

Autori

Michele Freppaz¹, Davide Viglietti¹, Emanuele Pintaldi¹, Michele D'Amico¹, Nicola Colombo¹, Maria Martin¹, Giampiero Lombardi¹, Michele Lonati¹, Marco Giardino², Luigi Perotti², Edoardo Cremonese³, Michel Isabellon³, Umberto Morra di Cella³, Marta Galvagno³, Paolo Pogliotti³, Gianluca Filippa³, Martina Petey³, Raffaella Balestrini⁴, Franco Salerno⁴, Massimo Bocca⁵, Elena Barni⁶

Affiliazione

¹ Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, DISAFA, Università di Torino.

² Dipartimento di Scienze della Terra, DST, Università di Torino.

³ Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Valle d'Aosta, ARPA VdA.

⁴ CNR-IRSA – Sede Brugherio, Milano.

⁵ Parco Naturale Mont Avic – Frazione La Fabrique 164, 11020 Champdepraz (AO).

⁶ Dipartimento di Scienze della Vita e Biologia dei Sistemi, DBIOS, Università di Torino.

DEIMS.ID: <https://deims.org/d6d92b71-80d8-41bc-8b19-80d63e15b918>

Referente Macrosito: Michele Freppaz

Siti di ricerca:

Istituto Scientifico Angelo Mosso (MOSSO), IT19-001-T

Riserva Naturale Mont Mars (MARS), IT19-002-T

Mont Avic (AVIC), IT19-003-T

Colle Superiore di Cime Bianche (Cime Bianche), IT19-004-T

Comune di Torgnon (Tellinod), IT19-005-T

Comune di Torgnon (Lariceto di Tronchaney), IT19-006-T

Tipologia di ecosistema: terrestre

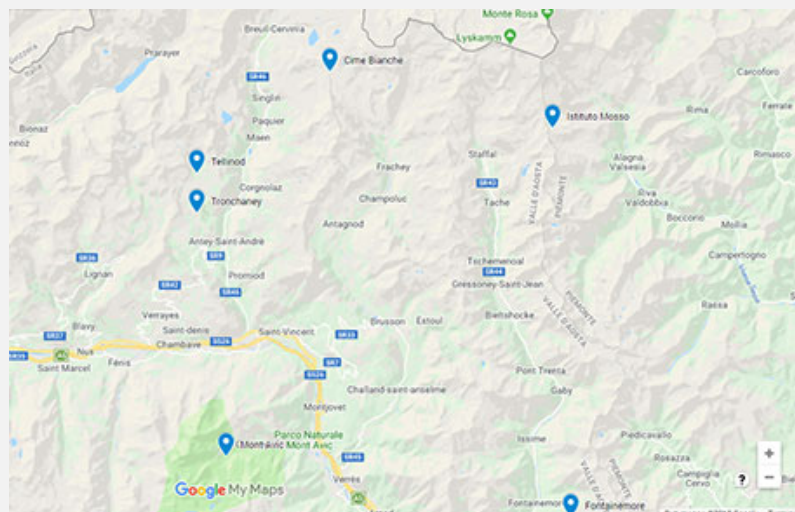


Fig. 1 - Distribuzione dei siti delle Alpi Nord-Occidentali

Citare questo capitolo come segue: Freppaz M., Viglietti D., Pintaldi E. *et al.* (2021). IT19-T Alpi Nord-Occidentali, p. 605-633. DOI: 10.5281/zenodo.5584767. In: Capotondi L., Ravaioli M., Acosta A., Chiarini F., Lami A., Stanisci A., Tarozzi L., Mazzocchi M.G. (a cura di) (2021). La Rete Italiana per la Ricerca Ecologica di Lungo Termine. Lo studio della biodiversità e dei cambiamenti, pp. 806. DOI: 10.5281/zenodo.5570272.

Descrizione del macrosito e delle sue finalità



Fig. 2 - Paesaggio tipico delle Alpi Nord-Occidentali in quota

attive numerose collaborazioni internazionali, tra le quali si segnala il sito LTER di Niwot Ridge, in Colorado, gestito dalla University of Colorado – INSTAAR. Le principali tematiche di ricerca, sviluppate con un approccio interdisciplinare, riguardano le caratteristiche dei suoli, dei corpi idrici e della vegetazione del piano subalpino, alpino e nivale.

Il macrosito, entrato nella Rete LTER Italia nel 2009, è rappresentativo degli ambienti d'alta quota delle Alpi Nord-Occidentali. In particolare, comprende sei siti di ricerca collocati secondo un gradiente altitudinale compreso tra 1700 e 3300 m s.l.m.. Si tratta di ambienti in cui la neve permane al suolo dai cinque ai nove mesi e sono rappresentati da lariceti, peccete e

praterie alpine, con suoli a diverso grado evolutivo. Il macrosito ha

Risultati

I risultati ottenuti nel macrosito hanno permesso di evidenziare il funzionamento di ecosistemi montani localizzati a quote differenti nell'arco alpino, a partire dal piano subalpino fino agli ambienti di tundra. Nelle aree di tundra alpina le variazioni della durata della copertura nevosa rivestono un ruolo fondamentale nel condizionare la fenologia delle specie vegetali e la dinamica degli elementi nutritivi del suolo nell'estate successiva. Per quanto concerne la qualità dell'acqua nei laghi in alta quota, essa risulta condizionata dalla presenza di elementi della criosfera, quali ghiacciai, rock glacier e permafrost. Il trend di riscaldamento climatico in atto si manifesta inoltre nei trend di riscaldamento del permafrost.

Nel piano subalpino il grado di evoluzione del suolo, unitamente alle caratteristiche pedoclimatiche dell'inverno precedente, quali ad esempio il verificarsi di episodi di congelamento più o meno intensi, influenzano in maniera significativa la dinamica di carbonio e azoto nel suolo e nella soluzione del suolo. Le dinamiche di scambio di CO₂ tra atmosfera e vegetazione sono fortemente influenzate dalle dinamiche climatiche in atto (es. variazione della copertura nevosa) e della aumentata frequenza di eventi estremi (es. ondate di calore estive).

Abstract

The macrosite is included in LTER-Italia network since 2009 and represents high-elevation environments of Northwestern Alps. The macrosite includes six research sites located on an elevation-gradient, from 1700 to 3300 m a.s.l., and is characterized by forests (where Larch and Spruce are dominant species) and alpine grasslands. Consequently, soils are considerably heterogeneous in term of different degree of evolution. Snow is an important driving factor, since it covers soil from 5 to 9 months/year, and could have a strong effect on soil chemical and physical dynamics also during the subsequent growing season. Currently, the macrosite has many international collaborations, such as the LTER site Niwot Ridge (Colorado) managed by the University of Colorado - INSTAAR. The main research activities carried out in the macrosite concern the analysis of the interaction between soil/vegetation and water at elevations ranging between the subalpine and the nival belts, through a multidisciplinary approach.

Scientifico Angelo Mosso (MOSSO)

Autori

Michele Freppaz¹, Davide Viglietti¹, Emanuele Pintaldi¹, Michele D'Amico¹, Nicola Colombo¹, Maria Martin¹, Giampiero Lombardi¹, Michele Lonati¹, Marco Giardino², Luigi Perotti², Raffaella Balestrini³, Franco Salerno³

Affiliazione

¹ Università di Torino, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, DISAFA

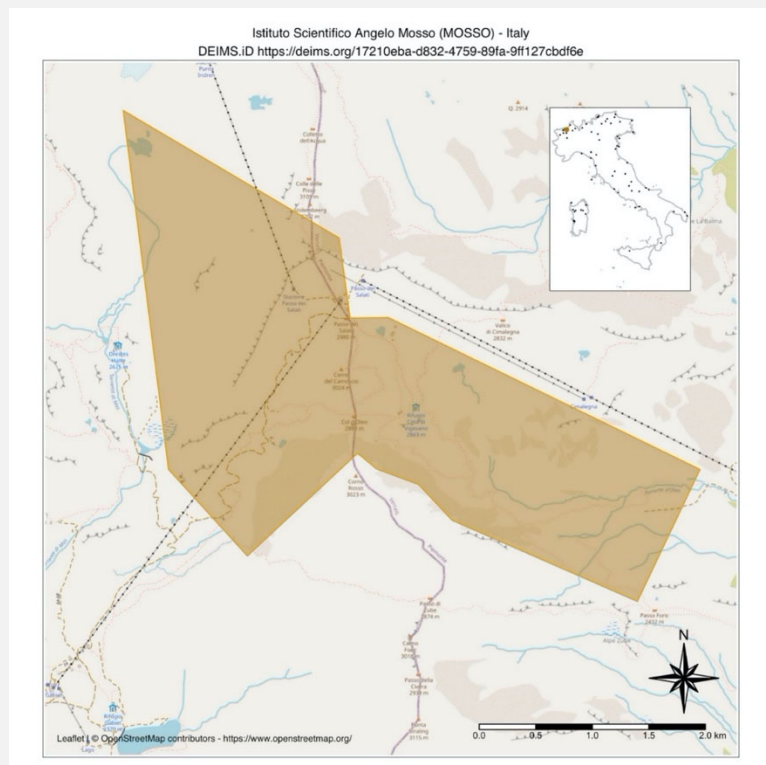
² Università di Torino, Dipartimento di Scienze della Terra, DST

³ CNR-IRSA, Sede Brugherio

Sigla: IT19-001-T

DEIMS.ID: <https://deims.org/17210eba-d832-4759-89fa-9ff127cbdf6e>

Responsabile sito: Michele Freppaz



Descrizione del Sito

Il sito “Istituto Scientifico Angelo Mosso” è localizzato sullo spartiacque tra Piemonte e Valle d’Aosta, nel Comune di Alagna Valsesia, sul massiccio del Monte Rosa.



Fig. 3 - “Istituto Angelo Mosso” e gli studenti del Corso di Laurea in Scienze Forestali e Ambientali dell’Università di Torino

I Laboratori Scientifici dell’“Istituto Angelo Mosso” al Col d’Olen (2901 m s.l.m.), fulcro di questo sito di ricerca, furono costruiti tra il 1905 e il 1907, quando apparve ormai evidente che la Capanna Regina Margherita sul Monte Rosa (4554 m s.l.m.), come centro di ricerca d’alta quota, era diventato insufficiente alle sempre più numerose richieste di utilizzo da parte della comunità scientifica internazionale. Da qui l’idea promossa da Angelo Mosso (1846-1910), professore di fisiologia umana dell’Università degli Studi di Torino, di affiancare all’Osservatorio della Capanna Regina Margherita un’ulteriore struttura per mettere a disposizione dei ricercatori laboratori più ampi e permettere soggiorni di studio, anche protratti, ad alta quota. Questo progetto divenne presto realtà grazie all’intervento della Regina Margherita, dei Ministeri della Pubblica Istruzione e dell’Agricoltura, del Club Alpino Italiano e di varie personalità dell’epoca. Le ricerche condotte presso l’Istituto non hanno riguardato soltanto la fisiologia umana, ma anche altre discipline, comprese la meteorologia alpina e la glaciologia, grazie anche alla presenza dell’Osservatorio Meteorologico che affiancava l’Istituto, diretto negli Anni 1925-40 da Umberto Monterin, e ora sede di una stazione nivometeorologica automatica, gestita dal Comando Truppe Alpine-Servizio Meteomont. Oltre all’Università di Torino, gli Enti che operano nel sito e contribuiscono alla raccolta e implementazione dei dati attualmente sono CNR-IRSA, Comando Truppe Alpine-Servizio Meteomont, Monterosa 2000 SpA e Monterosa SpA (Monterosa Ski), Ente di Gestione delle Aree Protette della Valsesia, ARPA Piemonte, ARPA Valle d’Aosta e Sesia Val Grande Geopark.

Oltre alle preziose serie storiche di dati climatici, dal 2005 è in corso una serie di attività di ricerca sulle specifiche interazioni neve/suolo/vegetazione, con particolare riferimento alle dinamiche del carbonio e dell’azoto del suolo (Magnani *et al.* 2017a, b; Freppaz *et al.* 2019). Inoltre sono in corso indagini sulle caratteristiche chimiche di laghi in alta quota, alimentati da differenti elementi della criosfera quali rock glacier, ghiacciai e permafrost (Colombo *et al.* 2018 a, b; Colombo *et al.* 2019 a, b) e sulle caratteristiche delle deposizioni atmosferiche. In particolare si intende stimare il carico atmosferico di azoto e carbonio analizzando la neve e le precipitazioni estive. L’utilizzo delle tecniche isotopiche e l’analisi della circolazione delle masse d’aria consente inoltre di indagare le sorgenti principali dell’azoto atmosferico oltre alla sua origine geografica.

