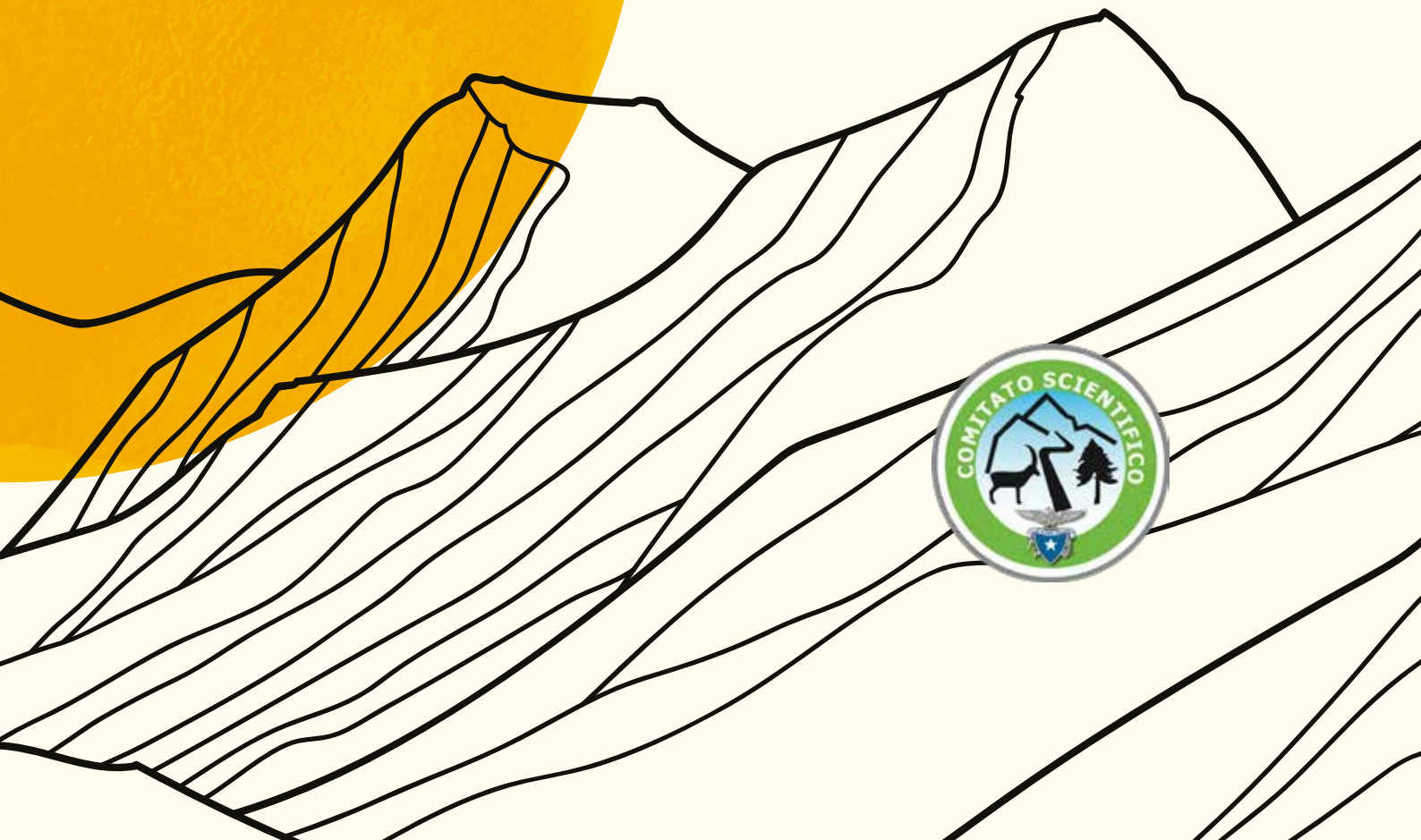
CLUB ALPINO ITALIANO

# IL BOLLETTINO

## COMITATO SCIENTIFICO CENTRALE

PERIODICO DI DIVULGAZIONE SCIENTIFICA

APRILE 2022



*In copertina: golden mountain line - shutterstock 1959614161*

CLUB ALPINO ITALIANO

# IL BOLLETTINO

## COMITATO SCIENTIFICO CENTRALE

PERIODICO DI DIVULGAZIONE SCIENTIFICA

**APRILE 2022**

**CLUB ALPINO ITALIANO**
Via Petrella, 19 - 20124 Milano

**COMITATO SCIENTIFICO CENTRALE**

© 2022 - CAI - Comitato Scientifico Centrale

ISBN 978 88 7982 132 2

Proprietà letteraria riservata
Riproduzione vietata senza l'autorizzazione scritta da parte del CAI

Comitato di redazione:
Giuliano Cervi, Piero Carlesi, Stefano Duglio, Giovanni Margheritini, Michele Pregliasco

Consulenza e revisione editoriale:
Alessandra Demonte

Progettazione grafica e impaginazione:
Giovanni Margheritini

*Il Comitato Scientifico Centrale ringrazia, per aver effettuato la lettura critica degli articoli contenuti in questo Bollettino, la prof.ssa Assunta Fiorenzano - Università di Modena e Reggio, la dott.ssa Paola Ventura - Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio VFG, il dott. Paolo Bonasoni - Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima del Consiglio Nazionale delle Ricerche, la dott.ssa Giovanna Barbieri - Università di Modena e Reggio.*

Pubblicato sul sito www.csc.cai.it in aprile 2022
in pdf scaricabile gratuitamente

**COMITATO SCIENTIFICO CENTRALE**
(periodo 2020 - 2022)

| | |
|---|---|
| Presidente | Giuliano Cervi |
| Vice Presidente | Giovanni Margheritini |
| Segretario esterno | Piero Carlesi |
| Membri | Valentina Vasta |
| | Antonino Gullotta |
| | Stefano Duglio |
| | Gianni Frigo |
| | Michele Pregliasco |
| Referenti CC e CDC | |
| - Consigliere Centrale | Alberto Ghedina |
| - Vice Presidente Generale | Francesco Carrer |

IL BOLLETTINO
COMITATO SCIENTIFICO CENTRALE
PERIODICO DI DIVULGAZIONE SCIENTIFICA

# SOMMARIO

7 EDITORIALE

9 RIFUGI MONTANI SENTINELLE DEL CLIMA E DELL'AMBIENTE
P. Bonasoni, L. Frezzini, S. Davolio, G. Nigrelli, P.V. Filetto, G.P. Verza

ARTICOLI SCIENTIFICI

21 Andrea Piotti, Camilla Avanzi
**Alla scoperta delle abetine dell'Appennino Tosco-Emiliano**

33 Giuliano Bonanomi
**Il limite superiore del bosco in Appennino**

45 Guido Nigrelli, Marta Chiarle
**Temperature in aumento nell'ambiente periglaciale alpino - Evoluzione nel periodo 1990-2020**

53 Mario Gobbi, Roberto Ambrosini, Christian Casarotto, Guglielmina Diolaiuti, Gentile Francesco Ficetola, Valeria Lencioni, Roberto Seppi, Claudio Smiraglia, Duccio Tampucci, Barbara Valle, Marco Caccianiga
**Ghiacciai in estinzione e crisi della biodiversità**

67 Roberto Dini, Cristian Dallere, Matteo Tempestini
**Rigenerazione e riuso del patrimonio costruito alpino - Esperienze didattiche in Valdigne**

81 Anna Losi, Monica Miari
**Monte Sassoso - La seconda campagna di ricerca**

93 Piero Donati
**Il censimento delle maestà in Lunigiana**

103 Giancarlo Sani
**Le incisioni rupestri del Monte Prato Fiorito - Val di Lima - Toscana**

123 Luciano Masetti, Francesco Meneguzzo
**Il cielo naturale notturno**

# Editoriale

Ill numero di aprile del bollettino del comitato scientifico centrale si apre con la presentazione dell'importante progetto CAI–CNR riguardante i "rifugi montani sentinelle del clima e dell'ambiente" finalizzato a mettere a sistema una serie di infrastrutture per ottenere un quadro aggiornato sullo stato del clima e dell'ambiente sulle nostre montagne. L'intero progetto è stato delineato e impostato da un articolato gruppo di lavoro, costituito da Luca Frezzini, Paolo Bonasoni, Silvio Davolio, Guido Nigrelli, Paolo Vincenzo Filetto e Gian Pietro Verza, il cui impegno ha permesso di individuare una prima serie di strutture CAI e CNR in cui già da quest'anno si potranno iniziare le indagini, facendo in tal modo assumere ai rifugi del CAI un nuovo, attualissimo e prestigioso ruolo.

I relativi articoli scientifici contengono importanti contributi riguardanti sia aspetti naturalistico-ambientali che storico-culturali di diverse località montane italiane.

- Giuliano Bonanomi affronta il tema del limite superiore del bosco (treeline) lungo la dorsale appenninica, quale risultato dell'interazione tra molteplici fattori climatici, topografici e antropici e che trova nel parco del Pollino i faggi vegetanti alle più elevate quote a livello mondiale. Nella ricostruzione delle alterne fasi di migrazione del limite del bosco, avvenute nel passato, assume particolare importanza anche lo studio dei carboni e del DNA sedimentario antico.

- Per quanto riguarda invece l'Abete bianco, Andrea Piotti e Camilla Avanzi presentano i primi risultati di due progetti finanziati dal Parco Nazionale dell'Appennino Tosco-Emiliano e riguardanti la presenza di alcune piccole abetine. Lo studio evidenzia come l'attuale distribuzione della specie risulti notevolmente frammentata anche per cause antropiche: tuttavia alcuni ristretti popolamenti registrano elevati livelli di diversità genetica, ponendosi come una risorsa fondamentale per la conservazione del patrimonio genetico di questa conifera.

- I risvolti del cambiamento climatico sono delineati da Guido Nigrelli e Marta Chiarle, che analizzano le tendenze delle temperature nell'ambiente periglaciale alpino nel periodo 1990-2019 rilevando tassi di riscaldamento superiori a quelli che sono invece stati registrati nell'intera area alpina, evidenziando come nelle Alpi europee il riscaldamento della temperatura dell'aria sia superiore al tasso di riscaldamento globale.

- Un articolato approfondimento specifico a firma di Claudio Smiraglia, Mauro Gobbi, Roberto Ambrosini, Christian Casarotto, Guglielmina Diolaiuti, Gentile Francesco Ficetola, Valeria Lencioni, Roberto Seppi, Duccio Tampucci, Barbara Valle e Marco Caccianiga delinea l'importanza dei ghiacciai quali habitat nel quale vivono organismi strettamente legati alla presenza del ghiaccio, che a sèguito dei cambiamenti climatici in corso risulta a elevato rischio di scomparsa.

- In questo scenario si inserisce anche l'articolo di Luciano Masetti e Francesco Meneguzzo sull'inquinamento luminoso presente nel territorio appenninico, che evidenzia come la zona del rifugio Battisti nell'Appennino Tosco-Emiliano sia particolarmente significativa per i modesti effetti che vi si manifestano.

- Nel campo specifico della frequentazione antropica del territorio montano, Monica Miari e Anna Losi descrivono le importanti risultanze della campagna triennale di ricerca sostenuta dal Comitato Scientifico Centrale e condotta al Monte Sassoso con la partecipazione del Comitato Scientifico Sezionale di Reggio Emilia, che fornisce un inedito quadro conoscitivo di un sito fortificato d'altura realizzato in base a modelli costruttivi che trovano riscontro nelle fasi più antiche del periodo medievale incentrate sull'utilizzo del legname. L'esperienza del Monte Sassoso costituisce un modello di collaborazione tra il CAI, la Soprintendenza e il comune di Carpineti che, sin dalle sue prime fasi, ha sostenuto la ricerca.

- Al medesimo ambito scientifico-culturale è legato l'articolo di Giancarlo Sani, riguardante le incisioni rupestri del Monte Prato Fiorito, in val di Lima, nell'Appennino Toscano. Il tema viene affrontato non soltanto descrivendo le varie forme dei petroglifi, ma anche rapportandoli al particolare contesto geologico in cui sono state prodotte. Altro aspetto significativo riguarda la loro appartenenza a un contesto storico relativamente recente, benché alcuni dei segni documentati abbiano riscontro anche in epoche

remote, attestando la lunghissima continuità temporale di queste pratiche incisorie. Il complesso incisorio di Monte Prato Fiorito inoltre è stato inserito nell'ambito di un interessante percorso escursionistico che ha pochi riscontri nel territorio appenninico italiano. Il patrimonio artistico del territorio montano è oggetto di un importante contributo di Piero Donati che descrive le immagini marmoree devozionali della Lunigiana e zone limitrofe, indagate in modo sistematico da un gruppo di soci Cai della Sezione di Sarzana (La Spezia). L'indagine, iniziata nel 2018, ha portato nel 2021 alla pubblicazione di un volume che, forse per la prima volta, affronta in modo rigoroso e sistematico i caratteri stilistici e il contesto cronologico di questo particolare tipo di patrimonio culturale principalmente localizzato nell'area apuana e tosco emiliana.

- Il tema delle problematiche legate alla moderna frequentazione antropica delle montagne viene trattato da Roberto Dini, Cristian Dallere e Matteo Tempestini che descrivono esperienze didattiche condotte nei territori della Valdigne in Valle d'Aosta, coinvolgendo gli studenti in progetti di architettura che affrontano le grandi tematiche dell'esodo dai territori montani, della crisi ambientale e delle problematiche sociali dei territori alpini, delineando nuovi processi di intervento. In particolare viene affrontato il ripensamento funzionale di un patrimonio edilizio sovente abbandonato o sottoutilizzato, che costituisce un importante laboratorio per esperienze di questo tipo. Lo studio propone anche l'introduzione di nuovi volumi architettonici che si impongono marcatamente nel contesto storico in cui vengono proposti: certamente intuibili a livello di elaborazione teorica di progetti architettonici, ma che nella realtà dei fatti esigono una maggiore capacità di dialogo e integrazione con il tessuto storico insediativo che li circonda.

Giuliano Cervi
Presidente del Comitato Scientifico Centrale
del Club Alpino Italiano

*Terre Alte - Resti di dimora "celtica" presso l'abitato di Doccia (1.300 m) - Fiumalbo sul Monte Cimone - ph G. Margheritini*

# RIFUGI MONTANI SENTINELLE DEL CLIMA E DELL'AMBIENTE

Un progetto CAI - CNR che si estende dalle Alpi al Mediterraneo

di Paolo Bonasoni[1], Luca Frezzini[2], Silvio Davolio[1], Guido Nigrelli[1], Paolo Vincenzo Filetto[2], Gian Pietro Verza[2]
(Comitato di indirizzo [1]CNR - [2] CAI)

Hanno collaborato: Fabio Trincardi[1], Luigi Mazari Villanova[1], Giuliano Cervi[2], Stefano Duglio[2], Giovanni Margheritini[2], ([1]CNR - [2] CAI)

Nasce una Rete di Rifugi CAI e di Osservatori CNR che percorre tutta la penisola con lo scopo di mettere a sistema infrastrutture già esistenti in aree praticamente incontaminate al fine di ottenere un quadro reale e aggiornato sullo stato del clima e dell'ambiente sulle nostre montagne.

***Mountain refuges sentinels of the climate and the environment*** *- A CAI (Italian Alpine Club) - CNR (National Research Council) project that extends from the Alps to the Mediterranean*

*A network of CAI Refuges and CNR Observatories is born that runs throughout the peninsula with the aim of setting up existing infrastructures in practically uncontaminated areas in order to obtain a real and updated reference of the state of the climate and the environment in our mountains.*

**Premessa**

Il cambiamento climatico è una delle questioni più urgenti a livello planetario del nostro tempo e gli effetti cui stiamo assistendo ne sono una chiara prova. Le ricadute sull'ambiente e sulla società sono tali che sta divenendo sempre più comune riferirvisi come emergenza climatica. Sebbene la scala del problema sia globale, il cambiamento si manifesta con sfaccettature diverse perché la sua entità non si presenta in maniera omogenea sul nostro Pianeta. Prendiamo per esempio la temperatura dell'aria, sicuramente il parametro più facilmente osservabile, anche durante la vita quotidiana. Sulla Terra esistono regioni in cui le la temperatura dell'aria rispetto ai valori climatici, aumenta in maniera maggiore rispetto ad altre e quindi in grado di produrre effetti più significativi, come evidenziato nell'ultimo rapporto dell'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) [1].

Le regioni maggiormente sensibili al cambiamento climatico sono definite "*hot-spot*", ovvero punti caldi, dove il clima sta mutando più velocemente che nelle altre aree. Tra queste regioni vi sono l'Artide, il bacino del Mediterraneo e le regioni montane di alta quota. Focalizzando l'attenzione sugli ambienti di alta quota, le osservazioni in campo e i dati raccolti, insieme alle proiezioni elaborate dai modelli climatici, ci offrono la possibilità di tracciare lo stato presente e di produrre attendibili scenari evolutivi sul futuro delle montagne, comprese quelle del nostro Paese.

Le osservazioni di temperatura del Pianeta riferiscono che gli ultimi due decenni sono stati i più caldi dal 1850. Secondo *Copernicus Climate Change Service - C3S* (programma coordinato e gestito dalla Commissione europea) il 2020 a livello mondiale è stato circa 1,25 °C al di sopra del periodo preindustriale 1850-1900, alla pari del 2016, l'anno più caldo mai registrato. Anche per l'Europa il 2020 si è rivelato l'anno più caldo fin qui registrato, mentre in Italia, a partire dal 1800, è stato secondo solo al 2018, come rilevato dal CNR-ISAC. Questo innalzamento delle temperature si manifesta anche in alta quota, come rileva il Comitato Glaciologico Italiano. Si stima infatti che la superficie dei ghiacciai delle Alpi si sia ridotta mediamente negli ultimi 150 anni del 60%, con casi estremi, come la Marmolada, che ha perso in cent'anni un volume di circa il 90%. Il riscaldamento globale, ma anche la deposizione di particolato assorbente di origine antropica e naturale, sono tra i principali responsabili di quello che già oggi si configura come un disastro ambientale.

A partire da questo scenario, se le tendenze climatiche rimangono invariate, si stima che nel 2050 gran parte dei ghiacciai sotto i 3000 m di quota saranno estinti. Nel 2100 sulle Alpi italiane le aree

*[1] L'IPCC, premio Nobel per la Pace 2007, è l'organismo delle Nazioni Unite per la valutazione scientifica relativa al cambiamento climatico, di cui ne costituisce il riferimento a livello internazionale; il rapporto è liberamente consultabile al sito www.ipcc.ch.*

glaciali saranno presenti solo alle quote più elevate dei massicci più imponenti. Gli ambienti proglaciali si espanderanno a scapito di quelli glaciali. L'ulteriore aumento delle temperature, previsto, se non si adotteranno apposite politiche di contenimento delle emissioni climalteranti, farà si che i processi di instabilità naturale aumenteranno ancora di più rispetto a oggi, in frequenza e magnitudo, a causa della fusione delle masse glaciali e della degradazione del *permafrost*. Aumenterà la frequenza e l'entità dei problemi di approvvigionamento idrico e le sole acque meteoriche (pioggia e neve fusa) potrebbero non bastare a soddisfare i fabbisogni essenziali, quali la ricarica delle falde acquifere, dei laghi naturali e degli invasi artificiali, e il deflusso minimo vitale dei fiumi. Già oggi alcuni Rifugi in alta quota hanno dovuto ridurre il periodo di apertura estiva per mancanza di acqua approvvigionata dai vicini nevai. Se non si adotteranno specifiche misure di salvaguardia per il clima e l'ambiente, già presentate nell'accordo di Parigi e nei recenti report dell'IPCC, queste problematiche rischiano di manifestarsi anche in tutti i settori produttivi che risentiranno di periodi siccitosi, mentre anche lo stato di salute di molte popolazioni sarà a rischio, come già avvenuto in questi ultimi anni per le ondate di calore, mai riscontrate in precedenza.

