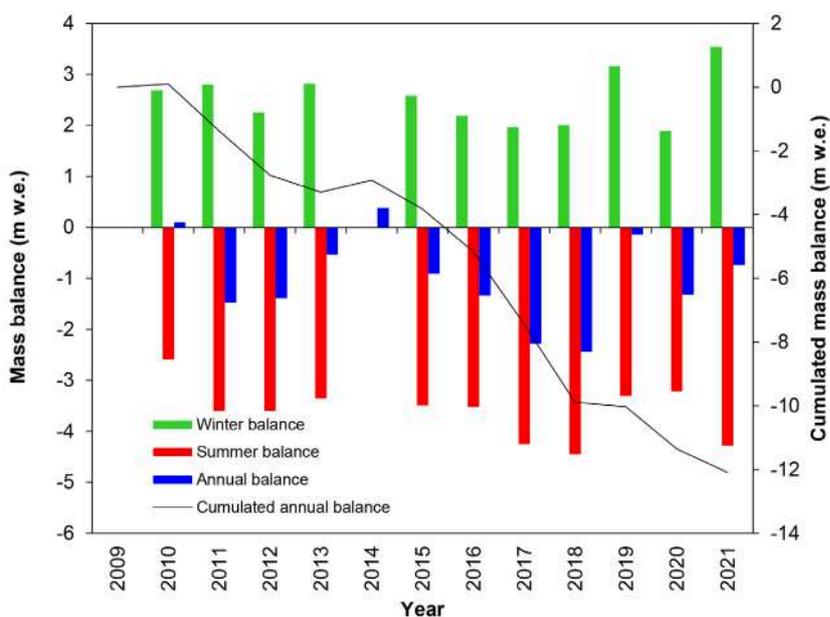


FIG. MB4 - Risultati delle misure di bilancio di massa sul ghiacciaio Meridionale di Suretta dal 2010. Il grafico riporta i bilanci annuali, cumulati annuali e stagionali. *Results of the mass balance measurements on the Meridionale di Suretta Glacier since 2010. The chart reports the annual, cumulated annual and seasonal mass balances.*

alii, 2003; Tamburini & Villa, 2009). Parallel mass balance measurements using the glaciological method were undertaken since 2010, with the observation of annual and seasonal components (winter and summer balances (Hagg & alii, 2017).

Since 2002, the mass balance has been constantly negative, with only two years of positive mass balance (2010 and 2014). After the worst winter balance of the measurement series in 2020, 2021 had a particularly snowy accumulation season that led to the best winter balance of the 2010-2021 series (+ 3538 mm w.e.). Considering only the

snow depth series measured at pole n° 2 in the center of the glacier (1999-2021 series), the 670 cm snowdepth of 2021 is second only to 2019 (675 cm) and higher than 2001 (610 cm). The ablation was intense and 600 mm w.e. larger than the 2010-2021 average. The summer balance was -4275 mm w.e. and led to an annual balance of -737 mm w.e. As usual, the ELA was irregular due to wind accumulation and avalanches, and located at around 2825 m giving an AAR index of 0.19.

699 Ghiacciaio de La Mare

Luca CARTURAN (Università di Padova, CGI)

Il ghiacciaio de La Mare è un ghiacciaio vallivo a bacino composto collocato nel settore centrale del gruppo Ortles-Cevedale. Il ghiacciaio occupa una superficie di 3.19 km² (agosto 2019), ed è composto da due unità che si sono separate nel corso dell'estate 2019. La quota varia tra 2771 e 3769 m a.s.l. (Monte Cevedale) e la quota mediana è di 3290 m (considerando entrambe le unità).

Le misure di bilancio di massa sono iniziate nel 2003, con l'obiettivo di affiancare ed eventualmente sostituire la serie di bilancio del vicino ghiacciaio del Careser, in rapido dissolvimento (Carturan, 2016). Le misurazioni vengono eseguite sul settore meridionale del ghiacciaio, ora unità a sé stante, più accessibile e più esteso, che alimenta la lingua di ablazione principale. Questo settore ha una superficie di 1.90 km² e una quota mediana di 3219 m. Il ghiacciaio de La Mare conserva tuttora un'area di accumulo, che tuttavia è di dimensioni troppo ridotte per consentire condizioni di equilibrio. Di conseguenza, il bilancio è stato prevalentemente negativo nel periodo di osservazione (-865 mm *w.e.* in media dal 2003 al 2020), causando una consistente perdita di superficie e di volume dall'inizio delle misurazioni. Le modificazioni morfologi-

che sono particolarmente rapide sul settore inferiore del ghiacciaio, che tende a separarsi da quello superiore in corrispondenza di un gradino roccioso che sta affiorando a quota 3100 m.

Nel 2021 l'accumulo nevoso è stato di circa il 35% superiore alla media e l'ablazione estiva è stata del 21% inferiore alla media. Di conseguenza, il bilancio annuale è risultato sopra la media e quasi in pareggio (-64 mm *w.e.*). La ELA si è collocata a 3216 m e l'AAR è risultato pari a 0.49.

The La Mare Glacier is a valley glacier with compound basin located in the central part of the Ortles-Cevedale Group. Its area is of 3.19 km² (August 2019) and is composed of two sub-units, which separated in summer 2019. The elevation ranges between 2771 and 3769 m a.s.l. (Mount Cevedale), and the median elevation is 3290 m a.s.l. (considering both units).