Risultati

Le indagini sulla dinamica dei nutrienti del suolo e sulla fenologia vegetale sono condotte in aree permanenti disposte lungo un gradiente altitudinale compreso tra 2854 e 2686 m s.l.m. (Magnani *et al.* 2017a, b; Rogora *et al.* 2018; Freppaz *et al.* 2019; Quaglia *et al.* 2020). Tali aree sono dotate di sensori per la misura della temperatura del suolo a 10 cm di profondità. Di seguito, a titolo di esempio, vengono presentati i risultati pedoclimatici registrati dal 1 ottobre 2007 al 30 settembre 2017 in tre delle aree permanenti (siti 1, 3 e 5) (Fig. 4). Le variabili abiotiche (altezza neve, temperatura aria, precipitazioni liquide) registrate dalla stazione nivometeorologica automatica (Comando Truppe Alpine – Servizio Meteomont), unitamente ai dati di temperatura del suolo registrati nelle tre aree permanenti, sono state messe in relazione alle caratteristiche chimiche dei suoli e delle acque nel periodo estivo. Da ciò è emerso come un manto nevoso di spessore ridotto (≤ 50 cm) o accumulatosi tardivamente non riesca a garantire un efficace isolamento termico del suolo, consentendo il verificarsi di fenomeni di

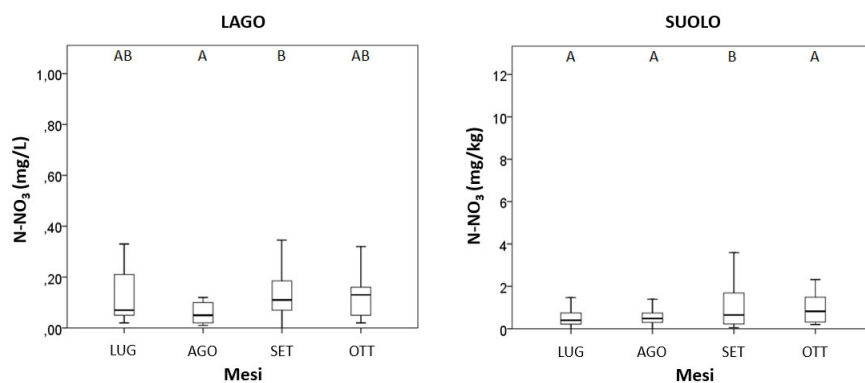


Fig. 4 - (LAGO) Concentrazioni medie mensili di azoto nitrico nelle acque del Lago Cimalegna durante la stagione vegetativa del periodo 2008-2017. (SUOLO) Concentrazioni medie mensili di azoto nitrico estraibile nel suolo (sito 1) durante la stagione vegetativa nel periodo 2008-2017. Le lettere indicano differenze significative ($p < 0.05$) tra i mesi

congelamento nel corso dell'inverno, con effetti sulla dinamica dei nutrienti anche nella stagione estiva successiva. La durata della copertura del manto nevoso si è rivelata una variabile in grado di controllare anche i pool di carbonio ed azoto microbico del suolo nella stagione vegetativa successiva. È possibile ipotizzare come all'aumentare della durata della copertura nevosa si riducano significativamente i substrati disponibili per l'attività microbica, riducendo in questo modo le concentrazioni di carbonio ed azoto microbici. Tale riduzione dei processi di immobilizzazione microbica si traduce in un aumento della concentrazione di azoto inorganico nei laghi oggetto di studio, evidenziando in questi ambienti la

stretta connessione fra le matrici suolo ed acqua. Dal 2008 al 2017 i prelievi periodici di suolo e acqua dei laghi nei mesi privi di copertura nevosa hanno evidenziato come l'azoto nitrico tenda ad aumentare nel mese di settembre (Fig. 5), rilevando un possibile rallentamento dell'*uptake* da parte della componente biologica (vegetale e microbica).

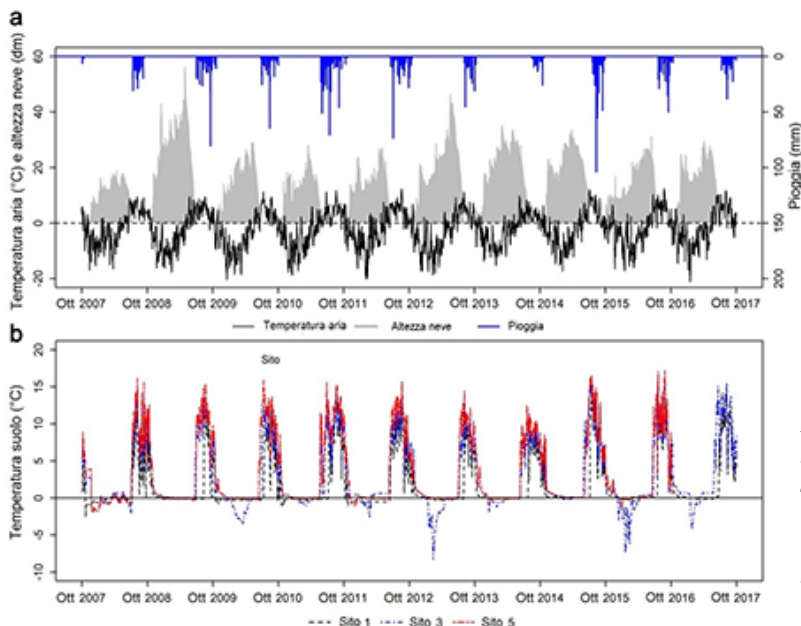


Fig. 5 - (a) Temperatura dell'aria, altezza del manto nevoso e pioggia registrati dalla stazione meteorologica automatica dal 1 ottobre 2007 al 30 settembre 2017 (dati Comando Truppe Alpine-Servizio Meteomont). (b) Temperatura del suolo misurata a 10 cm di profondità nei siti 1, 3 e 5 (dati medi giornalieri)

In tale ambito occorre considerare anche l'importanza delle caratteristiche chimiche delle precipitazioni che, a queste quote, sono per circa il 70% in forma solida. Mediante l'apertura di un profilo nivologico, ogni primavera prima del raggiungimento dell'isoterma (temperature nel manto nevoso prossime a 0°C su tutto lo spessore), è stato possibile stimare la quantità di azoto e carbonio accumulatasi in media nel manto nevoso nel corso della stagione invernale e pari a circa 2 kg/ha di azoto inorganico (dev. st. = 0.8) e 9 kg/ha di carbonio organico disciolto (dev. st. = 1.5). Nell'estate del 2018 è iniziato il campionamento delle precipitazioni, nell'ambito di un progetto condotto dall'Università di Torino – DISAFA in collaborazione con l'International Atomic Energy Agency (IAEA) ed il CNR-IRSA.

Lo studio delle relazioni tra elementi della criosfera e i laghi d'alta quota ha permesso di ottenere nuove informazioni relative agli effetti delle dinamiche di un rock glacier (forma indicatrice della presenza di permafrost con ghiaccio) sulle caratteristiche fisiche e chimiche dell'acqua in un lago adiacente (Colombo *et al.* 2018a, b; Colombo *et al.* 2019a). L'avanzata del rock glacier ha modificato la configurazione strutturale del lago e sembra aver influenzato il livello delle acque in esso contenute (Fig. 6). La connessione fra il rock glacier e il lago è rappresentata da un flusso sub-superficiale di acqua fredda proveniente dal rock glacier (Fig. 6). È stato anche evidenziato come il maggiore contributo di acqua dal rock glacier si verifichi in corrispondenza di precipitazioni liquide nel periodo estivo, con associati incrementi di conducibilità elettrica e concentrazioni di specie chimiche (Fig. 6). È quindi possibile ipotizzare come la percolazione dell'acqua di pioggia attraverso il rock glacier possa contribuire ad accelerare la fusione di ghiaccio al suo interno e a determinare il rilascio di acqua maggiormente mineralizzata.

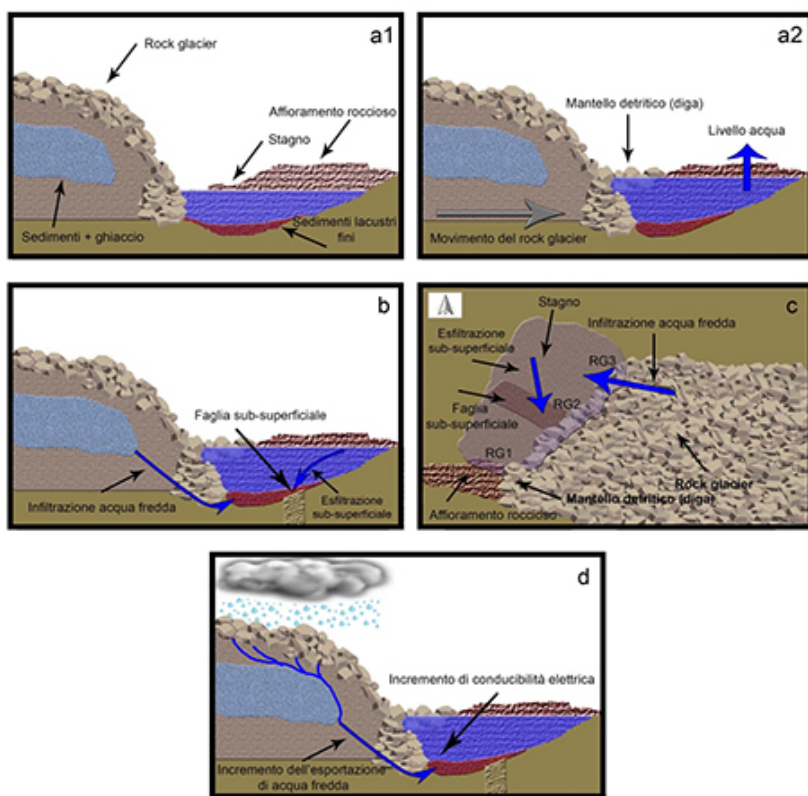


Fig. 6 - (a1-a2) Modello concettuale semplificato illustrante il movimento del rock glacier e il progressivo riempimento della depressione valliva in cui il lago indagato è ubicato. Dinamiche idrologiche del sistema rock glacier-lago (profilo - b) (planimetria - c). (d) Incrementi dell'esportazione di acqua fredda dal rock glacier dopo eventi di pioggia, con associati incrementi di conducibilità elettrica

Oltre alle attività di ricerca il sito ha ospitato attività di formazione e divulgazione scientifica, anche in collaborazione con le Società che gestiscono gli impianti funiviari (Monterosa Ski) che raggiungono l'area dell'Istituto. In particolare, negli ultimi 12 anni esso è sede delle attività didattiche della Summer School internazionale IPROMO, organizzata dall'Università di Torino in collaborazione con la FAO-Mountain Partnership, e delle esercitazioni invernali dedicate agli studenti dell'Università di Torino, afferenti ai Corsi di Laurea in Scienze Forestali e Ambientali e Scienze e Tecnologie dei Sistemi e Territori Forestali. Inoltre, durante il periodo estivo, vengono organizzate giornate dedicate alla divulgazione scientifica. Nel 2015 il sito è stato il punto di partenza del cammino LTER "Rosa, azzurro e verde" (Carrara *et al.* 2018). Si tratta di un percorso che ha attraversato in 6 tappe, prevalentemente a piedi, alcune valli alpine e che si è posto

come obiettivo la divulgazione al pubblico delle attività di ricerca ecologica di lungo termine condotte in ambienti montani terrestri e lacustri.

Prospettive future

Nel prossimo futuro è prevista l'implementazione della stazione nivometeorologica automatica mediante la messa in posa di sensori di umidità del suolo. Si ritiene che l'umidità del suolo sia, insieme alla temperatura, uno dei fattori chiave nel regolare i cicli biogeochimici del suolo influenzando di conseguenza anche la qualità delle acque. Parallelamente si intende continuare il monitoraggio delle caratteristiche chimiche dei suoli, delle acque e delle precipitazioni, unitamente allo studio della fenologia delle specie vegetali presenti, in modo da affinare la conoscenza dei meccanismi d'interazione neve-vegetazione-suolo-acqua.

Abstract

The site “Istituto Scientifico Angelo Mosso” is located in NW Italy, close to the Monte Rosa Massif (4634 m a.s.l.). The site is mainly represented by the scientific laboratory “Angelo Mosso” that was built between 1905 and 1907, when it was clear that Capanna Regina Margherita hut (on the summit of the Monte Rosa) was not enough to satisfy a huge request from international researchers.

For this reason, Angelo Mosso (Professor of Human Physiology at the University of Turin) encouraged the construction of a new building to allow, with bigger labs, longer field applications of researches. This project became a reality thanks to Queen Margherita, the Ministry of the Public Instruction and the Ministry of Agriculture, CAI (Italian alpine club) and other private partners.

The research field did not only include human physiology but also alpine meteorology and glaciology thanks to the presence of a meteorological observatory (close to the Istituto Mosso) supervised by Umberto Monterin from 1925 to 1940, and now location of an automatic meteorological station belonging to Comando Truppe Alpine – Servizio Meteomont. Currently, in the site “Istituto scientifico Angelo Mosso”, a collaboration was carried out between the University of Turin and CNR-IRSA, Comando Truppe Alpine-Servizio Meteomont, Monterosa 2000 SpA and Monterosa SpA (Monterosa Ski), Ente di Gestione delle Aree Protette della Valsesia – Area Protetta Alta Valsesia, ARPA Piemonte, ARPA Valle d'Aosta and Sesia Val Grande Geopark. In addition to the historical climate series data, since 2005 several research activities have been devoted to the understanding of snow/soil/vegetation interactions, with a focus on soil carbon and nitrogen dynamics. Furthermore, researches are being carried out in order to investigate the chemical characteristics of high-elevated lakes, fed by different cryospheric features such as rock glaciers, glaciers and permafrost (Colombo *et al.* 2018a, b; Colombo *et al.* 2019a, b), and on the atmospheric deposition chemistry. Particularly, we estimate the total atmospheric N and C fluxes, by monitoring the snowpack and the summer precipitation, and we investigate the sources of atmospheric nitrogen species as well as their geographic origin by using the isotopic techniques and the backward trajectories analysis.