**Le Montagne sentinelle del clima**

È evidente quindi come le montagne possano essere considerate come delle vere e proprie sentinelle del cambiamento climatico, poiché oltre alla loro posizione dominante sul territorio circostante, risultano molto sensibili al riscaldamento globale. D'altro canto, a causa delle difficoltà di accesso e delle estreme condizioni ambientali presenti in alcuni periodi dell'anno, le regioni montuose sono meno monitorate di altre aree, seppure vi siano quattro Osservatori climatici CNR in alta quota. Ne consegue una bassa densità della Rete osservativa idro-meteorologica. In questo contesto i Rifugi di montagna possono assumere un ruolo attivo anche nel monitoraggio meteo-ambientale e nella ricerca scientifica, divenendo "piattaforme" ideali per raccogliere dati e misure meteo, studiare il clima e le sue variazioni e fornire supporto per la rilevazione di molti parametri meteo-climatici. I dati raccolti in queste aree così particolari possono inoltre fornire informazioni utili per perfezionare la modellistica meteoclimatica.

È in questo contesto ambientale e climatico che si inserisce il progetto "Rifugi montani sentinelle del clima e dell'ambiente", in corso di realizzazione nell'ambito dell'Accordo quadro CNR-CAI siglato nella Giornata Internazionale della Montagna, l'11 dicembre 2019 dai rispettivi presidenti. In estrema sintesi, questo accordo dichiara che le parti cooperano per l'individuazione e lo sviluppo di un portafoglio di programmi di ricerca, formazione, trasferimento tecnologico e altre iniziative comuni di collaborazione scientifica; questa permetterà di produrre una conoscenza integrata e sinergica dell'ambiente di alta montagna e delle sue variazioni clima-dipendenti, nonché degli effetti sulla salute umana. Sono stati questi aspetti a spingere il CNR, tramite il Dipartimento Scienze del Sistema Terra e Tecnologie per l'Ambiente e il CAI, tramite il Comitato Scientifico Centrale, a definire l'Accordo e ad istituire un suo Comitato di indirizzo (in seguito Comitato) che, fra le prime iniziative, ha promosso questo progetto, ritenendolo di grande valenza.

**La rete dei Rifugi montani**

Una delle prime attività svolte dal Comitato per il progetto "Rifugi montani Sentinelle del clima e dell'ambiente" è stata quella di studiare gli ambienti montani italiani e di individuare in essi una Rete di Rifugi CAI e Osservatori CNR, già presenti lungo tutta la dorsale Alpina ed Appenninica, isole comprese. Essi sono in grado di soddisfare i requisiti di rappresentatività ambientale e climatica, di logistica e di connettività indispensabili per la riuscita del progetto.

Per la realizzazione di questa Rete di Rifugi, che comprende anche gli Osservatori climatici CNR, il Comitato ha operato al fine di:

1. elevare i Rifugi montani a luoghi di monitoraggio meteo-climatico e ambientale, per mettere a sistema il monitoraggio dell'ecosistema delle aree montuose di alta quota;
2. migliorare il monitoraggio meteorologico, rendendolo fruibile in tempo-quasi-reale (*near-real-time*) lungo l'intera penisola;
3. proporre i Rifugi montani come luoghi di diffusione della cultura scientifica "sul campo", anche progettando interventi divulgativi che coinvolgano gli enti di governo locali e i turisti della montagna;
4. promuovere, ove possibile, studi a scala locale su aspetti correlati non solo alla meteorologia, ma anche al clima, alla composizione dell'atmosfera, alle analisi ambientali, geologiche e geomorfologiche e, nei siti idonei, con particolare riferimento alle aree glaciali e periglaciali;
5. rendere disponibili i risultati ottenuti mediante articoli da pubblicare su riviste scientifiche specializzate e/o a carattere divulgativo, sulla stampa sociale del CAI e del CNR;
6. promuovere incontri a carattere locale o nazionale durante i quali presentare i lavori svolti e sensibilizzare i media sulle problematiche riguardanti i cambiamenti climatici e i loro effetti sulla tutela e salvaguardia delle montagne.

Geograficamente, la Rete si estende lungo tutta la penisola e attualmente è composta da 13 Rifugi CAI e 4 Osservatori CNR, ed è presentata di seguito

a questo paragrafo. La Rete dei Rifugi potrà ampliarsi nel tempo, con notevoli vantaggi in termini di approfondimento delle conoscenze sugli aspetti da studiare e monitorare. Un punto fondamentale per i Rifugi della Rete è quello di essere dotati di una stazione meteorologica automatica (*AWS, Automatic Weather Station*), installata nel rispetto delle direttive dell'Organizzazione Mondiale della Meteorologia (WMO), sia in termini di parametri da acquisire, che di sensoristica da installare e connettività. Per i Rifugi che ancora non sono dotati di una AWS, il progetto provvederà all'acquisto e all'installazione, in sinergia con i gestori degli stessi. Di estrema importanza sono anche le serie storiche ancora attive acquisite mediante AWS già presenti nei Rifugi, poiché grazie all'archivio dati è possibile ottenere un corretto inquadramento climatico locale e tracciare una prima analisi sulle tendenze future. Di particolare rilievo risultano anche i dati e i metadati storici acquisiti in passato da stazioni meteorologiche manuali (es. dati in capannina di Stevenson). La digitalizzazione e disponibilità di questi dati fornirebbe un ulteriore elemento conoscitivo per le finalità dell'iniziativa. Questo aspetto ci permette di sollecitare tutti i soci CAI che conoscono l'esistenza di simili dati a contattare il Comitato Scientifico Centrale CAI informandolo di quanto disponibile.

Considerando l'utilità di poter osservare da remoto l'ambiente oggetto di studio e le infrastrutture installate per una visione delle condizioni meteorologiche, è prevista, inoltre, la presenza di una *webcam* in ogni Rifugio della Rete, utile anche per sorveglianza e sicurezza, monitoraggio di eventi naturali e meteorologici intensi, supporto interventi di elisoccorso, promozione turistica, ecc. Ovviamente, di fondamentale importanza risulta la presenza di una buona connessione alla Rete internet, al fine di consentire un costante trasferimento di dati meteorologici, di immagini.

I dati meteorologici rilevati dalle AWS e le immagini acquisite dalle *webcam*, unitamente a tutto il materiale informativo relativo al progetto, confluiranno in un portale web attualmente in fase di progettazione e realizzazione. Lo scopo principale del portale è di divenire il canale di divulgazione e il punto di riferimento del progetto "Rifugi montani sentinelle del clima e dell'ambiente".

I dati meteorologici acquisiti dalle AWS e rappresentativi dello stato del tempo lunga tutta la dorsale della Rete, verranno automaticamente elaborati al fine di restituire all'utenza finale informazioni di facile interpretazione, sotto forma numerica e grafica. Le immagini acquisite dalle webcam saranno disponibili in tempo quasi reale. Le attività di ricerca, sperimentazione, formazione e divulgazione che si svolgeranno nell'ambito di questo progetto verranno valorizzate e messe a disposizione di tutti, in forma gratuita, mediante questo portale.

**RIFUGIO FEDERICI MARCHESINI AL PAGARI**

Quota: 2627 m - Zona: Alpi Marittime - Regione: Piemonte
Sezione CAI: Ligure Genova - Posti letto: n° 24
https://www.cailiguria.it/i-rifugi?id=30

Si trova nell'alta valle Gesso, dominato della cima Maledia (3061 m) e dove poco sotto scorre il torrente Pagarì.
Il rifugio fu inaugurato nel 1913, con il nome di rifugio Pagarì. Danneggiato durante la Seconda guerra mondiale, fu restaurato prima nel 1949 poi nel 1982 grazie a lasciti delle famiglie Federici e poi Marchesini, da cui il rifugio prese il nome Federici-Marchesini al Pagarì.
Dal 2007 il rifugio è stato dotato di un impianto per la produzione di birra artigianale, facendo del Pagarì "il microbirrificio più alto d'Europa".

**RIFUGIO GASTALDI**

Quota: 2659 m - Zona: Alpi occidentali - Regione: Piemonte
Sezione CAI: Torino - Posti letto: n° 99
https://www.rifugiogastaldi.com/

Il rifugio, posto in posizione panoramica a 2.659 m sul Crot del Ciaussinè, splendida conca naturale che deve il suo nome a un'antica cava di calce, è circondato da alcune fra le più belle vette delle Valli di Lanzo, quali la Ciamarella, l'Albaron di Savoia, la Punta Maria, la Cima d'Arnas e l'imponente Bessanese. È di proprietà della sezione CAI di Torino che l'ha dedicato nel 1886 a Bartolomeo Gastaldi, geologo e presidente del Sodalizio.

**RIFUGIO TORINO**

Quota: 3.375 m - Zona: Monte Bianco - Regione: Valle d'Aosta
Sezione CAI: Torino e Aosta - Posti letto: n° 160
http://www.rifugiotorino.com

Il Rifugio Torino è situato in prossimità del confine tra la Francia e l'Italia, posto sulla sommità del Monte Bianco, nei pressi del colle del Gigante. È la base per molte ascensioni classiche nel Massiccio del Bianco far cui il Dente del Gigante (4.013 m), il Monte Maudit (4.465 m) ed il Mont Blanc du Tacul (4.248 m).
La prima costruzione risale ai primi anni '50 grazie ai contributi delle sezioni del CAI di Torino e di Aosta e della Regione Autonoma Valle d'Aosta.
Nel 2015 è stata inaugurata la *Skyway* del Monte Bianco e nel medesimo anno sono iniziati i lavori di ristrutturazione e ammodernamento della struttura che oggi offre 160 posti letto.

**CAPANNA REGINA MARGHERITA**

Quota: 4.554 m - Zona: Monte Rosa - Regione: Piemonte
Sezione CAI: Sede Centrale - Posti letto: n° 70

La Capanna Regina Margherita è situata sulla Punta Gnifetti nel Massiccio del Monte Rosa ed è il Rifugio alpino più alto d'Europa nonché uno dei laboratori scientifici ed Osservatori fissi più alti al mondo. La capanna fu inaugurata nel 1893: predisposta a valle, fu trasportata dapprima con i muli e poi a spalla, con un enorme lavoro a catena e montata sulla vetta dove fu inaugurata. Qualche giorno prima vi aveva pernottato la Regina Margherita di Savoia cui il Rifugio è dedicato. Nel 1899 fu aggiunta la torretta destinata ad Osservatorio meteorologico. Il Rifugio laboratorio fu di grande importanza per le ricerche di Angelo Mosso sulla medicina d'alta quota agli inizi del XX secolo. Dal 2003, la Capanna Regina Margherita è certificata in coerenza con lo Standard Internazionale ISO14001 per la corretta gestione ambientale delle proprie attività, grazie ad un progetto condotto dall'Università degli Studi di Torino in collaborazione con la Sede Centrale del CAI.

**LABORATORIO TESTA GRIGIA AL PLATEAU ROSÀ**

Quota: 3.480 m - Zona: Monte Cervino - Regione: Valle d'Aosta
Dipartimento CNR: DTTSSAA - Posti letto: n° 6
https://cnrirpicervinia.panomax.com/plateaurosa#

Il Laboratorio "Testa Grigia" a Plateau Rosà, nel gruppo del Cervino, svolge un ruolo strategico per l'osservazione e lo studio dei processi climatico-ambientali.
Fu inaugurato nel 1948 sotto la direzione scientifica di Gilberto Bernardini ed Ettore Pancini, che insieme a Marcello Conversi, Edoardo Amaldi, Enrico Fermi ed altri fisici lo realizzarono per lo studio dei raggi cosmici, grazie an-che al sostegno di varie industrie dell'epoca. Queste osservazioni sono prose-guite negli anni ed il Consiglio Nazionale delle Ricerche ha utilizzato il Labo-ratorio anche per osservazioni atmosferiche. Dal 2019 la gestione è affidata al Dipartimento Scienze del Sistema Terra e Tecnologie per l'Ambiente (DSSTTA) - CNR. Attualmente sono attive misure climatiche e di composi-zione dell'atmosfera eseguite da CNR ed RSE e di radiazione cosmica da parte di INFN. E' stazione regionale del programma GAW-WMO.

**RIFUGIO MARCO E ROSA**

Quota: 3.609 m - Zona: Bernina - Regione: Lombardia
Sezione CAI: Sondrio - Posti letto: n° 104
https://www.Rifugi.lombardia.it/sondrio/Ianzada/Rifugio-marco-e-rosa.html

Il Rifugio Marco e Rosa (in forma completa, rifugio Marco e Rosa De Marchi - Agostino Rocca) è il Rifugio più alto della Lombardia e rappresenta la base per l'ascesa del Pizzo Bernina, la più alta montagna delle Alpi Centrali, con i suoi 4.049 m. La prima struttura venne costruita nel 1913 per iniziativa di Alfredo Corti e grazie al generoso contributo dei fratelli Marco e Rosa De Marchi, e venne.poi rinnovata a cura del CAI nel 1964. La struttura attuale, più moderna, è stata inaugurata nel 2003 e la "vecchia" struttura del 1964 è oggi adibita a deposito.

**RIFUGIO ANTONIO CURÒ**

Quota: 1.915 m - Zona: Alpi Orobiche - Regione: Lombardia
Sezione CAI: Bergamo - Posti letto: n° 92
https://www.antoniocuro.it/

Il Rifugio Curò è situato nella conca del Bacino del Barbellino di fronte alle Creste del Recastello e del Pizzo Coca (3.050 m). E'questa l'area più famosa delle Orobie. Il rifugio si trova immerso nella riserva naturale del Belviso – Barbellino, proprio sulle sponde del Lago artificiale del Barbellino (Diga del Barbellino). È stato il secondo Rifugio a essere inaugurato dal CAI di Bergamo nel 1886, dopo quello di Cà Brunona. Il nome omaggia Antonio Curò, allora presidente del CAI di Bergamo, ingegnere, alpinista ed entomologo italiano. In compagnia del cugino Frizzoni ed il taglia pietre Medici, fu il primo a scalare la Presolana.

**OSSERVATORIO COL MARGHERITA**

Quota: 2.543 m - Zona: Agordino - Val Biasis - Regione: Veneto
Dipartimento CNRI: Istituto ISP - Venezia - Posti letto: n° 0
https://www.isp.cnr.it/index.php/it/scienza/altre-attivita/Osservatorio-col-margherita

L'Osservatorio climatico di Col Margherita si trova nel versante meridionale delle alpi orientali (46.37 N, 11.79 E) all'interno delle Dolomiti, patrimonio UNESCO. È stazione regionale del programma GAW-WMO (MRG) ed è considerato strategico in quanto, nonostante l'altitudine non particolarmente elevata, è rappresentativo della condizione sinottica del versante sud-orientale della Alpi dove non sono presenti analoghe infrastrutture.
Le principali caratteristiche del sito sono la rappresentatività delle condizioni sinottiche della libera troposfera a 700 hPa, la scarsa influenza delle barriere orografiche dell'area circostante e l'assenza di sorgenti locali di inquinamento.

**RIFUGIO VIOZ MANTOVA**

Quota: 3.535 m - Zona: Ortles/Cevedale - Regione: Trentino
Sezione CAI: SAT - Posti letto: n° 66
https://www.rifugiovioz.it

Il Rifugio Vioz Mantova, situato all'interno del Parco Nazionale dello Stelvio nel Gruppo dell'Ortles-Cevedale, posto a 3535 metri di altitudine risulta esse-re il più alto delle Alpi Orientali è posto su un piano roccioso ai piedi della cresta che conduce al Monte Vioz, in alta val di Peio.
Il primo Rifugio Vioz fu costruito tra il 1909 e il 1911, mentre la struttura attuale, derivante da una importante ristrutturazione, è del 1992.

**RIFUGIO PIETRO GALASSI - CITTÀ DI MESTRE**

Quota: 2.018 m - Zona: Antelao - Marmarole - Regione: Veneto
Sezione CAI: Mestre - Posti letto: n° 99
https://www.rifugiogalassi.it

Il Rifugio Galassi è situato alla forcella piccola del Monte Antelao (Dolomiti Bellunesi) e rappresenta il punto di appoggio sia per le alte vie n. 4 e 5, che per la via alpina. È anche la base per l'ascesa al Monte Antelao (3.264 m). Il Rifugio è stato inaugurato nel 1913 ed è stato ristrutturato nel 1973. È intitolato a Pietro Galassi, tenente del VII° Alpini, morto per malattia ad Aziza in Libia nel maggio del 1913.

## RIFUGIO CITTA DI CARPI

Quota: 2.210 m - Zona: Cadini di Misurina - Regione: Veneto
Sezione CAI: Carpi (MO) - Posti letto: n° 34
http://www.rifugiocittadicarpi.com

Il Rifugio Città di Carpi è situato nel comune di Auronzo di Cadore, sul versante meridionale del gruppo dei Cadini di Misurina, nel Pian de la Musa, presso la Forcella Maraia, da cui si vedeno le Marmarole, il Sorapiss, la Croda dei Toni, il Cristallo e le Tofane. Il Rifugio è stato inaugurato nel 1970 in occasione del venticinquesimo anniversario della fondazione della Sezione del CAI di Carpi. La struttura ampliata e rinnovata nel 1980 è in muratura a due piani. Dal 2018 la struttura dispone di bagni al pianterreno completamente rinnovati. Il rifugio si trova all'interno del territorio delle Dolomiti iscritto dall'UNESCO nella Lista dei Patrimoni Naturali dell'Umanità.
Inoltre il Rifugio Città di Carpi fa parte del progetto " Wawes Over Mountains" per la tecnologia dell'informazione nelle aree dolomitiche.

## OSSERVATORIO CLIMATICO CNR "O.VITTORI"

Quota: 2.165 m - Zona: Monte Cimone - Regione: Emilia Romagna
Dipartimento CNR: ISAC Bologna - Posti letto: n° 6
https://cimone.isac.cnr.it/

L'Osservatorio climatico CNR "O. Vittori" è ospitato nelle strutture dell'Aeronautica Militare, situate sulla vetta di Monte Cimone, la vetta più elevata dell'Appennino settentrionale, all'interno del Parco dell'Emilia Centrale. Segna il confine di due diverse regioni climatiche: l'Europa continentale e la Pianura Padana a nord e il bacino del Mediterraneo a sud. Il Monte Cimone è caratterizzato da un orizzonte completamente libero a 360°.
Un tempo Rifugio del CAI di Modena intitolato a Gino Romualdi, è attivo dagli anni Novanta dedicato ad "Ottavio Vittori", già comandante AM della stazione di Monte Cimone e primo direttore Istituto CNR FISBAT (ora ISAC) di Bologna. Presso l'Osservatorio si eseguono misure di particolato atmosferico, gas in traccia, composti clima-alteranti, e di parametri meteo. L'Osservatorio è stazione globale GAW-WMO (CMN). In funzione con la sola energia elettrica 24/365, è inserito in diversi progetti internazionali.
Nel 2004 è stato inaugurato un percorso didattico denominato "Il Sentiero dell'Atmosfera".

## RIFUGIO CELSO GILBERTI AL CANIN

Quota: 1.850 m - Zona: Alpi Giulie - Regione: Friuli Venezia Giulia
Sezione CAI: Udine - Posti letto: n° 55
https://www.alpinafriulana.it/alpina/rifugi-e-bivacchi/rifugio-gilberti-soravito/

Il Rifugio Celso Gilberti è ubicato sopra Sella Nevea, nel versante nord-ovest del gruppo del Monte Canin, nel Parco Naturale delle Prealpi Giulie. È raggiungibile dal fondovalle sia a piedi, sia in telecabina. Il Rifugio è parte del comprensorio sciistico italo-sloveno del Canin. Il Rifugio è dedicato al forte alpinista udinese caduto all'età di 23 anni sulla Paganella, che realizzò ben 46 vie nuove, di cui molte di livello estremo.

## RIFUGIO ENRICO ROSSI

Quota: 1.609 m - Zona: Alpi Apuane - Regione: Toscana
Sezione CAI: Lucca - Posti letto: n° 22
http://www.rifugiorossi.com/

Il Rifugio Enrico Rossi alla Pania nel Parco Regionale delle Alpi Apuane è ubicato sul versante nord dell'Omo Morto. Edificato nel 1923, rappresenta la base per diverse ascese in zona, essendo centrale rispetto alla Pania della Croce, alla Pania Secca, ed al Pizzo delle Saette ed è particolarmente indicato per l'escursionismo.
Enrico Rossi era un giovane avvocato morto in un incidente stradale nel 1967, amante della montagna partecipava alla vita sociale della sezione di Lucca. Nell'estate del 1968 il rifugio gli fu dedicato e da allora porta il suo nome.

