



ANNALI
DEL MUSEO CIVICO
DI ROVERETO

37

2021

Sezione: Archeologia•Storia•Scienze Naturali

Sezione: Archeologia

37 Storia
2021 Scienze Naturali

DIRETTORE RESPONSABILE

Alessandra Cattoi

COMITATO DI REDAZIONE

Claudia Beretta, Alessio Bertolli, Barbara Maurina, Filippo Prosser, Gionata Stancher, Fabiana Zandonai, Elena Zeni.

Fondazione Museo Civico di Rovereto
Borgo S. Caterina 41, 38068 Rovereto
Tel. 0464 452800 - Fax 0464 439487
www.fondazionemcr.it
museo@fondazionemcr.it

ISSN 1720-9161

In copertina: Femmina di *Acrosternum heegeri* rinvenuta nel comune di Mezzocorona (TN).

| | | | | |
|-------------------------|----------------------------|---------|-------|------|
| Ann. Mus. civ. Rovereto | Sez.: Arch., St., Sc. nat. | Vol. 37 | 67-92 | 2021 |
|-------------------------|----------------------------|---------|-------|------|

FILIPPO PROSSER, FRANCESCA BRENTAZZOLI, ALESSIO BERTOLLI,
GIULIA TOMASI & TOMMASO SITZIA

CONFRONTO DELLE COMUNITÀ VEGETALI PERIGLACIALI DELLA PRESANELLA TRA IL 1991 E IL 2019

Abstract - FILIPPO PROSSER, FRANCESCA BRENTAZZOLI, ALESSIO BERTOLLI, GIULIA TOMASI & TOMMASO SITZIA - Comparison of the plant communities on the glacier forelands of Presanella between 1991 and 2019.

In 1991, 25 permanent quadrats (1 × 1 m) distributed among 10 areas were established at the forelands of Amola and Nardis glaciers in the Presanella group. Plant species frequency was measured in 1991 and in 2019, with a resolution of 1 × 1 dm. Total species richness increased from 22 to 39. On average, species per quadrats increased from 3.96 to 11.24. Frequency per dm² have increased on average per square from 28.16 to 159.64.

Key Words: Moraines - Vegetation - Colonization - Permanent quadrat.

Riassunto - FILIPPO PROSSER, FRANCESCA BRENTAZZOLI, ALESSIO BERTOLLI, GIULIA TOMASI & TOMMASO SITZIA - Confronto delle comunità vegetali periglaciali della Presanella tra il 1991 e il 2019.

Nel 1991 sono stati delimitati 25 quadrati di 1 m² distribuiti in 10 aree sulle morene dei ghiacciai dell'Amola e del Nardis (Gruppo della Presanella). Il rilevamento è stato ripetuto in tutti i quadrati nel 2019. In questa sede vengono presentate le frequenze riferite ai quadratini di 1 dm² in cui ciascun quadrato è suddiviso. In questo periodo le specie in totale sono passate da 22 a 39. In media per quadrato le specie sono passate da 3,96 a 11,24. Le notazioni di presenza (frequenza) per dm² sono passate in media per quadrato da 28,16 a 159,64.

Parole chiave: Morene - Vegetazione - Colonizzazione - Quadrato permanente.

INTRODUZIONE

La temperatura media della superficie terrestre è aumentata tra il 1880 e il 2012 di 0,85°C (IPCC, 2014). Sulle Alpi si è verificato un aumento ben maggiore, pari a 2 °C (AUER *et al.*, 2007) e negli ultimi venticinque anni, a seguito di una notevole accelerazione del processo di riscaldamento, il relativo incremento è stato di 1,2 °C, circa doppio rispetto alla media globale (EEA, 2009). Nelle Alpi si è anche registrata una progressiva diminuzione delle precipitazioni nevose negli ultimi 120 anni (VALT *et al.*, 2005). Come conseguenza di questo cambiamento climatico a partire dalla fine della Piccola Era Glaciale (metà del XIX secolo) si è assistito ad una riduzione dei ghiacciai alpini che, nel 2000, avevano già perduto la metà della loro superficie complessiva (ZEMP *et al.*, 2008). I ghiacciai in ritiro stanno lasciando dietro di sé ampi depositi morenici che sono soggetti a colonizzazione da parte della vegetazione.

Secondo ELLENBERG (1996) nessun ambiente si presta meglio delle aree moreniche lasciate libere dai ghiacciai in ritiro allo studio delle successioni vegetazionali. Questo processo fu indagato fin dalla seconda metà dell'Ottocento, subito dopo il termine della Piccola Età Glaciale. In particolare, il ghiacciaio del Rodano in Svizzera fu studiato già verso la fine dell'Ottocento da COAZ (1886). A partire dal 1874 era stato segnato sul terreno da membri della Schweizerische Naturforschende Gesellschaft e dello Schweizer Alpenclub il ritiro annuale del ghiacciaio e nell'estate 1883 Coaz poté censire le piante nelle 10 fasce fino allora marcate: da quella libera da ghiacci da un solo anno a quella libera da 10 si passava da una a ben 39 specie. In seguito sono stati avviati studi più analitici, come quello effettuato sul ghiacciaio dell'Aletsch da LÜDI (1945). A partire del 1944 questo autore fissò una serie di aree permanenti in cui sono stati rilevati periodicamente numerosi parametri fino a tempi recenti (REHBERGER, 2002). Numerosi studi si sono aggiunti nel frattempo: per averne uno sguardo d'insieme si rimanda a ERSCHBAMER & CACCIANIGA (2016).

La colonizzazione delle morene è un processo analogo alla colonizzazione di altri terreni denudati da fenomeni erosivi alle alte quote, e quindi non è un effetto diretto del riscaldamento climatico: eventualmente la sua accelerazione lo sarà, ma non di questo si occupa il presente lavoro. In generale, effetti diretti del riscaldamento climatico in montagna sulla flora e vegetazione sono stati evidenziati in zone di vetta (STEINBAUER *et al.*, 2018), ed in particolare quelle soggette a perturbazioni di moderata intensità. In ogni caso, diversi studi recenti mostrano un'accelerazione della colonizzazione delle morene: ad esempio le morene del ghiacciaio della Sforzellina, nelle Alpi centrali, sarebbero state colonizzate ad un ritmo quattro volte superiore rispetto a quanto finora noto (CANNONE *et al.*, 2008).

Per studiare il processo di colonizzazione della vegetazione dei suoli scoperti a seguito del ritiro dei ghiacciai, sono stati fissati nel 1991 25 quadrati permanenti di 1 m² ciascuno sulla Presanella, sulle morene delle vedrette di Nardis e Amola all'interno del Parco Naturale Adamello-Brenta. I quadrati sono stati posti sempre

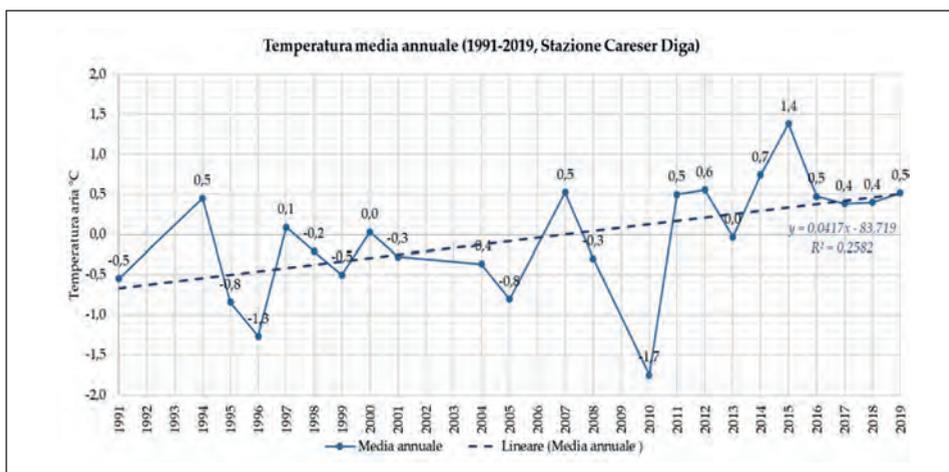


Fig. 1 - Grafico delle temperature medie annuali della stazione Careser negli anni 1991-2019.

in punti stabilizzati della morena, tant'è che nessuno è andato perduto per erosione. Nel 2019 questi rilevamenti sono stati ripetuti e scopo del lavoro è quello di presentare una parte dei risultati ottenuti dal confronto. In Italia sembrano mancare studi analoghi effettuati su un lasso di tempo così esteso.

MATERIALI E METODI

Area di studio - Il Gruppo della Presanella occupa una superficie di circa 270 km² e appartiene alle Alpi Retiche. Sul suo versante sud si trovano le due valli interessate da questo studio: la Val di Nardis e la Val d'Amola, le quali condividono come limite superiore la Cima Presanella e si presentano come valli glaciali sospese. Il massiccio della Presanella fa parte del batolite dell'Adamello (Oligocene), costituito da tonalite della Presanella Centrale (DAL PIAZ *et al.*, 2007), una roccia magmatica intrusiva che dà origine a suoli acidi o molto acidi.

Le testate delle due valli oggetto di studio sono occupate dal secondo e dal terzo ghiacciaio per estensione della Presanella dopo la Vedretta Presanella: rispettivamente la Vedretta Occidentale di Nardis in Val Nardis e la Vedretta d'Amola nell'omonima valle. Le poderose morene lasciate dai ghiacciai nelle due valli sono indicative dell'estensione e dello spessore delle preesistenti formazioni glaciali (BERTOLLI *et al.*, 2012).