The mass balance measurements were started in 2003, to ensure mass balance observations in the area of the vanishing Careser Glacier (Carturan, 2016). Mass balance measurements are carried out in the southern branch of the glacier, now independent, which is larger and more accessible, and which feeds the main ablation tongue. This branch has an area of 1.90 km² and a median elevation of 3219 m a.s.l. The

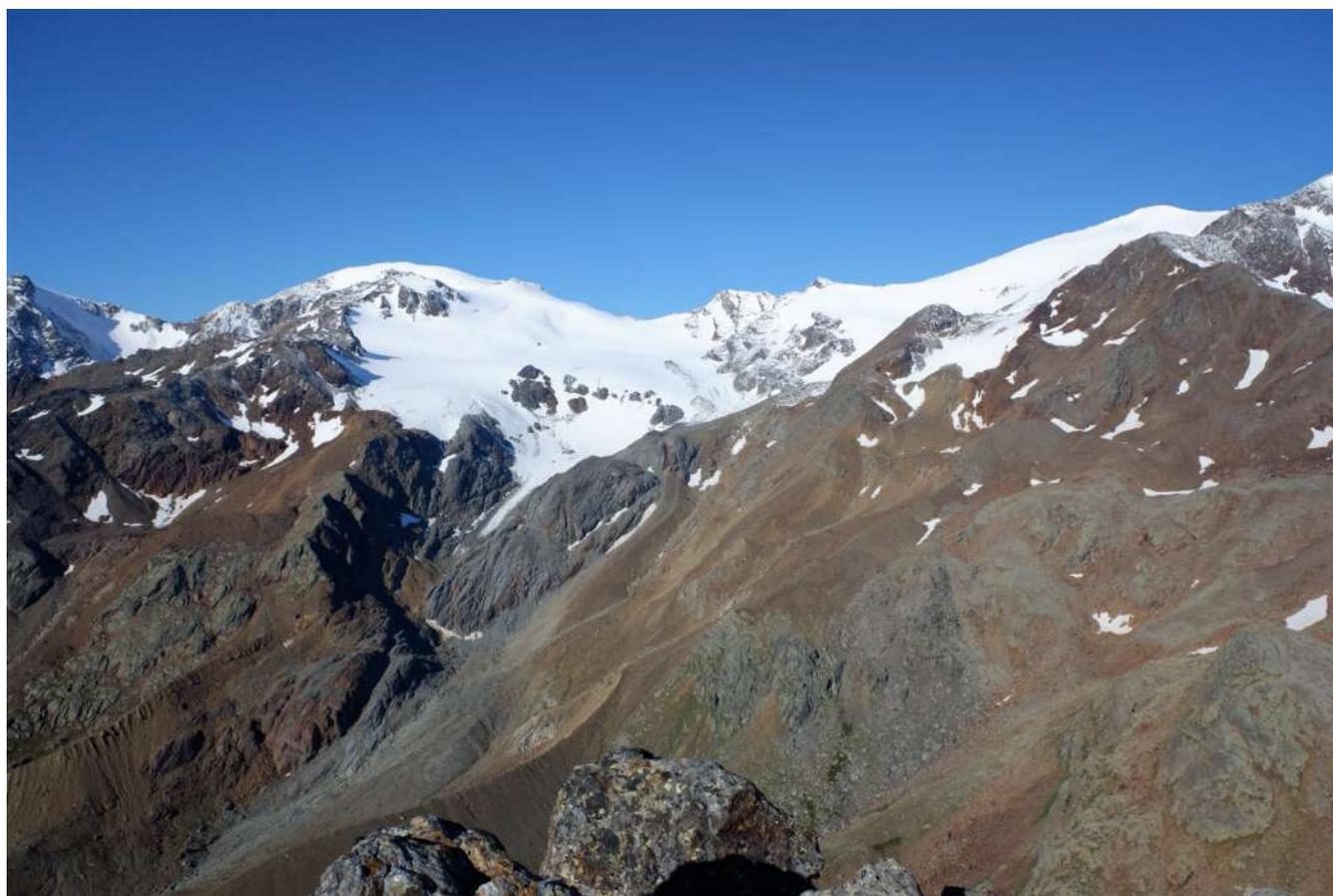


FIG. MB5 - Il ghiacciaio de La Mare ripreso il 1 settembre 2021 da cima Nera (foto L. CARTURAN). Un sottile strato di neve recente ricopre il ghiacciaio. *The La Mare Glacier photographed from Cima Nera on 1 September 2021. A thin layer of recent snow covers the entire glacier.*