**RIFUGIO RINALDI**

Quota: 2.108 m - Zona: Monti Reatini - Regione: Lazio
Sezione CAI: Rieti - Posti letto: n° 12
https://rifugiorinalditerminillo.it

Il Rifugio Rinaldi è ubicato sulla cima del Terminilletto nei Monti Reatini ed è la prima struttura ad essere stata costruita nel massiccio del Terminillo. La struttura originaria risale all'inizio del 1900 costruita dal CAI di Roma grazie an-che al contributo del Re Umberto I. L'edificio fu realizzato a Roma con elementi prefabbricati in legno che vennero poi trasportati a dorso di mulo fino in cima alla montagna. Prima, però, venne messo in mostra all'Esposizione Internazionale di Parigi del 1900, aggiudicandosi la medaglia d'oro. Nel 1943, in tempo di guerra, il Rifugio subì gravi danni che ne determinarono l'abbandono. Nel 1966 il CAI di Rieti decise di ricostruirlo, identico al precedente. Inaugurato nel 1969, venne intitolato a Massimo Rinaldi, vescovo di Rieti e grande appassionato di alpinismo.

**RIFUGIO BRUNO POMILIO**

Quota: 1.888 m - Zona: Maielletta - Regione: Abruzzo
Sezione CAI: Chieti - Posti letto: n° 26
http://www.caichieti.it/215/rifugio_bruno_pomilio_alla_majelletta.html

Il rifugio Bruno Pomilio è situato sulla cresta della Maielletta a 1.888 m slm, all'interno del parco nazionale della Maiella, nel comune di Rapino (Ch). Dal Rifugio si gode la vista a sud delle cime maggiori del massiccio della Maiella, mentre ad est la zona collinare di Chieti e Pescara ad est fino al medio Adriatico.
Il Rifugio fu intitolato nel 1953 dal CAI di Chieti Bruno Pomilio, facente parte di una dinastia di ingegneri, inventori, creativi, progettisti, industriali abruzzesi, morto tragicamente sui Pirenei in Francia nel 1939, all'età di 15 anni.

**RIFUGIO DUCA DEGLI ABRUZZI**

Quota: 2.388 m - Zona: Gran Sasso - Regione: Abruzzo
Sezione CAI: Roma - Posti letto: n° 24
http://www.rifugioducadegliabruzzi.it

Il Rifugio è situato sulla Cresta del Monte Portella, all'interno del Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga, in prossimità del Corno Grande e delle altre principali vette dell'area.
La struttura, edificata per la prima volta nel 1908 ha subito diverse ristrutturazioni ed adeguamenti.
L'attuale Rifugio è stato completamente ristrutturato nel 2007. È dedicato a Luigi Amedeo di Savoia-Aosta (1873-1933), duca degli Abruzzi, alpinista ed esploratore italiano.

**OSSERVATORIO CLIMATICO MONTE CURCIO**

Quota: 1.780 m - Zona: Sila Grande - Regione: Calabria
Dipartimento CNR: Istituto IIA Rende - Posti letto: n° 0
https://iia.cnr.it/stazione-di-monitoraggio-di-monte-curcio

L'Osservatorio climatico di Monte Curcio, stazione regionale GAW-WMO, è situato in una posizione remota e strategica all'interno del Parco Nazionale della Sila Grande, riconosciuto dall'UNESCO riserva nazionale italiana della biosfera. Si trova su un picco dell'appennino meridionale, dal quale è possibile godere di un orizzonte completamente libero. L'Osservatorio è inoltre ubicato al centro del bacino del mediterraneo rispettivamente a circa 30 e 60 km dal mar Tirreno e Jonio. Presso la stazione si misurano la composizione chimica dell'atmosfera, gas in tracce e clima-alteranti ed i parametri meteorologici.

**RIFUGIO CITELLI**

Quota: 1.740 m - Zona: Etna - Regione: Sicilia
Sezione CAI: Sezione dell'Etna - Posti letto: n° 21
https://www.rifugiocitelli.it

Il Rifugio è ubicato a Nord-Est dell'Etna a ridosso della Serra delle Concazze, sul Monte Concazze, un vecchio cratere risalente ad antiche eruzioni di più di 3000 anni fa. È intitolato al professor Salvatore Citelli, otorinolaringoiatra di fama internazionale.
La struttura originaria risale al 1935, quando fu inaugurata, ed è un Rifugio che si può raggiungere in automobile su strada asfaltata. Di recente è stato ristrutturato grazie al contributo del Parco dell'Etna.

## Conclusioni

Questo progetto vuole quindi creare una "citizen science" rivolta alla montagna, che potremmo coniugare come "mountaineer sciences", intendendo con questo termine una partecipazione attiva di tutti coloro che vivono e amano la montagna (soci CAI, ma non solo) collaborando nel fornire utili informazioni per l'ambiente di alta quota e la ricerca scientifica e ambientale. A tutti costoro che si daranno disponibili a supportare questa "impresa" va il nostro ringraziamento.


## Ringraziamenti:

Si ringraziano le sezioni CAI responsabili/proprietarie dei Rifugi e in particolare i loro gestori, e gli Istituti CNR che hanno in carico gli Osservatori climatici con i loro responsabili scientifici e il personale che ne permette le attività di ricerca.

Rifugio
Città di Carpi
Rifugio
Vioz Mantova
Rifugio Gilberti
Osservatorio CNR
Col Margherita
Rifugio Galassi
Città di Mestre
Rifugio Curò
CNR
Rifugio Rinaldi
Rifugio
Duca degli Abruzzi
Rifugio Pomilio
Osservatorio CNR
Monte Curcio
Rifugio Citelli

# ARTICOLI SCIENTIFICI

# Alla scoperta delle abetine dell'Appennino Tosco-Emiliano

## La genetica ci racconta le loro glorie passate, le fragilità del presente e nuove opportunità per boschi misti più resilienti

di Andrea Piotti[1] e Camilla Avanzi[1][2]

(1) CNR - Istituto di Bioscienze e BioRisorse (IBBR)
(2) CAI - Sezione di Vimercate

**Riassunto:** L'abete bianco è stato, fino a pochi millenni fa, la specie forestale dominante nell'Appennino settentrionale. Benché oggi la sua distribuzione locale risulti fortemente frammentata – anche a causa delle attività umane che ne hanno ridotto la copertura favorendo progressivamente l'insediarsi di faggete monospecifiche – alcune delle abetine dell'Appennino settentrionale mantengono le vestigia di quell'antico splendore, registrando livelli di diversità genetica tra i più elevati dell'intero areale. Proprio in virtù delle loro peculiarità genetiche, le popolazioni di abete bianco presenti nel territorio del Parco Nazionale dell'Appennino Tosco-Emiliano e nelle zone limitrofe rappresentano una risorsa di fondamentale importanza per la conservazione del patrimonio genetico della specie. L'abete bianco rappresenta inoltre l'opzione migliore per diversificare gli ecosistemi di faggeta, qualora si volesse indirizzare la gestione forestale verso la creazione di boschi misti più resilienti al cambiamento climatico. Il forte grado di frammentazione, le dimensioni ridottissime e la traiettoria evolutiva delle abetine ancora presenti nell'Appennino Tosco-Emiliano richiedono una caratterizzazione genetica di tali nuclei finalizzata a identificare quelli maggiormente esposti al rischio di impoverimento genetico e, in ultima analisi, di estinzione locale. L'informazione genetica è inoltre fondamentale per comprendere se i numerosi impianti artificiali di origine ignota che spesso circondano le abetine naturali possono rappresentare ulteriori rischi o importanti opportunità per la loro conservazione. In questo contributo vengono presentati i primi risultati di due progetti condotti dall'Istituto di Bioscienze e BioRisorse del CNR di Sesto Fiorentino e finanziati dal Parco Nazionale dell'Appennino Tosco-Emiliano, progetti finalizzati a sviluppare azioni di conservazioni efficaci per preservare le risorse genetiche custodite nelle poche, piccole abetine ancora presenti nell'Appennino Tosco-Emiliano.

***Abstract: Discovering the fragmented silver fir forests in the Tuscan-Emilian Apennines***

*Until a few millennia ago, silver fir was the dominant forest species in the northern Apennines, and it still maintains the genetic vestiges of this ancient splendor. The current condition of high fragmentation in the local distribution of silver fir has been strongly influenced by human activities, from the Neolithic to the present day, but this species still represents the best option to diversify a montane ecosystem that the anthropic action has transformed almost exclusively into a monospecific, even-aged and monoplane beech forest. Considering their genetic peculiarities, silver fir populations within the Tuscan-Emilian Apennines National Park and surrounding areas represent a genetic resource of fundamental importance for the conservation of the species in its entire distribution. For these reasons, the status of silver fir forests still present in the Tuscan-Emilian Apennines requires both an analysis of the genetic diversity aimed at understanding the stands which are most genetically impoverished, and a thorough knowledge of the origin of the material used for plantations. This paper summarizes the structure and the first results of a series of projects carried out by the CNR Institute of Biosciences and BioResources of Sesto Fiorentino, funded by the Tuscan-Emilian Apennines National Park. These projects are aimed at developing effective conservation actions to preserve the genetic resources mainteined in the few, small silver fir populations still present in the Tuscan-Emilian Apennines.*

### 1 - L'abete bianco nell'Appennino Tosco-Emiliano

L'abete bianco (*Abies alba* Mill.) è una conifera ampiamente diffusa nelle aree montane dell'Europa centro-meridionale; in generale occupa la fascia altitudinale compresa tra gli 800 e i 1800 metri, ma può spingersi ad altitudini inferiori nelle aree interne dell'Europa centrale. Esso si trova prevalentemente associato con il faggio nella fascia montana bassa e media, e con l'abete rosso nella fascia montana più alta (Müller et al., 2007). Se oggi il baricentro della distribuzione della specie sono le Alpi e le catene montuose dell'Europa centrale, non è sempre stato così in passato. L'areale dell'abete bianco, così come quello di tutte le altre specie forestali europee, è stato interessato da complessi processi di espansione e contrazione in funzione delle oscillazioni climatiche del Quaternario. In particolare, prove paleobotaniche e dati genetici hanno fino ad ora indicato che, durante l'ultima glaciazione, l'abete bianco ha trovato principalmente rifugio in alcune aree dell'Europa meridionale. I più probabili

*(a sinistra) - Abete bianco monumentale, che porta i segni del tempo e delle avversità ambientali, presso la popolazione del Lago Verde, in Val Cedra, nell'Appennino Parmense - ph Piotti/Avanzi*

rifugi dinamici, da cui cioè è iniziato il processo di ricolonizzazione post-glaciale, sono localizzati nei Balcani meridionali e nell'Appennino centro-settentrionale (Cheddadi et al., 2014; Piotti et al., 2017). Inoltre, sono stati individuati almeno quattro rifugi statici, non coinvolti cioè nei processi di ricolonizzazione post-glaciale e localizzati nei Monti della Laga, nell'Appennino calabrese e lucano, e sui Pirenei (Piotti et al., 2017; Major et al., 2021; Scotti-Saintagne et al., 2021). Dagli studi palinologici sul polline fossile è emerso come la maggior espansione recente dell'abete bianco sia avvenuta nell'Olocene, tra 10.000 e 6.000 anni fa (Müller et al., 2007; Magri et al., 2015). L'areale ha poi subito una contrazione a causa delle mutate condizioni climatiche e, solo successivamente, a causa dello sfruttamento dei boschi da parte dell'uomo (Kral, 1979; Colombaroli et al., 2007; Tinner et al., 2013; Morales-Molino et al., 2021). Il peso relativo di questi due fattori sulla contrazione dell'areale è tuttora molto dibattuto.

In Appennino i popolamenti residui di abete bianco sono attualmente molto frammentati, anche se analisi polliniche, documenti di archivio e testimonianze toponomastiche indicano una maggior diffusione della specie nel passato anche recente (Bernetti, 1995; Gallucci e Urbinati, 2009; Magri et al., 2015). Le foreste con abete bianco hanno infatti subìto un non trascurabile disturbo dovuto alle attività antropiche (utilizzazioni forestali, pascolo, impianti per gli sport invernali); in particolare, le utilizzazioni boschive hanno favorito la diminuzione delle foreste miste di abete bianco e faggio a favore di faggete pure. L'abete bianco, infatti, a differenza di latifoglie come il faggio, una volta tagliato non ha la capacità di rigenerarsi dalla ceppaia, ed è inoltre ostacolato nella rinnovazione dalla copertura molto chiusa tipica delle faggete governate a ceduo. Anche in relazione a tali fattori, le abetine appenniniche sono attualmente indicate come habitat prioritario nell'allegato II della Direttiva Habitat (9220*: Faggeti degli Appennini con *Abies alba* e faggete con *Abies nebrodensis*, 9510*: Foreste sud-appenniniche di *Abies alba*).

Nell'Appennino settentrionale, la presenza dell'abete bianco si articola in un sistema di nuclei frammentati distribuiti dall'Emilia occidentale al Passo dell'Abetone, nell'Appennino romagnolo e nel Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi (Bernetti, 1995; Rovelli, 1995; Parducci et al., 1996, Piovani et al., 2010). I nuclei più occidentali, nonostante siano spesso di dimensioni esigue e fortemente isolati (Figura 1, Figura 2), mostrano ancora un'elevata variabilità genetica e risultano geneticamente simili alle popolazioni alpine (Piotti et al., 2017; Santini et al., 2018). Le prove genetiche, congiuntamente a quelle paleobotaniche, hanno permesso di ipotizzare che proprio quest'area geografica, che include il territorio del Parco Nazionale dell'Appennino Tosco-Emiliano, sia stata l'area rifugio da cui, al termine dell'ultima glaciazione, è partita la ricolonizzazione dell'Europa centrale attraverso le Alpi e fino ai Carpazi (Piotti et al., 2017). Le evidenze finora raccolte mostrano l'incredibile rilevanza delle piccole popolazioni di abete bianco dell'Appennino settentrionale dal punto di vista conservazionistico, e l'altrettanto estrema urgenza di azioni concrete volte a preservare il loro elevato potenziale adattativo, che potrebbe rivelarsi cruciale per l'adattamento al cambiamento climatico della specie negli anni a venire. Tra le popolazioni più occidentali dell'Appennino settentrionale, particolare rilevanza riveste il gruppo di piccole abetine rimasto tra Val Parma e Val Cedra, una delle aree in cui probabilmente

*Figura 1 – Popolazione di abete bianco della Rocca Pianaccia, Val Cedra – Appennino parmense - ph Piotti/Avanzi*

l'abete bianco è sopravvissuto con maggiori densità fino a tempi relativamente recenti. In quest'area geografica sono stati censiti sei nuclei (Figura 2): alcuni molto piccoli, con poco più 50 individui adulti, tra cui quelli del Monte Orsaro e del lago Ballano, altri di dimensioni maggiori, come quello del lago Verde formato da circa 500 individui adulti.

Oltre a questi piccoli nuclei di origine naturale, nell'Appennino Tosco-Emiliano si registra una marcata presenza di piantagioni di abete bianco, la cui gestione richiede un'adeguata comprensione dell'origine e dei livelli di diversità genetica. Infatti, questi due fattori sono cruciali per capire se e quali impianti artificiali rappresentino delle opportunità oppure dei rischi per la conservazione delle piccole popolazioni naturali. Tra le piantagioni presenti in quest'area geografica, sicuramente riveste un ruolo di grande rilevanza l'Abetina Reale di Civago, in provincia di Reggio Emilia. L'Abetina Reale sita all'interno del SIC-ZPS Abetina Reale, Alta Val Dolo ("SIC/ZPS IT4030005 Abetina Reale, Alta Val Dolo - Quadro conoscitivo" gennaio 2018), ospita il nucleo di abete bianco di maggiori dimensioni dell'Appennino settentrionale (~300 ha) a nord delle Foreste Casentinesi, e non è mai stata studiata da un punto di vista genetico. La mancata inclusione di questo nucleo in studi genetici, nonostante esso sia potenzialmente il più interessante in termini conservazionistici nell'Appennino settentrionale, è dovuta sia alla sua storia di sfruttamento che alla grande estensione. L'Abetina Reale ha infatti una storia di coltivazione e gestione che supera i 500 anni, da quando divenne nel 1415 possedimento degli Estensi fino al XX secolo. Capire oggi quale sia l'origine e la struttura genetica di 300 ha di bosco gestiti per più di 500 anni rappresenta una sfida che richiede sia un investimento specifico che un piano sperimentale complesso e disegnato appositamente per tale scopo.

La situazione delle abetine ancora presenti nell'Appennino Tosco-Emiliano, appena descritta, richiede sia un'analisi della diversità genetica finalizzata a comprendere i nuclei che maggiormente si stanno impoverendo geneticamente, sia una conoscenza approfondita del materiale utilizzato per gli impianti artificiali, soprattutto di quelli che possono rappresentare fonti di polline di gradi dimensioni. Nel proseguo di questo contributo verranno descritti i risultati di due progetti finanziati nel corso degli ultimi anni dal Parco Nazionale dell'Appennino Tosco-Emiliano e portati avanti dall'Istituto di Bioscienze e BioRisorse del Consiglio Nazionale delle Ricerche (IBBR-CNR), progetti finalizzati a sviluppare azioni di conservazioni efficaci per preservare le risorse genetiche custodite nelle abetine presenti nell'Appennino Tosco-Emiliano.

## 2 - Caratterizzazione genetica dei nuclei di abete bianco della Val Parma e Val Cedra

Le informazioni genetiche sono ritenute tra i dati più importanti per comprendere lo *status* conservazionistico di una specifica popolazione (Allendorf et al., 2013; Hoban et al., 2013, 2020; Laikre et al., 2020), e sempre più spesso tali informazioni vengono utilizzate per disegnare specifiche strategie per la conservazione e gestione delle risorse genetiche in esame. Ad esempio, per quanto concerne le risorse genetiche forestali, è attualmente in atto una fervida discussione su quali siano i migliori indicatori genetici per comprendere le condizioni di una specie in una particolare area geografica, e come poterli poi utilizzare per tradurre tali informazioni in azioni concrete (Lefèvre et al., 2020; Rudow et al., 2020). Di conseguenza, qualsivoglia considerazione di tipo gestionale su popolazioni naturali soggette a potenziale impoverimento genetico, come i nuclei di abete bianco della val Parma e Val Cedra, può beneficiare delle informazioni che possono venire raccolte a partire da dati genetici. Tra i parametri che più spesso vengono a tal fine presi in considerazione, e su cui, nonostante le discussioni in atto, c'è ampia convergenza, ci sono indicatori di diversità genetica (come l'eterozigosi attesa, $H_E$, e la ricchezza allelica, *Ar* – da '*allelic richness*' in inglese) oltre alle dimensioni effettive della popolazione (*Ne*). Tutti questi parametri possono essere stimati a partire da un *dataset* genetico ottenuto utilizzando marcatori molecolari su un campione caratteristico di una popolazione in esame.

Per produrre queste conoscenze sulle piccole abetine della Val Parma e Val Cedra, racchiuse nei territori del Parco Nazionale dell'Appennino Tosco-Emiliano, del Parco dei 100 laghi e della Comunalia di Valditacca, sono stati campionati 300 individui dalle sei popolazioni naturali note, 50 per popolazione (Tabella 1; Figura 2). Da tutti gli individui è stato prelevato un numero di aghi sufficiente a garantire elevate quantità di DNA per la caratterizzazione genetica. In particolare, ciascun individuo è stato genotipizzato con 16 marcatori microsatelliti nucleari (SSR) sviluppati da Postolache et al. (2014): 14 derivati dal trascrittoma (EST-SSR, Expressed Sequence Tags) e due microsatelliti genomici (gSSR). Gli EST-SSR sono marcatori soggetti ad un minor tasso di mutazione e risultano quindi meno polimorfici rispetto ai gSSR. D'altro canto, essi presentano una minor frequenza di alleli nulli, caratteristica che li rende particolarmente adatti per gli studi di genetica di popolazioni, nei quali gli errori di genotipizzazione dovrebbero essere il più possibile evitati (Postolache et al., 2014).