Riserva Naturale Mont Mars (MARS)

Autori

Michele Freppaz¹, Davide Viglietti¹, Emanuele Pintaldi¹, Michele D'Amico¹, Maria Martin¹

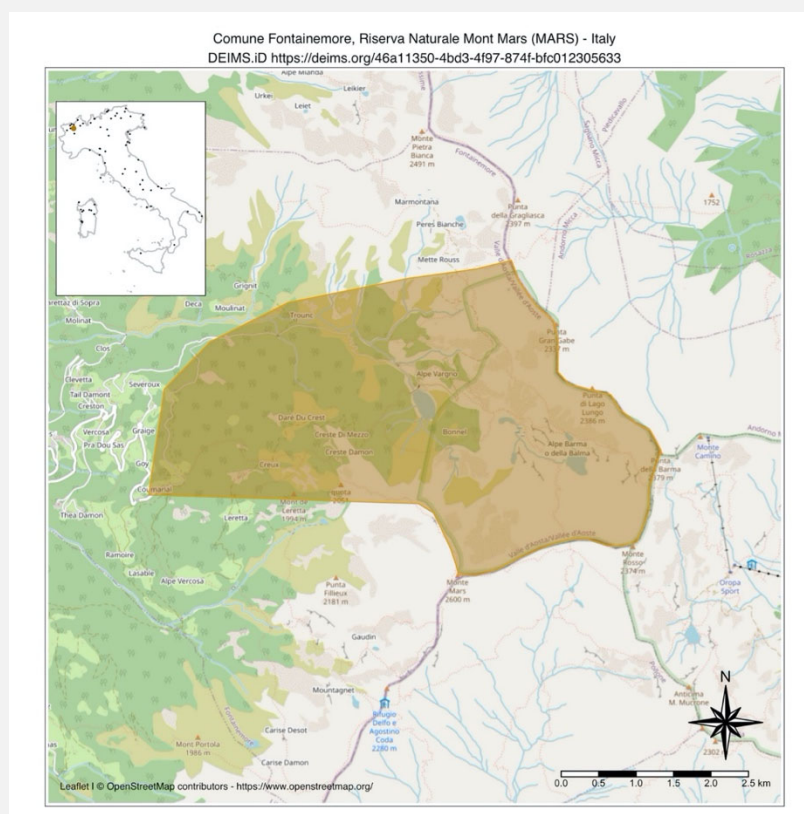
Affiliazione

¹ Università di Torino, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, DISAFA

Sigla: IT19-002-T

DEIMS.ID: <https://deims.org/46a11350-4bd3-4f97-874f-bfc012305633>

Responsabile sito: Michele Freppaz



Descrizione del Sito



Fig. 7 - Bosco nella riserva Naturale del Mont Mars

Il sito si estende in territorio valdostano, nel Comune di Fontainemore, e rientra parzialmente nella Riserva Naturale del Mont Mars. Il sito di ricerca è rappresentativo di ambienti del piano montano, subalpino e alpino ed è caratterizzato da una ricca variabilità geomorfologica e di uso del suolo, con la presenza di boschi e praterie, pietraie, laghi e zone umide. La cima più alta che domina la zona e il Mont Mars che, con i suoi 2600 m s.l.m., si erge sopra ripide balze formate da rocce montonate. Nella parte bassa sono presenti

latifoglie miste a Larice e, nelle zone più umide, l'Abete bianco e l'Ontano verde. Nelle zone più elevate si trova il Pino cembro fino ad incontrare le praterie d'alta quota. Una così notevole variabilità di ambienti ha permesso di condurre numerose ricerche prevalentemente incentrate: a) sulla qualità delle acque (superficiali e soluzione del suolo); b) sulle relazioni tra variabili abiotiche e caratteristiche chimiche dei suoli e della soluzione circolante in ambiente forestale; c) sulla chimica della neve.

Risultati

Dal 2006 vengono condotte, in un campo neve a quota 1800 m s.l.m., periodiche indagini sulle caratteristiche fisiche e chimiche del manto nevoso mediante la realizzazione del profilo chimico ambientale speditivo (Pecci *et al.* 2006; Pecci *et al.* 2008). Nel 2007 sono state inoltre compiute analisi chimiche nei laghi presenti nel vallone della Barma. Si tratta di 4 laghi di origine glaciale disposti lungo un gradiente altitudinale (da 1670 a 2020 m s.l.m.) e collegati tra loro mediante un sistema "paternoster". In una delle aree di studio, a 1750 m di quota, è possibile osservare in primavera un diffuso arrossamento della neve in fusione e degli orizzonti più superficiali del suolo. Dal 2009 al 2013 è stato indagato questo particolare fenomeno attraverso il campionamento e l'analisi della soluzione circolante nel suolo (Martin *et al.* 2010). L'elevato contenuto di acqua nel suolo nel corso del disgelo primaverile ha determinato condizioni riducenti, con la mobilitazione di ingenti quantità di ferro, probabilmente indotta dall'attività di microorganismi ferro-riduttori. Dal 2014 al 2016 le indagini sulla soluzione del suolo sono proseguite, unitamente alla caratterizzazione delle forme di C e N nel suolo, in accordo ai protocolli applicati nel sito "Istituto Scientifico Angelo Mosso".

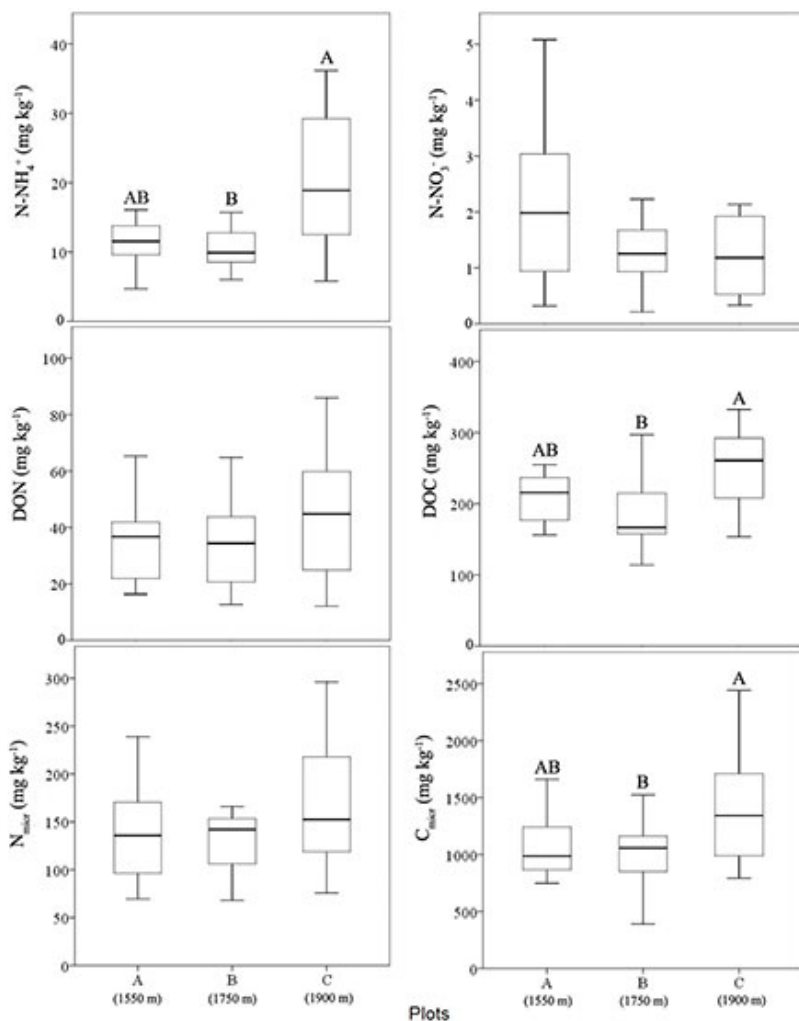


Fig. 8 - Variabilità altitudinale di azoto ammoniacale ($N-NH_4^+$), azoto nitrico ($N-NO_3^-$), azoto e carbonio organico disciolto (DON e DOC), azoto e carbonio microbico (N_{mic} e C_{mic}) estraibili nel suolo. Ove presenti le lettere indicano differenze significative fra le medie ($p < 0.05$)

di carbonio ed azoto sia nel suolo, sia nella soluzione circolante, evidenziando non solo l'importanza dei fattori climatici e pedoclimatici, ma anche le specificità dei processi pedogenetici. Le maggiori concentrazioni delle forme di carbonio e azoto sono state osservate nel sito a quota più elevata (Fig. 8), dove la presenza di Podzol e l'elevata produzione di essudati radicali particolarmente ricchi di acidi organici a basso peso molecolare tendono a causare accumuli di carbonio organico maggiori rispetto ai Cambisols presenti a quote inferiori, sia in superficie, sia negli orizzonti minerali profondi. La maggiore dotazione di carbonio organico e azoto totale rilevata nel sito a quota più alta parrebbe influenzare positivamente lo sviluppo della biomassa microbica ed incrementare la disponibilità di carbonio organico disciolto (Pintaldi *et al.* 2019).

Nei tre siti è stato osservato un trend comune nelle concentrazioni di azoto inorganico nella soluzione circolante: i picchi massimi di concentrazione di nitrati sono stati misurati durante la primavera, subito dopo la fusione completa del manto nevoso, mentre le minori concentrazioni corrispondono alla fine della stagione vegetativa e trovano spiegazione nell'*uptake* da parte della vegetazione. Isolando le differenti variabili climatiche (durata della neve al suolo e pedoclima invernale ed estivo) dalle caratteristiche pedologiche sito-specifiche è stata osservata, analogamente a quanto riportato nel Sito "Istituto Scientifico Angelo Mosso", una correlazione inversa tra la durata del manto nevoso e la concentrazione di carbonio microbico. Una lunga durata della neve al suolo favorisce la

Lungo un transetto altitudinale localizzato nella fascia subalpina sono state allestite tre aree, in un intervallo di quota compreso fra 1550 e 1900 m s.l.m., colonizzate da Larice e caratterizzate dallo stesso substrato geologico (micascisti eclogitici). Ciascuna area è stata dotata di sensori per la misura in continuo della temperatura e umidità del suolo a 10 cm di profondità. Nella climosequenza sono stati aperti e caratterizzati i profili pedologici evidenziando un differente grado di sviluppo. I plot a più bassa quota sono caratterizzati da suoli simili appartenenti al gruppo dei Cambisols mentre il plot a quota maggiore presenta un suolo con grado di evoluzione più espresso e corrispondente ad un Podzol. Si ipotizza che fattori quali una più cospicua copertura nevosa, una maggiore presenza di specie acidificanti nel sottobosco (quali ericacee) concorrano all'aumento dei tassi di alterazione favorendo quindi specifici processi pedogenetici. Durante il periodo privo di neve al suolo, sono state analizzate mensilmente le forme

decomposizione microbica subnivale portando però ad un significativo consumo di carbonio e alla riduzione del substrato disponibile nella successione stagione estiva.

L'elevata frequentazione del Sito in ogni stagione dell'anno, favorita sia dalla facilità di accesso, sia dalla sua peculiarità ambientale, lo rende particolarmente vocato alle attività di divulgazione scientifica e didattica con l'organizzazione ad esempio delle esercitazioni previste nell'ambito del Laboratorio di Rilevamento Pedologico del Corso di Laurea in Scienze Forestali e Ambientali dell'Università di Torino.

Prospettive future

Si intende proseguire il monitoraggio delle proprietà chimiche e fisiche del manto nevoso e, parallelamente, continuare le attività didattiche e di divulgazione scientifica.

Abstract

The site is located in the NW Italian Alps (Fontainemore Municipality, 1500-2600 m a.s.l.) and is partially included in the Riserva Naturale Mont Mars. The site is rather complex due to the presence of forests, pastures, grasslands, lakes and peatlands; this ecological and morphological variability enhances research interest and is particularly useful for didactic activities. During last years numerous researches were performed such as evaluation of: a) surface water and soil solution quality; b) interactions between abiotic variables (meteorological pattern and pedoclimatic conditions) on soil and soil solution chemistry in a forest ecosystem; c) snow chemistry.