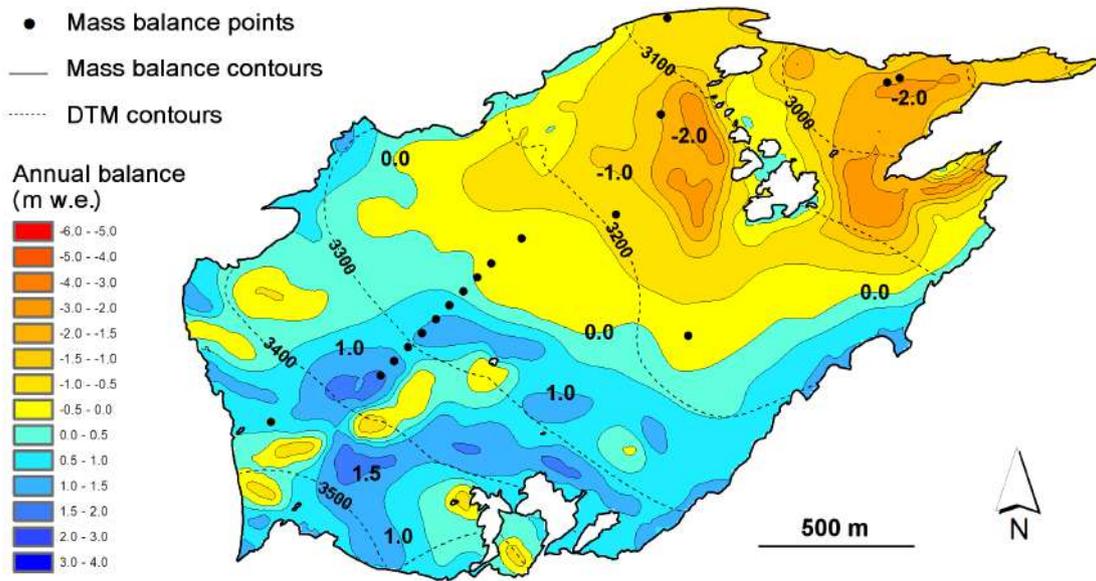


FIG. MB6 - Distribuzione spaziale del bilancio annuale sul ghiacciaio de La Mare (unità meridionale) nel 2021. *Annual balance distribution on the La Mare Glacier (southern unit) in 2021.*

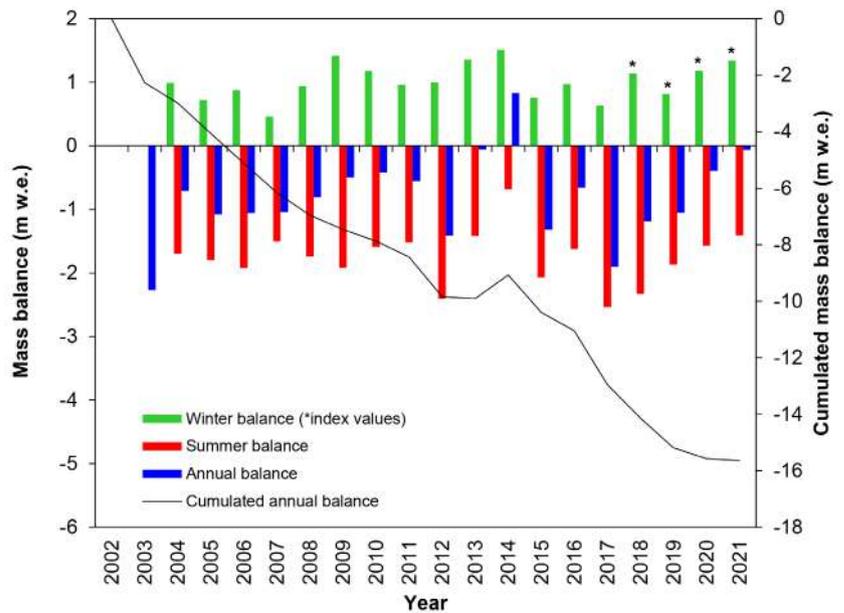


FIG. MB7 - Risultati delle misure di bilancio di massa sul ghiacciaio de La Mare dal 2003. Il grafico riporta i bilanci annuali, cumulati annuali e stagionali. *Results of the mass balance measurements on the La Mare Glacier since 2003. The chart reports the annual, cumulated annual and seasonal mass balances.*

glacier still keeps an accumulation area, which however is much smaller than required for balanced-budget conditions. Consequently, the mass balance has been mostly negative in the observation period (-865 mm w.e. on average in the period between 2003 and 2019), leading to a considerable loss in area and volume. The morphological changes are particularly rapid in the lower part, which tends to separate from the rest of the glacier due to the progressive outcrop of a bedrock step at 3100 m.

In 2021 the snow accumulation has been about 35% larger than average, and the summer ablation has been 21% lower than average. Consequently, the annual balance has been above the mean and close to equilibrium (-64 mm w.e.). The ELA was at 3216 m a.s.l. and the AAR was 0.49.

701 Ghiacciaio del Careser

Luca CARTURAN (CGI-UNIPD), Mauro GADDO (Meteotrentino-Provincia autonoma di Trento), Cristian FERRARI (Commissione Glaciologica SAT), Christian CASAROTTO (MUSE Museo delle Scienze)

Il ghiacciaio del Careser occupa una superficie di 0.77 km² (settembre 2020) e la sua quota varia tra i 2969 e i 3133 m s.l.m. Il ghiacciaio è prevalentemente esposto ad ovest ed è piuttosto pianeggiante. Il 92% della sua superficie si trova tra i 3000 e i 3100 m s.l.m. e la quota mediana è di 3064 m s.l.m. La temperatura media annua alla quota mediana del ghiacciaio è di circa -3/-4°C e la precipitazione media annua è di 1450 mm (Carturan & alii, 2013).

Le misure di bilancio con il metodo glaciologico sono iniziate sul Careser nel 1967, e fino al 1980 il bilancio è stato prossimo all'equilibrio (Zanon, 1992). Successivamente hanno prevalso condizioni di bilancio negativo, e negli ultimi tre decenni la linea di equilibrio si è collocata prevalentemente oltre la quota massima del ghiacciaio (Carturan & alii, 2013). Il bilancio annuo medio tra il 1981 e il 2001 è stato pari a -1195 mm w.e., sceso a una media di -1801 mm w.e. tra il 2002 e il 2020.