*Figura 2 - Mappa delle sei popolazioni naturali campionate in Val Parma e Val Cedra (immagine realizzata con Google Earth)*

| Popolazioni naturali | Codice | $N_{GEN}$ | $N_{1996}$ | $N_{2019}$ | Latitudine | Longitudine | Altitudine |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Monte Nero* | *NER* | *48* | *1110* | *-* | *44.5599* | *9.5062* | *1580-1700* |
| Lago Ballano | BAL | 48 | 50 | 70 | 44.3631 | 10.0996 | 1480-1530 |
| Lago Verde | LAG | 50 | 700 | 500 | 44.3689 | 10.0864 | 1380-1510 |
| Rocca Pianaccia | PIA | 48 | 60 | 100 | 44.3847 | 10.0633 | 1330-1370 |
| Rocca Pumacciola | RPM | 50 | 200 | 100 | 44.3811 | 10.0691 | 1420-1520 |
| Monte Scala | SCL | 48 | 60 | 80 | 44.3884 | 10.0406 | 1370-1460 |
| Monte Orsaro | ORS | 48 | 50 | 80 | 44.4151 | 9.9931 | 1610-1690 |
| *Cerreto* | *CER* | *50* | *900* | *-* | *44.2887* | *10.2416* | *1560-1700* |

*Tabella 1 - Posizione geografica delle sei popolazioni naturali campionate in Val Parma e Val Cedra e delle due popolazioni naturali usate come riferimento (Monte Nero e Cerreto). Vengono anche riportate le stime delle dimensioni delle popolazioni effettuate nell'ambito del progetto LIFE "" del 1996 e dei campionamenti qui descritti ed effettuati nel 2019*

### 3 - LIFE "Misure di salvaguardia delle popolazioni relitte di *Abies alba, Picea excelsa, Taxus baccata* e dei loro habitat naturali sull'Appennino emiliano"

Sono poi state eseguite una serie di analisi statistiche dei dati volte a determinare i livelli di diversità genetica delle popolazioni di abete bianco presenti in Val Parma e Val Cedra. I livelli di diversità genetica riscontrati sono stati poi confrontati con quelli di due popolazioni di abete bianco di dimensioni maggiori presenti in provincia di Piacenza (Monte Nero) e Reggio Emilia (sul monte La Nuda, nei pressi del passo del Cerreto, Tabella 1), popolazioni che appartengono ad un ampio dataset genetico già esistente, prodotto da IBBR-CNR, che comprende molte altre popolazioni di abete bianco provenienti dall'areale di distribuzione della specie (Piotti et al., 2017; Santini et al., 2018). Per quantificare la diversità genetica delle popolazioni analizzate sono stati calcolati il numero di alleli presenti (*Na*), l'eterozigosi osservata e attesa ($H_O$ e $H_E$) e il coefficiente di *inbreeding* ($F_{IS}$). Inoltre, è stata calcolata la ricchezza allelica (*Ar*), un parametro utile a confrontare correttamente i livelli di variabilità genetica di popolazioni per cui è stato campionato un diverso numero di individui. Gli alleli presenti e assenti nelle popolazioni naturali di Val Parma e Val Cedra sono stati in particolare confrontati con quelli dei due nuclei più prossimi e di maggiori dimensioni (Monte Nero e Cerreto). Questo confronto ha permesso di valutare l'effetto che il progressivo processo di frammentazione e isolamento ha avuto sulla variabilità genetica a scala regionale, in quella che un tempo era probabilmente un'unica grande popolazione continua. Infine, in base alle relazioni di

| | Codice | Na | Ar | $H_E$ | $H_O$ | $F_{IS}$ | $NE_{LD}$ | | Alleli | persi |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Monte Nero* | *NER* | 4.75 | 4,71 | 0.430 | 0.457 | 0.052 | 474 | [132-∞] | | |
| Lago Ballano | BAL | 3.69 | 3.66 | 0.395 | 0.410 | 0.054 | 24 | [18-34] | 26/81 | -32% |
| Lago Verde | LAG | 4.38 | 4.32 | 0.404 | 0.427 | 0.029 | 406 | [111-∞ | 13/81 | -16% |
| Rocca Pianaccia | PIA | 3.81 | 3.79 | 0.435 | 0.431 | -0.034 | 37 | [26-56] | 22/81 | -27% |
| Rocca Pumacciola | RPM | 4,06 | 4.02 | 0.434 | 0.434 | 0.003 | 73 | [46-142] | 18/81 | -22% |
| Monte Scala | SCL | 3.81 | 3.79 | 0.444 | 0.442 | -0.012 | 27 | [20-37] | 21/81 | -26% |
| Monte Orsaro | ORS | 3.56 | 3.53 | 0.340 | 0.358 | 0.062 | 20 | [15-26] | 26/81 | -32% |
| *Cerreto* | *CER* | 4.31 | 4.26 | 0.461 | 0.450 | -0.029 | 4251 | [164-∞] | | |
| *Val Parma e Val Cedra* | | 5.06 | 4.23 | 0.433 | 0.409 | 0.049 | 156 | [127-195] | | |

*Tabella 2 – Parametri medi di diversità genetica calcolati per ciascuna delle sei popolazioni naturali campionate in Val Parma e Val Cedra, oltre che per le due popolazioni naturali utilizzate come riferimento (Monte Nero e Cerreto). In particolare Na indica il numero di alleli, Ar la ricchezza allelica, $H_O$ e $H_E$ l'eterozigosi osservata e attesa, $F_{IS}$ il coefficiente di inbreeding, $NE_{LD}$ la dimensione effettiva delle popolazioni. In ultima colonna viene riportato il numero di alleli persi e la differenza percentuale di alleli in ciascuna popolazioni rispetto al totale degli alleli campionati dal Monte Nero al Cerreto*

*linkage* tra i marcatori, è stata calcolata la dimensione effettiva ($NE_{LD}$) delle popolazioni naturali. Tutti i parametri genetici sopra descritti sono stati calcolati utilizzando i programmi *GenAlEx (Peakall e Smouse, 2012), NeEstimator (Do et al., 2014) e HP-Rare (Kalinowski, 2005)*.

I risultati ottenuti mostrano gli effetti sulle popolazioni indagate di isolamento e frammentazione della distribuzione, condizioni che innescano il fenomeno noto come deriva genetica. Infatti, popolazioni piccole ed isolate, a causa dell'assenza di scambi genetici e delle dinamiche riproduttive spesso fortemente alterate, tendono ad andare incontro a un processo casuale di differenziazione e impoverimento genetico se paragonate alle vicine popolazioni di grandi dimensioni ancora connesse le une con le altre, processo che prende, appunto, il nome di deriva genetica (Young et al., 1996). Gli effetti della deriva genetica si riscontrano in modo chiaro analizzando i parametri genetici calcolati per singola popolazione (Tabella 2). Se nel loro insieme le sei popolazioni della Val Parma e Val Cedra hanno una variabilità genetica relativamente simile a quella delle popolazioni del Monte Nero e del Cerreto, analizzate singolarmente molte mostrano i chiari segni di un forte impoverimento genetico. Particolarmente grave sembra la situazione delle due popolazioni marginali del Lago Ballano (BAL) e del Monte Orsaro (ORS), che mostrano simultaneamente scarsa variabilità genetica, elevato *inbreeding* e dimensioni effettive della popolazione estremamente basse. Impressionante notare come questi due nuclei abbiano perso circa un terzo delle varianti genetiche che, molto probabilmente, erano presenti in quest'area geografica fin quando la distribuzione dell'abete bianco era meno frammentata. Dal lato opposto, l'unica popolazione con parametri simili a quelli dei nuclei limitrofi di grandi dimensioni è quella del Lago Verde (LAG) che, però, pur essendo costituita da parecchie centinaia di individui, mostra comunque segni di impoverimento genetico quando confrontata con quelle del Monte Nero (NER) e del Cerreto (CER).

Alcune note positive, potenzialmente di grande rilievo conservazionistico, emergono considerando le popolazioni della Val Parma e Val Cedra come un'unica popolazione (Tabella 2). Qualora considerati come un'unica popolazione, infatti, i nuclei della Val Parma e Val Cedra hanno una variabilità genetica solo leggermente inferiore a quella delle popolazioni del Monte Nero e del Cerreto, avendo perso una percentuale delle varianti genetiche (alleli) presenti nell'area pari al 12% e preservando ben 13 alleli privati (BAL: 4; LAG:2; PIA:2; RPM: 2; SCL:1, ORS: 2), cioè varianti genetiche riscontrate unicamente in questo gruppo di popolazioni e non in quelle limitrofe. Nella popolazione del Lago Ballano (BAL) è addirittura presente un allele, al locus Aat13, di dimensione 362 paia basi, mai riscontrato precedentemente nelle restanti popolazioni europee. Purtroppo però, nonostante l'elevata variabilità genetica custodita nei nuclei della Val Parma e Val Cedra, le dimensioni effettive di questa meta-popolazione variano tra i 127 e i 195 individui (Tabella 2). Ciò significa che, da un punto di vista di dinamica evolutiva, i circa 1.000 individui che la compongono si comportano, in realtà, come se fossero solamente un decimo. Questa riduzione nelle dimensioni effettive della popolazione accentuerà fortemente gli effetti della deriva genetica e, in ultima analisi, comparteciperà a generare una sempre più rapida e inesorabile perdita di variabilità genetica. Inoltre, occorre tenere ben presente che questo raggruppamento in un'unica popolazione è un puro artificio dato che sono chiari i segnali dell'improbabilità di uno scambio efficace di materiale genetico tra i vari nuclei naturali. Il potenziamento di questa capacità dovrà rappresentare il primo obiettivo di qualsiasi azione concreta per la loro conservazione. Sia per avere una

fotografia più attuale possibile delle conseguenze della frammentazione, che per comprendere l'effettiva capacità dei nuclei naturali (o almeno di parte di essi) di scambiarsi geni attraverso il flusso genico via seme e polline, sarebbe cruciale svolgere una analisi genetica approfondita della rinnovazione che, fortunatamente, anche se con densità molto diverse, è stata riscontrata in tutti i nuclei investigati. Purtroppo si è pensato per lungo tempo che le specie forestali fossero in grado di rispondere efficacemente alla frammentazione dell'habitat, anche quando ridotte a popolazioni esigue e isolate (Kramer et al., 2008). Si è però poi scoperto che questa apparentemente elevata capacità di resistere alla frammentazione veniva riscontrata quasi unicamente analizzando le caratteristiche genetiche di piante adulte, insediate sovente prima dei disturbi più consistenti, mentre è proprio la rinnovazione, raramente analizzata, a mostrare chiari i segni di impoverimento genetico e dinamiche riproduttive fortemente alterate (Lowe et al., 2015).

Le criticità legate all'azione della deriva genetica in popolazioni frammentate di abete bianco erano già emerse dai risultati di un precedente progetto sulle caratteristiche genetiche delle piccole popolazioni presenti nel Parco del Gran Sasso e Monti della Laga (Urbinati et al., 2014). In entrambe le aree geografiche si trovano, in pochi chilometri, numerosi piccoli nuclei di abete bianco, con dimensioni delle popolazioni (da poche decine a poche centinaia di individui) e livelli di isolamento simili. Anche le dimensioni totali delle aree interessate sono paragonabili: nel Parco del Gran Sasso e Monti della Laga la distanza tra la popolazione più settentrionale e quella più meridionale è circa 27 km, mentre la distanza tra il Monte Orsaro e il Passo del Cerreto, cioè del gruppo di popolazioni potenzialmente connesse dal flusso genico via polline nel Parco Nazionale dell'Appennino Tosco-Emiliano, è circa 24 km. Ebbene, livelli molto simili di frammentazione hanno prodotto effetti genetici simili legati al fenomeno della deriva genetica (Leonarduzzi et al., 2016). Va però sottolineata una differenza sostanziale tra le popolazioni dei due Parchi Nazionali. Mentre i dati paleobotanici sull'Italia centrale ci dicono che il processo di frammentazione dell'abete bianco è iniziato probabilmente 70.000 anni fa (Follieri et al., 1998), in Appennino settentrionale la specie è stata molto diffusa, se non dominate nel piano montano, fino allo sviluppo del bosco misto abete-faggio (~5.500 anni fa) e all'estrema rarefazione della specie che ha caratterizzato gli ultimi due millenni (Magri et al., 2015; Morales-Molino et al., 2021). Questo sembrerebbe indicare un processo di frammentazione molto più rapido nell'area del Parco Nazionale dell'Appennino Tosco-Emiliano. I risultati di uno studio di sintesi che comprende le popolazioni frammentate del Parco Nazionale dell'Appennino Tosco-Emiliano e del Parco del Gran Sasso e Monti della Laga sono attualmente in corso di pubblicazione da parte di IBBR-CNR e hanno permesso di evincere segnali generalizzabili per quanto riguarda le conseguenze genetiche della frammentazione in abete bianco.

*Figura 3 – Nucleo di abete bianco dell'Abetina Reale di Civago, nel Parco Nazionale dell'Appennino Tosco-Emiliano, fotografato dalle pendici settentrionali del Monte Giovarello - ph Piotti/Avanzi*

## 4 - Un progetto per comprendere l'origine genetica e il valore conservazionistico dell'Abetina Reale

Nell'ultimo millennio la variabilità genetica delle popolazioni autoctone di abete bianco dell'Appennino è venuta in contatto con quella di popolazioni di abete bianco traslocate, da pochi metri a centinaia di chilometri, per esigenze di sfruttamento e gestione del bosco da parte dell'uomo (AA. VV., 2000; Vazzano et al., 2011; Urbinati e Romano, 2012; Santini et al., 2018). Limitandosi alla gestione forestale degli ultimi decenni, è noto come nell'area appenninica si siano spesso rimboschite aree precedentemente occupate da abete bianco con varie specie del genere *Abies*, utilizzando nella maggior parte dei casi materiale di origine ignota (Bernetti, 1995; Santini et al., 2018). Queste operazioni possono aver determinato, oppure determinare in futuro, un inquinamento del patrimonio genetico locale. Il pericolo legato all'introduzione di provenienze non locali è stato recentemente enfatizzato da lavori sugli effetti dell'introgressione via polline in popolazioni residuali di conifere autoctone (Steinitz et al., 2012; Unger et al., 2016). Le piccole popolazioni frammentate di abete bianco dell'Appennino Tosco-Emiliano sono a forte rischio di subire immigrazione via polline da materiale geneticamente divergente da quello locale, proprio perché circondate da piantagioni di abete bianco di origine ignota che coprono, complessivamente, centinaia di ettari. Anche nel caso in cui le piantagioni siano geneticamente simili alle popolazioni naturali residuali, esse potrebbero comunque rappresentare un pericolo in quanto fonti di polline geneticamente poco variabile. Infatti, il materiale usato per la messa a dimora delle piantagioni deriva sovente dai semi raccolti da un esiguo numero di individui, e questo può causare una forte riduzione di variabilità genetica (Blanc-Jolivet e Degen, 2014). La determinazione dell'origine e la quantificazione della variabilità genetica delle piantagioni, perciò, rappresenta un dato cruciale per sviluppare strumenti decisionali efficaci per prevedere l'effetto delle piantagioni sui nuclei naturali residuali (Santini et al., 2018). Infatti, piantagioni di origine locale e con elevata variabilità genetica potrebbero essere considerate come preziosi interventi di reintroduzione di materiale autoctono già installati e dal limitato costo di gestione. Esattamente per questo motivo è particolarmente urgente comprendere la composizione genetica di piantagioni di grandi dimensioni e con un'antica storia di gestione, come quella dell'Abetina Reale.

Un progetto attualmente in corso, che vede la collaborazione di IBBR-CNR e il Parco Nazionale dell'Appennino Tosco-Emiliano, ha la finalità di comprendere l'origine e la struttura genetica degli abeti bianchi che attualmente vegetano nel SIC-ZPS Abetina Reale, Alta Val Dolo. Il progetto è basato su un campionamento intensivo finalizzato alla caratterizzazione dell'intero nucleo, in cui sono stati prelevati campioni per le estrazioni del DNA da oltre 300 abeti bianchi. Le piante sono state caratterizzate geneticamente con gli stessi marcatori molecolari utilizzati nei lavori precedenti svolti da IBBR-CNR su abete bianco (Postolache et al., 2014; Leonarduzzi et al., 2016; Piotti et al., 2017; Santini et al., 2018). L'utilizzo di tale set di marcatori permetterà di confrontare le caratteristiche genetiche dell'abete bianco dell'Abetina Reale con quelle degli altri nuclei presenti in un ampio *dataset* di riferimento collezionato negli anni da IBBR-CNR, che conta ormai più di 4.000 genotipi di abete bianco da oltre 100 popolazioni da tutta la distribuzione della specie. I risultati del progetto attualmente in corso verranno pubblicati nel 2022.

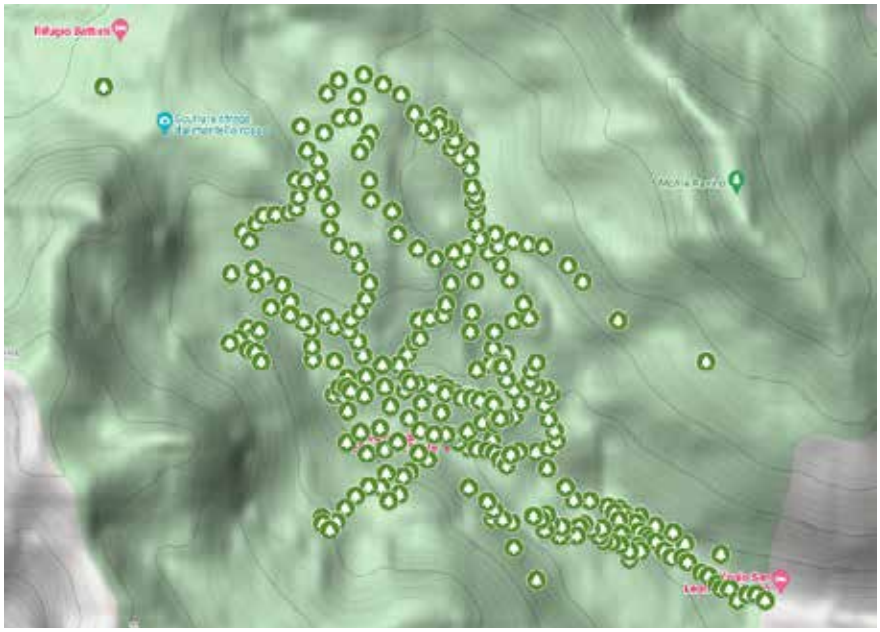


*Figura 4 – Localizzazione dei 300 individui campionati lungo la sentieristica che attraversa l'Abetina Reale di Civago (mappa realizzata con Google My Maps). Sono stati inoltre eseguiti dei transetti fuori sentiero finalizzati a non lasciare inesplorate aree di foresta di grandi dimensioni lontani dai percorsi esistenti*

## 5 - Perché è importante promuovere la conservazione delle abetine dell'Appennino Tosco-Emiliano

I motivi per promuovere la conservazione e, se possibile, l'espansione delle abetine presenti nell'Appennino Tosco-Emiliano sono molteplici, ma due rivestono particolare importanza alla luce delle conseguenze più probabili della crisi climatica sul patrimonio forestale europeo.

In primo luogo è già stato descritto come le evidenze genetiche finora raccolte mostrino l'incredibile rilevanza delle piccole popolazioni di abete bianco dell'Appennino settentrionale dal punto di vista storico, evolutivo e conservazionistico (Piotti et al., 2017), e l'altrettanto estrema urgenza di azioni concrete volte a preservare il loro elevato potenziale adattativo. Le loro caratteristiche genetiche peculiari, infatti, potrebbe rivelarsi cruciale per l'adattamento al cambiamento climatico della specie negli anni a venire. Ciò dipende dal fatto che, in generale, ci si attende uno spostamento verso nord delle condizioni climatiche, con un progressivo aumento di annate siccitose e temperature estreme nelle regioni più settentrionali. Come raccontato recentemente in un interessante e ben documentato reportage sul deperimento delle foreste tedesche pubblicato sulla prestigiosa rivista Science, i gestori del patrimonio boschivo dell'Europa centro-settentrionale stanno valutando sempre di più l'utilizzo di genotipi provenienti da latitudini mediterranee, proprio perché "alberi provenienti da zone più calde e siccitose, come il sud dell'Europa, potrebbero aver già evoluto la resistenza alle condizioni previste per la Germania e altre nazioni più settentrionali in futuro" (Popkin, 2021). L'abete bianco potrebbe proprio avere nell'Appennino settentrionale un mix di elevata diversità genetica e importanti preadattamenti a condizioni sempre più frequenti nel resto del suo areale di distribuzione.