Mont Avic (AVIC)

Autori

Umberto Morra di Cella¹, Michel Isabellon¹, Massimo Bocca², Elena Barni³

Affiliazione

¹ Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Valle d'Aosta, ARPA VdA

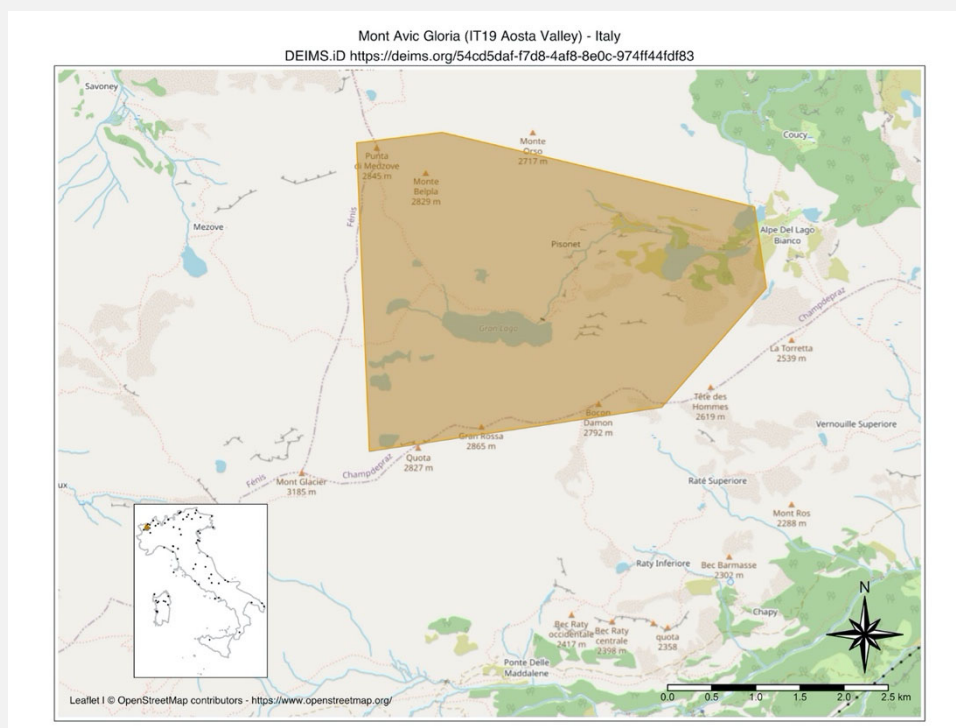
² Parco Naturale Mont Avic – Frazione La Fabrique 164, 11020 Champdepraz (AO)

³ Università di Torino, Dipartimento di Scienze della Vita e Biologia dei Sistemi, DBIOS

Sigla: IT19-003-T

DEIMS.ID: <https://deims.org/54cd5daf-f7d8-4af8-8e0c-974ff44fd83>

Responsabile sito: Umberto Morra di Cella



Descrizione del Sito

Il sito si colloca all'interno del Parco Naturale Mont Avic, area protetta valdostana che si estende nei Comuni di Champdepraz e di Champorcher, classificata Zona Speciale di Conservazione (ZSC IT1202000) e Zona di Protezione Speciale (ZPS Mont Avic – Mont Emilius IT202020) ai sensi delle



Fig. 9 - Parco Naturale Mont Avic

direttive UE 2009/147 “Uccelli” e 92/43 “Habitat”. Il territorio è prevalentemente interessato da affioramenti del Complesso piemontese dei Calcescisti con Pietre verdi (ofioliti del Complesso ultrabascio del Mont Avic prevalenti in Val Chalamy, calcescisti prevalenti in Val di Champorcher) e caratterizzato dalla presenza di un gran numero di laghi e piccole zone umide, oltre che da paesaggi vegetali insoliti a livello regionale, fra i quali spicca la vasta foresta di pino uncinato, specie che ben si adatta ai suoli torbosi e agli affioramenti ofiolitici e in Val Chalamy sostituisce in larga misura le

conifere più diffuse nel resto della regione. Gli ambienti che si sviluppano nel sito sono rappresentativi del piano montano, subalpino e alpino ed interessati in misura differente dall'attività antropica attuale e passata. La vetta più alta, il Mont Glacier (3.185m) costituisce l'apice dello spartiacque delle due vallate principali del Parco e sovrasta a sud l'ampio vallone del Miserin e, verso settentrione, l'alto vallone del Torrente Chalamy. Nella parte bassa sono presenti latifoglie xerofile e una interessante faggeta che costituisce uno dei nuclei di faggio più interni della regione. Di un certo rilievo la flora delle serpentinita adattata alla presenza di suoli superficiali, poco fertili e ricchi di elementi tossici quali nichel, cromo e cobalto e la flora legata alle zone umide (bacini lacustri e una miriade di aree torboso-acquitrinose e di risorgive presenti in tutta l'area protetta). Non meno interessante è la fauna presente nel Parco: le principali specie di mammiferi e uccelli di ambiente montano diffusi nella regione sono presenti, ma non raggiungono elevate densità a causa delle difficili condizioni ambientali e delle ridotte disponibilità alimentari; fanno eccezione le specie forestali, favorite dalla grande estensione dei boschi. La varietà ambientale del territorio, viceversa, determina un rilevante numero di specie di insetti alcune delle quali risultano essere degli stenoendemiti.

Le peculiarità degli ambienti del Parco, il livello di tutela e una fruizione equilibrata del territorio, oltre ad una spiccata vocazione dell'Ente parco per le attività di ricerca e studio dei valori naturalistici, hanno permesso di avviare e mantenere nel tempo numerose ricerche nei più disparati campi. In particolare il Parco Naturale Mont Avic è parte del macrosito IT19 per le attività connesse al monitoraggio dell'impatto del cambiamento climatico sulla vegetazione alpina (protocollo definito nell'ambito del progetto GLORIA – Global Observation Research Initiative in Alpine environments) e, più recentemente, nello studio delle dinamiche di decomposizione della lettiera (SoilTeaBag project).

Oltre ad ARPA Valle d'Aosta, le attività di ricerca del sito coinvolgono anche l'Università degli studi di Torino (Dipartimento di Scienze della Vita e Biologia dei Sistemi e il Dipartimento di Scienze Agrarie,

Forestali e Alimentari), il Parco Naturale Mont Avic e il Department of Integrative Biology and Biodiversity Research, University of Natural Resources and Life Sciences di Vienna (A).

Risultati

Dal 2002 vengono condotti, secondo il protocollo di osservazione definito nell'ambito del progetto GLORIA, periodici monitoraggi della vegetazione su 4 cime disposte lungo un gradiente altitudinale. Tre di queste sono localizzate all'interno del Parco Naturale Mont Avic, rispettivamente a 2.340, 2.584 e 2.790m di quota, mentre la quarta è stata individuata presso il Colle Superiore di Cime Bianche a Valtournenche (3.100m). Il secondo rilievo, effettuato nel 2012, è stato seguito da un terzo nel 2017. Le osservazioni floristiche ripetute nel tempo hanno mostrato una

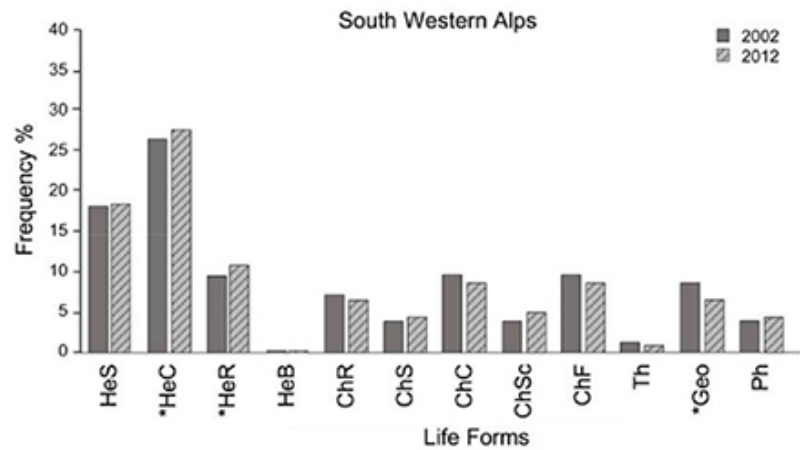


Fig. 10 - Frequenze delle forme biologiche nei due diversi rilievi nel sito LTER IT19. HeS: emicriptofite scapose; HeC: emicriptofite cespitose; HeR: emicriptofite rosulate; HeB: emicriptofite bienni; ChR: camefite reptanti; ChS

moderata riduzione della flora regionale endemica (analisi delle frequenze) e variazioni significative dei parametri strutturali e ecologici (variazioni per forma biologica). La rapida risposta della vegetazione alpina al riscaldamento climatico è evidenziata dall'aumento delle emicriptofite cespitose e rosulate (Fig. 10) e supportata dall'analisi della flora vascolare come bio-indicatore dei processi di termofilizzazione tramite il *thermic vegetation indicator* (S) (Gottfried *et al.* 2012; Stanisci *et al.* 2016).

Il valore di S risulta passare da 2.90 a 2.99 con un incremento medio di 0.09 ($p=0.031$; $z=2.148$), aumento superiore alla media dei siti europei e dovuto principalmente all'espansione delle specie termofile.

L'analisi preliminare della perdita di massa della lettiera, condotta nell'ambito della Tea Composition Initiative su substrati standardizzati (Rooibos e Green tea) ed effettuata su 336 siti distribuiti in tutto il mondo e rappresentanti tutti i biomi (con MAT comprese fra -9 e +26 °C e MAP da 60 a 3113 mm) ha permesso di testare l'effetto del clima (temperatura e umidità), tipo di lettiera e land-use sulla fase iniziale del processo di decomposizione della materia organica.

Prospettive future

Nel prossimo futuro è prevista la conclusione delle attività connesse allo studio della decomposizione della lettiera (con analisi dei campioni sottoposti a 36 mesi di degradazione) e un approfondimento delle analisi dell'evoluzione della vegetazione delle cime oggetto di rilievo ripetuto.

Abstract

The site AVIC is in the territory of the Mont Avic Regional Parc. The Parc hosts a number of research initiatives, among which the most prominent is the GLORIA (Global Observation Research Initiative Alpine Environments) project. Accordingly, periodic vegetation surveys are carried out since 2002 on three summits within the Parc. Results show that in the time span between 2002 and 2012 vegetation has shown structural and ecological changes as well as small shifts in vegetation composition in response to a changing climate.

Colle Superiore di Cime Bianche (Cime Bianche)

Autori

Umberto Morra di Cella¹, Paolo Pogliotti¹, Edoardo Cremonese¹

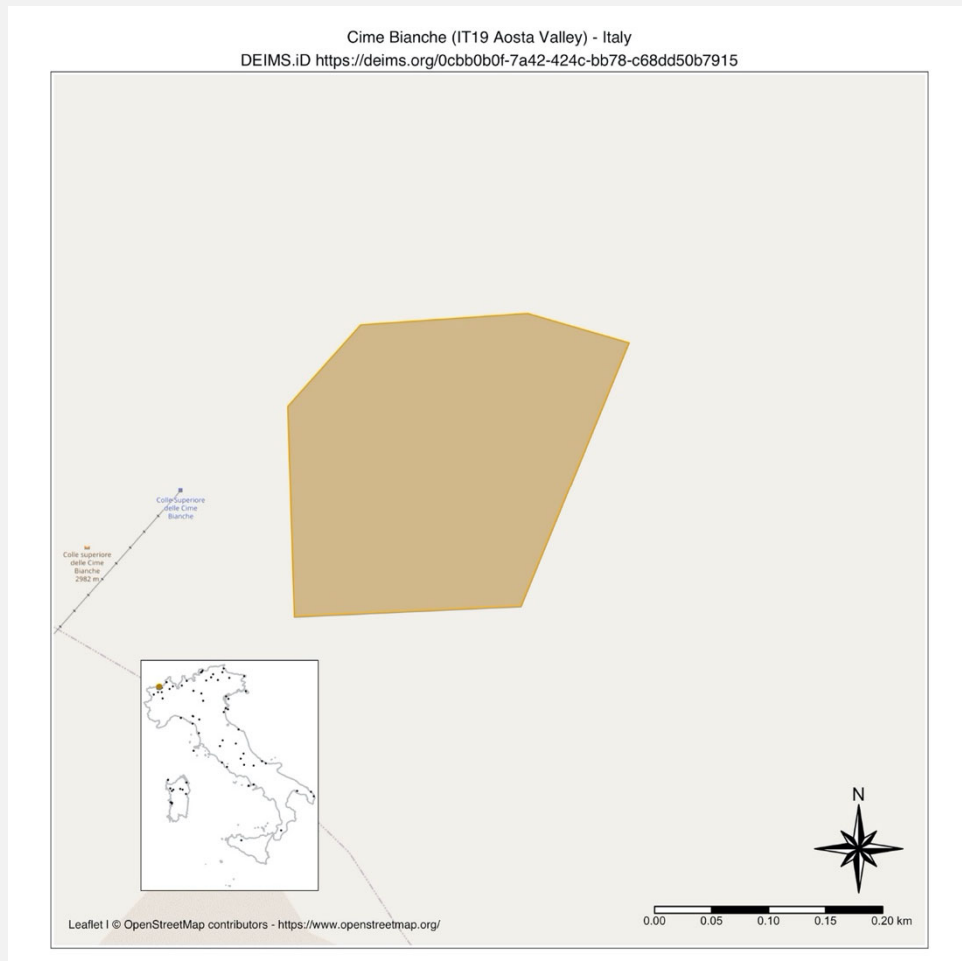
Affiliazione

¹ Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Valle d'Aosta, ARPA VdA

Sigla: IT19-004-T

DEIMS.ID: <https://deims.org/0cbb0b0f-7a42-424c-bb78-c68dd50b7915>

Responsabile sito: Umberto Morra di Cella



Descrizione del sito

Il sito si trova nelle Alpi nord-occidentali italiane (Valle d'Aosta, IT) ad un'altitudine di 3100 m (45°55'12,8" N 7°41'35,5" E). L'area di studio è un altopiano leggermente degradante verso ovest,