Secondo il Worldwide Bioclimatic Classification System il clima delle due valli oggetto di studio è "orotemperato umido" (AA.VV., 2004). La stazione "Careser Diga", sita nel comune di Peio sul Gruppo Cevedale-Ortles, è quella che meglio rappresenta l'andamento termico e pluviometrico dell'area di studio, per la relativa vicinanza, per l'altitudine (2600 m) e per l'esposizione verso sud. I dati disponibili per questa stazione (METEOTRENTINO, 2021) mostrano che le temperature medie annuali per il periodo 1991-2019 sono in marcato aumento (fig. 1). L'incremento

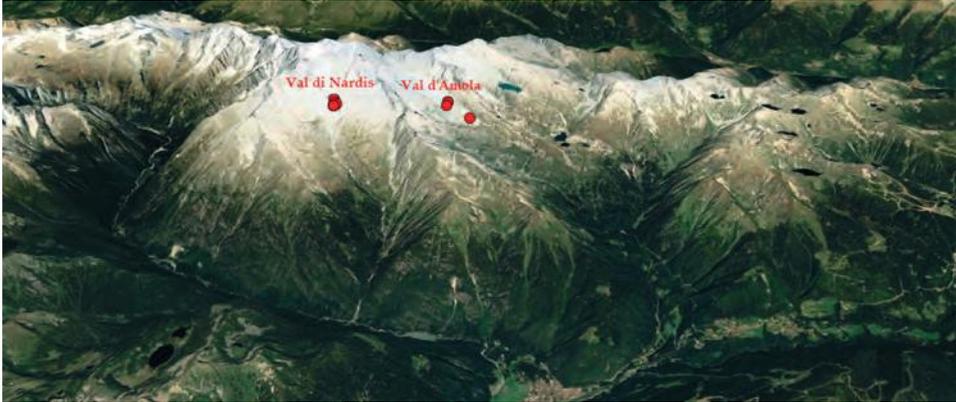


Fig. 2 - Quadro d'insieme delle aree permanenti in Val d'Amola e Val di Nardis.

annuo è stato pari a 0,04 °C, mentre l'aumento è stato ancora più marcato se si considerano i dati relativi alla sola stagione estiva che presentano un incremento annuo di 0,05 °C. I quadrati permanenti si trovano a quote comprese tra i 2447 e i 2746 m s.l.m., quindi all'interno dell'orizzonte alto-alpino. La maggior parte delle aree moreniche indagate presenta le caratteristiche tipiche del ghiaione su substrato siliceo (PROSSER, 1992). Si tratta del tipo di habitat denominato dalla Direttiva Habitat 92/43/CEE "Ghiaioni silicei dei piani montano fino a nivale – *Androsacetalia alpinae* e *Galeopsietalia ladani*" (cod. 8110). Questo tipo di habitat, che nell'area in studio si sta estendendo a spese dei ghiacciai in fase di ritiro, ospita specie vegetali pioniere, alle quali è sufficiente un suolo estremamente primitivo per insediarsi. Per una connotazione floristica delle aree di studio si rimanda a BRONZINI & PROSSER (1991) e PROSSER (1992). Un'analisi su alcune delle aree della Val Nardis, tesa a studiare la modalità di aggregazione delle specie con i metodi dell'ecologia del paesaggio, è stata condotta da SITZIA *et al.* (2017).

Metodo di raccolta dei dati - Nel presente studio è stato utilizzato il metodo del quadrato permanente (MÜLLER-DOMBOIS & ELLENBERG, 1974). Sono stati delimitati sul terreno 25 quadrati di 1 × 1 m ciascuno, raggruppati in 4 aree sulla morena d'Amola per un totale di 17 quadrati (A1-4, B, C1-10, D1-2) e su 6 aree sulla morena di Nardis per un totale di 8 quadrati (E, F, G1-3, H, I, L) (fig. 2). Le aree sono state localizzate in punti non soggetti a frane o a erosione per permettere future ripetizioni, a diversa distanza dalla fronte glaciale, con diversa granulometria, da alluvioni sabbioso-limose (area A) a depositi di ciottoli (area C). Le aree di rilevamento sono costituite da uno o più quadrati; nel secondo caso i quadrati sono disposti lungo una linea e sono uno adiacente all'altro. I vertici dei quadrati sono stati marcati per mezzo di picchetti in legno e di segni di vernice rossa su massi non mobili. I dati stazionali delle aree e le date dei rilevamenti sono riportate in tab. 1, mentre la loro posizione è riportata nelle figg. 3 e 4. Il rilevamento è stato effettuato

| Codice aree | Località | Latitudine | Longitudine | Quota (m s.l.m.) | Pend. (%) | Esposiz. | primo rilevamento | ripetizione |
|-------------|---------------|---------------|---------------|------------------|-----------|----------|-------------------|-------------|
| A (1-4) | Val d'Amola | 46°12'49.72"N | 10°42'19.26"E | 2447 | 0 | - | 03/08/1991 | 22/08/2019 |
| B | Val d'Amola | 46°12'53.82"N | 10°41'50.82"E | 2566 | 3 | E | 04/08/1991 | 22/08/2019 |
| C (1-10) | Val d'Amola | 46°12'59.15"N | 10°41'47.40"E | 2569 | 0 | - | 04/08/1991 | 22/08/2019 |
| D (1-2) | Val d'Amola | 46°12'58.97"N | 10°41'47.80"E | 2567 | 0 | - | 04/08/1991 | 22/08/2019 |
| E | Val di Nardis | 46°12'15.01"N | 10°40'23.19"E | 2746 | 30 | SE | 11/08/1991 | 14/08/2019 |
| F | Val di Nardis | 46°12'15.01"N | 10°40'23.12"E | 2740 | 25 | SO | 11/08/1991 | 14/08/2019 |
| G (1-3) | Val di Nardis | 46°12'13.13"N | 10°40'25.92"E | 2704 | 20 | S | 11/08/1991 | 14/08/2019 |
| H | Val di Nardis | 46°12'12.53"N | 10°40'28.61"E | 2696 | 0 | - | 11/08/1991 | 14/08/2019 |
| I | Val di Nardis | 46°12'9.70"N | 10°40'27.95"E | 2699 | 20 | SE | 11/08/1991 | 14/08/2019 |
| L | Val di Nardis | 46°12'10.25"N | 10°40'27.89"E | 2701 | 0 | - | 11/08/1991 | 14/08/2019 |

Tab. 1. Posizione delle 10 aree permanenti e informazioni relative ad esse.

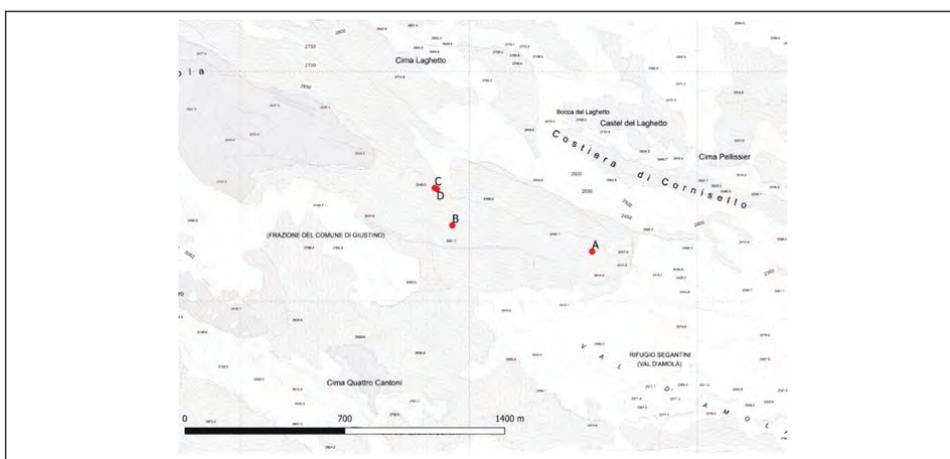


Fig. 3 - Posizione dei punti di localizzazione delle aree permanenti in Val d'Amola.

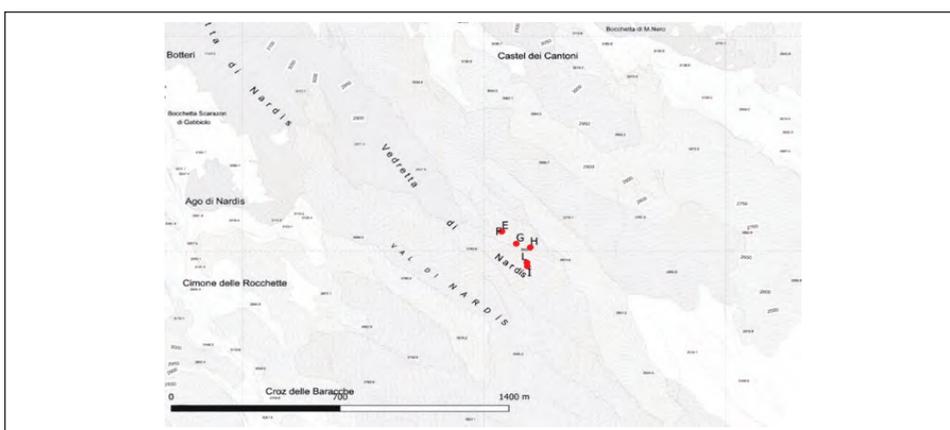


Fig. 4 - Posizione dei punti di localizzazione delle aree permanenti in Val di Nardis.



Fig. 5 - Rilevi nei quadrati permanenti nell'area A della Val d'Amola nel 1991.