Nel 2021 gli accumuli di neve invernali sono stati decisamente superiori alla media (Tabella MB2). La fusione estiva è stata intensa, con un bilancio estivo che è risultato del 10% più negativo della media dal 1967 al 2020. Se confrontato però con la media degli ultimi due decenni, il

bilancio estivo è risultato del 16% superiore alla media. A fine estate la neve residua occupava solo il 3% del ghiacciaio (AAR = 0.03, ELA a 3106 m). Il bilancio annuale è quindi stato negativo anche nel 2021, e pari a -950 mm w.e.

The Careser Glacier occupies an area of 0.77 km² (September 2020) and its elevation ranges from 2969 to 3133 m a.s.l. The glacier is mainly exposed to the west and is rather flat. The 92% of the glacier area lies between 3000 and 3100 m a.s.l. and the median elevation is 3064 m a.s.l. The mean annual air temperature at the median elevation is about -3 to -4°C and precipitation averages 1450 mm (Carturan & alii, 2013).

Direct mass balance investigations on Careser Glacier started in 1967, and until 1980 the mass balance was close to equilibrium (Zanon, 1992). Imbalanced conditions and steadily negative mass balances followed, and in the last three decades the ELA was mostly above the maximum elevation of the glacier (Carturan & alii, 2013). The mean value of the annual balance was -1195 mm w.e. from 1981 to 2001, and decreased to -1801 mm w.e. from 2002 to 2020.

In 2021, the winter snow accumulation was significantly above the long-term mean (Table MB2). The summer melt was intense and the summer balance was 10% more negative than the 1967-2020 mean. However, when compared to the last two decades, the summer balance was 16% higher than the mean. At the end of the ablation season, the AAR was 0.03, and the ELA was at 3106 m. The annual balance was once again negative, and equal to -950 mm w.e.



FIG. MB8 - Il ghiacciaio del Careser fotografato il 13 settembre 2021 (foto L. Carturan). *The Careser Glacier on 13 September 2021.*

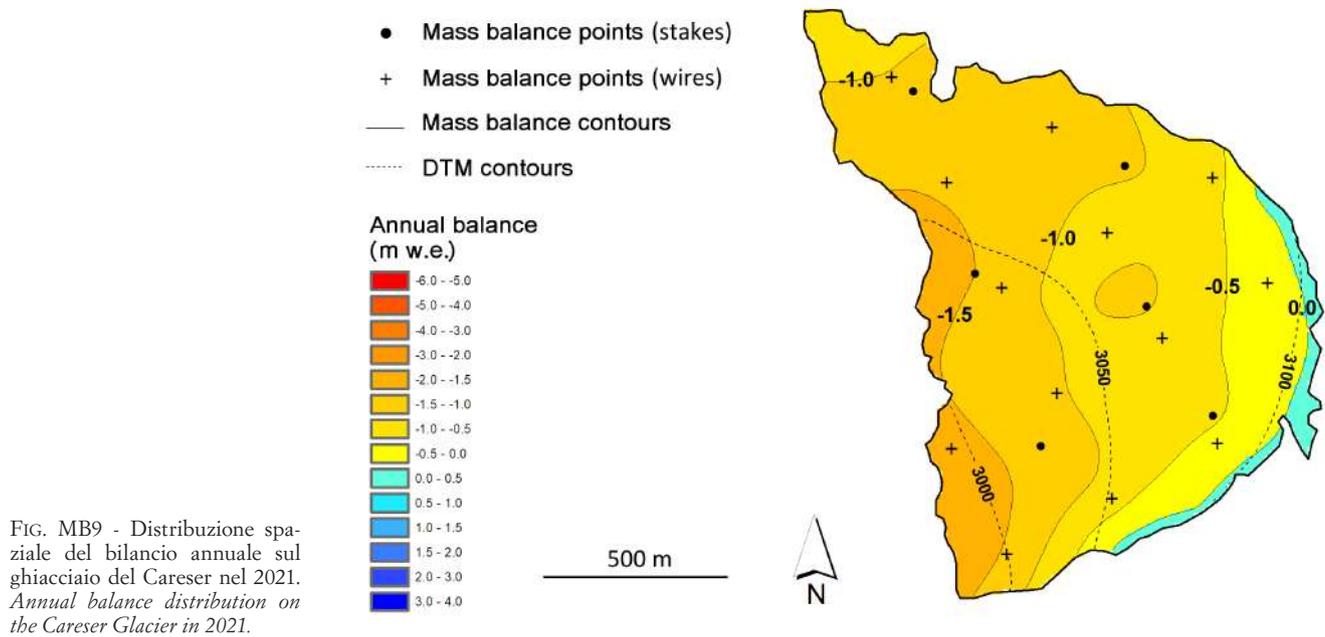


FIG. MB9 - Distribuzione spaziale del bilancio annuale sul ghiacciaio del Careser nel 2021.
Annual balance distribution on the Careser Glacier in 2021.