Fig. 11 - Colle Superiore di Cime Bianche

caratterizzato da terrazzette, convessità e depressioni che, durante l'inverno, conferiscono allo spessore del manto nevoso un'elevata variabilità spaziale. La litologia del bedrock è omogenea, costituita principalmente da micascisti e calcescisti granatiferi appartenenti alla parte superiore del complesso ofiolitico Zermatt-Saas. Il substrato roccioso è caratterizzato da superfici montonate molto alterate e

variamente fratturate che possono generare, localmente, una copertura detritica grossolana con uno spessore variabile da pochi centimetri a un paio di metri. L'esistenza di lobi di geliflusso, suoli poligonali e crioturbazioni di materiale fine suggerisce la presenza di permafrost. Il clima della zona è continentale. Nel periodo 2006-2018 la precipitazione media è stata di circa 1200 mm/anno con una temperatura media annua di -2.7°C . Le temperature medie annuali dell'aria sono positive da giugno a settembre, mentre febbraio e luglio sono, rispettivamente, i mesi più freddi e più caldi. Il sito è molto ventoso e principalmente influenzato dalle masse d'aria provenienti da nord. L'attività di monitoraggio è iniziata nel 2006. La strumentazione consiste in un pozzo profondo (DP) ed uno superficiale (SH), che raggiungono rispettivamente le profondità di 41 e 6 m e che sono situati a una distanza di circa 30 m l'uno dall'altro. In sito è presente anche una stazione meteorologica automatica (AWS) equipaggiata con termoigrometro, radiometro, anemometro, nivometro e pluviometro. Oltre ad ARPA Valle d'Aosta, le attività di ricerca del sito coinvolgono anche il Geosciences Department dell'Università di Fribourg (Svizzera).

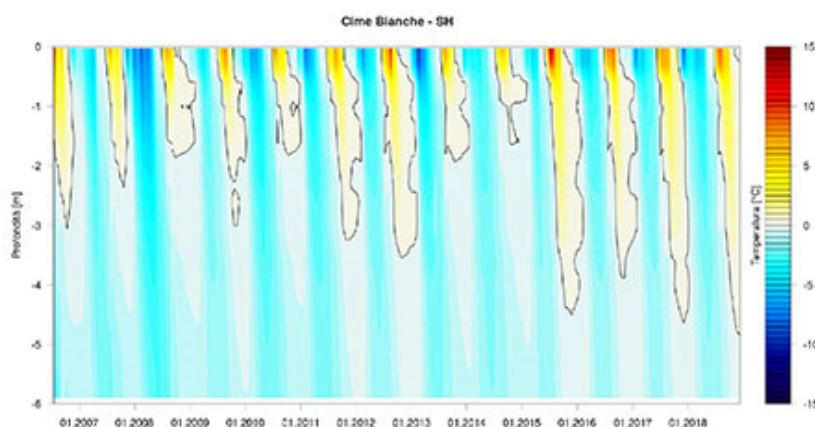


Fig. 12 - Andamento delle temperature (scala colore) nel tempo ed alle diverse profondità nel foro SH di Cime Bianche. La linea nera rappresenta l'isoterma 0°C

Risultati

Il permafrost è un fenomeno naturale che si verifica quando il suolo ed il substrato roccioso sottostante permangono in uno stato di congelamento perenne. Lo stato di permafrost può durare per migliaia di anni (alle alte quote ed alle alte latitudini) oppure verificarsi temporaneamente (ai limiti inferiori di quota e latitudine). Il monitoraggio del permafrost si realizza calando una catena di

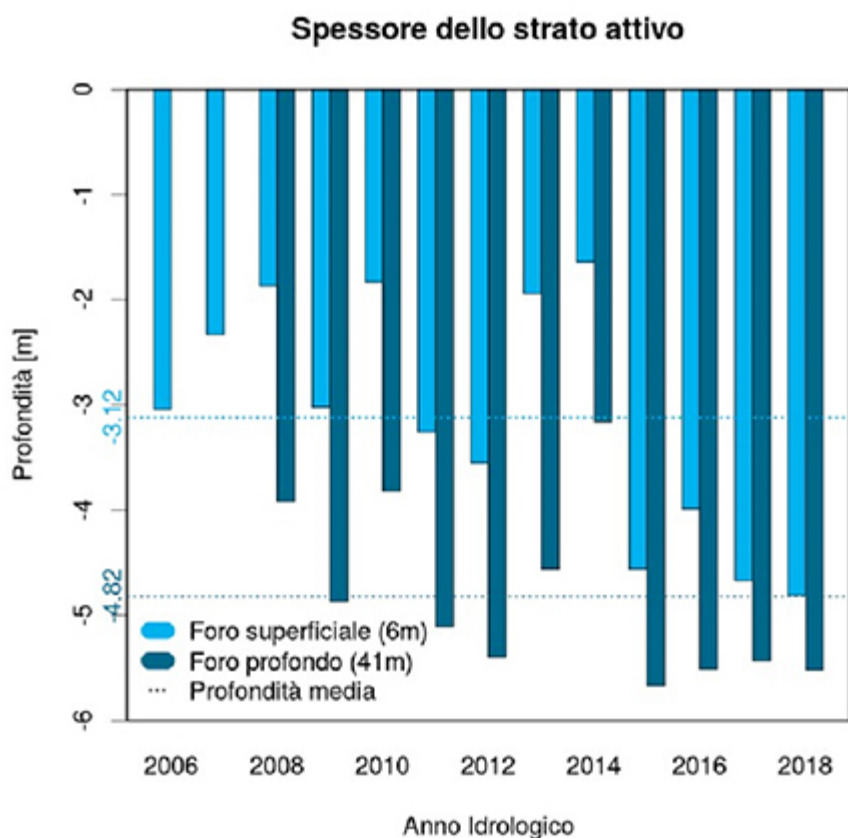


Fig. 13 - Spessori dell'active layer nei due fori dall'inizio delle osservazioni

termometri all'interno di un foro (pozzo) praticato nel substrato e misurando le variazioni della temperatura nel tempo ed alle diverse profondità. In figura 12 i colori caldi rappresentano le temperature positive (estive) che penetrano nel substrato scongelando stagionalmente la porzione più superficiale del permafrost, che prende il nome di active layer (strato attivo).

Lo spessore dell'active layer, ovvero la profondità massima annuale raggiunta dal fronte di scongelamento, è un indicatore climatico di breve termine poiché cambia ogni anno in funzione delle condizioni di temperatura ed innevamento. In particolare, uno strato attivo di spessore ridotto è conseguente a condizioni fredde (es. inverno freddo con poca

neve al suolo) mentre uno strato attivo di spessore elevato deriva da condizioni calde (es. inverno nevoso con estate calda).

Nelle Alpi lo spessore massimo viene raggiunto solitamente tra la fine di settembre ed i primi di novembre. Oltre ad una variabilità interannuale esiste una variabilità spaziale. In figura 13 si osserva che nel foro DP lo spessore medio dall'inizio delle osservazioni è stato di 4.8m contro i 3.1m del foro SH. Tale differenza è causata dal diverso grado di saturazione, poiché un substrato più saturo in acqua (nel nostro caso SH), in fase di fusione, assorbe più energia per il cambiamento di stato solido/liquido rispetto ad un substrato meno saturo. Questo aspetto è molto importante, poiché la variabilità spaziale dovuta alle caratteristiche morfologiche, litologiche ed idrologiche del punto di misura, risulta essere di gran lunga più importante della variabilità interannuale dovuta alle condizioni meteo climatiche.

La temperatura del permafrost è l'altro importante indicatore climatico associato a questo fenomeno. È un indicatore di lungo termine che consente di valutare l'impatto dei cambiamenti climatici sul regime termico del substrato. La misura di temperatura deve essere effettuata oltre la cosiddetta profondità di oscillazione minima (ZAA – zero annual amplitude), dove le temperature non sono perturbate dalle variazioni stagionali. Il profilo termico è composto dalle curve delle temperature massime e minime (medie giornaliere) misurate nel foro alle varie profondità (Fig. 14). Le curve dei valori massimi (tratteggiate) e quelle dei valori minimi (continue) convergono intorno ai 18-20 metri di profondità (ZAA). Come si vede, al di sotto della ZAA le temperature sono estremamente stabili intorno ai -1.1°C. Dalla figura 10 si deduce anche che lo spessore del permafrost presso il Colle Cime Bianche supera i 40 metri in quanto in fondo al foro le temperature misurate sono ancora ampiamente negative. Inoltre, osservando i colori relativi agli anni di monitoraggio, si nota che gli anni più recenti sono traslati verso le temperature più calde (destra) a testimonianza di un progressivo aumento delle

temperature lungo tutto il profilo di profondità. La figura 14, infatti, evidenzia la presenza di un trend di riscaldamento statisticamente significativo sui sensori al di sotto dei 10 metri; il trend di riscaldamento è maggiore vicino alla superficie (+0.4°C ogni 10 anni a 10 metri di profondità) e diminuisce con la profondità (circa 0.2 °C ogni 10 anni a 40 metri di profondità).

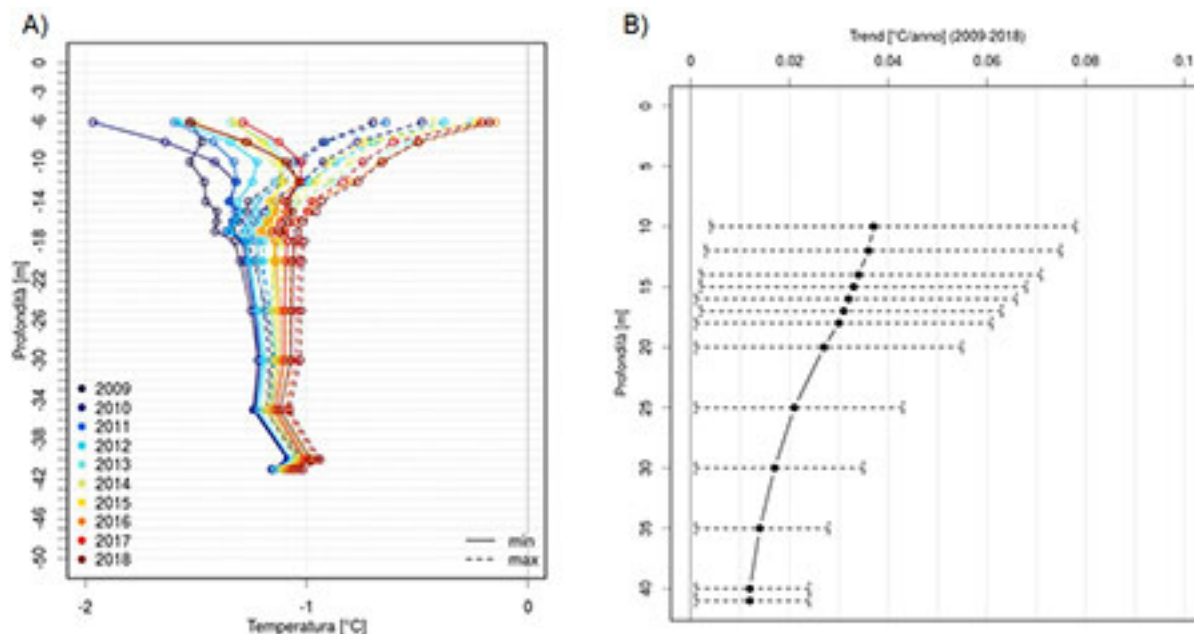


Fig. 14 - (A) Profili termici delle temperature minime (linea continua) e massime (linea tratteggiata) registrate nel foro DP. (B) Intensità del trend di riscaldamento rilevato sui sensori della catena termometrica DP al di sotto dei 10 metri di profondità; il pallino indica il valore medio del trend mentre la linea tratteggiata orizzontale è la variabilità della stima statistica

Prospettive future

Le misure presentate continueranno nei prossimi anni ed in particolare verranno approfonditi gli studi legati all'umidità del suolo mediante l'impiego di sensori per la misura del contenuto d'acqua (tdr) in collaborazione con l'Università di Fribourg (svizzera).