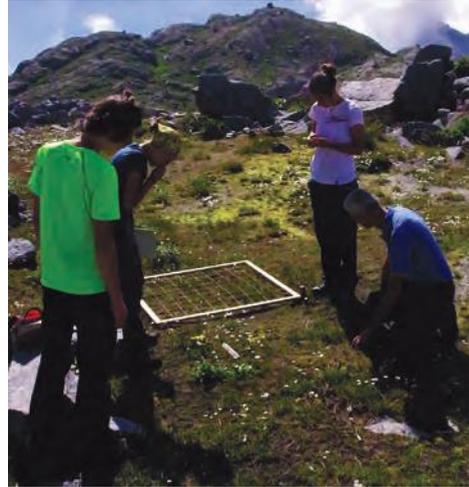


Fig. 6 - Rilevi nei quadrati permanenti nell'area A della Val d'Amola nel 2019.

con una cornice di legno di 1×1 m (lato interno), suddivisa da una sottile griglia in 100 quadrati di 1 dm di lato, all'interno dei quali è stata rilevata la semplice presenza delle specie, a prescindere dal numero di esemplari e dalla copertura (vedi MÜLLER-DOMBOIS & ELLENBERG, 1974). Più in particolare, la presenza/assenza delle specie è stata rilevata osservando ciascun dm^2 dall'alto ortogonalmente rispetto alla cornice, annotando le specie radicate in ciascun quadrato di 1 dm^2 . Nei pochi casi in cui la maglia del reticolo tagliava un pulvino strettamente aderente al suolo, nell'impossibilità di stabilire dove e quante fossero le radici, la presenza è stata registrata nei 2 (3 o 4) dm^2 interessati. Sono state prese in considerazione anche le piante sterili, ma non le piante morte. Sono state rilevate le piante vascolari (nomenclatura secondo PROSSER *et al.*, 2019). Le briofite (nomenclatura secondo ALEFFI *et al.*, 2020) sono state rilevate in modo parziale sia nel 1991 sia nel 2019 a causa della difficoltà di una loro determinazione certa, soprattutto delle *Bryaceae* (*Bryum* e *Pohlia*), e perciò non sono riportate nelle tabelle, né rientrano nei conteggi generali riportati nel testo. Nel capitolo *Risultati* per ciascuna area sono riportate al termine di ogni commento le variazioni delle briofite per le quali si hanno conteggi sicuri. Sono presenti nei quadrati anche licheni, sassicoli e talora anche terricoli, ma non sono stati rilevati né nel 1991, né nel 2019.

Il rilevamento del 1991 è stato effettuato dai componenti del gruppo botanico della SAT (Società degli Alpinisti Tridentini), che allora erano Luca Bronzini, Filippo Prosser, Lucio Sottovia, Sara Tamanini e Massimo Tartarotti (PROSSER, 1997; fig. 5). La ripetizione del 2019 è stata effettuata sulla morena d'Agola da Francesca Brenzozoli, Marco Merli, Filippo Prosser, Gabriele Sontacchi, Giulia Tomasi e Francesca



Fig. 7 - Area A della Val d'Amola nel 2019.

Valentini (fig. 6) e sulla morena di Nardis da Alessio Bertolli, Francesca Brentazzoli, Filippo Prosser, Tommaso Sitzia e Gabriele Sontacchi. Nessuna area è andata persa a causa di erosione. L'unica area che ha mostrato un danneggiamento della picchettatura originaria è stata l'area A: da due picchetti superstiti è stato però possibile ricostruire l'esatta posizione dei quadrati. In un caso si è osservato lo spostamento di picchetti a causa di solifluzione (allargamento di ca. 5 cm). Nel 2021 picchettatura e segni di vernice dei quadrati della Val d'Amola sono stati soggetti a manutenzione a cura del personale del Parco Naturale Adamello-Brenta (Merli, com. verb.).

RISULTATI

Area A (1-4) (Val d'Amola) - I 4 quadrati (fig. 7, tab. 2) si trovano su un piccolo ripiano perfettamente pianeggiante sulla destra idrografica del torrente, ad una notevole distanza dal ghiacciaio. Il rilievo era costituito nel 1991 da un'alluvione di sabbia e limo glaciale quasi nuda (fig. 5), oggi nettamente inerbita (fig. 6). Il fatto che nel 1991 questa area fosse quasi nuda può essere spiegato da un'inondazione con conseguente deposito di sabbia e limo avvenuta poco prima del 1991. Seguendo LOSAPIO *et al.* (2015) si deduce come tale area fosse interamente coperta dai ghiacci nel 1850 mentre era sicuramente libera nel 1925, ma l'alluvione sopra ricordata rende ininfluenza il lungo tempo di scoprimento. Nel 2019 sono stati osservati resti di una pianta morta di *Geum reptans*, esattamente nel punto in cui nel 1991 era stato rilevato un esemplare rigoglioso. Nell'insieme dei quattro quadrati A, si passa

| Area | A1 | | A2 | | A3 | | A4 | |
|---|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|
| Anno | 1991 | 2019 | 1991 | 2019 | 1991 | 2019 | 1991 | 2019 |
| <i>Agrostis rupestris</i> | | 84 | | 79 | | 80 | | 57 |
| <i>Doronicum clusii</i> | | | | | | 5 | | 3 |
| <i>Euphrasia minima</i> | | 60 | | 56 | | 18 | | 20 |
| <i>Geum reptans</i> | | | | | | | 10 | |
| <i>Gnaphalium supinum</i> | | 30 | | 29 | | 32 | | 47 |
| <i>Hieracium alpinum</i> | | | | | | 1 | | |
| <i>Huperzia selago</i> | | | | 1 | | | | |
| <i>Leontodon helveticus</i> | | 27 | | 26 | | 10 | | 9 |
| <i>Leucanthemopsis alpina</i> | 17 | 96 | 31 | 75 | 1 | 82 | 16 | 83 |
| <i>Luzula alpino-pilosa</i> | | 35 | | 47 | | 37 | | 38 |
| <i>Phyteuma hemisphaericum</i> | | 1 | | | | | | 1 |
| <i>Poa alpina</i> | 8 | 71 | 20 | 75 | | 44 | 12 | 69 |
| <i>Sagina saginoides</i> | | | | | | | | 1 |
| <i>Salix helvetica</i> | | 10 | | | | | | |
| <i>Saxifraga bryoides</i> | 1 | | | | | | | |
| <i>Sedum alpestre</i> | | 6 | | | | | | |
| <i>Silene acaulis</i> subsp. <i>exscapa</i> | | | | 4 | | | | |
| <i>Veronica alpina</i> | | 6 | | 1 | | 1 | | 15 |
| Totale specie presenti | 3 | 11 | 2 | 10 | 1 | 10 | 3 | 11 |

Tab. 2. Frequenza delle specie presenti all'interno dell'area A (1-4) nel 1991 e nel 2019.

da 4 specie, ciascuna delle quali ha frequenza media per quadrato di 7,25, a 16 specie, ciascuna delle quali ha frequenza media per quadrato di 23,00. L'incremento è quindi notevole sia per numero di specie che per frequenza. La vegetazione si è ormai evoluta verso uno stadio di prateria dominata da *Agrostis rupestris*, *Leucanthemopsis alpina* e *Poa alpina* (che sono passate rispettivamente da una frequenza media per quadrato di 0,00 - 16,25 - 10,00 ad una frequenza di 75,00 - 84,00 - 64,75) ad indicare che ci troviamo davanti ad una fase piuttosto avanzata di colonizzazione. Da notare che nel 2019 entra la nanofanerofita *Salix helvetica*, preludio di un futuro cespuglieto. Anche lo strato muscinale ha avuto un notevole incremento: nel 1991 era stata rilevata solo una *Bryacea* indet. presente in A1 con frequenza 1,00 e in A3 con frequenza 3,00: altre briofite mancavano; nel 2019, *Polytrichum piliferum* e *Racomitrium elongatum* erano assai diffuse presentando rispettivamente le seguenti frequenze: in A1 53,00 - 94,00, in A2 80,00 - 98,00, in A3 46,00 - 98,00 e in A4 60,00 - 100,00.



Fig. 8 - Area B della Val d'Amola nel 2019.

Tab. 3. Frequenza delle specie presenti all'interno dell'area B nel 1991 e nel 2019.

| Area | B | |
|--------------------------------|-----------|-----------|
| | 1991 | 2019 |
| <i>Adenostyles leucophylla</i> | | 4 |
| <i>Agrostis rupestris</i> | | 8 |
| <i>Cardamine resedifolia</i> | 1 | 1 |
| <i>Cerastium uniflorum</i> | 1 | |
| <i>Euphrasia minima</i> | | 51 |
| <i>Geum reptans</i> | 4 | 14 |
| <i>Gnaphalium supinum</i> | 17 | 70 |
| <i>Leontodon helveticus</i> | 1 | 30 |
| <i>Leucanthemopsis alpina</i> | 53 | 64 |
| <i>Luzula alpino-pilosa</i> | 38 | 90 |
| <i>Oxyria digyna</i> | 31 | 3 |
| <i>Poa alpina</i> | 9 | 17 |
| <i>Poa laxa</i> | | 1 |
| <i>Sagina saginoides</i> | 2 | 16 |
| <i>Salix herbacea</i> | | 4 |
| <i>Saxifraga bryoides</i> | 25 | 46 |
| <i>Sedum alpestre</i> | 64 | 8 |
| <i>Senecio incanus</i> | | 1 |
| <i>Veronica alpina</i> | 47 | 58 |
| Totale specie presenti | 13 | 18 |

Area B (Val d'Amola) - L'area B (fig. 8; tab. 3) è localizzata nella parte interna del cordone morenico, a circa metà della sua altezza. Il substrato è ciottoloso e sassoso ed è presente un terreno primitivo. L'età di scoprimiento è piuttosto elevata: l'anno di liberazione dal ghiacciaio è maggiore del 1925 e molto minore del 1994. Si passa da 13 specie nel 1991 a 18 nel 2019, con un trend di aumento di 0,18 specie nuove all'anno. Sono presenti specie tipiche di una fase abbastanza avanzata della colonizzazione, pur se diverse (e in maggior numero) rispetto a quelle dell'area A. Le differenze sono dovute alla diversa natura del suolo che è pianeggiante e sabbioso-limoso nell'area A, mentre è inclinato e ciottoloso-sassoso nell'area B. La successione nell'area B verso situazioni più stabili è testimoniata dall'incremento di *Euphrasia minima*, *Gnaphalium supinum* e *Luzula alpino-pilosa*, che sono passati rispettivamente da una frequenza di 0,00 - 17,00 - 38,00 ad una frequenza di 51,00 - 70,00 - 90,00, e dal decremento



Fig. 9 - Area C della Val d'Amola nel 2019.

di *Oxyria digyna* (31,00 - 3,00) e di *Sedum alpestre* (64,00 - 8,00). Considerando le briofite, nel 1991 è stato rilevato *Polytrichum piliferum* con frequenza 2,00 mentre nel 2019 aveva frequenza 43,00; nel 2019 sono stati rilevati anche: *Bryaceae* indet. (11,00), *Brachythecium reflexum* (1,00) e *Tortula hoppeana* (44,00).