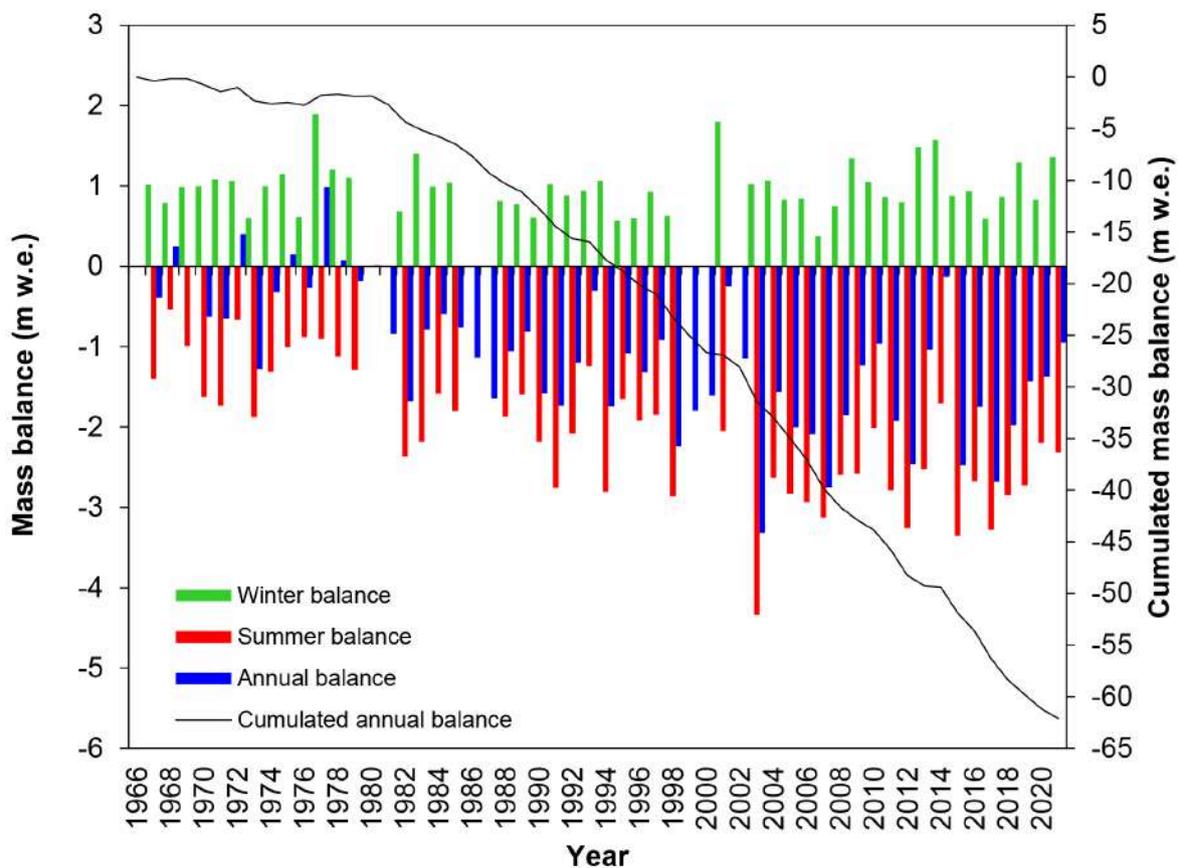


FIG. MB10 - Risultati delle misure di bilancio di massa sul ghiacciaio del Careser dal 1967. Il grafico riporta i bilanci annuali, cumulati annuali e stagionali. *Results of the mass balance measurements on the Careser Glacier since 1967. The chart reports the annual, cumulated annual and seasonal mass balances.*

733 Vedretta Lunga (Langenferner)

Stephan P. GALOS (ACINN - Innsbruck); Roberto DINALE
(Agenzia per la Protezione civile,
Provincia autonoma di Bolzano, CGI)

Il ghiacciaio della Vedretta Lunga (Langenferner) è situato alla testata della Val Martello nel gruppo dell'Ortles-Cevedale, nella Provincia Autonoma di Bolzano. Il ghiacciaio copre un'area di circa 1.44 km² (anno 2019) con una quota che varia dai 3365 m ai 2720 m (anno 2016). La parte superiore del ghiacciaio è esposta a Nord mentre la parte inferiore ad Est.

Il monitoraggio del ghiacciaio della Vedretta Lunga è effettuato annualmente, partendo nell'anno idrologico 2003/04. I bilanci di massa annuali e invernali sono determinati applicando il metodo glaciologico diretto a date fisse (Galos & alii, 2017).

Per l'anno idrologico 2020-'21 i rilievi utilizzati per calcolare il bilancio di massa invernale hanno avuto luogo il giorno 8 maggio, durante il quale sono stati effettuati 91 sondaggi del manto nevoso e tre profili di densità della neve. I rilievi di fine anno idrologico hanno avuto luogo il 2 ottobre (Galos, 2021).

L'analisi del periodo compreso tra inizio ottobre 2020 e fine aprile 2021 rivela un bilancio di massa invernale pari a 1183 mm *w.e.*, superiore alla media (1000 mm *w.e.*). La maggior parte dell'accumulazione invernale è stata registrata durante il corso di alcuni eventi significativi di precipitazione durante i mesi di Ottobre, Dicembre e Gennaio. Ad inizio Dicembre, uno di questi eventi ha stabilito un nuovo record di precipitazione nella regione per il mese di Dicembre.

Il bilancio di massa annuale di -729 mm *w.e.* è ancora una volta chiaramente negativo, seppur solo gli anni 2010, 2013 e 2014 abbiano registrato bilanci di massa meno negativi. La ELA si è collocata a una quota di 3266 m e l'AAR è risultato pari a 0.27. Oltre ad un'altezza del manto nevoso superiore alla norma a tarda primavera, che ha protetto la superficie del ghiacciaio durante il mese estremamente caldo di giugno, una serie di (minori) nevicate e l'assenza di ondate di caldo persistenti durante il caldo e umido periodo di ablazione hanno contribuito al bilancio di massa annuale del 2021.