Abstract

The site is located in the northwestern Italian Alps (Aosta Valley, IT) at an altitude of 3100 m (45°55'12.8" N 7°41'35.5" E). The site is a high-mountain plateau slightly degrading westward, characterized by terracettes, convexities and depressions that result in a high spatial variability of snow cover thickness during winter. The bedrock lithology is homogeneous, mainly consisting of garnetiferous micaschists and calcschists belonging to the upper part of the Zermatt-Saas ophiolite complex. The bedrock surface is weathered and fractured, locally resulting in a cover of coarse-debris deposits with a thickness ranging from few centimeters to a couple of meters. The presence of small landforms like gelifluction lobes and sorted polygons of fine material suggests the presence of permafrost. The climate of the area is slightly continental. Over the period 2006-2018 the mean precipitation has been about 1200 mm/yr with a mean annual air temperature of -2.7°C. Mean monthly air temperatures are positive from June to September, while February and July are, respectively, the coldest and the warmest months. The site is very windy and mainly influenced by northern air masses. The monitoring activity started in 2006. The instrumentation consists of a deep (DP) and a shallow (SH) borehole, reaching a depth of 41 and 6 m, respectively, located about 30 m apart. The site also has an automatic weather station (AWS) equipped with thermo-hygrometer, radiometer, anemometer, nivometer and a rain gauge.

Comune di Torgnon (Tellinod)

Autori

Edoardo Cremonese¹, Marta Galvagno¹, Gianluca Filippa¹

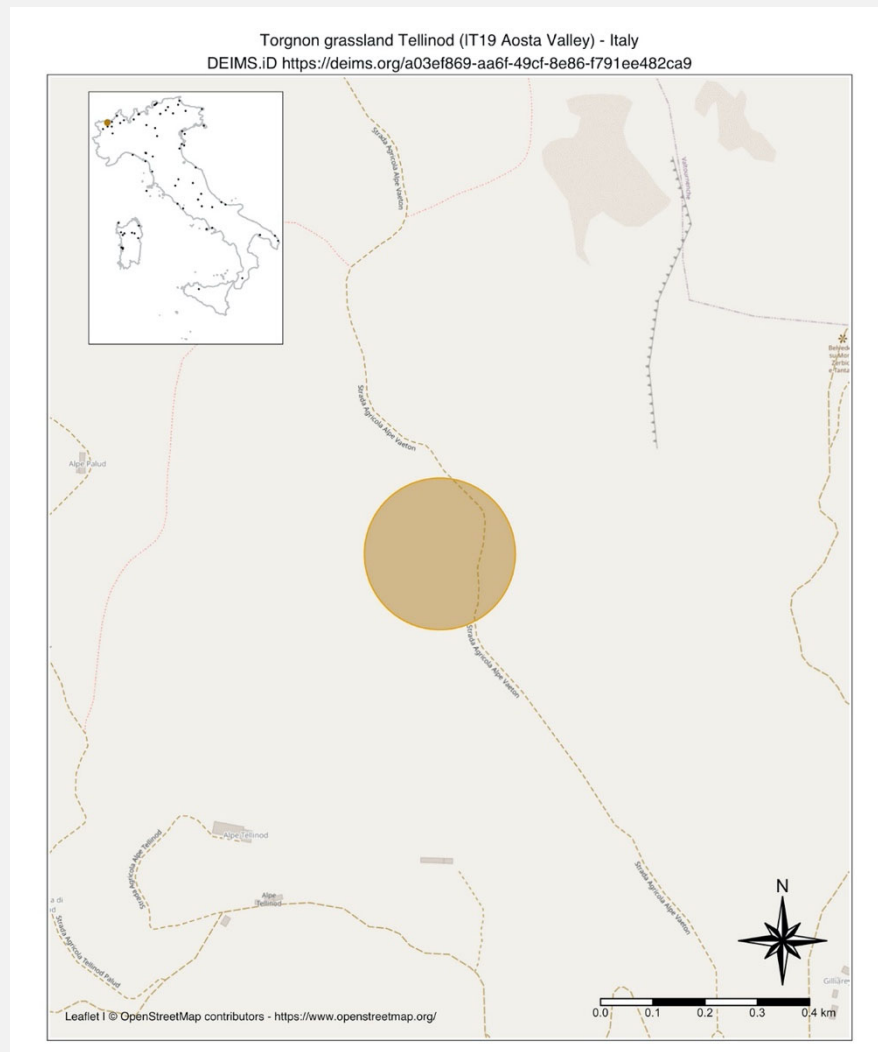
Affiliazione

¹ Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Valle d'Aosta, ARPA VdA

Sigla: IT19-005-T

DEIMS.ID: <https://deims.org/a03ef869-aa6f-49cf-8e86-f791ee482ca9>

Responsabile sito: Edoardo Cremonese



Descrizione del sito

Il sito è un pascolo subalpino abbandonato situato a circa 2100 m slm nelle Alpi NordOccidentali (45°50'40" N, 7°34'41" E). Le specie vegetali dominanti sono: *Nardus stricta* L., *Festuca nigrescens* All.,



Fig. 15 - Vista della strumentazione in campo nel sito LTER

Arnica montana L., *Carex semper-virens* Vill., *Geum montanum* L., *Anthoxanthum alpinum* L., *Potentilla aurea* L., *Trifolium alpinum*. Una porzione del sito, a seguito dell'abbandono di ogni forma di pascolamento è interessata da una significativa ricolonizzazione arbustiva ed arborea da parte di *Juniperus communis*, *Vaccinium* spp., *Calluna vulgaris* e *Larix decidua*. I suoli sono classificati come Cambisol (FAO/ISRIC/ISS). Il clima, intra-alpino semi continentale, è caratterizzato da una

temperatura media annua di 3.1°C ed una precipitazione media annua di 880 mm. In media dalla fine di ottobre fino a maggio inoltrato, il sito è coperto da 90-120 cm di neve che limitano la stagione di crescita delle piante a soli 5 mesi. Maggior informazioni possono essere trovate in Galvagno *et al.* (2013).

Misure continue di flussi di CO₂ e acqua, mediante la tecnica *eddy covariance*, sono iniziate nel 2008. Vengono inoltre realizzate misure di proximal sensing mediante spettroradiometri e webcam per il monitoraggio delle dinamiche stagionali e dei processi funzionali della vegetazione. Il monitoraggio della fenologia del pascolo e della dinamica di sequestro del carbonio permette di evidenziare i principali parametri che governano la produzione vegetale ed il ciclo del carbonio. Particolare attenzione viene rivolta all'effetto che le dinamiche stagionali del manto nevoso (la durata dell'innevamento e la fusione) possono avere sulla fenologia e di conseguenza sulla capacità di sequestro di carbonio.

Oltre alla rete LTER, il sito appartiene alla rete europea per la misura dei flussi di CO₂, ICOS (IT-Tor <https://www.icos-ri.eu/>) e a Phenocam (Torgnon-nd, <https://phenocam.sr.unh.edu/webcam/>) network mondiale per il monitoraggio della fenologia vegetale mediante l'utilizzo di immagini digitali.

Numerosi enti, oltre ad ARPA Valle d'Aosta, sono coinvolti nelle attività di ricerca del sito: Laboratorio di Telerilevamento delle Dinamiche Ambientali, Università di Milano Bicocca, l'Università degli studi di Torino (Dipartimento di Scienze della Vita e Biologia dei Sistemi e il Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari), Università degli Studi di Torino, Biomet Lab, Innsbruck University, and Max Plank Institute for Biogeochemistry.

Risultati

Le misure dei flussi di CO₂ consentono di quantificare lo scambio ecosistemico netto di CO₂ (Net Ecosystem Exchange – NEE). L'NEE è il bilancio tra la quantità di carbonio sottratta all'atmosfera attraverso la fotosintesi e la quantità di carbonio rilasciata in atmosfera attraverso la respirazione di piante e microorganismi del suolo. Valori negativi di NEE indicano assorbimento di CO₂ da parte dell'ecosistema, mentre valori positivi ne indicano il rilascio verso l'atmosfera. Da inizio anno fino alla

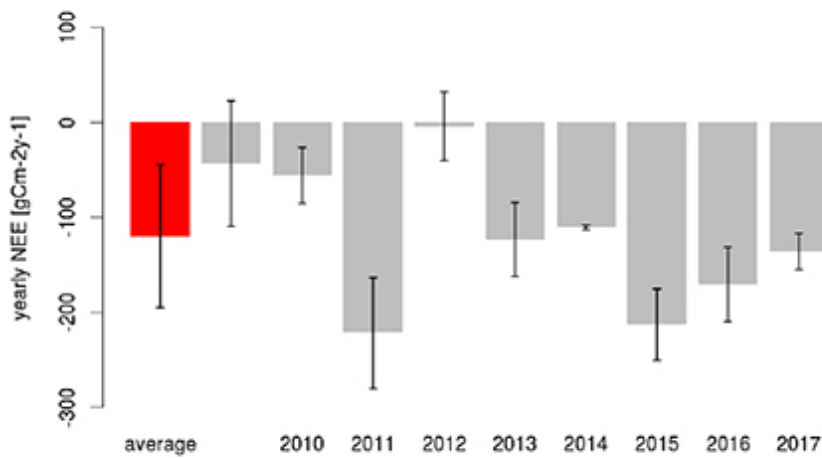


Fig. 16 - Scambio ecosistemico netto di CO₂ (Net Ecosystem Exchange - NEE)

fino alla fine dell'anno, il pascolo torna ad emettere CO₂. I valori annuali cumulati esprimono il bilancio dello scambio di CO₂ annuale: l'ecosistema generalmente sequestra CO₂ ma l'intensità varia in modo significativo di anno in anno, come mostrato nella figura 16. Fattori meteorologici (temperatura, umidità, precipitazione, irraggiamento solare) ed ecologici (tipologia di ecosistema, comunità vegetale, fenologia...) influenzano l'NEE a scala giornaliera, stagionale, annuale e interannuale.

L'intensità del sequestro annuale di CO₂, dipende dalla durata della stagione vegetativa: per questo motivo nel sito vengono fatte osservazioni fenologiche con fenocamere e misure di NDVI. Il monitoraggio della fenologia può essere fatto utilizzando immagini digitali. A partire dai colori contenuti nelle immagini è possibile calcolare un indice che rappresenta la quantità di verde e che quindi dipende dallo sviluppo della vegetazione. La figura 17 mostra il confronto, tra diversi anni, dello sviluppo della quantità di verde (GCC) nel sito. Le curve iniziano a salire appena dopo la fusione della neve e, dalla posizione reciproca delle diverse curve, è possibile individuare anni precoci (2017), anni tardivi (2013) ed effetti di eventi estremi, come siccità estiva (2015, 2018) (Cremonese *et al.* 2018).

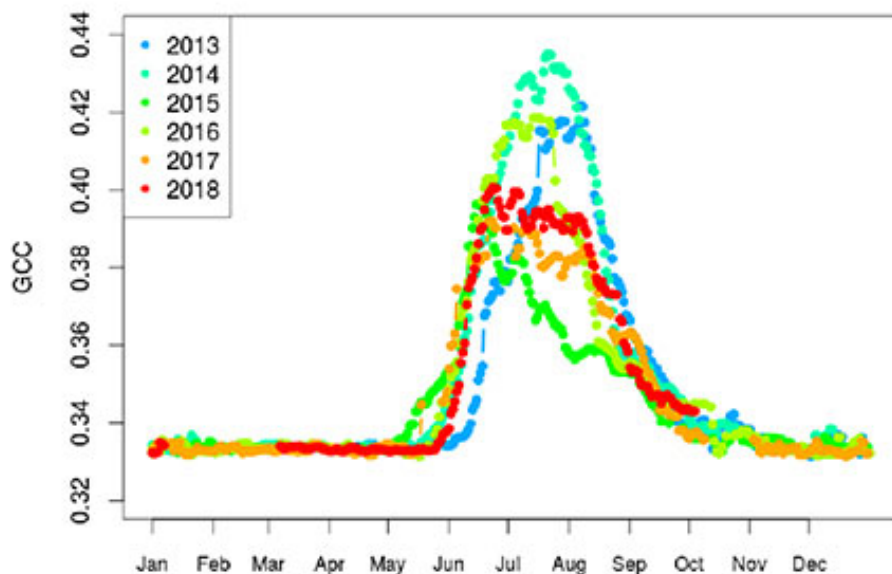


Fig. 17 - Andamento dello sviluppo della quantità di verde (GCC), derivato dalle immagini digitali

fusione della neve, il pascolo emette CO₂ perché le piante sotto la neve non fotosintetizzano: in questo periodo avvengono solo processi di respirazione che liberano CO₂. Alla fusione della neve (Maggio-Giugno), inizia lo sviluppo della vegetazione e la fotosintesi diventa superiore alla respirazione: il pascolo sequestra CO₂ fino ad autunno inoltrato, periodo in cui, per il ritorno della neve o per condizioni di luce e temperatura sfavorevoli, la respirazione torna a superare la fotosintesi e, da tale periodo

Recenti studi hanno analizzato la relazione tra le caratteristiche dei suoli e la vegetazione. Pintaldi *et al.* (2016) hanno dimostrato che la microtopografia degli hummocks influenza le proprietà del topsoil, la pedogenesi e la distribuzione della vegetazione. Oddi *et al.* (2018) hanno analizzato i feedback tra decomposizione, microtopografia e eterogeneità dell'ecosistema.