Infine l'abete bianco rappresenta l'opzione principale per diversificare le foreste che occupano la fascia montana dell'Appennino settentrionale, foreste che sono attualmente dominate dal faggio. Numerosi studi recenti hanno dimostrato che la diversificazione degli ecosistemi forestali in termini di numero di specie arboree è correlata a una maggiore resistenza e resilienza ai disturbi biotici e abiotici (Jactel e Brockerhoff, 2007, Seidl et al., 2016), a una gamma di servizi ecosistemici più ampia rispetto a soprassuoli monospecifici (Gamfeldt et al., 2013; Rudow et al., 2020) e a una maggiore produttività del popolamento (Vilà et al., 2013, Liang et al., 2016). Evidenze di tali benefici stanno venendo raccolte anche per quanto riguarda la consociazione faggio-abete (Versace et al., 2021), finora poco studiata. Anche i risultati preliminari del progetto *"Primary forests and climate change"*, mostrano come, tra i tipi forestali europei indagati, il bosco misto abete bianco - abete rosso - faggio sia quello che garantisce uno stock complessivo di carbonio maggiore. Infine, nonostante in passato dati ecofisiologici facessero propendere per considerare relativamente bassa l'efficienza nell'uso dell'acqua dell'abete bianco (Guehl et al., 1991; Aussenac, 2002; Macias et al., 2006; Linares e Camarero, 2012), nuove evidenze derivate dal crescente volume di dati dendrocronologici collezionati per la specie sembrano indicare che esso possa invece meglio tollerare la siccità rispetto al faggio (Tinner et al., 2013; Vitali et al., 2017; Vitasse et al., 2019). Gli autori di questi studi arrivano a proporre l'abete bianco come specie d'elezione per orientare le foreste europee verso ecosistemi che resistano meglio e producano maggiormente nell'affrontare il rapido cambiamento climatico in corso. Conservare le abetine dell'Appennino Tosco-Emiliano potrebbe quindi significare garantirsi la possibilità di massimizzare l'efficacia degli sforzi in atto per sviluppare e gestire ecosistemi forestali che mitighino il più possibile gli effetti della crisi climatica in atto. (figure 5 e 6)

*Figura 5 – Bosco misto con abete bianco e faggio sopra il Rifugio Segheria, nel cuore dell'Abetina Reale di Civago, nel Parco Nazionale dell'Appennino Tosco-Emiliano - ph Piotti/Avanzi*

**Ringraziamenti**

Le ricerche appena terminate e attualmente in corso presentate in questo articolo sono frutto di una collaborazione tra IBBR-CNR, Comunalia di Valditacca, Parco Nazionale dell'Appennino Tosco-Emiliano, esperti del territorio e tecnici forestali. In particolare si desidera ringraziare Willy Reggioni e il personale del Parco Nazionale dell'Appennino Tosco-Emiliano, Paolo Piovani, Simone Barbarotti, Stefano Zanzucchi, Francesco Meneguzzo, Sara Perazzoli e Marcello Terzi del Rifugio Segheria, Cristina Leonarduzzi, Ilaria Spanu, Stefano Leonardi e Giovanni Giuseppe Vendramin. Le ricerche sono state finanziate nell'ambito della Direttiva Ministeriale Biodiversità 2018 e dello strumento finanziario "Interventi di adattamento, efficienza energetica, mobilità sostenibile e gestione forestale sostenibile negli Enti Parco Nazionali" 2019 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, tramite gli accordi di collaborazione "Studio della variabilità genetica delle popolazioni di Abete bianco allo scopo di individuare la forma di gestione migliore per evitare la scomparsa dell'habitat prioritario 9220*" (CNR DBA.AD002.234) e "Primi interventi urgenti per favorire l'adattamento delle foreste ad Abete bianco del Parco nazionale dell'Appennino tosco-emiliano agli effetti del cambiamento climatico" (CNR DBA.AD001.386) tra IBBR-CNR e Parco Nazionale dell'Appennino Tosco-Emiliano, e supportate dal finanziamento del Ministero dell'Università e della Ricerca al progetto "Cambiamento climatico: mitigazione del rischio per uno sviluppo sostenibile (quota FOE 2019)" (CNR DTA.AD003.474).

**Bibliografia**


- *AA.VV (2000) - La Toscana dei boschi. Regione Toscana – Giunta Regionale e Fondazione S. Giovanni Gualberto. Edizioni Vallombrosa.*
- *ALLENDORF FW, LUIKART G, AITKEN S (2013) - Conservation and the genetics of populations. 2nd edition. Wiley-Blackwell.*
- *AUSSENAC G (2002) - Ecology and ecophysiology of circum-Mediterranean firs in the context of climate change. Annals of Forest Science 59, 823–832.*
- *BERNETTI G (1995) - Selvicoltura speciale. UTET.*
- *BLANC-JOLIVET C, DEGEN B (2014) - Using simulations to optimize genetic diversity in Prunus avium seed harvests. Tree Genetics and Genomes 10, 503–512.*
- *CHEDDADI R, BIRKS HJB., TARROSO P, LIEPELT S, GÖMÖRY D, DULLINGER S, MEIER ES, HÜLBER K, MAIORANO L, LABORDE H (2014) - Revisiting tree-migration rates: Abies alba (Mill.), a case study. Vegetation History and Archaeobotany 23, 113–122.*
- *COLOMBAROLI D, MARCHETTO A, TINNER W (2007) - Long-term interactions between Mediterranean climate, vegetation and fire regime at Lago di Massaciuccoli (Tuscany, Italy). Journal of Ecology 95, 755–770.*
- *DO C, WAPLES RS, PEEL D, MACBETH GM, TILLETT BJ, OVENDEN JR (2014) - NeEstimator V2: re-implementation of software for the estimation of contemporary effective population size (Ne) from genetic data. Molecular Ecology Resources 14, 209–214.*
- *FOLLIERI M, GIARDINI M, MAGRI D, SADORI L (1998) - Palynostratigraphy of the last glacial period in the volcanic region of central Italy. Quaternary International 47, 3–20.*
- *GALLUCCI V, URBINATI C (2009) - Dinamismi di accrescimento e sensitività climatica dell'abete bianco (Abies alba Mill.) nel SIC Alpe della Luna-Bocca Trabaria (PU). Forest@ 6, 85–99.*
- *GAMFELDT L, SNÄLL T, BAGCHI R, JONSSON M, GUSTAFSSON L, KJELLANDER P, RUIZ-JAEN MC, FRÖBERG M, STENDAHL J, D. PHILIPSON CD ET AL. (2013) - Higher levels of multiple ecosystem services are found in forests with more tree species. Nature Communications 4.*
- *GUEHL JM, AUSSENAC G, BOUACHRINE J, ZIMMERMAN R, PENNES JM, FERHI A, GRIEU P (1991) - Sensitivity of leaf gas-exchange to atmospheric drought, soil drought, and water-use efficiency in some Mediterranean Abies species. Canadian Journal of Forest Research 10, 1507–1515.*
- *HOBAN SM, HAUFFE HC, PÉREZ-ESPONA S, ARNTZEN JW, BERTORELLE G, BRYJA J, FRITH K, GAGGIOTTI OE, GALBUSERA P, GODOY JA ET AL. (2013) - Bringing genetic diversity to the forefront of conservation policy and management. Conservation of Genetic Resources 5, 593–598.*
- *HOBAN S, BRUFORD M, D'URBAN JACKSON J, LOPES-FERNANDES M, HEUERTZ M, HOHENLOHE PA, PAZ-VINAS I, SJÖGREN-GULVE P, SEGELBACHER G, VERNESI C ET AL. (2020) - Genetic diversity targets and indicators in the CBD post-2020 Global Biodiversity Framework must be improved. Biological Conservation 248.*
- *JACTEL H, BROCKERHOFF EG. - Tree diversity reduces herbivory by forest insects. Ecology Letters 10, 835–848 (2007).*
- *KALINOWSKI ST (2005) - hp-rare 1. 0: a computer program for performing rarefaction on measures of allelic richness. Molecular Ecology Notes 5, 187–189.*
- *KRAL F (1979) - Spät- und postglaziale Waldgeshichte del Alpen auf Grund der bisheringen Pollenanalyses. Wien.*
- *KRAMER AT, ISON JL, ASHELY MV, HOWE HF (2008) - The paradox of forest fragmentation genetics. Conservation Biology 22, 878–885.*
- *LAIKRE L, HOBAN S, BRUFORD MW, SEGELBACHER G, ALLENDORF FW, GAJARDO G, GONZÁLEZ RODRÍGUEZ A, HEDRICK PW, HEUERTZ M, HOHENLOHE PA ET AL. (2020) - Post-2020 goals overlook genetic diversity. Science 367, 1083–1085.*
- *LEFÈVRE F, ALIA R, BAKKEBØ FJELLSTAD K, GRAUDAL L, OGGIONI SD, RUSANEN M, VENDRAMIN GG, BOZZANO M (2020) - Dynamic conservation and utilization of forest tree genetic resources: indicators for in situ and ex situ genetic conservation and forest reproductive material. European Forest Genetic Resources Programme, European Forest Institute.*
- *LEONARDUZZI C, PIOTTI A, SPANU I, VENDRAMIN GG (2016) - Effective gene flow in a historically fragmented area at the southern edge of silver fir (Abies alba Mill.) distribution. Tree Genetics and Genomes 12, 95.*
- *LIANG J, CROWTHER TW, PICARD N, WISER S, ZHOU M, ALBERTI G, SCHULZE E, MCGUIRE AD, BOZZATO F, PRETZSCH H ET AL. (2016) - Positive biodiversity-productivity relationship predominant in global forests. Science 354, aaf8957.*
- *LINARES J, CAMARERO JJ (2012) - Growth patterns and sensitivity to climate predict silver fir decline in the Spanish Pyrenees. European Journal of Forest Research 131, 1001–1012.*
- *LOWE AJ, CAVERS S, BOSHIER D, BREED MF, HOLLINGSWORTH PM (2015) - The resilience of forest fragmentation genetics—no longer a paradox—we were just looking in the wrong place. Heredity 115, 97–99.*
- *MACIAS M, ANDREU L, BOSCH O, CAMARERO JJ, GUTIÉRREZ E (2006) - Increasing aridity is enhancing silver fir Abies alba (Mill.) water stress in its south-western distribution limit. Climate Change 79, 289–313.*

*Figura 6 – Bosco misto con abete bianco e faggio sopra il Rifugio Segheria, nel cuore dell'Abetina Reale - ph Riccardo Masoni*

- *MAGRI D, AGRILLO E, DI RITA F, FURLANETTO G, PINI R, RAVAZZI C, SPADA F (2015) - Holocene dynamics of tree taxa populations in Italy. Review of Palaeobotany and Palynololgy 218, 267–284.*
- *MAJOR EI, HÖHN M, AVANZI C, FADY B, HEER K, OPGENOORTH L, PIOTTI A, POPESCU F, POSTOLACHE D, VENDRAMIN GG, CSILLÉRY K (2021) - Fine-scale spatial genetic structure across the species range reflects recent colonization of high elevation habitats in silver fir (Abies alba Mill.). Molecular Ecology 30, 5247–5265.*
- *MORALES-MOLINO C, STEFFEN M, SAMARTIN S, VAN LEEUWEN JFN, HÜRLIMANN D, VESCOVI E, TINNER W (2021) - Long-term responses of mediterranean mountain forests to climate change, fire and human activities in the northern Apennines (Italy). Ecosystems 24, 1361–1377.*
- *MÜLLER SD, NAKAGAWA T, DE BEAULIEU JL, COURT-PICON M, CARCAILLET C, MIRAMONT C, BOUTTERIN C, ALI AA, BRUNETON H (2007) - Post-glacial migration of silver fir (Abies alba Mill.) in the south-western Alps. Journal of Biogeography 34, 876–899.*
- *PARDUCCI L, SZMIDT AE, VILLANI F, WANG XR, CHERUBINI M (1996) - Genetic variation of Abies alba in Italy. Hereditas 125, 11–18.*
- *PEAKALL R, SMOUSE P. GENALEX 6.5: GENETIC ANALYSIS IN EXCEL (2012) - Population genetic software for teaching and research – an update. Bioinformatics 19, 2537–2539.*
- *PIOTTI A, LEONARDUZZI C, POSTOLACHE D, BAGNOLI F, SPANU I, BROSSEAU L, URBINATI C, LEONARDI S, VENDRAMIN GG (2017) - Unexpected scenarios from Mediterranean refugial areas: disentangling complex demographic dynamics along the Apennine distribution of silver fir. Journal of Biogeography 44, 1547–1558.*
- *PIOVANI P, LEONARDI S, PIOTTI A, MENOZZI P (2010) - Conservation genetics of small relic populations of silver fir (Abies alba Mill.) in northern Apennines. Plant Biosystem 144, 683–691.*
- *POPKIN G (2021) - Marshes on the move. Science 372, 1254 –1258.*
- *POSTOLACHE D, LEONARDUZZI C, PIOTTI A, SPANU I, ROIG A, FADY B, ROSCHANSKI A, LIEPELT S, VENDRAMIN GG (2014) - Transcriptome versus genomic microsatellite markers: highly informative multiplexes for genotyping Abies alba Mill. and congeneric species. Plant Molecular Biology Reporter 32, 750–760.*
- *ROVELLI E (1995) - La distribuzione dell'abete (Abies alba Mill.) sull'Appennino. Monti e Boschi 6, 5–13.*
- *RUDOW A, WESTERGREN M, BUITEVELD J, BURIÁNEK V, CENGEL B, COTTRELL J, DE DATO G, JÄRVE K, KAJBA D, KELLEHER C ET AL. (2020) - Decision support tool for the management of dynamic genetic conservation units. European Forest Genetic Resources Programme, European Forest Institute.*
- *SANTINI F, ANDRISANO T, LEONARDI S, CIASCHETTI G, LABRIOLA M, VENDRAMIN GG, PIOTTI A (2018) - Tracking the origin of silver fir plantations along the boundary between different genetic clusters in central Apennines: implications for their management. Forest Ecology and Management 408, 220–227.*
- *SEIDL R, SPIES TA, PETERSON DL, STEPHENS SL, HICKE JA (2016) - Searching for resilience: addressing the impacts of changing disturbance regimes on forest ecosystem services. Journal of Applied Ecology 53, 120–129.*
- *SCOTTI-SAINTAGNE C, BOIVIN T, SUEZ M, MUSCH B, SCOTTI I, FADY B (2021) - Signature of mid-Pleistocene lineages in the European silver fir (Abies alba Mill.) at its geographic distribution margin. Ecology and Evolution 11, 10984–10999.*
- *STEINITZ O, ROBLEDO-ARNUNCIO JJ, NATHAN R (2012) - Effects of forest plantations on the genetic composition of conspecific native Aleppo pine populations. Molecular Ecology 21, 300–313.*
- *TINNER W, COLOMBAROLI D, HEIRI O, HENNE PD, STEINACHER M, UNTENECKER J, VESCOVI E, ALLEN JRM, CARARO G CONEDERA M ET AL. (2013) - The past ecology of Abies alba provides new perspectives on future responses of silver fir forests to global warming. Ecological Monographs 83, 419–439.*
- *UNGER GM, HEUERTZ M, VENDRAMIN GG, ROBLEDO-ARNUNCIO JJ (2016) - Assessing early fitness consequences of exotic gene flow in the wild: a field study with Iberian pine relicts. Evolutionary Applications 9, 367–380.*
- *URBINATI C, ROMANO R (2012) - Foresta e monaci di Camaldoli un rapporto millenario tra gestione e conservazione. INEA Roma.*
- *URBINATI C, GALLUCCI V, PIOTTI A ET AL. (2014) - Report finale del progetto "Caratterizzazione genetica, ecologico-strutturale e dendrocronologica dei popolamenti di abete bianco del Parco Nazionale del Gran Sasso e dei Monti della Laga", Regione Abruzzo, PSR 2007-2013, Asse 3 – Bando misura 323 Tutela e riqualificazione del patrimonio rurale. Piani SIC e ZPS.*
- *VAZZANO E, QUILGHINI G, TRAVAGLINI D, NOCENTINI S (2011) - Evoluzione della copertura forestale nella Foresta della Lama (Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi) dal Piano di assestamento di Siemoni e Seeland del 1837 a oggi. Forest@ 8, 78–87.*
- *VERSACE S, GARFÌ V, DALPONTE M, DI FEBBRAIO M, FRIZZERA L, GIANELLE D, TOGNETTI R (2021) - Species interactions in pure and mixed-species stands of silver fir and European beech in Mediterranean mountains. iForest 14, 1–11.*
- *VILÀ M, CARRILLO-GAVILÁN A, VAYREDA J, BUGMANN H, FRIDMAN J, GRODZKI W, HAASE J, KUNSTLER G, SCHELHAAS M, TRASOBARES A (2013) - Disentangling biodiversity and climatic determinants of wood production. PLoS One, 8.*
- *VITALI V, BUNTGEN U, BAUHUS J (2017) - Silver fir and Douglas fir are more tolerant to extreme droughts than Norway spruce in south-western Germany. Global Change Biology 23, 5108–5119.*
- *VITASSE Y, BOTTERO A, REBETEZ M, CONEDERA M, AUGUSTIN S, BRANG P, TINNER W (2019) - What is the potential of silver fir to thrive under warmer and drier climate? European Journal of Forest Research 138, 547–560.*
- *YOUNG A, BOYLE T, BROWN T (1996) - The population genetic consequences of habitat fragmentation for plants. Trends in Ecology and Evolution 11, 413–418.*

# Il limite superiore del bosco in Appennino

## Passato, presente e futuro

di Giuliano Bonanomi[1][2]

(1) Dipartimento di Agraria, Università degli Studi di Napoli Federico II
(2) CAI - Sezione di Salerno

**Riassunto:** Il limite superiore del bosco *(treeline)* è un elemento paesaggistico che caratterizza la maggior parte dei gruppi montuosi del globo terrestre. L'attuale posizione della *treeline* è il risultato dell'interazione tra fattori climatici, topografici e antropici. Lungo l'Appennino il faggio (*Fagus sylvatica* L.) è la specie dominante e pone il suo limite altitudinale mediamente a 1.589 metri s.l.m.. Nel Parco del Pollino si ritrovano i faggi continentali che vegetano alle altitudini più elevate al mondo, raggiungendo la ragguardevole quota di 2.140 metri. La quota della *treeline* si è abbassata, rispetto al passato, in molti gruppi appenninici a causa dell'impatto antropico e ciò è più evidente sulle Alpi Apuane, sul Gran Sasso, sul Velino-Sirente, sui Sibillini e sul Pollino. Al contrario, il limite del bosco sulla Laga, sui Simbruini e sull'Orsomarso appare meno influenzato da precedenti perturbazioni antropiche. In questo contesto il caso della Majella è emblematico in quanto nelle zone più accessibili il faggio raggiunge a malapena i 1.800 metri di quota ma, al contrario, i remoti e quasi inaccessibili versanti settentrionali e orientali conservano lembi di faggeta che vegetano ben oltre i 2.000 metri. In un mondo influenzato dai cambiamenti climatici, la combinazione di clima più caldo e minor disturbo dell'uomo dovrebbe teoricamente favorire la ricolonizzazione delle praterie di alta quota, con conseguente avanzamento della *treeline*. In realtà il faggio, nella maggior parte delle vette appenniniche, stenta a ricolonizzare gli spazi perduti nei secoli passati a causa della sua difficoltà ad attecchire e sopravvivere nelle praterie aperte. È stato però riscontrato che la rinnovazione di faggio è facilitata dalla presenza di *Pinus mugo*, *Juniperus communis* e *Vaccinium myrtillus* che agiscono come piante "*nurse*". Il presente articolo analizza, inoltre, l'utilità e i limiti delle analisi polliniche e dello studio dei carboni fossili per la ricostruzione della *treeline* nelle epoche passate, evidenziando anche le potenzialità dell'utilizzo del DNA sedimentario antico.