The Langenferner (Vedretta Lunga) is located at the head of Martell-Valley in the Ortles-Cevedale Group, Autonomous Province of Bolzano. The glacier covers an area of 1.44 km² (year 2019) and extends from 3365 m down to 2720 m (year 2019). While the upper glacier part is exposed to the North, the lower part faces East.

Mass balance measurements have been carried out at Langenferner since the hydrological year 2003/04. These measurements comprise both the winter and the annual mass balance of the glacier and follow the fixed date direct glaciological method (Galos & alii, 2017).

In the hydrological year 2020-'21 the calculation of the winter balance was based on 91 snow depth probings and three density pits which were carried out on 8 May, 2021. The final measurements for the annual balance were performed on 2 October (Galos, 2021).

*Analyses for the period between October 2020 and April 2021 reveal a mean specific winter balance of 1183 mm *w.e.*, which is above the mean (1000 mm *w.e.*). The gross part of precipitation within the hydrological winter period occurred in the course of a small number of significant precipitation events during the months of October, December and January. Thereby, an extreme event in early December 2020 accounted for new precipitation records in the region for the month of December.*

*The mean specific annual balance of -729 mm *w.e.* is again clearly negative, although only the mass balances of the years 2010, 2013 and 2014 were less negative. The ELA was located at 3266 m a.s.l with an AAR of 0.27. Besides the higher-than-average snowpack in late spring, which protected the glacier surface during the extremely hot month of June, a number of (minor) snowfall events and the absence of persistent heat waves during the warm and humid ablation period were important factors for the mass balance 2021.*

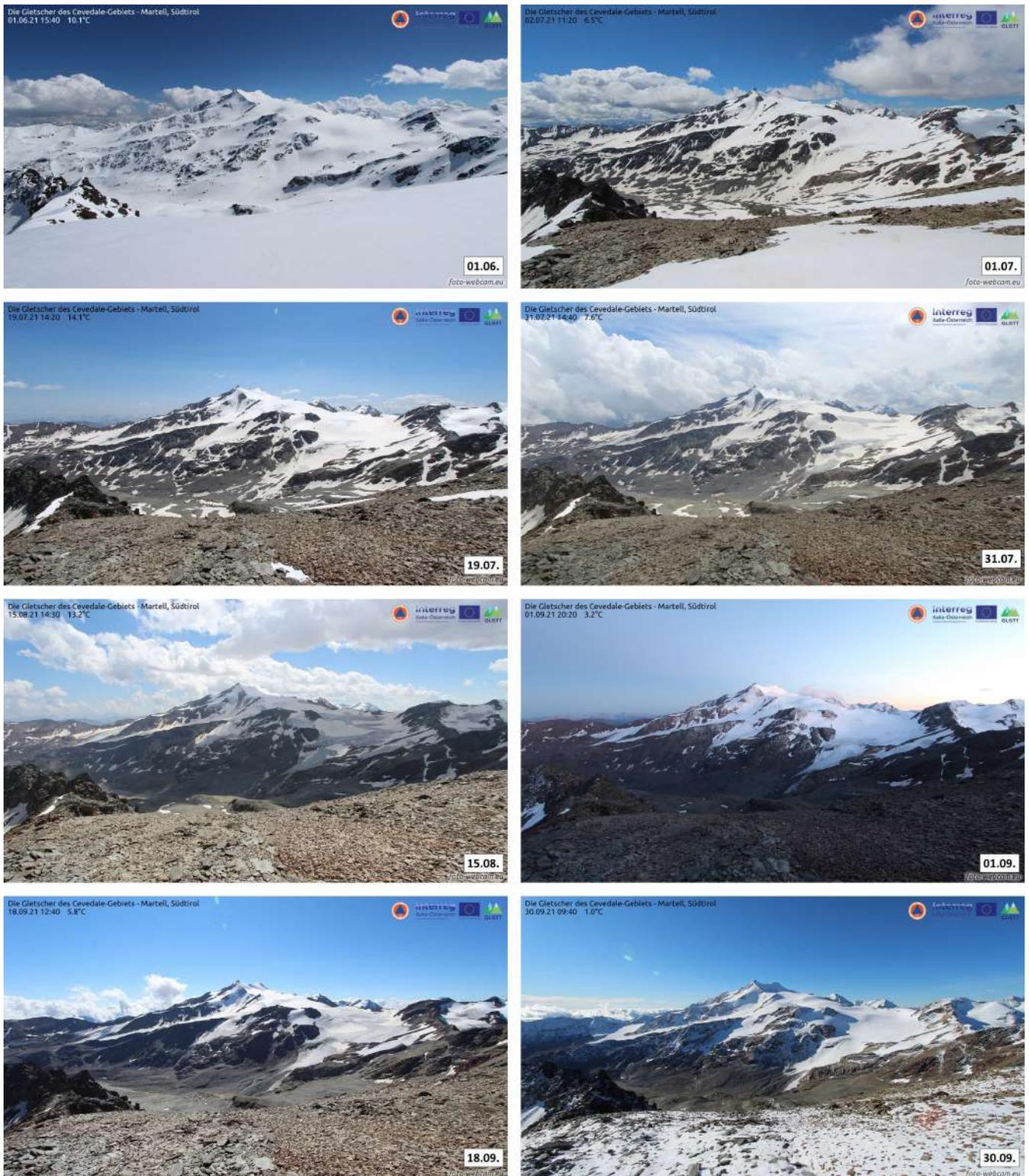


FIG. MB11 - Veduta della Vedretta Lunga (Langenferner) ripresa in otto differenti date durante la stagione di ablazione 2021 dalla webcam installata al Butzenspitze. *View of the Vedretta Lunga (Langenferner) taken by the webcam at Butzenspitze in eight different dates during the 2021 ablation season (Galos, 2021).*