Area C (1-10) (Val d'Amola) - I 10 quadrati C (fig. 9; tab. 4) sono posti tutti in fila a costituire un transetto di 10 m. Si trovano in ambiente tipicamente morenico con sassi di dimensioni molto variabili da molto grossi a piccoli, abbastanza assestati e in piano. La colonizzazione ha avuto maggiori progressi nelle zone con sassi di minor pezzatura e in quelle con fessure non troppo profonde. L'età del terreno è piuttosto elevata: sicuramente maggiore del 1925 e minore del 1994, ma più recente dell'area B. Si passa dal 1991 al 2019 da 8 a 22 specie con un tasso di arricchimento di 0,50 specie all'anno, a testimonianza di una notevole progressione nel processo. In particolare si è avuto un netto incremento di *Adenostyles leucophylla*, *Oxyria digyna*

| Area | C1 | | C2 | | C3 | | C4 | | C5 | | C6 | | C7 | | C8 | | C9 | | C10 | |
|--------------------------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 1991 | 2019 | 1991 | 2019 | 1991 | 2019 | 1991 | 2019 | 1991 | 2019 | 1991 | 2019 | 1991 | 2019 | 1991 | 2019 | 1991 | 2019 | 1991 | 2019 |
| <i>Adenostyles leucophylla</i> | | 18 | | 15 | | 14 | | 8 | | 1 | | 2 | | | | 3 | | 7 | | 31 |
| <i>Agrostis rupestris</i> | | 27 | | 9 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Anabis alpina</i> | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Candaminea resedifolia</i> | | | | | | | | | | | | | | 1 | | 2 | | | | |
| <i>Cerastium uniflorum</i> | 1 | 1 | | | | | 4 | 1 | 8 | 1 | 3 | | | | 1 | 1 | 3 | | | 5 |
| <i>Euphrasia minima</i> | | | | 3 | | | | | 2 | | | | | | | | | | | |
| <i>Geum reptans</i> | 1 | 1 | | 1 | | | | | 7 | 10 | | | 1 | | 12 | | 1 | | | 1 |
| <i>Gnaphalium supinum</i> | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Leucanthemopsis alpina</i> | 5 | | | | 1 | | 9 | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Luzula alpino-pilosa</i> | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Luzula spicata</i> | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 | | | |
| <i>Oxyria digyna</i> | 1 | 28 | 1 | 19 | | 12 | 5 | | 8 | 2 | 7 | | 1 | | 12 | | 7 | | | 3 |
| <i>Phyteuma hemisphaericum</i> | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | |
| <i>Poa alpina</i> | 7 | | | 2 | | 2 | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Poa lassa</i> | 16 | | | 13 | | | 11 | | 12 | | 6 | | | | 13 | | 6 | | | 2 |
| <i>Ranunculus glacialis</i> | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | |
| <i>Sagina saginoides</i> | 16 | | | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Salix retusa</i> | 54 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Saxifraga bryoides</i> | 17 | | | 24 | 1 | 10 | 2 | 48 | 22 | 30 | | | 1 | 3 | 32 | 2 | 31 | | | 6 |
| <i>Saxifraga oppositifolia</i> | | | | | | | | | 5 | 1 | 16 | | | | | | | | | |
| <i>Sedum alpestre</i> | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Veronica alpina</i> | 21 | | | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Totale specie presenti | 2 | 14 | 2 | 11 | 2 | 4 | 2 | 6 | 1 | 8 | 4 | 7 | 0 | 5 | 1 | 7 | 2 | 6 | 0 | 6 |

Tab. 4. Frequenza delle specie presenti all'interno dell'area C (1-10) nel 1991 e nel 2019.

| Area | D1 | | D2 | |
|---|----------|-----------|----------|-----------|
| | 1991 | 2019 | 1991 | 2019 |
| <i>Adenostyles leucophylla</i> | | 2 | | 1 |
| <i>Agrostis rupestris</i> | | 7 | 2 | 7 |
| <i>Carex curvula</i> | | | | 6 |
| <i>Cerastium uniflorum</i> | 2 | 31 | 2 | 6 |
| <i>Euphrasia minima</i> | | | | 5 |
| <i>Geum reptans</i> | 1 | 9 | | |
| <i>Gnaphalium supinum</i> | | 1 | | |
| <i>Leucanthemopsis alpina</i> | | 11 | | 14 |
| <i>Luzula spicata</i> | | 41 | | 17 |
| <i>Oxyria digyna</i> | 1 | 1 | | |
| <i>Poa alpina</i> | 1 | | | |
| <i>Poa laxa</i> | | 16 | | 19 |
| <i>Rhododendron ferrugineum</i> | | 1 | | |
| <i>Salix herbacea</i> | | 2 | | 13 |
| <i>Salix retusa</i> | | | 1 | |
| <i>Saxifraga bryoides</i> | 22 | 75 | 6 | 52 |
| <i>Saxifraga oppositifolia</i> | 2 | 12 | 1 | |
| <i>Sedum alpestre</i> | | 1 | | 1 |
| <i>Silene acaulis</i> subsp. <i>exscapa</i> | | | 4 | |
| <i>Veronica alpina</i> | | 2 | | |
| Totale specie presenti | 6 | 15 | 6 | 11 |



Tab. 5. Frequenza delle specie presenti all'interno dell'area D (1-2) nel 1991 e nel 2019.

Fig. 10 - Area D della Val d'Amola nel 2019.

e *Saxifraga bryoides*, che sono passate rispettivamente da una frequenza di 0,00 - 0,40 - 0,80 ad una frequenza di 9,90 - 10,20 - 22,10. Le briofite hanno avuto un leggero incremento: nel 1991 le *Bryaceae* indet. avevano una frequenza media per quadrato di 1,10, e altre briofite mancavano; nel 2019 le *Bryaceae* indet. avevano una frequenza media per quadrato di 2,10, ma comparivano anche *Polytrichum alpinum* (1,40) e *Racomitrium elongatum* (2,70).

Area D (1-2) (Val d'Amola) - I due quadrati D (fig. 10; tab. 5), tra loro adiacenti, si trovano poco distanti dai 10 quadrati C, quindi le caratteristiche dell'ambiente sono simili. Nell'area D tra il 1991 e il 2019 si passa da 9 a 17 specie con un tasso di crescita annuo di 0,29. Le specie che hanno aumentato maggiormente la loro frequenza sono *Cerastium uniflorum* (2,00 - 18,50), *Luzula spicata* (0,00 - 29,00),



Fig. 11 - Area E della Val di Nardis nel 2019.

Tab. 6. Frequenza delle specie presenti all'interno dell'area E nel 1991 e nel 2019.

| Area | E | |
|--------------------------------|----------|-----------|
| | 1991 | 2019 |
| <i>Agrostis rupestris</i> | | 5 |
| <i>Cardamine resedifolia</i> | | 22 |
| <i>Euphrasia minima</i> | | 19 |
| <i>Festuca intercedens</i> | | 31 |
| <i>Gnaphalium supinum</i> | | 1 |
| <i>Leucanthemopsis alpina</i> | 2 | 20 |
| <i>Oxyria digyna</i> | 4 | |
| <i>Poa laxa</i> | | 9 |
| <i>Ranunculus glacialis</i> | 4 | |
| <i>Saxifraga bryoides</i> | 7 | 40 |
| <i>Saxifraga oppositifolia</i> | 2 | 2 |
| <i>Sedum alpestre</i> | | 12 |
| Totale specie presenti | 5 | 10 |

Poa laxa (0,00 - 17,50) e *Saxifraga bryoides* (14,00 - 63,50). Nel 2019 compare anche la nanofanerofita *Rhododendron ferrugineum*. Riguardo le briofite, nel 1991 le *Bryaceae* indet. avevano una frequenza media di 8, mentre *Polytrichum piliferum* di 9,5. Nel 2019 le *Bryaceae* indet. e *Polytrichum piliferum* sono entrambe calate a 2,5, ma hanno fatto la loro comparsa *Racomitrium elongatum* (32,5) e *Scopania cf. helvetica* (3).

Area E (Val di Nardis) - L'area E (fig. 11; tab. 6) è posta su rocce montonate, con accumuli sassosi e sabbiosi sui ripiani. Lo spessore dello strato sassoso è stimato al massimo intorno ai 30 cm. Si trova sulla sinistra orografica rispetto alla lingua glaciale che nel 1991 distava 20 m e terminava circa 20 m di dislivello più in basso. Quest'area è stata lasciata libera dal ghiacciaio prima del 1954 (SITZIA *et al.*, 2017). Nell'insieme dei due quadrati D, si passa da 5 specie, ciascuna delle quali ha frequenza media per quadrato di 3,80, a 10 specie, ciascuna delle quali ha frequenza media per quadrato di 16,10. Per quanto riguarda la composizione delle specie, interessante è la comparsa nel 2019 di *Festuca intercedens* (0,00 - 31,00), che modifica la composizione della vegetazione rispetto agli anni precedenti, quando la specie più frequente era *Saxifraga bryoides* (che rimane comunque la specie più frequente anche nel 2019: la sua frequenza infatti passa da 7,00 a 40,00). Le altre specie che hanno avuto il maggior aumento di frequenza sono *Cardamine resedifolia*, *Euphrasia minima* e *Leucanthemopsis alpina* (che sono passate rispettivamente da una frequenza di 0,00 - 0,00 - 2,00 ad una frequenza di 22,00 - 19,00 - 20,00). Da considerare anche la

| Area | F | |
|--------------------------------|----------|-----------|
| | 1991 | 2019 |
| <i>Adenostyles leucophylla</i> | | 1 |
| <i>Agrostis alpina</i> | | 4 |
| <i>Agrostis rupestris</i> | | 13 |
| <i>Cardamine resedifolia</i> | | 21 |
| <i>Cerastium uniflorum</i> | | 28 |
| <i>Euphrasia minima</i> | | 18 |
| <i>Geum reptans</i> | 1 | 34 |
| <i>Gnaphalium supinum</i> | | 6 |
| <i>Hieracium alpinum</i> | | 2 |
| <i>Leucanthemopsis alpina</i> | 13 | 47 |
| <i>Luzula alpino-pilosa</i> | | 1 |
| <i>Oxyria digyna</i> | 2 | 33 |
| <i>Poa laxa</i> | | 21 |
| <i>Sagina saginoides</i> | | 28 |
| <i>Salix herbacea</i> | | 5 |
| <i>Saxifraga bryoides</i> | | 57 |
| <i>Saxifraga oppositifolia</i> | | 6 |
| <i>Sedum alpestre</i> | | 16 |
| <i>Veronica alpina</i> | | 50 |
| Totale specie presenti | 3 | 19 |



Fig. 12 - Area F della Val di Nardis nel 2019.