***Abstract: The upper limit of the forest in the Apennines: past, present and future***

*High-elevation treeline is an ecological ecotone representing the upper elevation thermal limit for forest development. The current tree line position is the result of the past human activity interacting with climatic and topographic conditions. Here, we first describe how climate, local topographic factors and anthropogenic disturbance currently affect treeline formed by Fagus sylvatica in the Apennines. Treeline across the Apennines had an average elevation of 1.589 m a.s.l.. In detail, treeline elevation was lowest in the North Italy (Apuan Alps), while the highest treeline was found in Central Italy (Simbruini). The absolute maximum treeline elevation of F. sylvatica was recorded in the Pollino with an elevation of 2.140 metri. Evidence of a pervasive anthropogenic effect depressing treeline elevation was found in the North (Apuan Alps) Central (Gran Sasso, Velino-Sirente, Sibillini) and Southern part of Apennines (Pollino). By contrast, treeline elevation of the Laga, Simbruini, and Orsomarso mountain groups appears less affected by past anthropogenic disturbance. Finally, we recorded in the several mountain groups i.e. Majella, Marsicani and Pollino, the coexistence of very depressed treelines just a few kilometers away from much higher treelines, among the highest ever recorded for F. sylvatica. In the context of climatic change, we found that F. sylvatica regeneration is rare in open secondary grasslands highlighting a bottleneck in the regeneration phase of this species. On the contrary, we systematically observed a strong spatial association between F. sylvatica recruitment with Pinus mugo, Juniperus communis and Vaccinium myrtillus. Above the current treeline of the Apennines, F. sylvatica individuals develop only in the presence of shrubs, which act as nurse species. Finally, we discuss the importance and limitation of pollen and charcoal analyses for reconstruction of past treeline, highlighting the potential use of ancient sedimentary DNA in the context of Apennines.*

### Il limite superiore del bosco

Il limite superiore del bosco chiuso è un elemento paesaggistico che caratterizza la maggior parte dei gruppi montuosi del globo terrestre che raggiungono una sufficiente altitudine. La quota massima raggiunta dalle formazioni arboree viene comunemente definita linea degli alberi (in inglese "*treeline*"), in molti casi è così netta ed elegante che sembra tracciata dalla mano di un paesaggista. Gli alberi che raggiungono le quote più elevate si trovano in Himalaya dove *Juniperus tibetica* raggiunge i 4.900 metri di altitudine. Sulle Alpi, diverse conifere tra cui il pino cembro (*Pinus cembra*) e il larice (*Larix decidua*), possono raggiungere i 2.200-2.300 metri di quota (Körner & Paulsen 2004). Il limite

superiore del bosco è indubbiamente il risultato del complesso effetto della temperatura sulla fisiologia degli alberi: più questa è bassa, minore è la quota altimetrica raggiunta dalla treeline. Procedendo idealmente dall'equatore verso i poli, la quota del limite superiore del bosco si riduce progressivamente collocandosi dai circa 4.000 metri nei tropici fino a raggiungere il livello del mare alle latitudini più elevate della Norvegia e del Canada nell'emisfero boreale e della Terra del Fuoco in quello australe.

Il limite superiore del bosco è comunemente associato con la riduzione della temperatura dell'aria e del suolo man mano che si sale di quota. I primi studi, erroneamente, sostenevano che fossero le temperature minime invernali a limitare lo sviluppo degli alberi. Per esempio, il faggio (*Fagus sylvatica*) durante il riposo invernale può superare agevolmente temperature inferiori ai - 40°C, valori che mai si raggiungono negli Appennini. Studi successivi hanno identificato un'isoterma che caratterizza il limite superiore del bosco a scala mondiale che si pone a ~6.7 °C durante la stagione vegetativa (Körner 2012). Questo limite termico si riflette, sui versanti delle montagne, in un confine immaginario che gli alberi non possono oltrepassare. Quando le temperature sono inferiori a questo limite solo gli arbusti prostrati, le piante pulviniformi ed alcune erbe possono completare il loro ciclo vitale. Il limite di ~6.7 °C non è casuale ma ha profonde radici eco-fisiologiche. Alcuni decenni fa si pensava che le basse temperature limitassero il processo di fotosintesi clorofilliana, ma successivamente è stato ampiamente dimostrato che gli alberi che vivono alla *treeline*, incluse numerose specie di pini e abeti, sono in grado di condurre efficientemente questo processo fino a temperature prossime allo 0°C, purché l'acqua nel suolo non sia ghiacciata. Allora qual è il vero limite fisiologico? Le basse temperature, inferiori a ~6.7 °C rallentano fortemente la divisione, la distensione e l'allungamento cellulare (Körner 2012). In altre parole, un albero che vive al limite superiore del bosco si trova nella situazione paradossale di produrre grandi quantità di prodotti della fotosintesi, ma non è in grado di trasformarli in crescita di nuovi tessuti come foglie, rami e legno. Metaforicamente, è come se avessimo una fabbrica in piena attività produttiva ma impossibilitata a consegnare la merce e trasformarla in fatturato.

Se su scala globale sono ad oggi chiari i fattori eco-fisiologici che spiegano la quota altimetrica della *treeline*, su scala regionale e locale altri fattori possono intervenire, anche notevolmente, a modificare la quota massima a cui rileviamo le formazioni forestali. Valanghe, incendi, tagli boschivi oltre alle attività di pascolo sono i fattori che tendono ad abbassare, quindi a "deprimere" la quota della *treeline* rispetto a quella potenziale climatica di una determinata specie. Nel continente europeo, sulle Alpi, sui Pirenei, nei Carpazi, sulle catene montuose spagnole l'attività antropica di millenni ha modificato radicalmente la vegetazione nei piani collinari e montani, oltre ad avere abbassato sensibilmente la quota massima raggiunta dai boschi. Tale azione è stata particolarmente intensa e pervasiva sugli Appennini.

**I boschi di alta quota in Appennino**

Lungo i 1.000 km dell'Appennino il faggio è la specie dominante al limite superiore del bosco, ambiente che in pochi casi condivide con il pino loricato (*Pinus heldreichii*) sul massiccio del Pollino e con il pino mugo (*Pinus mugo*) sulla Majella. Il faggio è una specie a foglia caduca con il più ampio areale tra gli alberi europei essendo presente dalla penisola Scandinava, alle isole Britanniche, fino all'Europa Centrale e Mediterranea. È una specie che soffre il caldo e la siccità estiva, quindi, nel bacino del Mediterraneo trova rifugio nelle aree montane avvantaggiandosi di condizioni climatiche ottimali quali estati fresche e piovose. Un recente studio del nostro gruppo di ricerca ha quantificato le quote massime raggiunte dal faggio su 302 picchi appenninici per complessivi 3.622 km di *treeline* (Bonanomi et al. 2018). Mediamente il faggio pone il suo limite altitudinale a 1.589 m s.l.m., sebbene esista una notevole variabilità tra i diversi gruppi montuosi appenninici. Da tale studio emerge che nel Parco del Pollino si ritrovano i faggi continentali che vegetano alle più elevate altitudini al mondo, raggiungendo la ragguardevole quota di 2.140 metri sulle pendici del Monte Serra del Prete (Figura 1). In questo sito il faggio si spinge fino al suo limite altitudinale climatico in quanto non è stato disturbato dalle attività dell'uomo da diversi secoli. Difatti, in quest'area di particolare pregio naturalistico e conservazionistico, gli alberi hanno una età superiore ai 200 anni e si presentano con fusti reptanti, contorti e un'altezza di 2-3 metri.

Oltre che sul già citato Pollino, il faggio raggiunge le quote più elevate sui Simbruini e la Laga mentre i più bassi si rilevano sulle Alpi Apuane, sui Sibillini e sull'Appennino Campano (Figura 2) (Bonanomi et al. 2020). Le faggete sommitali del Monte Serra del Prete rappresentano una rarissima eccezione perché scampate all'azione del taglio, dell'incendio e del pascolamento. Lungo tutto l'Appennino la millenaria azione dell'uomo, volta ad aprire radure nel bosco per favorire le coltivazioni e il pascolo o per ottenere legname o produrre carbone, ha determinato un drastico abbassamento delle quote massime raggiunte dal bosco. L'attività dell'uomo è stata comunque più incisiva in alcuni gruppi montuosi piuttosto che in altri. Una quantificazione

*Figura 1. Il versante settentrionale della Serra del Prete (2181 metri s.l.m.) in Pollino ospita i faggi continentali più alti del mondo, in grado di vivere alla quota di 2140 metri. In veste invernale (sotto) le chiome sono a volte completamente coperte di neve e solo i rami più alti spuntano rivelando la presenza dei faggi sotto i piedi dell'escursionista.*

indiretta dell'impatto antropico viene fornita dall'analisi del differenziale tra quota massima raggiunta dal faggio, magari in pochi lembi ubicati in aree remote e inaccessibili, rispetto al valore medio del gruppo montuoso di riferimento (Figura 2). I valori più elevati che si registrano per le Apuane, i Sibillini, il Velino-Sirente, il Gran Sasso, l'Ocre, la Majella e il Pollino stanno a indicare che in tali aree il faggio è fortemente "depresso" rispetto al proprio potenziale climatico.

Sulle Alpi Apuane, gruppo montuoso che presenta il limite superiore del bosco più basso in assoluto in Appennino, l'estrazione del famoso marmo risulta la principale azione di disturbo, in passato come oggi.

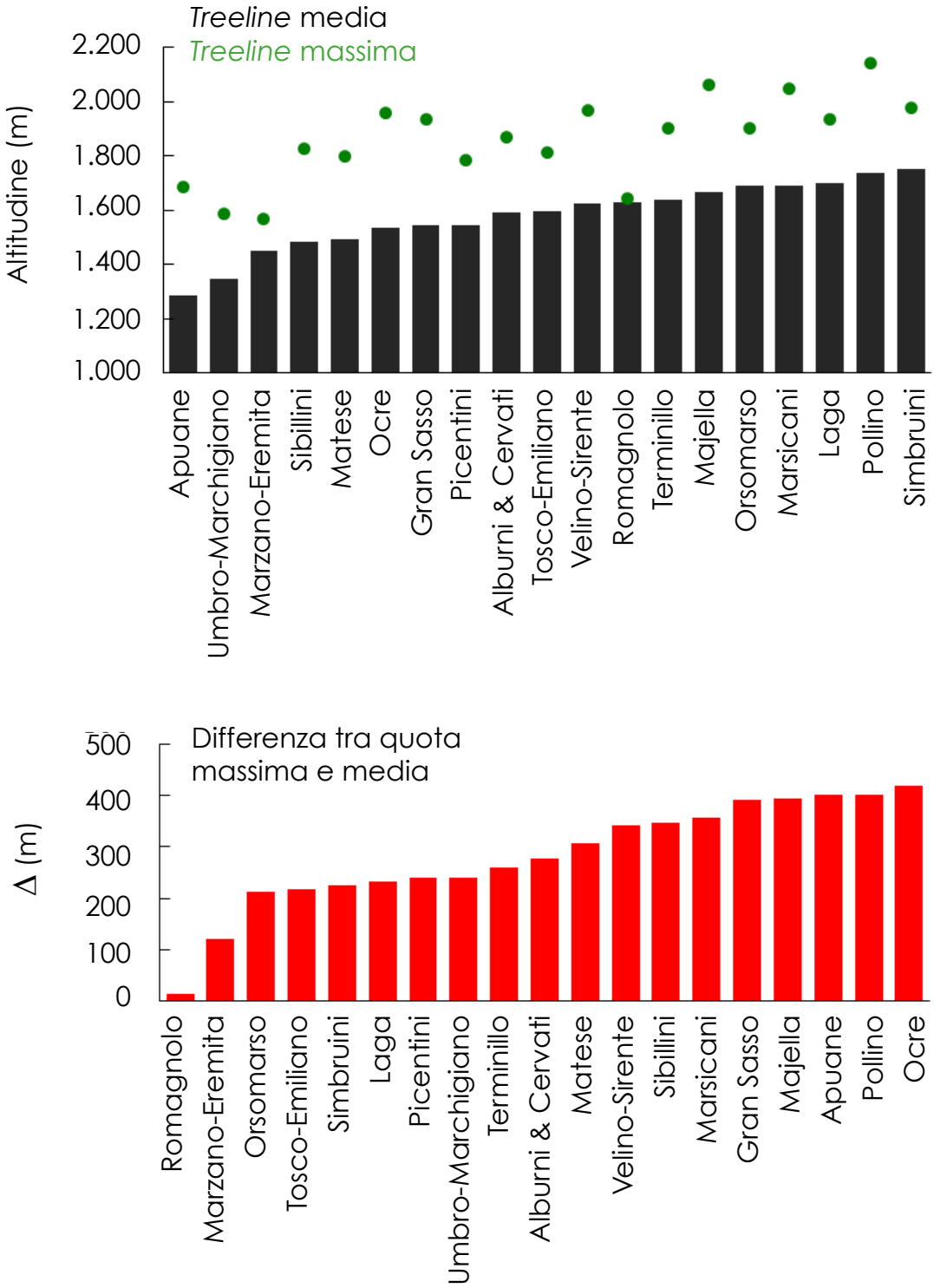



*Figura 2. Il grafico superiore riporta la quota media, espressa in metri sul livello del mare (barre nere) e le quote massime (punti verdi) rilevati per la treeline di faggio nei diversi gruppi montuosi appenninici. Il grafico inferiore (barre rosse) riportata il valore, espresso in metri, del differenziale tra quota massima e quota media della treeline per ogni gruppo montuoso. Un differenziale elevato è indice di un forte "depressione" di origine antropica della treeline rispetto al potenziale del faggio in quel contesto pedo-climatico (modificato da Bonanomi et al. 2021).*

Sui Sibillini l'azione combinata del pascolo e del dissodamento del bosco ha abbassato notevolmente la quota degli alberi, aprendo così i grandi spazi aperti di prateria che si possono ammirare dalle creste della Sibilla, del Vettore e del Redentore. Sui Sibillini il bosco è spesso relegato nelle zone più impervie, in cui il taglio e lo sfruttamento del bosco risulta impraticabile. Alcuni gruppi montuosi come il Gran Sasso, il Velino Sirente e i Marsicani mostrano inoltre un doppio volto: in alcune aree il faggio raggiunge quote ragguardevoli sebbene in media la *treeline* sia molto più bassa rispetto al limite climatico della specie, che in Centro Italia si pone poco al disopra dei 2.000 metri. Il caso della Majella è in questo contesto emblematico: nelle zone più accessibili ed esterne del gruppo montuoso come il Morrone e i versanti occidentali della Majella, il faggio raggiunge a malapena i 1.800 metri di quota. Al contrario, i remoti e quasi inaccessibili versanti settentrionali ed orientali hanno preservato il bosco dal taglio, conservandone alcuni lembi a quote superiori ai 2.000 metri come sul Monte Pizzone, in Val Cannella, sul Martellese, sul Monte Cavallo e su alcune pendici del Monte Pescofalcone. Questo indica che le foreste più remote ed inaccessibili sono state meno sfruttate e si ritrovano oggi a quote coerenti con il potenziale climatico della specie. Un'analisi più approfondita ha quantificato la relazione tra quota attuale della *treeline* e densità della popolazione umana in un'area circolare di 10 km di diametro attorno ad ogni picco montuoso. I risultati sono evidenti: maggiore è la popolazione, più bassa è la quota massima raggiunta dal faggio (Figura 3) (Bonanomi et al. 2018). Da questo punto di vista i versanti occidentali e meridionali del Velino-Sirente completamente denudati dall'originale copertura arborea sono probabilmente il risultato dell'attività millenaria di taglio e incendio portata avanti già dai Romani durante la bonifica dell'adiacente Piana del Fucino.

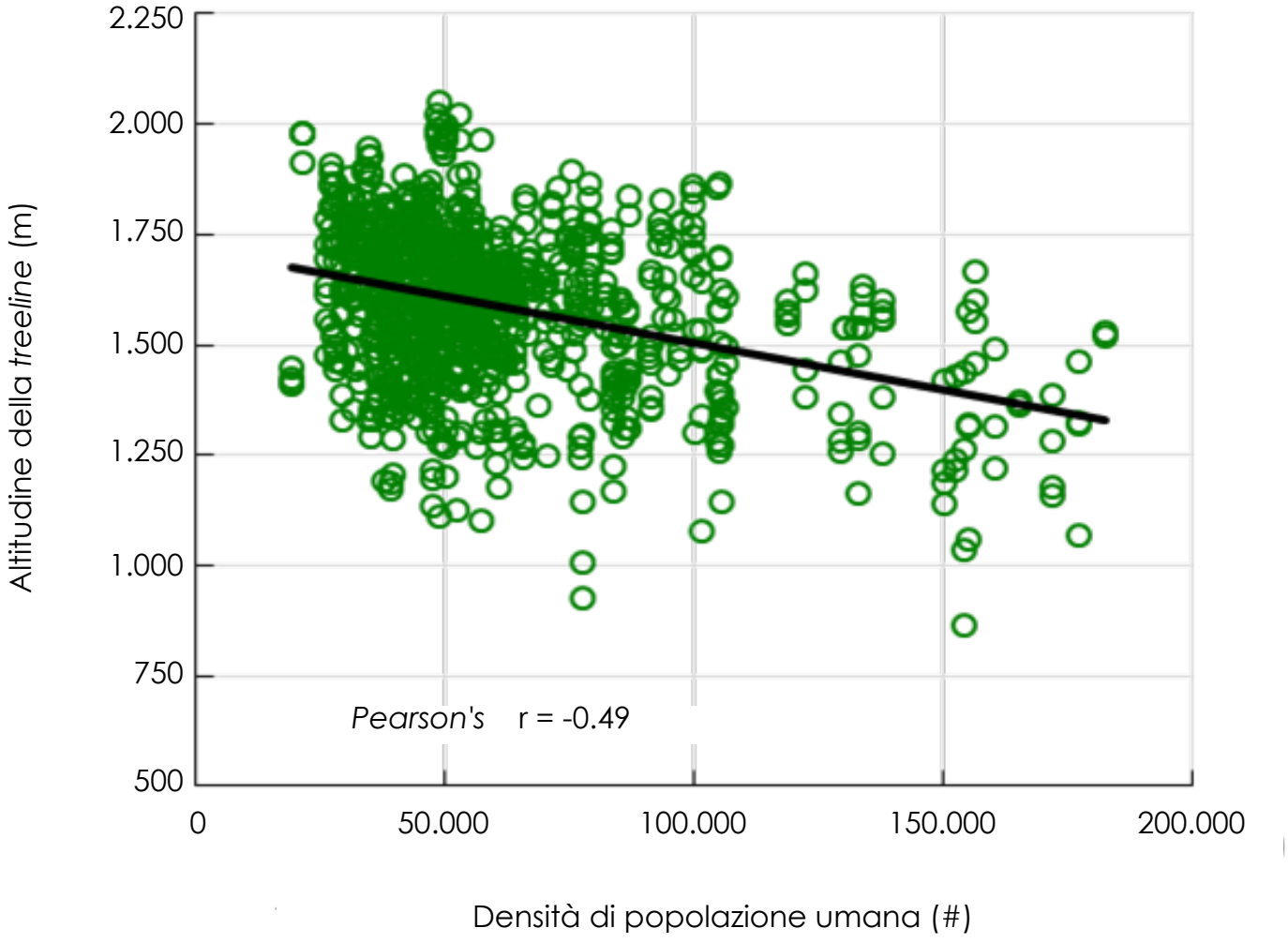



*Figura 3. Relazione tra altitudine della treeline di faggio in 302 picchi montuosi appenninici e densità di popolazione umana (Dati ISTAT) rilevata nel 1921 in un'area circolare di 10 km di diametro attorno ad ogni picco. L'analisi ripetuta con i dati di popolazione umana nel 1861 e 2011 mostravi risultati simili (modificato da Bonanomi et al. 2018).*

**Riscaldamento globale e risalita dei boschi di alta quota**

Negli ultimi decenni i cambiamenti climatici causati dall'aumento della concentrazione di gas serra in atmosfera stanno rendendo la terra un luogo indubbiamente più caldo. Inoltre, le aree montane degli Appennini dagli anni '60 sono stati testimoni di un progressivo abbandono delle attività economiche di montagna, con una forte diminuzione della pressione antropica con conseguente riduzione dei prelievi legnosi e del carico di pascolo, soprattutto in alta quota. La combinazione di un clima più caldo e minor disturbo dell'uomo dovrebbe teoricamente favorire la ricolonizzazione delle praterie di alta quota da parte del faggio con conseguente avanzamento del limite superiore degli alberi. In realtà un recente studio ha dimostrato che il faggio nella maggior parte delle vette appenniniche non ricolonizza gli spazi perduti nei secoli passati (Bonanomi et al. 2021). La quasi totalità delle piantine di faggio che tentano di colonizzare le praterie aperte, soprattutto nei versanti caldi esposti a sud, hanno un destino segnato: morte per disseccamento nei mesi estivi, soprattutto nel primo anno di vita. Questa incapacità del faggio di ricolonizzare le praterie aperte è risultata indipendente dalla quota e dalla latitudine. Da questo quadro generale, tuttavia, fanno distinguo alcune aree appenniniche. Infatti il faggio ha un asso nella manica e alcuni "amici", tecnicamente indicati come "*nurse plant*" che gli vengono in aiuto. Il ginepro comune (*Juniperus communis*): un arbusto che, oltre i 2.000 metri, presenta una densa chioma spinescente che a stento raggiunge i 50 cm di altezza, ospita e ripara tra le sue dense fronde i faggi più giovani, garantendo un suolo più fresco e umido, ricco di *humus* e funghi micorrizici essenziali per l'attecchimento dei giovani semenzali di faggio (Allegrezza et al. 2016). Per giunta le pungenti foglie del ginepro proteggono i giovani faggi dal morso del bestiame. Come conseguenza di questa interazione facilitativa sui versanti ammantati da ginepro, come quelli del Monte Argatone o del Pizzo Deta in Abruzzo, il faggio sta rapidamente risalendo di quota. La "risalita" del faggio è spontanea e rapida anche in altre aree appenniniche, in particolare sulla Majella dove il ruolo di pianta "*nurse*" è svolto dal pino mugo (*Pinus mugo*) e nei Monti della Laga dalla presenza del mirtillo (*Vaccinium myrtillus*) (Figura 4).