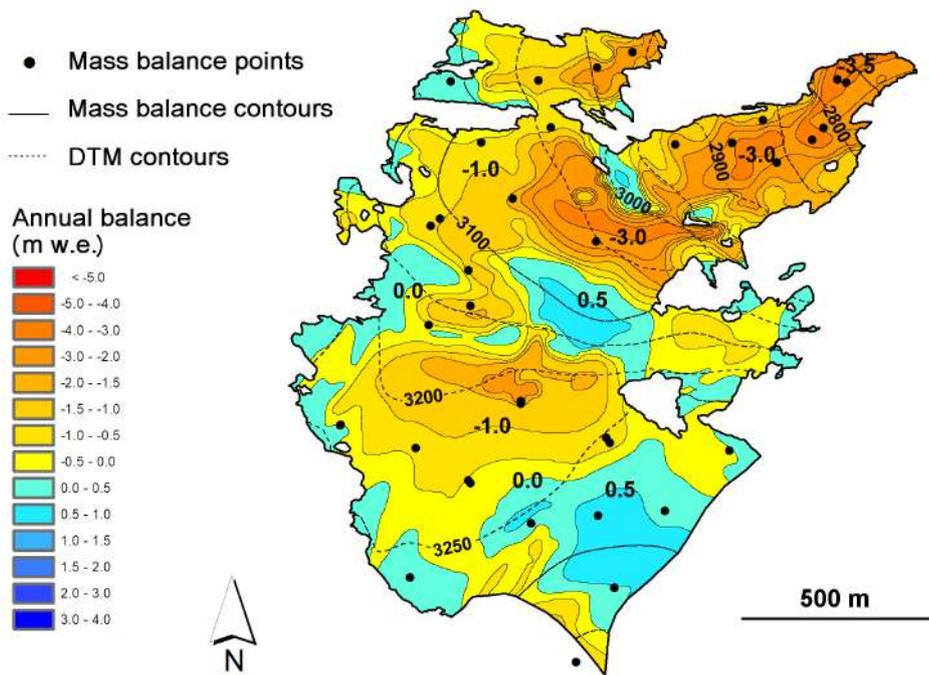


FIG. MB12 - Distribuzione spaziale del bilancio annuale sulla vedretta Lunga nel 2021. *Annual balance distribution on the vedretta Lunga (Langenferner) in 2021.*

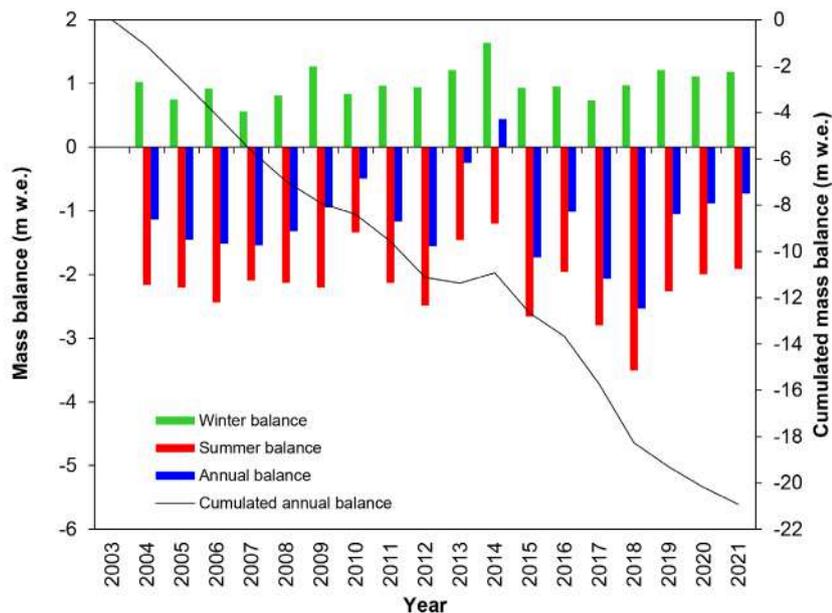


FIG.. MB13 - Risultati delle misure di bilancio di massa sulla vedretta Lunga dal 2004. Il grafico riporta i bilanci annuali, cumulati annuali e stagionali. *Results of the mass balance measurements on the vedretta Lunga (Langenferner) since 2004. The chart reports the annual, cumulated annual and seasonal mass balances.*