Tab. 7. Frequenza delle specie presenti all'interno dell'area F nel 1991 e nel 2019.

scomparsa di *Oxyria digyna* (4,00 - 0,00) e *Ranunculus glacialis* (4,00 - 0,00), che testimoniano l'appartenenza di questo quadrato ad una fase di sviluppo che vede ormai superata la prima fase di colonizzazione, in coerenza con l'età maggiore dello scoprimiento. Riguardo le briofite, nel 1991 *Polytrichum piliferum* aveva una frequenza 71,00, calata nel 2019 a 32,00. Nel 2019 sono stati rilevati anche *Bryaceae* indet. (12,00) e *Racomitrium elongatum* (8,00).

Area F (Val di Nardis) - L'area F (fig. 12; tab. 7) si trova sotto la roccia su cui è posta l'area E (sono distanti circa 10 m) e a circa 10 m dal torrente, sulla sinistra orografica di questo. Si trova su detrito fine e presso sassi di grandi dimensioni. È probabile la presenza di occasionali deflussi superficiali con trasporto di materiale fine. Nell'angolo in alto a destra del quadrato è presente un cespo di *Athyrium distentifolium* (non rilevato perché non radica dentro il quadrato). In quest'area il ghiacciaio si è ritirato tra il 1954 e il 1970 (SITZIA *et al.*, 2017). Dal 1991 al 2019 si passa da 3 specie, ciascuna delle quali ha frequenza media di 5,33, a 19 specie, ciascuna delle



Fig. 13 - Area G della Val di Nardis nel 2019.

quali ha frequenza media di 20,58. Si è quindi verificato un notevole incremento sia di specie che di frequenza. Ad esempio *Leucanthemopsis alpina* aumenta la propria frequenza da 13,00 a 47,00, *Saxifraga bryoides* da 0,00 a 57,00 e *Veronica alpina* da 0,00 a 50,00. Questo caso si confà a quanto affermato in letteratura (ERSCHBAMER *et al.*, 2009), dove si osserva che sulle morene i primi 50 anni di successione sono quelli in cui si assiste ai più rapidi processi di sviluppo delle comunità vegetali. Riguardo le briofite, nel 1991 le *Bryaceae* indet. avevano una frequenza media di 8,00, mentre *Polytrichum piliferum* di 2,00; nel 2019 le prime avevano frequenza 5,00, il secondo 10,00, e si aggiunge *Racomitrium elongatum* con frequenza 7,00.

Area G (1-3) (Val di Nardis) - I quadrati dell'area G (fig. 13; tab. 8) si trovano sulla sinistra orografica del torrente. I tre quadrati, tra loro adiacenti, si trovano a valle di una roccia, su suolo ciottoloso e deposito fino tra gli interstizi. In quest'area il ghiacciaio si è ritirato tra il 1954 e il 1970 (SITZIA *et al.*, 2017). Nell'insieme dei tre

| Area | G1 | | G2 | | G3 | |
|-----------------------------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|
| Anno | 1991 | 2019 | 1991 | 2019 | 1991 | 2019 |
| <i>Agrostis rupestris</i> | | 27 | | 17 | | 50 |
| <i>Agrostis schraderana</i> | | 29 | | | | |
| <i>Arenaria biflora</i> | | | | 8 | | 10 |
| <i>Cardamine resedifolia</i> | | 1 | | 1 | | 2 |
| <i>Cerastium uniflorum</i> | 3 | 2 | 1 | | 2 | 2 |
| <i>Epilobium anagallidifolium</i> | | | | 4 | | 2 |
| <i>Geum reptans</i> | 1 | | | 8 | | 2 |
| <i>Gnaphalium supinum</i> | | 5 | | 14 | | 62 |
| <i>Leucanthemopsis alpina</i> | 7 | 4 | 1 | 6 | 3 | 40 |
| <i>Luzula alpino-pilosa</i> | | 2 | | | | 1 |
| <i>Oxyria digyna</i> | 10 | 58 | 2 | 60 | 3 | 54 |
| <i>Poa alpina</i> | 4 | 3 | 2 | | 1 | |
| <i>Poa laxa</i> | | | | 26 | | 63 |
| <i>Ranunculus glacialis</i> | | | 1 | | | |
| <i>Sagina saginoides</i> | | 4 | | 3 | | 3 |
| <i>Salix herbacea</i> | | 2 | | | | |
| <i>Sedum alpestre</i> | | | | 2 | | 3 |
| <i>Veronica alpina</i> | | 40 | | 13 | | 52 |
| Totale specie presenti | 5 | 12 | 5 | 12 | 4 | 14 |

Tab. 8. Frequenza delle specie presenti all'interno dell'area G (1-3) nel 1991 e nel 2019.

quadrati G, dal 1991 al 2019 si passa da 6 specie, ciascuna delle quali ha frequenza media per quadrato di 2,28, a 17 specie, ciascuna delle quali ha frequenza media per quadrato di 13,43. In particolare si registra una consistente presenza di *Oxyria digyna* (la cui frequenza aumenta notevolmente: da 5,00 a 57,33), specie indicatrice di una fase iniziale di colonizzazione, comunque tendente verso una fase intermedia, indicata dalla comparsa nel 2019 di *Agrostis rupestris* (0,00 - 31,33) e di *Agrostis schraderana* (0,00 - 9,67). Le altre specie che hanno avuto il maggior aumento di frequenza sono *Gnaphalium supinum*, *Poa laxa* e *Veronica alpina*, che da assenti sono passate ad una frequenza rispettivamente di 27,00 - 29,67 - 35,00. In linea generale quindi i risultati ottenuti sono simili a quelli dell'area F e sono indicativi di una età del terreno abbastanza recente. Riguardo le briofite, nel 1991 sono state rilevate solo *Bryaceae* indet. con frequenza media 13,60, passate nel 2019 a 1,60. A queste si sono aggiunti nel 2019 *Tortula hoppeana* (0,30) e *Polytrichum piliferum* (1,60).



Fig. 14 - Area H della Val di Nardis nel 2019.

Tab. 9. Frequenza delle specie presenti all'interno dell'area H nel 1991 e nel 2019.

| Area | H | |
|-----------------------------------|-----------|-----------|
| | 1991 | 2019 |
| <i>Agrostis rupestris</i> | 1 | 8 |
| <i>Arenaria biflora</i> | | 8 |
| <i>Cerastium cerastoides</i> | | 74 |
| <i>Cerastium uniflorum</i> | 6 | 3 |
| <i>Epilobium anagallidifolium</i> | | 2 |
| <i>Euphrasia minima</i> | | 35 |
| <i>Geum reptans</i> | 4 | |
| <i>Gnaphalium supinum</i> | | 42 |
| <i>Leucanthemopsis alpina</i> | 30 | 8 |
| <i>Luzula alpino-pilosa</i> | | 61 |
| <i>Oxyria digyna</i> | 33 | 4 |
| <i>Poa alpina</i> | 4 | 3 |
| <i>Sagina saginoides</i> | 10 | 8 |
| <i>Saxifraga bryoides</i> | 3 | 1 |
| <i>Sedum alpestre</i> | 3 | 5 |
| <i>Veronica alpina</i> | 1 | 86 |
| Totale specie presenti | 10 | 15 |

Area H (Val di Nardis) - L'area H (fig. 14; tab. 9) si trova a valle dei tre quadrati G, su un piccolo pianoro sulla sinistra idrografica del torrente a circa 10 m da quest'ultimo, su deposito fine ormai stabilizzato. In quest'area il ghiacciaio si è ritirato tra il 1931 e il 1954 (SITZIA *et al.*, 2017). Dal 1991 al 2019 si passa da 10 specie, ciascuna delle quali ha frequenza media di 9,50, a 15 specie, ciascuna delle quali ha frequenza media di 23,20. La composizione di specie mostra un'evoluzione verso uno stadio più maturo di valletta nivale: diminuiscono drasticamente, nel 2019, *Geum reptans* (4,00 - 0,00), *Leucanthemopsis alpina* (da 30,00 a 8,00) e *Oxyria digyna* (33,00 - 4,00), tipiche degli stadi primari, e si sviluppano invece notevolmente *Cerastium cerastoides* (0,00 - 74,00), *Luzula alpino-pilosa* (0,00 - 61,00) e *Veronica alpina* (1,00 - 86,00). Ci troviamo dunque di fronte, come nell'area E, ad uno stadio di colonizzazione intermedio, coerentemente con l'età del ritiro del ghiacciaio. Riguardo le briofite, nel 1991 le *Bryaceae* indet. avevano una frequenza di 40,00, mentre *Polytrichum piliferum* di 64,00; nel 2019 le prime sono aumentate a 95,00, il secondo è calato a 1,00 e si è aggiunto *Racomitrium elongatum* (1,00).

| Area | I | |
|--------------------------------------|----------|-----------|
| | 1991 | 2019 |
| <i>Agrostis rupestris</i> | | 11 |
| <i>Arabis alpina</i> | 2 | |
| <i>Arenaria biflora</i> | | 2 |
| <i>Cardamine resedifolia</i> | | 3 |
| <i>Cerastium uniflorum</i> | 11 | 50 |
| <i>Euphrasia minima</i> | | 76 |
| <i>Geum reptans</i> | 3 | 2 |
| <i>Gnaphalium supinum</i> | | 15 |
| <i>Leucanthemopsis alpina</i> | 14 | 27 |
| <i>Linaria alpina</i> | 2 | |
| <i>Luzula alpino-pilosa</i> | | 10 |
| <i>Luzula spicata</i> | | 42 |
| <i>Oxyria digyna</i> | 7 | 3 |
| <i>Poa alpina</i> | | 40 |
| <i>Poa laxa</i> | | 3 |
| <i>Sagina saginoides</i> | 1 | 4 |
| <i>Salix herbacea</i> | | 12 |
| <i>Saxifraga bryoides</i> | 30 | 57 |
| <i>Saxifraga oppositifolia</i> | 5 | 2 |
| <i>Sedum alpestre</i> | | 1 |
| <i>Senecio incanus</i> | | 1 |
| <i>Silene acaulis subsp. exscapa</i> | | 1 |
| <i>Soldanella pusilla</i> | | 1 |
| <i>Veronica alpina</i> | | 41 |
| Totale specie presenti | 9 | 22 |



Fig. 15 - Area I della Val di Nardis nel 2019.