*Figura 4. La risposta del faggio ai cambiamenti climatici e dipendente dalla presenza di specie arbustive. In alto a sinistra, faggeta a contatto con una prateria in Pollino (quota ~1800 metri), non si rilevano giovani piante di faggio in fase di ricolonizzazione della formazione erbacea. In alto a destra, faggeta a ~1900 metri di quota sul Monte Gorzano (Laga) con notevole rinnovazione di faggio in presenza di mirtillo. In basso a destra, faggeta in rapida risalita a quota ~2040 metri sul Monte Pizzone (Majella) all'interno di una fitta mugheta. In basso a sinistra, giovani piante di faggio facilitate dalla presenza di cespugli di ginepro sui ripidi pendii del Pizzo Deta (quota ~1700 metri).*

L'esistenza di pochi siti rifugio, sia sull'Appennino meridionale che centrale, dove il faggio vegeta ancora ben oltre i 2.000 metri è un indicatore incontrovertibile della potenzialità di questa specie a svilupparsi a quote molto più elevate. In altre parole, la quota media della *treeline* di 1.589 metri s.l.m lungo l'intero arco appenninico dimostra che le faggete sono mediamente "depresse" di almeno 400 metri rispetto al loro potenziale ecologico. Per esempio, l'Appennino campano non annoverando cime oltre i duemila metri di quota, dovrebbe apparire, in un mondo privo di impatto antropico, come un susseguirsi di cime coperte da boschi di faggio densi e vetusti. Al contrario, la maggior parte delle vette del Matese, dei Picentini e degli Alburni si presentano all'escursionista con praterie secondarie, cioè originate dall'uomo attraverso il taglio del bosco, assolate e ricche di biodiversità. Su queste montagne, il limite superiore degli alberi è fortemente "depresso" rispetto al potenziale altimetrico e climatico del faggio, che a queste latitudini si approssima ai 2.100 metri di quota. Da questo punto di vista è praticamente ovvio affermare che l'Appennino abbia subito un'azione millenaria da parte dell'uomo, però a oggi ancora poco conosciamo circa la quota raggiunta dai boschi nei secoli e nei millenni passati.

Lo studio del polline fossile, lentamente accumulatosi nei laghi e nelle torbiere appenniniche, ha permesso di ricostruire dettagliatamente l'alternarsi delle principali specie vegetali durante le glaciazioni e, più recentemente, nell'Olocene. In particolare, l'analisi del polline ha permesso di ricostruire dettagliatamente la risposta del faggio all'alternarsi delle glaciazioni e all'azione dell'uomo a scala continentale e regionale (Magri et al. 2006). Comunque, solo pochi studi sono disponibili su profili pollinici ad alta quota in Appennino. Per esempio, Magri (2007) ha dimostrato che, a Campo Felice, un sito posto a ~1500 metri s.l.m., negli ultimi 90.000 anni le principali specie arboree (es. *Abies, Fagus, Pinus, Quercus*) si sono alternate con espansioni e successive contrazioni di popolazione, con l'unica eccezione per il ginepro che era costantemente presente mostrandosi quindi un campione di resistenza e resilienza ecologica. L'utilizzo dei pollini in archeobotanica ha però anche dei limiti. I pollini sono dispersi dal vento anche a lunghe distanze, spesso per decine e in alcuni casi anche per centinaia di km. Di conseguenza tale metodo è rappresentativo dei cambiamenti di vegetazione che avvengono a scala regionale o di comprensorio, ma non sono sempre in grado di definire in maniera dettagliata gli eventi che avvengono a scala locale come nel caso della *treeline*.

Le informazioni di dettaglio spaziale non ottenibili con i pollini possono essere ricavate dallo studio di legno carbonizzato, che, in quanto chimicamente inerte, si conserva nel suolo per moltissimo tempo. Per esempio, le aie dove i carbonai trasformavano il legno di faggio in carbone fino agli anni '60 del secolo scorso sono elementi pervasivi del paesaggio appenninico (Carrari 2015), rilevabili fino a quote prossime ai 2.000 metri, come da noi osservato sul Monte Pizzone e Monte Argatone. Altri segni del passato sono invece nascosti nel suolo, ma la loro interpretazione permette di svelare parte della storia dei territori e delle montagne. Per esempio, sul massiccio del Cervati, in una dolina posta a circa 1.850 metri di quota, una misteriosa quanto netta linea nerastra attraversa orizzontalmente il profilo del suolo. Sono, probabilmente, le tracce di antichi incendi che hanno trasformato la cima del Cervati da foresta rigogliosa in rocciosa e arida prateria. Una vera e propria finestra sul passato potrà essere infatti aperta dagli studi pedoantracologici in corso che attraverso l'osservazione microscopica e la datazione al $^{14}C$ dei frammenti di legno carbonizzato conservati e stratificati nel suolo consentiranno di datare gli incendi e, soprattutto, di identificare, quali erano gli alberi che caratterizzavano quel paesaggio. Sfortunatamente, le informazioni disponibili a oggi sono poche e frammentarie e non permettono di fornire un quadro d'insieme dei cambiamenti avvenuti nei boschi appenninici di alta quota. Un recente studio pedoantracologico, condotto sul Cimone e sul Corno alle Scale ha evidenziato tracce di incendi a quote leggermente superiori all'attuale *treeline* (Benatti et al. 2019). Per quanto concerne il Centro Italia, negli anni '90 Giraudi (1999) ha dimostrato che numerosi incendi di grandi dimensioni hanno interessato la catena del Gran Sasso, il Terminillo e il Monte Greco negli ultimi 8.000 anni. Le indagini del geomorfologo Giraudi hanno il notevole merito di aver scoperto i siti che ancora oggi custodiscono i carboni testimonianze dei passati incendi, oltre a fornire dettagliate datazione al radiocarbonio degli eventi stessi. Campo Imperatore, ad esempio, oggi si presenta come il più vasto e iconico altopiano appenninico quasi del tutto privo di vegetazione arborea per decine di km quadrati. Qui sono numerose le tracce di incendi passati rilevati a quote variabili tra i 1.702 metri della val Fornaca, fino agli oltre 2.100 metri delle faglie del Monte Brancastello oltre che nei circhi glaciali del Monte Aquila (Giraudi 2003). Purtroppo, però, queste ricerche non hanno mai permesso di identificare le specie vegetali, ulteriori approfondimenti sulla traccia del lavoro di Giraudi, attualmente in corso da parte del nostro gruppo di ricerca, permetteranno di svelare quando Campo Imperatore si è trasformato da foresta in prateria e quali essenze arboree ne dominavano le selve (Figura 5). Più recentemente, il gruppo di Corti et al. (2012), alla ricerca di evidenze di *permafrost* nelle

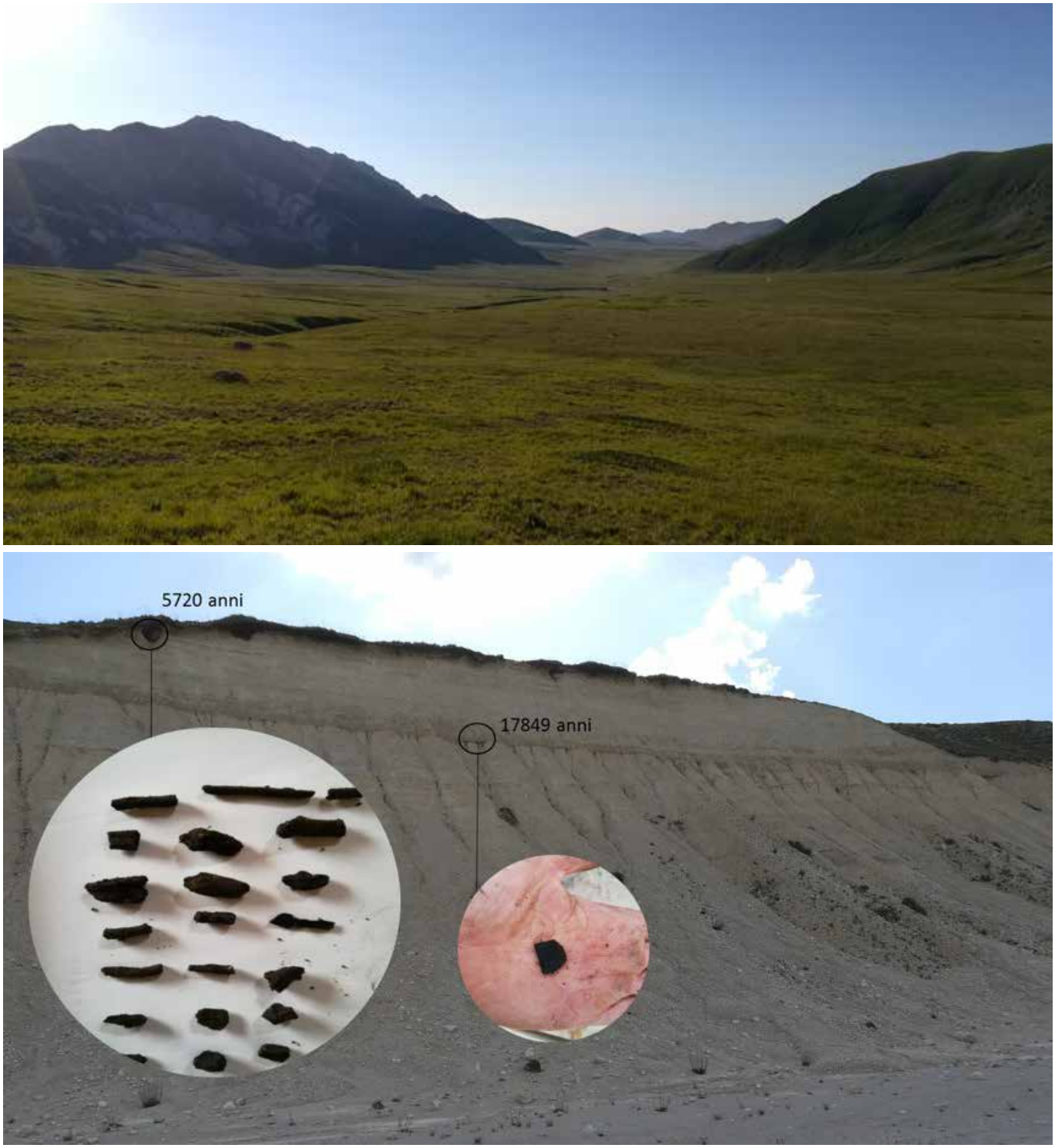



*Figura 5. Sopra, vista di Campo Imperatore da Vado di Corno: la totale assenza di alberi a quote relativamente basse variabili tra i 1500 e i 2200 metri pone, inevitabilmente, la domanda di come e quando questo iconico altopiano abbia perduto la sua copertura forestale. Sotto, conoide alluvionale (quota ~1700 metri) alla base del Monte Prena: gli scavi condotti dal nostro gruppo di ricerca nell'estate 2020 hanno portato alla luce numerosi resti carbonizzati attualmente in fase di identificazione. I siti erano stati precedentemente datati al radiocarbonio da Giraudi (1999).*

valli glaciali della Majella, ha rinvenuto carboni sul fondo dei "*kettle*", piccole depressioni derivanti dallo scioglimento dei ghiacciai, presenti in Val Cannella a quote superiori ai 2.300 metri. Questa scoperta è indubbiamente importante perché dimostra che in un passato relativamente recente il bosco raggiungeva quote ben più alte delle attuali sulla Majella. Anche in questo caso i carboni non sono stati identificati né datati, lasciando irrisolte molte domande (Figura 6).

Sebbene l'analisi dei carboni custoditi nelle profondità del suolo sia in grado di fornire informazioni di grande valore, anche questo metodo non è scevro da problemi. Prima di tutto trovare profili di suolo con

*Figura 6. La valle di Femmina Morta nei mesi estivi (sopra) e invernali (sotto) vista dalla cima di Monte Amaro (2793 metri, massima elevazione della Majella). La valle si estende per diversi km ad una quota variabile fra ~2450 e ~2650 metri, notare nella foto superiore la presenza di numerosi "kettle" che conferiscono un aspetto butterato alla superficie del suolo. Oggi la treeline di faggio si pone a circa 1800 metri di quota su questo versante della Majella ma nell'olocene il bosco ha mai ammantato questa valle? Futuri studi basati sull'utilizzo dei carboni nel suolo e del sedaDNA potranno fornire una risposta.*

presenza di carboni di rilevanza paleoecologica è assai impegnativo. Non a caso la maggior parte degli studi disponibili sono condotti in siti archeologici utilizzando i frammenti di carbone ritrovati nei focolari utilizzati per scaldarsi, cucinare e forgiare utensili (es. Mercuri et al. 2015). Questo approccio, però, non è applicabile allo studio dei boschi di alta quota in quanto la maggior parte dei villaggi si ritrova a bassa quota e inoltre bisogna considerare il non trascurabile effetto di selezione del tipo di combustibile da parte delle popolazioni locali. Infine, i carboni, se non ben conservati, sono difficili da indentificare e solo pochi specialisti in Europa sono in grado di portare a termine una corretta identificazione tassonomica. In alcuni casi, inoltre, non è possibile discriminare specie simili come il pino nero (*Pinus nigra*), il pino mugo (*Pinus mugo*) o il pino silvestre (*Pinus sylvestris*).

Storicamente lo studio dei pollini e, in misura minore dei carboni e macro-fossili, hanno fornito le informazioni per le ricostruzioni archeobotaniche. Esistono però altri indicatori ambientali utili in archeobotanica che combinano elevata risoluzione tassonomica e un'applicazione potenzialmente sistematica per la ricostruzione degli ecosistemi passati. Fra questi attualmente il principale strumento è il DNA sedimentario antico (*ancient sedimentary* DNA-*seda*DNA). Ogni cellula degli organismi viventi contiene infatti DNA e, al termine del proprio ciclo vitale, tale materiale viene riversato nell'ambiente lasciando una traccia specie-specifica. A quel punto il DNA inizia a frammentarsi a causa dell'azione combinata di raggi solari, enzimi ed attacco microbico ma, a differenza della maggior parte dei biopolimeri, continua a racchiudere le informazioni definite dalla sequenza nucleotidica. Questa informazione rimane custodita nei frammenti di DNA per anni, a volte per secoli e millenni. Nell'ultimo decennio le tecniche associate allo studio del DNA ambientale hanno fatto passi da gigante, sia per quanto concerne l'efficienza di estrazione dalle matrici complesse come il suolo, che nella fase di sequenziamento e successivo assemblaggio bio-informatico delle informazioni. Inoltre, i costi di sequenziamento sono divenuti decisamente più accessibili permettendo un utilizzo a tappeto di questo metodo come, ad esempio, per lo studio del microbioma in campo medico (De Filippis et al. 2016) e agronomico (Bonanomi el al. 2016). Ad oggi ancora poco diffuse sono le applicazioni del *seda*DNA in campo paleoecologico, ma la possibilità di ricostruire gli ecosistemi con alti livelli di definizione non limitata alle specie dominanti o che producono molto polline, ma anche a specie erbacee poco abbondanti o ad altri gruppi trofici inclusi batteri, funghi e insetti, è stata accolta con entusiasmo dalla comunità scientifica (Edwards 2000). Recentemente il *seda*DNA è stato utilizzato con successo nella ricostruzione della storia della taiga e della tundra siberiana (Courtin et al. 2021), ma anche in ecosistemi acquatici dominati da diatomee (Pawlowska et al. 2020) o per quantificare l'espansione della vegetazione in ambienti artici durante i periodi interglaciali (Crump et al. 2021). Attualmente non ci sono studi sul *seda*DNA in Appennino ma la prospettiva di applicare questo metodo a contesti come Campo Imperatore sul Gran Sasso o la valle di Femmina Morta sulla Majella apre grandi prospettive di nuova conoscenza.

**Conclusioni e prospettive future**

Il limite degli alberi che separa il bosco dagli spazi aperti non è confine immutabile nello spazio e nel tempo come talvolta appare ai nostri occhi, ma si muove sinuoso e oscillante lungo i versanti delle montagne. Oggi come ieri, l'uomo interagisce con il clima nel modellare il paesaggio, ma solo una maggior consapevolezza dei processi ecologici permetterà una razionale conservazione della biodiversità mantenendo un equilibrio tra bosco e praterie. Ad esempio, la "risalita" del bosco, a scapito delle praterie, ha effetti ecologici multipli difficili da quantificare. Se da un lato l'espansione del bosco verso quote maggiori aumenta la capacità degli ecosistemi di immagazzinare carbonio organico, da un altro punto di vista può causare perdita di biodiversità in termini di specie vegetali mettendo a rischio formazioni erbacee di pregio (Biondi et al. 2014) ma anche specie animali come il camoscio d'Abruzzo o camoscio appenninico (*Rupicapra pyrenaica ornata*). Infatti sui Monti della Meta e dei Marsicani, dove solo poche cime raggiungono i 2.200 metri di quota, una rapida e diffusa ricolonizzazione delle specie arboree a discapito delle praterie sommitali potrebbe portare a una drastica riduzione dell'habitat frequentato dal camoscio (Ferretti et al. 2015). Una corretta gestione dei boschi di alta quota e delle praterie sommitali potrà indubbiamente giovarsi di una conoscenza approfondita della storia di queste formazioni vegetali.