REFERENCES

- BARONI C., BONDESAN A. & MORTARA G. [Eds.] (2012) - *Report of the Glaciological Survey of 2011. Relazioni della campagna glaciologica 2011*. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 35 (2), 211-279. doi: 10.4461/GFDQ.2012.35.19
- BARONI C., BONDESAN A. & CHIARLE M. [Eds.] (2017) - *Report of the Glaciological Survey 2016. Relazioni della Campagna Glaciologica 2016*. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 40 (2), 233-320. doi: 10.4461/GFDQ.2017.40.14
- BARONI C., BONDESAN A., CARTURAN L. & CHIARLE M. [Eds.] (2018) - *Report of the Glaciological Survey 2017. Relazioni della Campagna Glaciologica 2017*. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 41 (2), 115-193. doi: 10.4461/GFDQ.2018.41.17
- BARONI C., BONDESAN A., CARTURAN L. & CHIARLE M. [Eds.] (2019) - *Annual glaciological survey of italian glaciers (2018). Campagna glaciologica annuale dei ghiacciai italiani (2018)*. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 42 (2), 113-201. doi: 10.4461/GFDQ.2019.42.9
- BARONI C., BONDESAN A., CARTURAN L. & CHIARLE M. [Eds.] (2020a) - *Annual glaciological survey of italian glaciers (2019). Campagna glaciologica annuale dei ghiacciai italiani (2019)*. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 43 (1), 45-142. doi: 10.4461/GFDQ.2020.43.4
- BARONI C., BONDESAN A., CARTURAN L. & CHIARLE M. [Eds.] (2020b) - *Annual glaciological survey of Italian glaciers (2020) - Campagna glaciologica annuale dei ghiacciai italiani (2020)*. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 43 (2), 221-314. doi: 10.4461/GFDQ.2020.43.10
- CARTURAN L. (2016) - *Replacing monitored glaciers undergoing extinction: a new measurement series on La Mare Glacier (Ortles-Cevedale, Italy)*. *Journal of Glaciology*, 62 (236), 1093-1103. doi: 10.1017/jog.2016.107
- CARTURAN L., BARONI C., BECKER M., BELLIN A., CAINELLI O., CARTON A., CASAROTTO C., DALLA FONTANA G., GODIO A., MARTINELLI T., SALVATORE M.C. & SEPPI R. (2013). *Decay of a long-term monitored glacier: Careser Glacier (Ortles-Cevedale, European Alps)*. *The Cryosphere*, 7, 1819-1838. doi: 10.5194/tc-7-1819-2013
- COGLEY J.G., HOCK R., RASMUSSEN L.A., ARENDT A.A., BAUDER A., BRAITHWAITE R.J., JANSSON P., KASER G., MÖLLER M., NICHOLSON L. & ZEMP M. (2011) - *Glossary of Glacier Mass Balance and Related Terms*. IHP-VII Technical Documents in Hydrology No. 86, IACS Contribution No. 2, UNESCO-IHP, Paris.
- COLUCCI R.R. & GUGLIELMIN M. (2015) - *Precipitation-temperature changes and evolution of a small glacier in the southeastern European Alps during the last 90 years*. *International Journal of Climatology*, 35, 2783-2797. doi: 10.1002/joc.4172
- DE MARCO J., CARTURAN L., MASET E., CUCCHIARO S., VISINTINI D., DE INFANTI R. & CAZORZI F. (2022) - *Century-long multi-source analyses highlight decreasing vulnerability for a small, debris-covered and avalanche-fed glacier in the Eastern Italian Alps*. *Journal of Hydrology*, Volume 615, Part A, 1-14. doi: 10.1016/j.jhydrol.2022.128586
- GALOS S.P. (2021) - *Langenferner Massenbaubaltsstudien - Bericht über die Jahresbilanz 2020/21*. Natters, October 2021.
- GALOS S.P., KLUG C., MAUSSION F., COVI F., NICHOLSON L., RIEG L., GURGISER W., MÖLG T. & KASER G. (2017) - *Reanalysis of a 10-year record (2004-2013) of seasonal mass balances at Langenferner/Veddretta Lunga, Ortler Alps, Italy*. *The Cryosphere*, 11, 1417-1439. doi: 10.5194/tc-11-1417-2017
- HAGG W., SCOTTI R., VILLA F., MAYER E., HEILIG A., MAYER C., TAMM W. & HOCK T. (2017) - *Evolution of two cirque glaciers in Lombardy and their relation to climatic factors (1962-2016)*. *Geografiska Annaler*, ser. A, 99 (4), 371-386.
- HUSS M. (2013) - *Density assumptions for converting geodetic glacier volume change to mass change*. *The Cryosphere*, 7, 877-887. doi:10.5194/tc-7-877-2013
- MONDARDINI L., PERRET P., FRASCA M., GOTTARDELLI S. & TROILO F. (2021) - *Local variability of small Alpine glaciers: Thoula Glacier geodetic mass balance reconstruction (1991-2020) and analysis of volumetric variations*. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 44 (1), 29-38. doi: 10.4461/GFDQ.2021.44.3
- SALVATORE M.C., ZANONER T., BARONI C., CARTON A., BANCHIERI F.A., VIANI C., GIARDINO M. & PEROTTI L. (2015) - *The state of Italian glaciers: A snapshot of the 2006-2007 hydrological period*. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 38 (2), 175-198. doi: 10.4461/GFDQ.2015.38.16
- TAMBURINI A., LOJACONO M. & BELLOTTI M. (2003) - *Variazioni volumetriche di un ghiacciaio determinate mediante rilievo GPS differenziale (Ghiacciaio di Suretta Sud, Valle dello Spluga, Italia)*. *Terra Glacialis*, 6.
- TAMBURINI A. & VILLA F. (2009) - *Ghiacciaio di Suretta Sud (Spluga Lei - SO). Valutazione bilancio di massa con metodo geodetico*. *Terra Glacialis*, 12.
- ZANON G. (1992) - *Venticinque anni di bilancio di massa del ghiacciaio del Careser, 1966-67/1990-91*. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 15, 215-220.