Tab. 10. Frequenza delle specie presenti all'interno dell'area I nel 1991 e nel 2019.

Area I (Val di Nardis) - L'area I (fig. 15; tab. 10) si trova sulla destra orografica del torrente che scende dal ghiacciaio, su una collinetta di detrito ghiaioso e sassoso. In quest'area il ghiacciaio si è ritirato prima del 1931 (SITZIA *et al.*, 2017). L'area I nel 2019 è caratterizzata da una notevole complessità vegetale e un aumento consistente del numero di specie rilevate. Dal 1991 al 2019 si passa da 9 specie, ciascuna delle quali ha frequenza media di 8,33, a 22 specie, ciascuna delle quali ha frequenza media di 18,36. A parte la scomparsa di *Arabis alpina* (2,00 - 0,00), la composizione della vegetazione si arricchisce notevolmente: in particolare nel 2019 aumentano la loro frequenza *Cerastium uniflorum* (11,00 - 50,00), *Euphrasia minima* (0,00 - 76,00),



Fig. 16 - Area L della Val di Nardis nel 2019.

Tab. 11. Frequenza delle specie presenti all'interno dell'area L nel 1991 e nel 2019.

| Area | L | |
|-------------------------------|----------|-----------|
| | 1991 | 2019 |
| <i>Agrostis rupestris</i> | | 21 |
| <i>Arabis alpina</i> | 1 | |
| <i>Arenaria biflora</i> | 3 | 49 |
| <i>Cardamine alpina</i> | | 1 |
| <i>Cerastium cerastoides</i> | | 4 |
| <i>Cerastium uniflorum</i> | 3 | |
| <i>Euphrasia minima</i> | | 68 |
| <i>Geum reptans</i> | 2 | 1 |
| <i>Gnaphalium supinum</i> | | 90 |
| <i>Leucanthemopsis alpina</i> | 6 | 36 |
| <i>Luzula alpino-pilosa</i> | | 31 |
| <i>Oxyria digyna</i> | 4 | 11 |
| <i>Poa alpina</i> | 8 | 29 |
| <i>Ranunculus glacialis</i> | | 1 |
| <i>Sagina saginoides</i> | 1 | 16 |
| <i>Salix herbacea</i> | | 3 |
| <i>Saxifraga bryoides</i> | | 10 |
| <i>Sedum alpestre</i> | | 4 |
| <i>Veronica alpina</i> | | 20 |
| Totale specie presenti | 8 | 17 |

Luzula spicata (0,00 - 42,00), *Poa alpina* (0,00 - 40,00) e *Veronica alpina* (0,00 - 41,00). Si tratta di specie caratteristiche di uno stadio più maturo, coerentemente con l'età del terreno. Riguardo le briofite, nel 1991 le *Bryaceae* indet. avevano una frequenza di 13,00, *Polytrichum piliferum* di 52,00 e *Racomitrium elongatum* di 1,00; nel 2019 avevano rispettivamente una frequenza di 6,00, 66,00 e 24,00.

Area L (Val di Nardis) - L'area L (fig. 16; tab. 11) si trova tra l'area I e il torrente sulla destra idrografica. In una valletta con detrito fine su graniti abrasati quasi orizzontali. In quest'area il ghiacciaio si è ritirato prima del 1931 (SITZIA *et al.*, 2017). Dal 1991 al 2019 si passa da 8 specie, ciascuna delle quali ha frequenza media di 3,50, a 17 specie, ciascuna delle quali ha frequenza media di 23,24. Le specie maggiormente frequenti sono, nel 2019, *Euphrasia minima* (0,00 - 68,00), *Gnaphalium supinum* (0,00 - 90,00) e *Luzula alpino-pilosa* (0,00 - 31,00); scompaiono invece *Arabis alpina* (1,00 - 0,00) e *Cerastium uniflorum* (3,00 - 0,00). Questo a testimonianza del fatto che si è di fronte, anche in questo caso, ad uno stadio di colonizzazione più maturo.

ro, testimoniato per altro dall'ingresso di *Agrostis rupestris*. Riguardo le briofite, nel 1991 le *Bryaceae* indet. avevano una frequenza di 46,00 e *Polytrichum piliferum* di 2,00; nel 2019 questi sono passati rispettivamente a 19,00 e a 1,00, mentre si sono aggiunti *Tortula hoppeana* (12,00) e *Racomitrium elongatum* (10,00).

CONCLUSIONI

Considerando tutti i 25 quadrati, in totale si passa da 22 specie di piante vascolari censite nel 1991 a 39 censite nel 2019 con un incremento annuo di 0,61. Precisamente c'è stato l'ingresso di 19 specie e la scomparsa di due. Le specie che sono entrate dopo il 1991 sono: *Adenostyles leucophylla*, *Agrostis alpina*, *Agrostis schraderana*, *Cardamine alpina*, *Carex curvula*, *Cerastium cerastoides*, *Doronicum clusii*, *Epilobium anagallidifolium*, *Euphrasia minima*, *Festuca intercedens*, *Hieracium alpinum*, *Huperzia selago*, *Phyteuma hemisphaericum*, *Poa laxa*, *Rhododendron ferrugineum*, *Salix helvetica*, *Salix herbacea*, *Senecio incanus*, *Soldanella pusilla*. Sono rappresentate soprattutto specie proprie di stazioni piuttosto evolute, tra cui vallette nivali, praterie alpine, cespuglieti subalpini, megaforbieti. Si nota che le nanofanerofite nel 1991 erano assenti, mentre nel 2019 sono rappresentate da *Rhododendron ferrugineum* e *Salix helvetica*. Le specie scomparse nel 2019 sono *Arabis alpina* e *Linaria alpina*. Si tratta di specie legate a ghiaioni mobili, che a causa della progressiva stabilizzazione non hanno più trovato l'ambiente adatto di crescita. Confrontando il numero delle specie dei singoli quadrati (fig. 17) si nota che in tutti c'è stato un sensibile incremento, compreso tra 2 e 16 specie: il numero medio di specie per quadrato è passato da 3,96 a 11,24, con un aumento medio di 7,28 specie per quadrato.

Ad un incremento del numero di specie è corrisposto un ancor maggiore incremento della frequenza delle specie nei singoli quadrati (fig. 18), compreso tra 5 e 290: la frequenza media per quadrato è passata da 28,16 a 159,64, con un aumento medio di 131,48 per quadrato. Il totale delle frequenze è aumentato di 6,45 volte, passando da 820 nel 1991 a 5.295 nel 2019. Le specie che hanno maggiormente aumentato la loro frequenza (fig. 19) sono *Agrostis rupestris* (da 3 a 510), *Euphrasia minima* (da 0 a 431), *Gnaphalium supinum* (da 17 a 446), *Leucanthemopsis alpina* (da 178 a 627) e *Saxifraga bryoides* (da 101 a 559). Oltre a *Arabis alpina* e *Linaria alpina*, hanno calato la loro frequenza anche *Ranunculus glacialis* (da 6 a 1) e *Sedum alpestre* (da 67 a 60).

Confrontando le due zone, risulta che si è passati in Val d'Amola da 20 specie nel 1991 a 30 specie nel 2019, in Val di Nardis da 15 specie nel 1991 a 31 specie nel 2019. Quindi, in Val di Nardis l'ingresso delle specie appare più marcato.