Prospettive future

Le misure presentate continueranno nei prossimi anni, in particolare a seguito dell'inclusione del sito nel network ICOS (IT-Tor <https://www.icos-ri.eu/>). Verranno anche approfonditi gli studi legati all'idrologia della neve, con particolare attenzione alla modellazione della fusione e al ruolo del *dust* nell'influenzare la dinamica stagionale della neve. Mediante l'integrazione di rilievi a terra e sorvoli con drone si approfondiranno i processi di ricolonizzazione arbustiva ed arborea.

Abstract

The site is located in the northwestern Italian Alps (Aosta Valley, IT) at an altitude of 2160 m a.s.l. (45°50'40"N, 7°34'41"E). The area is a subalpine unmanaged grassland. Dominant vegetation consists of *Nardus stricta* L., *Festuca nigrescens* All., *Arnica montana* L., *Carex sempervirens* Vill., *Geum montanum* L., *Anthoxanthum alpinum* L., *Potentilla aurea* L., *Trifolium alpinum* L.. The terrain slopes gently and the soil is classified as Cambisol (FAO/ISRIC/ISS). The site is characterized by an intra-alpine semi-continental climate, with mean annual temperature of 3.1°C and mean annual precipitation of about 880 mm. On average, from the end of October to late May, the site is covered by a thick snow cover (90-120 cm) which limits the growing period to an average of five months. Further information regarding the site can be found in Galvagno *et al.* (2013). Continuous CO₂ and water fluxes measures (eddy covariance method), meteorological, phenological and proximal sensing observations are carried out since 2008. Beside LTER network, the experimental site belongs also to the ICOS (IT-Tor <https://www.icos-ri.eu/>) and Phenocam (Torgnon-nd, <https://phenocam.sr.unh.edu/webcam/>) networks.

Comune di Torgnon (Lariceto di Tronchaney)

Autori

Edoardo Cremonese¹, Marta Galvagno¹, Gianluca Filippa¹

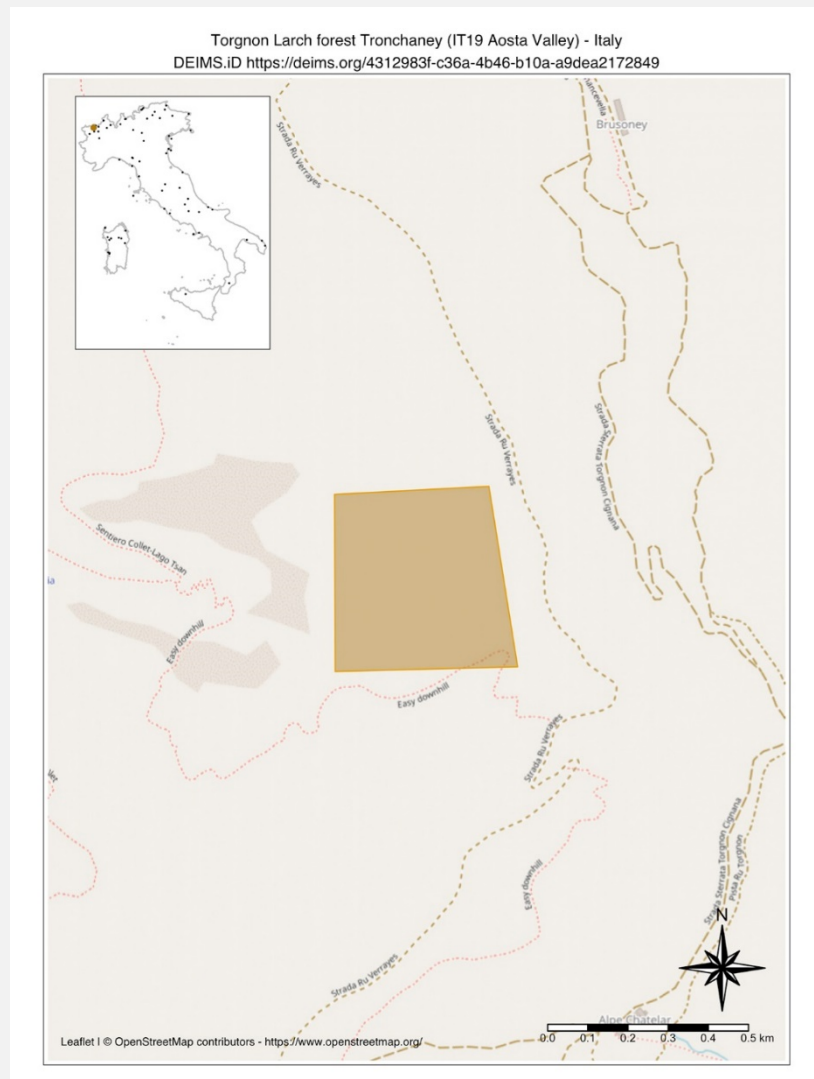
Affiliazione

¹ Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Valle d'Aosta, ARPA VdA

Sigla: IT19-006-T

DEIMS.ID: <https://deims.org/4312983f-c36a-4b46-b10a-a9dea2172849>

Responsabile sito: Edoardo Cremonese



Descrizione del sito

Il lariceto subalpino di Tronchaney è situato a circa 2100 m s.l.m., nel comune di Torgnon (AO). Il sito rappresenta uno degli ecosistemi forestali più diffusi in Valle d'Aosta e in generale nelle Alpi. Il bosco è caratterizzato dalla presenza di Larice europeo (*Larix decidua* Mill.) come specie dominante e da sporadici individui di abete rosso (*Picea abies*). Il lariceto è rado e luminoso, caratterizzato di conseguenza dalla presenza di un rigoglioso sottobosco ricco di arbusti, tra cui rododendro (*Rhododendron Ferrugineum*), ginepro (*Juniperus communis*) e mirtillo (*Vaccinium myrtillus*) e piante erbacee,



Fig. 18 - Lariceto di Tronchaney

come ad esempio *Arnica montana* e *Poa alpina*. L'altezza media dei larici è di 10 m e l'età media di 120 anni. La temperatura media annua è di +2.31°C, e la precipitazione media annua è di 880 mm. Mediamente da novembre a maggio è presente neve al suolo, con un'altezza media annuale di 0.64 m, e un massimo di 1.95 m, raggiunto nel 2018.

Al fine di valutare gli impatti dei cambiamenti climatici sulla fenologia delle foreste di larice, nel 2005 sono state avviate le prime osservazioni fenologiche in campo, con la definizione di un protocollo di osservazione mantenuto poi costante negli anni successivi. Le osservazioni vengono realizzate ogni settimana per le fasi di crescita primaverile ed ogni settimana per le fasi di ingiallimento e defogliazione autunnale. Sempre a partire dal 2005 sono in corso misure in continuo della temperatura del suolo e dell'aria. Per indagare le relazioni tra gli aspetti strutturali e quelli funzionali dell'ecosistema, nel 2010 è stata installata una torre *eddy covariance* per il monitoraggio dei flussi di anidride carbonica (CO₂) e tutta la strumentazione meteorologica associata (e.g. temperatura, precipitazione, radiazione, umidità, velocità del vento). L'analisi delle relazioni tra fenologia e sequestro di carbonio permette infatti di comprendere come le variazioni nella durata della stagione vegetativa si riflettano nell'aumentata o diminuita capacità dell'ecosistema di funzionare come *sink* di carbonio. Infine, oltre alla rete LTER, il sito appartiene alle reti Fluxnet per la raccolta delle misure dei flussi di CO₂ e Phenocam (Torgnon-Id, <https://phenocam.sr.unh.edu/webcam/>) per il monitoraggio della fenologia vegetale mediante l'utilizzo di immagini digitali.

Principali Risultati

I 14 anni di osservazioni fenologiche mostrano (Fig. 19) una chiara dipendenza delle fasi di partenza, come ad esempio il bud-burst, dalle condizioni meteorologiche primaverili e dalla data di fusione della

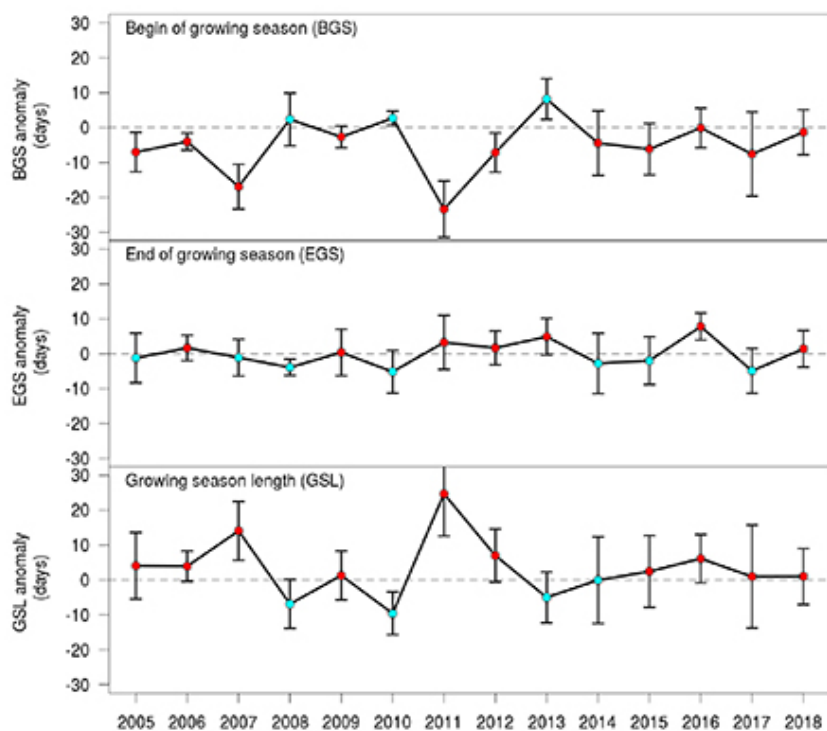


Fig. 19 - Anomalie nelle date fenologiche relative a: inizio della stagione (BGS), fine della stagione (EGS), durata della stagione vegetativa (GSL)

della stagione vegetativa del larice di più di 20 giorni rispetto alla media. Dal momento che la fine della stagione avviene, al contrario, ogni anno all'incirca nello stesso periodo, come conseguenza il 2011 presenta la stagione di crescita più lunga della serie.

Il monitoraggio della fenologia realizzato tramite camere digitali mostra il confronto, tra diversi anni, dello sviluppo della quantità di verde (GCC) nel lariceto. Come osservato in campo (Fig. 19) le curve di verde iniziano a salire in primavera in base alla fusione della neve e alle temperature primaverili, mentre la fine della stagione rimane pressoché costante negli anni. Anche i valori massimi raggiunti dallo sviluppo delle chiome nei diversi anni sono meno variabili rispetto a quanto avviene ad esempio per il pascolo di Tellinod.

Infine, anche le misure dei flussi di CO₂ mostrano un

mentre le fasi di senescenza, appaiono più costanti negli anni con una dipendenza prevalentemente fotoperiodica (Migliavacca *et al.* 2007). Al contrario, non si osservano al momento trend di anticipazione delle fasi primaverili o di allungamento della stagione vegetativa, ma piuttosto delle anomalie più o meno forti, legate ad eventi meteorologici particolari. Ad esempio, il 2011 è stato un anno record per quel che riguarda la data di fusione della neve, che è avvenuta con più di un mese di anticipo rispetto alla media storica. Questo evento è dovuto ad un'ondata di calore particolarmente prolungata, avvenuta nei mesi di marzo e aprile 2011, che ha quindi portato ad un inizio anticipato

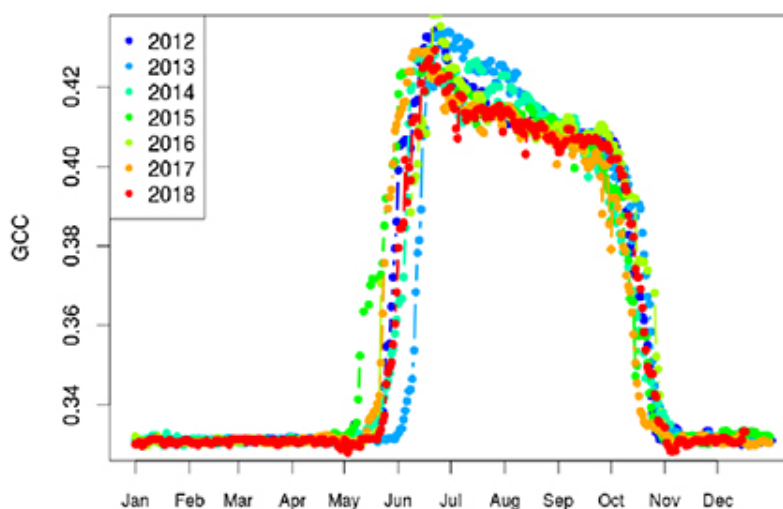


Fig. 20 - Andamento dello sviluppo della quantità di verde (GCC), derivato dalle immagini digitali

andamento pressoché costante negli anni (Fig. 20), senza evidenti trend o anomalie nella quantità di carbonio sequestrato dall'ecosistema. Confrontando il pascolo e il lariceto per negli anni caratterizzati

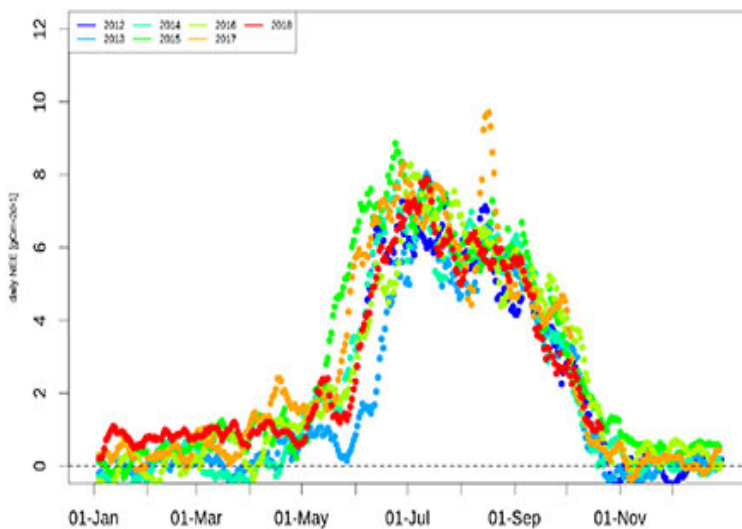


Fig. 21 - Andamento giornaliero dello scambio ecosistemico netto di CO₂ (NEE)

tale da causare stress nel popolamento indagato, questa strategia permette al larice di mantenere elevata la sua attività fotosintetica e quindi il sequestro di carbonio. Al contrario, se le condizioni future porteranno ad una maggior riduzione della disponibilità d'acqua, si potranno osservare forti limitazioni sulla crescita di questa specie (Obojes *et al.* 2018).