I rilievi di una parte dei quadrati sono stati ripetuti più volte in occasione di alcune tesi di laurea: nel 1998 (STEFANI, 1998), nel 2004 (PEZZANI, 2006), nel 2011 (TONDINI, 2012), nel 2012 (TONNI, 2014) e nel 2019 BRENTAZZOLI (2019). Queste

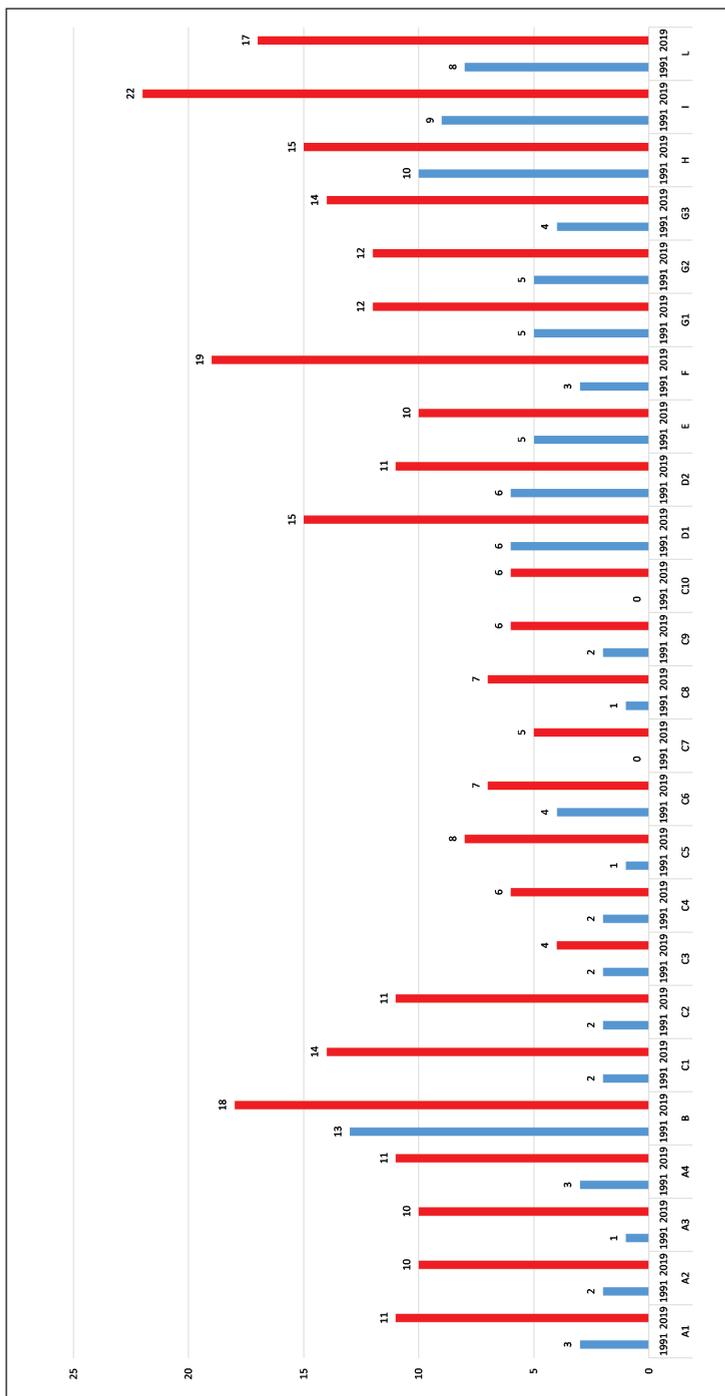


Fig. 17 - Grafico della variazione del numero di specie nei 25 quadrati dal 1991 al 2019.

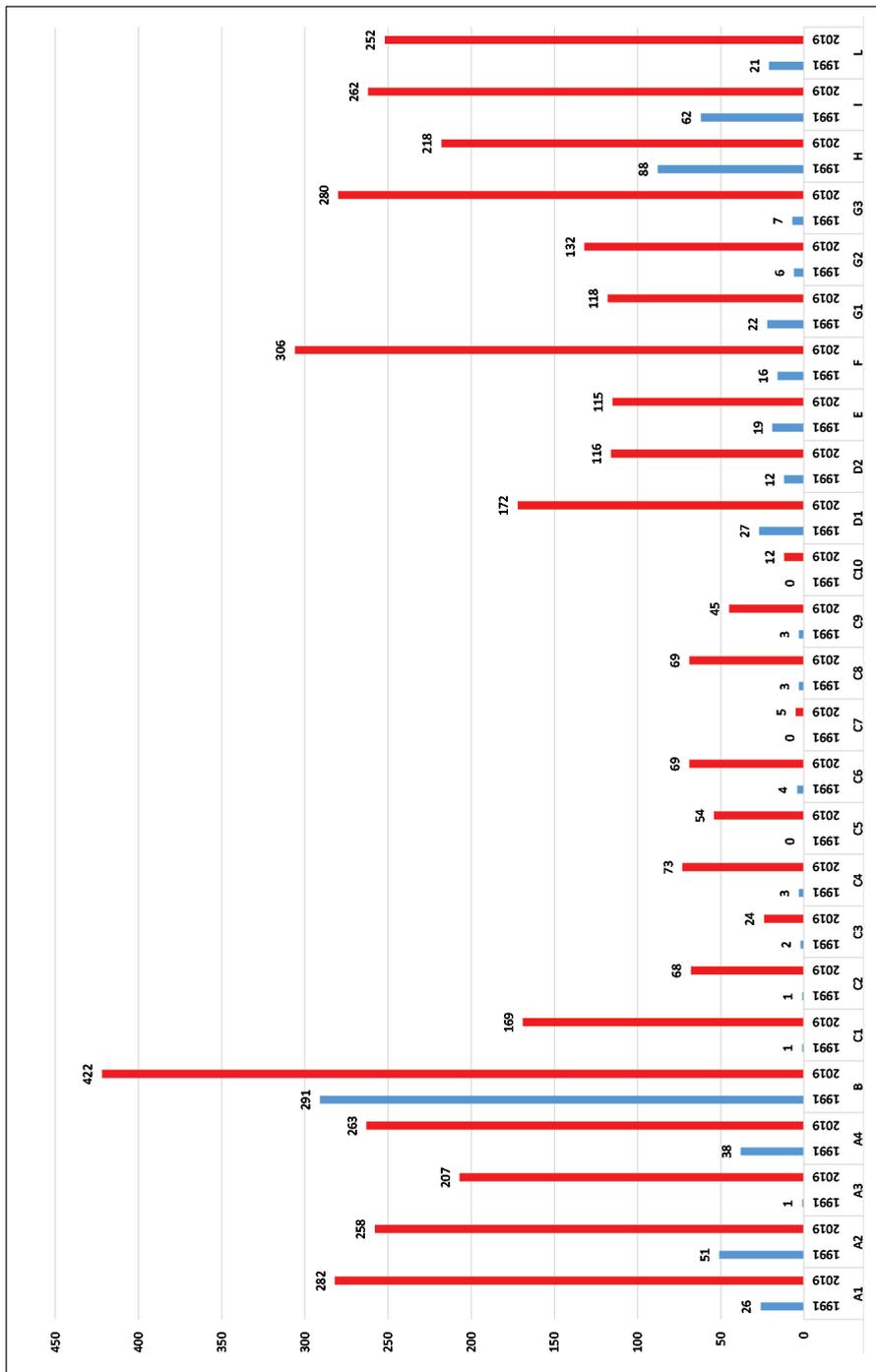


Fig. 18 - Grafico della variazione della frequenza totale delle specie nei 25 quadrati dal 1991 al 2019.

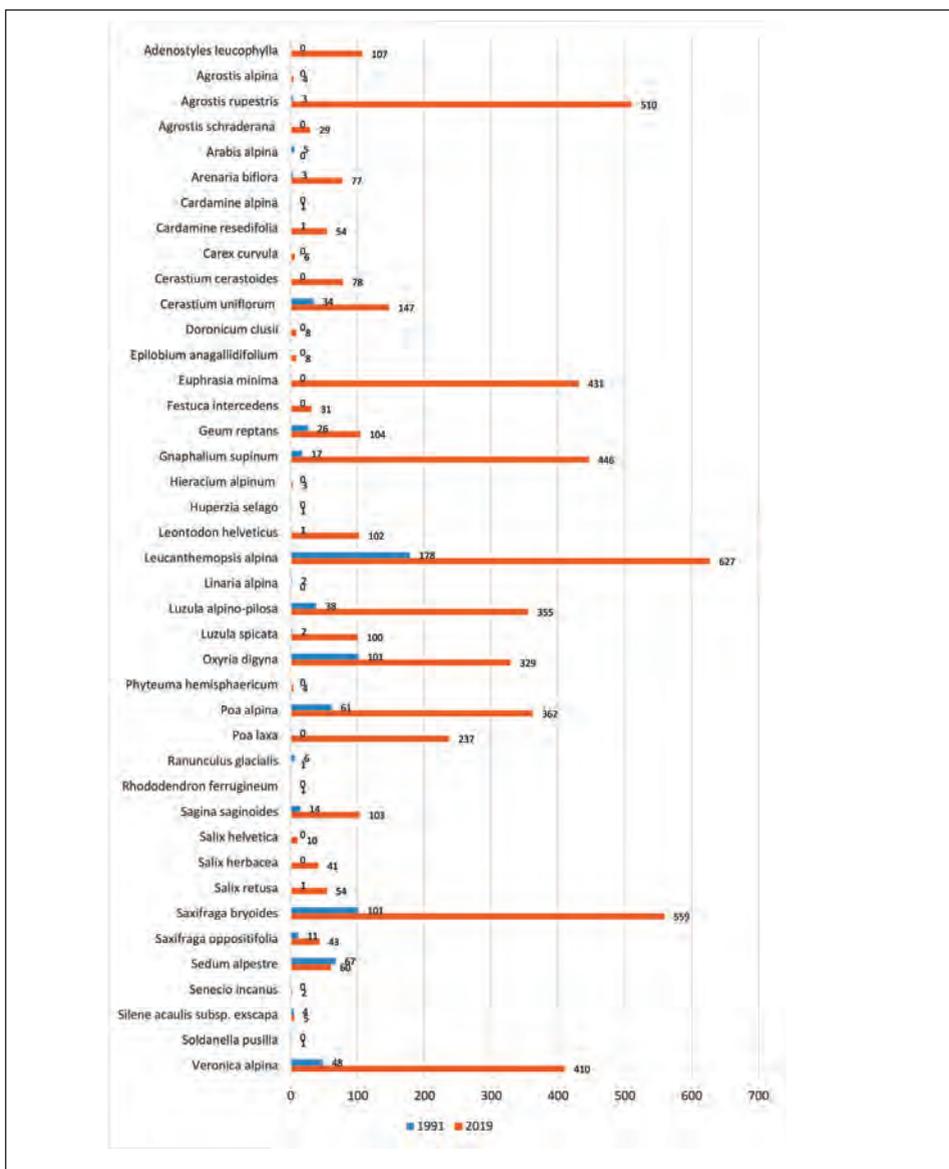


Fig. 19 - Grafico della variazione della frequenza delle singole specie dal 1991 al 2019.

ripetizioni renderanno possibile analizzare, oltre alle differenze nette tra il 1991 e il 2019 qui esposte, anche il loro andamento lungo tutto l'arco temporale considerato.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano Luca Bronzini, Marco Merli, Gabriele Sontacchi, Francesca Valentini, Lucio Sottovia, Sara Tamanini e Massimo Tartarotti per aver preso parte ai rilevamenti.

BIBLIOGRAFIA CITATA

- AA.VV., 2004 - Il clima del Trentino. Distribuzione spaziale delle principali variabili climatiche. *Centro di Ecologia Alpina*, Report n. 33, Trento.
- ALEFFI M., TACCHI R. & POPONESSI S., 2020 - New Checklist of the Bryophytes of Italy. *Cryptogamie Bryologie*. 41: 147-195.
- AUER I., BÖHM R., JURKOVIC A., LIPA W., ORLIK A., POTZMANN R., SCHÖNER W., UNGER-SBÖCK M., MATULLA C., BRIFFA K., JONES P., EFTHYMIADIS D., BRUNETTI M., NANNI T., MAUGERI M., MERCALLI L., MESTRE O., MOISSELIN J.-M., BEGERT M., MÜLLER-WESTERMEIER G., KVETON V., BOCHNICEK O., STASTNY P., LAPIN M., SZALAI S., SZENTIMREY T., CEGNAR T., DOLINAR M., GAJIC-CAPKA M., ZANINOVIC K., MAJSTOROVIC Z. & NIEPLOVA E., 2007 - HISTALP, Historical instrumental climatological surface time series of the Greater Alpine Region. *International Journal of Climatology*, 27: 17-46.
- BERTOLLI A., GUELLA E., MAIOLINI B., ODASSO M., PEDRINI P., PROSSER F., SARZO A., SOTTOVIA L., TAUFER G. & VOLCAN G., 2012 - Naturalmente Trentino; i paesaggi, la natura, i luoghi. SAT, *Curcu & Genovese*, Trento, 640 pp.
- BRENTAZZOLI F., 2019 - Evoluzione della vegetazione d'alta quota e periglaciale sul gruppo della Presanella (1991-2019). Tesi di laurea magistrale in Biologia. Università del Piemonte Orientale. Anno accademico 2018-2019.
- BRONZINI L. & PROSSER F., 1991 - Vegetazione d'alta quota e periglaciale. Primo anno di attività del Gruppo Botanico SAT. *Bollettino SAT*, Anno LIV, (4): 23-28.
- CANNONE N., DIOLAIUTI G., GUGLIELMIN M. & SMIRAGLIA C., 2008 - Accelerating climate change impacts on alpine glacier forefield ecosystems in the European Alps. *Ecological Applications*, 18: 637-648.
- COAZ J., 1886 - Erste Ansiedlung phanerogamische Pflanzen auf von Gletschern verlassenem Boden. *Mitt. Naturf. Ges. Bern*, 3-12.
- DAL PIAZ G., CASTELLARIN A., MARTIN S., SELLI L., CARTON A., PELLEGRINI G.B., CASOLARI E., DAMINATO F., MONTRESOR L., PICOTTI V., PROSSER G., SANTULIANA E. & CANTELLI L., 2007 - Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 042 MALÈ.
- EEA, 2009 - Regional climate change and adaptation. The Alps facing the challenge of changing water resources. *EEA Report* n. 8/2009. European Environment Agency, Copenhagen, Denmark.
- ELLENBERG H., 1996 - Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen, 5th ed. *Ulmer*, Stuttgart, 1095 pp.

- ERSCHBAMER B. & CACCIANIGA M.S., 2016 - Glacier Forelands: Lessons of Plant Population and Community Development. In: CÁNOVAS F., LÜTTGE U. & MATYSSEK R. (eds): *Progress in Botany*. Springer. Vol. 78: 259-284.
- ERSCHBAMER B., SCHLAG R. & WINKLER E., 2009 - Colonization processes on a central Alpine glacier foreland. *Journal of Vegetation Science*, 19: 855-862. doi 10.3170/2008-8-18464.
- IPCC, 2014 - Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- LOSAPIO G., JORDAN F., CACCIANIGA M. & GOBBI M., 2015 - Structure-dynamic relationship of plant–insect networks along a primary succession gradient on a glacier foreland. *Ecological Modelling*, 314: 73–79.
- LÜDI W., 1945 - Besiedlung und Vegetationsentwicklung auf den jungen Seitenmoränen des Grossen Aletschgletschers, mit einem Vergleich der Besiedlung im Vorfeld des Rhonegletschers und des Oberen Grindelwaldgletschers. *Berichte des Geobotanischen Forschungsinstitutes Rübel Zürich*, 1944: 35-112.
- METEOTRENTINO, 2021 - Stazioni Meteorologiche > Stazioni per bacino idrografico > Bacino del Fiume Noce > T0065 Careser (Diga). <http://storico.meteotrentino.it/web.htm> (consultato il 13/10/2021).
- MÜLLER-DOMBOIS D. & ELLENBERG H., 1974 - Aims and Methods of Vegetation Ecology. *John Wiley and Sons*, New York.
- PEZZANI G., 2006 - Successioni ecologiche in ambiente periglaciale nel Parco Naturale Adamello-Brenta in Trentino. Tesi di laurea in scienze forestali ed ambientali. Università degli studi di Padova. Facoltà di Agraria. Dipartimento territorio e sistemi agro-forestali. Anno accademico 2005-2006.
- PROSSER F., 1992 - Ricerca floristica in montagna. Un approccio alternativo all'ambiente alpino. *Bollettino SAT*, LV (4): 18-22.
- PROSSER F., 1997 - Ricerche botaniche sulla vegetazione periglaciale e sulla flora d'alta quota nel Gruppo Adamello-Presanella. *Atti del 1°seminario Nazionale di aggiornamento per esperti ed operatori naturalistici del Club Alpino Italiano* (Brentonico 20-21 giugno 1992): 24-31.
- PROSSER F., BERTOLLI A., FESTI F., & PERAZZA G., 2019 - Flora del Trentino. Fondazione Museo Civico di Rovereto. *Osiride*, Rovereto.
- REHBERGER S., 2002 - Vegetationsdynamik auf Moränendauerflächen des Grossen Aletschgletschers im Wallis. Erste Ergebnisse aus den Neuaufnahmen der 54-jährigen Flächen von Lüdi. *Geographica Helvetica*, 57 (3): 184-193.
- SITZIA T., DAINESE M., KRÜSI B. & MCCOLLIN D., 2017 - Landscape metrics as functional traits in plants: perspectives from a glacier foreland. *PeerJ* 5: e3552.
- STEFANI F., 1998 - Contributo alla conoscenza della vegetazione d'alta quota e periglaciale nel Gruppo della Presanella (Trentino occidentale). Un'esperienza con i quadrati permanenti (1991-1998). Università degli Studi di Padova. Facoltà di Agraria. Corso di Laurea in Scienze Forestali e Ambientali. Anno accademico 1998-1999.

- STEINBAUER M.J., GRYTNES J., JURASINSKI G., KULONEN A., LENOIR J., PAULI H., RIXEN C., WINKLER M., BARDY-DURCHHALTER M., BARNI E., BJORKMAN A.D., BREINER F.T., BURG S., CZORTEK P., DAWES M.A., DELIMAT A., DULLINGER S., ERSCHBAMER B., FELDE V.A., FERNÁNDEZ-ARBERAS O., FOSSEIM K.F., GÓMEZ-GARCÍA D., GEORGES D., GRINDRUD E.T., HAIDER S., HAUGUM S.V., HENRIKSEN H., HERREROS M.J., JAROSZEWICZ B., JAROSZYNSKA F., KANKA R., KAPPER J., KLANDERUD K., KÜHN I., LAMPRECHT A., MATTEODO M., MORRA DI CELLA U., NORMAND S., ODLAND A., OLSEN S.L., PALACIO S., PETEY M., PISCOVÁ V., SEDLAKOVA B., STEINBAUER K., STÖCKLI V., SVENNING J.-C., TEPPA G., THEURILLAT J.-P., VITTOZ P., WOODIN S.J., ZIMMERMANN N.E. & WIPF S., 2018 - Accelerated increase in plant species richness on mountain summits is linked to warming. *Nature*, 556: 231–234.
- TONDINI M., 2012 - Struttura ed evoluzione del paesaggio vegetale negli ambienti periglaciali della Presanella. Tesi di laurea in Scienze Forestali ed Ambientali. Università degli Studi di Padova. Anno accademico 2011-2012.
- TONNI G., 2014 - Monitoraggio del mosaico della vegetazione periglaciale in aree permanenti in Alta Val di Nardis (Trentino, Italia). Tesi di laurea magistrale in Scienze Forestali e Ambientali. Università degli Studi di Padova. Anno accademico 2013-2014.
- VALT M., CAGNATI A., CREPAZ A. & MARIGO G., 2005 - Neve sulle Alpi. *Neve e Valanghe*, 56, 24-31.
- ZEMP M., PAUL F., HOELZLE M. & HAEBERLI W., 2008 - Glacier fluctuations in the European Alps, 1850-2000. An overview and a spatiotemporal analysis of available data. In: Darkening Peaks: Glacier Retreat, Science, and Society (ORLOVE B., WIEGANDT E. & LUCKMAN B.H., eds.), 152-167. *University of California Press*, Los Angeles.

Indirizzo degli autori:

Filippo Prosser, Alessio Bertolli, Giulia Tomasi
 Fondazione Museo Civico di Rovereto, Borgo S. Caterina 41 - I-38068 Rovereto (TN)
 bertolli.alessio@fondazionemcr.it; prosser.filippo@fondazionemcr.it; tomasigiulia@fondazionemcr.it
 Francesca Brentazzoli - Via Svincolo Tangenziale Sud 4 - I-13019 Varallo (VC)
 frabrent@gmail.com

Tommaso Sitzia - Università degli Studi di Padova
 Department of Land, Environment, Agriculture and Forestry,
 Viale Dell'Università, 16 - I-35020 Legnaro (PD)
 tommaso.sitzia@unipd.it