Prospettive future

Le misure presentate continueranno nei prossimi anni ed in particolare verranno approfonditi gli studi legati allo stress idrico mediante l'analisi di sonde per la misura del flusso di linfa (sapflow). Le misure eddy covariance sono in corso di implementazione a causa delle problematiche legate alle misure in zone di montagna.

Abstract

The European larch forest is located at 2100 m asl, close to the village of Torgnon (AO). The site is one of the most widely distributed ecosystems in the Aosta Valley and the Alps. The stand is composed by European larch (*Larix decidua* Mill.) as the dominant species and by sporadic spruce (*Picea abies*) individuals. The forest is quite open, allowing the growth of vigorous understory vegetation, composed mainly by shrubs, such as *Rhododendron ferrugineum*, *Juniperus communis*, and *Vaccinium* spp. and grasses such as *Arnica montana* and *Poa alpina*. Mean tree height is 10 m and mean tree age is 120 years. The climate is characterised by a mean annual temperature of +2.31°C and a mean annual precipitation of 880 mm. On average from November to late May the ground is covered by snow with an average of 0.70 m and a maximum of 1.95 reached in winter 2018. At the site, different observations are carried on in order to evaluate the climate change impacts on the structure and function of the ecosystem. In 2005 direct observations of the main phenological events have been started at the site, while since 2010 eddy covariance measurements of CO₂ fluxes are carried on. Monitoring of phenology is also carried on by means of digital cameras installed on the top of the eddy covariance tower and since 2015 measurements of the sap flow in trunks are available. Beside LTER network, the site belongs also to the to the Fluxnet and Phenocam networks.

Sitografia

<http://www.arpa.vda.it>

<https://www.gloria.ac.at/>

<https://phenocam.sr.unh.edu/webcam/sites/torgnon-nd/>

Bibliografia citata e Prodotti del macrosito ultimi 10 anni

Riviste ISI

- Colombo N., Sambuelli L., Comina C., Colombero C., Giardino M., Gruber S., Viviano G., Vittori Antisari L., Salerno F. (2018a). Mechanisms linking active rock glaciers and impounded surface water formation in high-mountain areas. *Earth Surface Processes and Landforms*, vol. 43 (2), p. 417-431.
- Colombo N., Gruber S., Martin M., Malandrino M., Magnani A., Godone D., Freppaz M., Fratianni S., Salerno F. (2018b). Rainfall as primary driver of discharge and solute export from rock glaciers: The Col d'Olen Rock Glacier in the NW Italian Alps. *Science of the total environment*, vol. 639, p. 316-330.
- Colombo N., Salerno F., Martin M., Malandrino M., Giardino M., Serra E., Godone D., Said-Pullicino D., Fratianni S., Paro L., Tartari G., Freppaz M. (2019a). Influence of permafrost, rock and ice glaciers on chemistry of high-elevation ponds (NW Italian Alps). *Science of the Total Environment* 685: 886-901.
- Colombo N., Bocchiola D., Martin M., Confortola G., Salerno F., Godone D., D'Amico M., Freppaz M. (2019b). High export of nitrogen and dissolved organic carbon from an Alpine glacier (IndrenGlacier, NW Italian Alps). *Aquatic Sciences*, 81 (4).
- Cremonese E., Filippa G., Galvagno M., Siniscalco C., Oddi L., Morra di Cella U. & Migliavacca M. (2017). Heat wave hinders green wave: The impact of climate extreme on the phenology of a mountain grassland. *Agricultural and Forest Meteorology*, 247(May), 320-330. doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.08.016.
- Djukic I., Kepfer-Rojas S., Kappel Schmidt I., Steenberg Larsen K., Beier C., Berg B., Verheyen K., TeaComposition group. (2018). Early stage litter decomposition across biomes. *Science of the Total Environment* 628-629: 1369-1394.
- Filippa G., Cremonese E., Galvagno M., Migliavacca M., Morra di Cella U., Petey M. & Siniscalco C. (2015). Five years of phenological monitoring in a mountain grassland: inter-annual patterns and evaluation of the sampling protocol. *International Journal of Biometeorology*.
- Freppaz M., Viglietti D., Balestrini R., Lonati M., Colombo N. (2019). Climatic and pedoclimatic factors driving C and N dynamics in soil and surface water in the alpine tundra (NW-Italian Alps). *Nature Conservation* 34: 67-90.
- Galvagno M., Wohlfahrt G., Cremonese E., Filippa G., Migliavacca M., Mora U., ... Van Gorsel E. (2017). Contribution of advection to nighttime ecosystem respiration at a mountain grassland in complex terrain. *Agricultural and Forest Meteorology*, 237-238, 270-281.
- Galvagno M., Wohlfahrt G., Cremonese E., Rossini M., Colombo R., Filippa G., ... Migliavacca M. (2013). Phenology and carbon dioxide source/sink strength of a subalpine grassland in response to an exceptionally short snow season. *Environmental Research Letters*, 8(2).
- Julitta T., Cremonese E., Migliavacca M., Colombo R., Galvagno M., Siniscalco C., ... Menzel A. (2014). Using digital camera images to analyse snowmelt and phenology of a subalpine grassland. *Agricultural and Forest Meteorology*, 198-199, 116-125.

-
- Leo M., Oberhuber W., Schuster R., Grams T.E., Matyssek R., Wieser G. (2014). Evaluating the effect of plant water availability on inner alpine coniferous trees based on sap flow measurements. *European Journal of Forest Research* 133: 691-698.
- Magnani A., Viglietti D., Godone D., Williams M.W., Balestrini R., Freppaz M. (2017a). Interannual variability of soil N and C forms in response to snow -cover duration and Pedoclimatic conditions in alpine tundra, northwest Italy. *Arctic Antarctic and Alpine Research*, vol.49, p. 227-242, ISSN: 1523-0430, DOI: 10.1657/AAAR0016-037.
- Magnani A., Viglietti D., Balestrini R., Williams M.W., Freppaz M. (2017b). Contribution of deeper soil horizons to N and C cycling during the snow-free season in alpine tundra, NW Italy. *Catena*, vol. 155, p. 75-85, ISSN: 0341-8162, DOI: 10.1016/j.catena.2017.03.007.
- Migliavacca M., Cremonese E., Colombo R., Busetto L., Galvagno M., Ganis L., Meroni M., Pari E., Rossini M., Siniscalco C., Morra di Cella M. (2007). European Larch phenology in the Alps: can we grasp the role of ecological factors by combining field observations and inverse modelling? *International Journal of Biometeorology*.
- Migliavacca M., Galvagno M., Cremonese E., Rossini M., Meroni M., Sonnentag O., ... Richardson A.D. (2011). Using digital repeat photography and eddy covariance data to model grassland phenology and photosynthetic CO₂ uptake. *Agricultural and Forest Meteorology*, 151(10), 1325-1337.
- Obojes N., Meurer A., Newesely C., Tasser E., Oberhuber W., Mayr S., Tappeiner U. (2018). Water stress limits transpiration and growth of European larch up to the lower subalpine belt in an inner-alpine dry valley. *New Phytologist* 220: 460-475, DOI: 10.1111/nph.15348.
- Oddi L., Celi L., Cremonese E., Filippa G., Galvagno M., Palestini G. & Siniscalco C. (2018). Decomposition processes interacting with microtopography mountain ecosystem heterogeneity in a subalpine grassland. *Plant and Soil*.
- Pecci M., D'Aquila P., Valt M., Cagnati V., Corso T., Crepez A., Crepez G., Gabrieli J., Praolini A., Meraldi E., Berbenni E., Kappenberger G., Freppaz M., Della Vedova P., Filippa G. (2006). Profilo chimico ambientale del manto nevoso. *Neve e valanghe*, vol. 58, pp 90-105.
- Pecci M. (2008). Snow cover on the mountains: still white and pure? *Mountain Research and Development* 28 n.3/4: 222-225.
- Pintaldi E., Viglietti D., D'Amico M.E., Magnani A., Freppaz M. (2019). Abiotic Parameters and Pedogenesis as Controlling Factors for Soil C and N Cycling Along an Elevational Gradient in a Subalpine Larch Forest (NW Italy). *Forests*, 10(8), 614.
- Pintaldi E., D'Amico M.E., Siniscalco C., Cremonese E., Celi L., Filippa G., Prati M., Freppaz M. (2016). Hummocks affect soil properties and soil-vegetation relationships in a subalpine grassland (North-Western Italian Alps). *Catena*, 145, 214-226.
- Pogliotti P., Guglielmin M., Cremonese E., Morra di Cella U., Filippa G., Pellet C. & Hauck C. (2015). Warming permafrost and active layer variability at Cime Bianche, Western European Alps. *The Cryosphere*, 9(2), 647-661.
- Quaglia E., Ravetto Enri S., Perotti E., Probo M., Lombardi G., Lonati M. (2020). Alpine tundra species phenology is mostly driven by climate-related variables rather than by photoperiod. *Journal of Mountain Science*, 17, 1-16.
- Rogora M., Frate L., Carranza M.L., Freppaz M., Stanisci A, Bertani I., Bottarin R., Brambilla A., Canullo R., Carbognani M., Cerrato C., Chelli S., Cremonese E., Cutini M., Di Musciano M., Erschbamer B., Godone D., Iocchi M., Isabellon M., Magnani A., Mazzola L., Morra di Cella U., Pauli H., Petey M., Petriccione B., Porro F., Psenner R., Rossetti G., Scotti A., Sommaruga R., Tappeiner U., Theurillat J.-P., Tomaselli M., Viglietti D., Viterbi R., Vittoz P., Winkler M., Matteucci G. (2018). Assessment of climate change effects on mountain ecosystems through a cross-site analysis in the Alps and Apennines. *Science of the Total Environment*, vol 624, p. 1429-1442.

-
- Rossini M., Cogliati S., Meroni M., Migliavacca M., Galvagno M., Busetto L., ... Colombo R. (2012). Remote sensing-based estimation of gross primary production in a subalpine grassland. *Biogeosciences*, 9(7), 2565-2584.
- Stanisci A., Frate L., Morra di Cella U., Pelino G., Petey M., Siniscalco C., Carranza M.L. (2016). Short-term signals of climate change in Italian summit vegetation: observations at two GLORIA sites. *Plant Biosyst.* 150:227-235, doi.org/10.1080/112635042014968232.
- Steinbauer M.J., Grytnes J-A., ... Wipf S. (2018). Accelerated increase in plant species richness on mountain summits is linked to warming. *Nature* 556, 231-234, doi.org/10.1038/s41586-018-0005-6.
- Winkler M., Lamprecht A., Steinbauer K., Hulber K., ... Gottfried M. and Pauli H. (2016). The rich sides of mountain summits – a pan-European view on aspect preferences of alpine plants. *Journal of Biogeography*, doi.org/10.1111/jbi.12835.

Riviste non ISI

- Martin M., Freppaz M., Gorra R., Filippa G. (2010). High iron contents in soil, snow and water in alpine site (NW Italy): possible effects of snow-soil interaction on seasonal redox processes (2010). Poster in conference: "Transfers and transformations: our evolving biosphere". Saskatoon, Canada.

Libri o capitoli di libri

- Carrara P., Criscuolo L., Freppaz M., Lami A., Maggioni M., Oggioni A., Rogora M. (2018). Rosa... azzurro... verde! Eco-staffetta tra i siti LTER dal Monte Rosa a Lago Maggiore In: Bergami C., L'Astorina A., Pugnetti A. (editori) *I cammini della Rete LTER Italia: il racconto dell'ecologia in cammino*.