## Bibliografia


- *ALLEGREZZA, M., CORTI, G., COCCO, S., PESARESI, S., CHIRICO, G. B., SARACINO, A., & BONANOMI, G. (2016) - Microclimate buffering and fertility island formation during Juniperus communis ontogenesis modulate competition–facilitation balance. Journal of Vegetation Science, 27(3), 616-627.*
- *BENATTI, A., BAL, M., ALLÉE, P., BOSI, G., & MERCURI, A. M. (2019) - Plant landscape reconstruction above the current timberline at the Monte Cimone and Corno alle Scale mountain areas (Northern Apennines, Italy) during the Late Holocene: The evidence from soil charcoal. The Holocene, 29(11), 1767-1781.*
- *BIONDI, E., BLASI, C., ALLEGREZZA, M., ANZELLOTTI, I., AZZELLA, M. M., CARLI, E., & ZIVKOVIC, L. (2014) - Plant communities of Italy: the vegetation prodrome. Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology, 148(4), 728-814.*
- *BONANOMI, G., DE FILIPPIS, F., CESARANO, G., LA STORIA, A., ERCOLINI, D., & SCALA, F. (2016) - Organic farming induces changes in soil microbiota that affect agro-ecosystem functions. Soil Biology and Biochemistry, 103, 327-336.*
- *BONANOMI, G., MOGAVERO, V., RITA, A., ZOTTI, M., SAULINO, L., TESEI, G., & ALLEVATO, E. (2021) - Shrub facilitation promotes advancing of the Fagus sylvatica treeline across the Apennines (Italy). Journal of Vegetation Science, 32(4), e13054.*
- *BONANOMI, G., RITA, A., ALLEVATO, E., CESARANO, G., SAULINO, L., DI PASQUALE, G., & SARACINO, A. (2018) - Anthropogenic and environmental factors affect the tree line position of Fagus sylvatica along the Apennines (Italy). Journal of Biogeography, 45(11), 2595-2608.*
- *BONANOMI, G., ZOTTI, M., MOGAVERO, V., CESARANO, G., SAULINO, L., RITA, A., & ALLEVATO, E. (2020) - Climatic and anthropogenic factors explain the variability of Fagus sylvatica treeline elevation in fifteen mountain groups across the Apennines. Forest Ecosystems, 7(1), 1-13.*
- *CARRARI, E. (2015) - Legacy effects of former charcoal kiln sites on the forest vegetation of a Mediterranean area.*
- *CORTI, G., COCCO, S., BASILI, M., CIOCI, C., WARBURTON, J., & AGNELLI, A. (2012) - Soil formation in kettle holes from high altitudes in central Apennines, Italy. Geoderma, 170, 280-294.*
- *COURTIN, J., ANDREEV, A. A., RASCHKE, E., BALA, S., BISKABORN, B. K., LIU, S., & HERZSCHUH, U. (2021) - Vegetation changes in southeastern Siberia during the Late Pleistocene and the Holocene. Frontiers in Ecology and Evolution, 9.*
- *CRUMP, S. E., FRÉCHETTE, B., POWER, M., CUTLER, S., DE WET, G., RAYNOLDS, M. K., & MILLER, G. H. (2021) - Ancient plant DNA reveals high arctic greening during the last interglacial. Proceedings of the National Academy of Sciences, 118(13).*
- *DE FILIPPIS, F., PELLEGRINI, N., VANNINI, L., JEFFERY, I. B., LA STORIA, A., LAGHI, L., & ERCOLINI, D. (2016) - High-level adherence to a Mediterranean diet beneficially impacts the gut microbiota and associated metabolome. Gut, 65(11), 1812-1821.*
- *EDWARDS, M. E. (2020) - The maturing relationship between quaternary paleoecology and ancient sedimentary DNA. Quaternary Research, 96, 39-47.*
- *FERRETTI, F., CORAZZA, M., CAMPANA, I., PIETROCINI, V., BRUNETTI, C., SCORNAVACCA, D., & LOVARI, S. (2015) - Competition between wild herbivores: reintroduced red deer and Apennine chamois. Behavioral Ecology, 26(2), 550-559.*
- *GIRAUDI, C. (1999) - Incendi dl etá pleistocenica superiore e olocenica sulle montagne dell'appennino centrale.*
- *GIRAUDI, C. (2003) - I depositi alluvionali olocenici di Campo Imperatore (Massiccio del Gran Sasso—Abruzzo). Il Quaternario, 16(1), 117-125.*
- *KÖRNER, C. (2012) - Alpine treelines. Functional ecology of the global high elevation tree limits. Basel, Switzerland: Springer Basel, Springer Science and Business Media.*
- *KÖRNER, C., & PAULSEN, J. (2004) - A world□wide study of high altitude treeline temperatures. Journal of Biogeography, 31(5), 713–732. https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2003.01043.x*
- *MAGRI, D. (2007) - Advances in Italian palynological studies: late Pleistocene and Holocene records. GFF, 129(4), 337-344.*
- *MAGRI, D., VENDRAMIN, G. G., COMPS, B., DUPANLOUP, I., GEBUREK, T., GÖMÖRY, D., & DE BEAULIEU, J. L. (2006) - A new scenario for the Quaternary history of European beech populations: palaeobotanical evidence and genetic consequences. New phytologist, 171(1), 199-221.*
- *MERCURI, A. M., ALLEVATO, E., AROBBA, D., MAZZANTI, M. B., BOSI, G., CARAMIELLO, R., & RINALDI, R. (2015) - Pollen and macroremains from Holocene archaeological sites: A dataset for the understanding of the bio-cultural diversity of the Italian landscape. Review of palaeobotany and Palynology, 218, 250-266.*
- *PAWLOWSKA, J., LACKA, M., KUCHARSKA, M., PAWLOWSKI, J., & ZAJACZKOWSKI, M. (2020) - Multiproxy evidence of the Neoglacial expansion of Atlantic Water to eastern Svalbard. Climate of the Past, 16(2), 487-501.*

# Temperature in aumento nell'ambiente periglaciale alpino
## Evoluzione nel periodo 1990 - 2020

di Guido Nigrelli[(1) (2) (3)] e Marta Chiarle[(1) (2)]

(1) CNR - Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica
(2) Comitato Glaciologico Italiano
(3) CAI - Sezione di Torino

**Riassunto:** sulle Alpi europee, negli ultimi decenni, la temperatura dell'aria mostra un riscaldamento a un tasso medio di 0,3 °C/10 anni, un valore superiore al tasso di riscaldamento globale che è di 0,2 °C/10 anni. L'ambiente periglaciale alpino è particolarmente importante per diversi aspetti (es. energetico, ecologico e turistico). Tuttavia mancano studi specifici e aggiornati relativi alle tendenze della temperatura in questo ambiente. Per colmare questa lacuna sono state analizzate le tendenze delle temperature per il periodo 1990-2019. L'ambiente periglaciale delle Alpi ha mostrato un tasso di riscaldamento di 0,4 °C/10 anni, 0,6 °C/10 anni e 0,8 °C/10 anni rispettivamente per la temperatura media, massima e minima. Questi tassi di riscaldamento sono superiori a quelli osservati per l'intera area alpina. Nel 2050 si prevede l'estinzione di molti ghiacciai delle Alpi al di sotto dei 3000 m di altitudine e tutte le aree precedentemente occupate dai ghiacciai diventeranno periglaciali.

***Abstract***
***Evolution of temperature indices in the periglacial environment of the European Alps in the period 1990–2019***

*Air temperature in the European Alps shows warming over recent decades at an average rate of 0.3 °C/10 years, thereby outpacing the global warming rate of 0.2 °C/10 years. The periglacial environment of the Alps is particularly important for several aspects (i.e. energy, ecological and tourism sector). However, there is a lack of specific and updated studies relating to temperature change in this environment. In order to fill this gap, the recent temperature trends in the periglacial environment of the Alps were analyzed.*
*The periglacial environment of the Alps showed a warming rate of 0.4 °C/10 years, 0.6 °C/10 years and 0.8 °C/10 years for the mean/maximum/minimum temperatures, respectively. These warming rates are higher than that observed for the entire Alpine area. In 2050 many glaciers of the Alps below 3000 m altitude are expected to be extinct, and all the areas previously occupied by glaciers will become periglacial.*

L'ambiente periglaciale alpino è quella fascia di territorio posizionata fra l'ambiente montano, cioè dei boschi di conifere (sotto) e l'ambiente dei ghiacciai e dei nevai (sopra). I principali elementi che lo caratterizzano sono le praterie di alta quota, i laghi e i torrenti alpini, i detriti rocciosi accumulati alla base dei versanti oppure depositati nelle piane proglaciali, le baite e gli alpeggi, gli impianti di risalita e le piste da sci.

È un ambiente che riveste notevole importanza per diversi aspetti. Innanzitutto perché in questo ambiente sono presenti molte captazioni di acqua per uso potabile e anche perché ci sono molti invasi artificiali utilizzati per la produzione di energia elettrica e per l'irrigazione delle aree agricole poste a valle. Inoltre l'ambiente periglaciale è ricco di biodiversità, di risorse per alcune attività agro-pastorali e, non ultimo, perché questo ambiente è sempre più interessato da processi di instabilità naturale (soprattutto frane) che mettono a rischio molte strutture e attività svolte dall'uomo.

L'*Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*, uno dei più autorevoli organismi internazionali in tema di cambiamenti climatici, ha recentemente affermato in un suo report che negli ultimi decenni il tasso di riscaldamento sulle Alpi è stato di 0,3 °C/10 anni, superando il tasso di riscaldamento globale che è stato di 0,2 °C/10 anni. In uno studio

*Figura 1 (a sinistra) – Un esempio di successione, dal basso verso l'alto, di un ambiente periglaciale e glaciale alpino (Ceresole Reale, Piemonte). Dighe e laghi artificiali, strade asfaltate, edifici, praterie d'alta quota, piccoli torrenti glaciali e morene della Piccola Età Glaciale caratterizzano l'ambiente periglaciale. Ghiacciai, nevai e cime montuose, caratterizzano invece l'ambiente glaciale (ph Guido Nigrelli, 03.10.2018)*

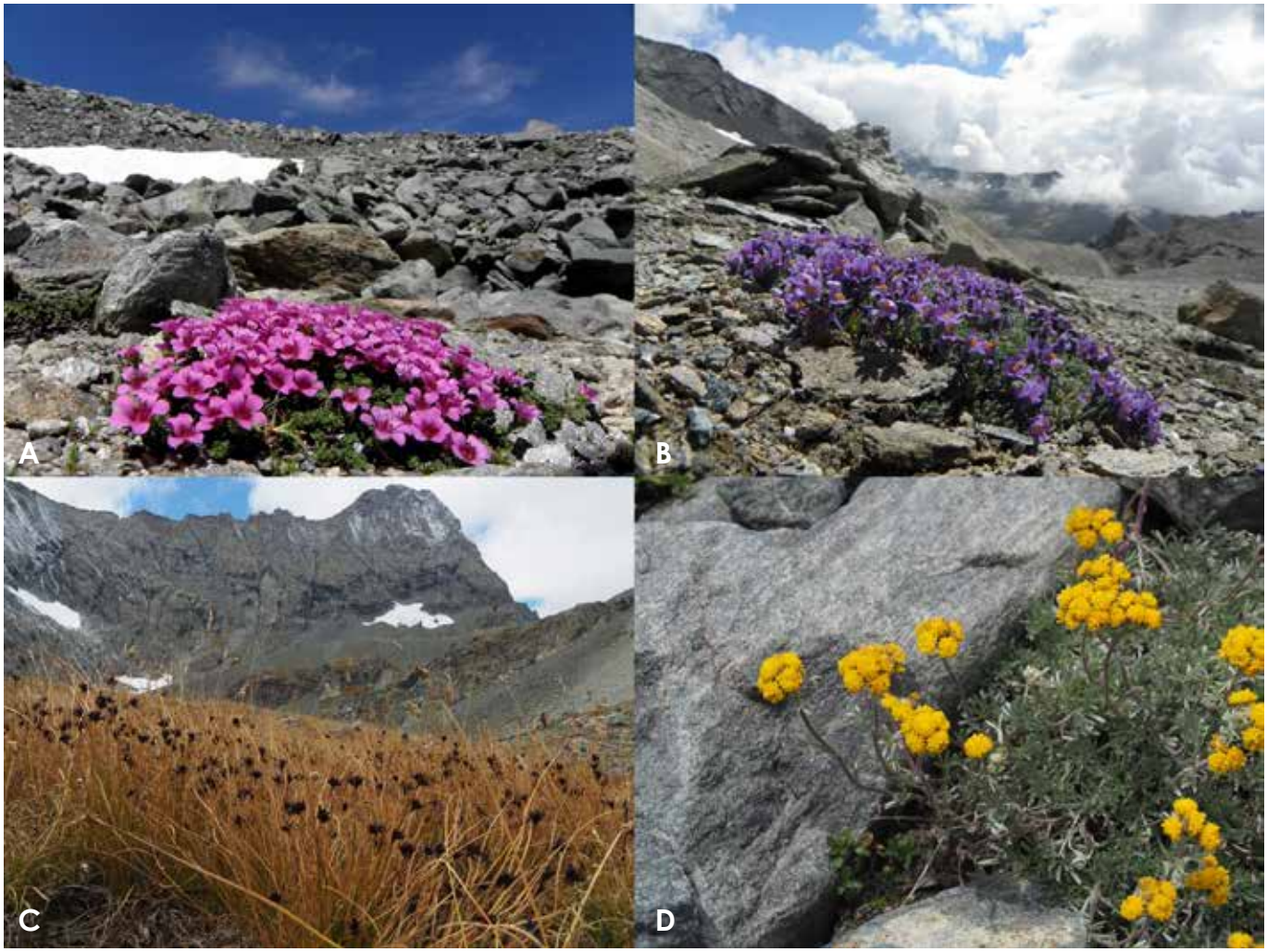



*Figura 2 – Vegetazione d'alta quota: A) Sassifraga a foglie opposte (Saxifraga oppositifolia subsp. oppositifolia L.), specie tipica dell'ambiente periglaciale dei ghiaioni; B) Linaria alpina (Linaria alpina subsp. alpina (L.) Mill.), anch'essa una specie tipica dell'ambiente dei ghiaioni; C) Carice curva (Carex curvula aggr.), specie tipica delle praterie d'altitudine; D) Assenzio genepi nero o Artemisia dei ghiacciai (Artemisia glacialis L.), specie subendemica delle Alpi occidentali e presente in Italia solamente in Piemonte e Valle d'Aosta (foto Debora Barolin e Guido Teppa, estate 2017)*

recentemente concluso si è però rilevato come, sulle Alpi, l'ambiente periglaciale faccia registrare tassi di riscaldamento maggiori rispetto a quelli dell'intera area alpina.

Infatti, nel trentennio 1990-2019, l'ambiente periglaciale alpino ha fatto osservare tassi di riscaldamento di 0,4, 0,6 e 0,8 °C/10 anni, rispettivamente per le temperature medie, massime e minime annuali. Tassi di riscaldamento quindi significativamente superiori a quelli riportati dall'*IPCC* per l'intera area alpina e a livello globale. Questo aumento delle temperature si osserva soprattutto in estate e in autunno, dove diminuiscono i giorni con gelo, cioè i giorni in cui la temperatura minima è inferiore a 0 °C, e i giorni di gelo, cioè i giorni in cui la temperatura massima non è mai salita sopra 0 °C. Altra considerazione importante è che, prendendo come riferimento il trentennio 1961-1990 e confrontandolo con i tre periodi di trent'anni successivi (1971-2000, 1981-2010 e il 1990-2019, periodo considerato nello studio pubblicato), quest'ultimo presenta il tasso di riscaldamento maggiore.

Le cause di questo maggiore riscaldamento dell'ambiente periglaciale rispetto agli ambienti glaciale e montano sono riconducibili al fatto che l'ambiente periglaciale presenta una superficie in gran parte composta da nuda roccia e, come è ben noto, la roccia esposta al sole si scalda non poco.

L'ambiente periglaciale si scalda più dell'ambiente glaciale anche perché quest'ultimo grazie al colore chiaro dei ghiacci e delle nevi, riflette gran parte dell'energia, e quindi del calore, ricevuta dal sole (circa il 25-30 %). L'ambiente periglaciale si scalda più dell'ambiente montano perché quest'ultimo è caratterizzato dalla presenza di alberi di alto fusto (conifere e latifoglie) che esercitano un effetto mitigante sulla temperatura soprattutto grazie al processo di evapotraspirazione svolto in gran parte dalle foglie.

In base ai dati osservati e alle tendenze evolutive

*Figura 3 – Un tipico elemento morfologico degli ambienti periglaciali alpini: i rock glacier (ghiacciai di pietre). Qui, il rock glacier della Bessanese (Balme, Piemonte). Il detrito grossolano, accumulatosi nella piana proglaciale a seguito del ritiro del ghiacciaio, presenta una superficie articolata in lobi e archi, assumendo così il caratteristico aspetto di una colata. La presenza di ghiaccio al suo interno è responsabile del movimento dell'intera massa (foto Marta Chiarle, 04.09.2019)*

*Figura 4 – Alto bacino dell'Invergnan (Valgrisenche, Valle d'Aosta). In evidenza, in alto, l'omonimo ghiacciaio e, sulla destra, un altro caratteristico elemento dell'ambiente periglaciale: l'imponente morena laterale sinistra risalente alla Piccola Età Glaciale, con la sua cresta affilata e alla sua base una caratteristica porta glaciale che indica la presenza di ghiaccio sotto la copertura detritica (foto Marta Chiarle, 13.09.2019)*

*Figura 5 – Paesaggio alpino di alta quota (La Thuile, Valle d'Aosta). La piana vegetata, ricca di incisioni, avvallamenti, rocce affioranti e piccoli ruscelli, è in netto contrasto con le aree non vegetate, occupate dal detrito grossolano lasciato dal ghiacciaio (a sinistra, in alto) durante la sua fase di ritiro al termine della Piccola Età Glaciale, 1850 circa (foto di Guido Nigrelli, 29.08.2017)*

relative alle temperature degli ultimi decenni, possiamo dire che il futuro delle nostre Alpi sarà caratterizzato da profondi mutamenti, in parte già in atto. Entro il 2100 molti ghiacciai alpini saranno estinti e questi saranno presenti solo a quote molto elevate e nelle aree meno esposte al sole. Molto ambiente glaciale diventerà periglaciale e quindi si scalderà ancora di più per i motivi sopra riportati. Ci saranno seri problemi di approvvigionamento idrico perché oltre alla riduzione delle masse glaciali vi sarà uno spostamento stagionale sempre più marcato nei regimi delle precipitazioni, un quantitativo significativo di precipitazioni solide (neve) cadrà come pioggia e non si potrà accumulare come ghiaccio. Vi sarà uno spostamento verso l'alto degli ecosistemi: questo comporterà un aumento della competizione interspecifica e intraspecifica a causa del ridotto territorio a disposizione. Ci saranno più frane, quindi più pericoli, soprattutto durante la stagione estiva.

Un problema serio che è però globale e che quindi va affrontato e risolto in maniera globale, traducendo in fatti gli ambiziosi obiettivi dell'Agenda 2030 sullo sviluppo sostenibile.

## Citazione dell'articolo originale

*Nigrelli G., Chiarle M. (2021) – Evolution of temperature indices in the periglacial environment of the European Alps in the period 1990–2019. Journal of Mountain Science, 18, 2842-2853. https://doi.org/10.1007/s11629-021-6889-x*

## Bibliografia


- *ALLEN S, HUGGEL C (2013)- Extremely warm temperatures as a potential cause of recent high mountain rockfall. Glob Planet Chang 107: 59–69. https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2013.04.007*
- *ACQUAOTTA F, FRATIANNI S, GARZENA D (2015) - Temperature changes in the North-Western Italian Alps from 1961 to 2010. Theor Appl Climatol 122: 619–634.https://doi.org/10.1007/s00704-014-1316-7*
- *ARPA FRIULI VENEZIA GIULIA (2020) - Banca dati meteorologica. https://tinyurl.com/y8zyzu4h (Accessed on 19 April 2021)*
- *ARPA LOMBARDIA (2020) - Banca dati meteorologica. https://tinyurl.com/y96bww42 (Accessed on 19 April 2021)*
- *ARPA PIEMONTE (2020 -) Banca dati meteorologica. https://tinyurl.com/bxnfbpq (Accessed on 19 April 2021)*
- *ARPA VENETO (2020) - Banca dati meteorologica. https://tinyurl.com/ycx9qfcm (Accessed on 19 April 2021).*
- *AUER I, BÖHM R, JURKOVIC A, ET AL. (2007) - HISTALP-historical instrumental climatological surface time series of the Greater Alpine Region. Int J Climatol 27 (1): 17–47. https://doi.org/10.1002/joc.1377*
- *BALLANTYNE CK (2002) - Paraglacial geomorphology. Quat Sci Rev 21 (18–19): 1935–2017. https://doi.org/10.1016/S0277-3791(02)00005-7*
- *BARRY RG (2008) - Mountain weather and climate. Cambridge University Press, New York. p 506.*
- *BARRY RG, BLANKEN PD (2016) - Microclimate and local climate. Cambridge University Press, New York. p 316.*
- *BENISTON M, FARINOTTI D, STOFFEL M, ET AL. (2018) - The European mountain cryosphere: a review of its current state, trends, and future challenges. The Cryosphere 12(2): 759–794. https://doi.org/10.5194/tc-12-759-2018*
- *BOECKLI L, BRENNING A, GRUBER S, ET AL. (2012) - Permafrost distribution in the European Alps: calculation and evaluation of an index map and summary statistics. The Cryosphere 6: 807–820. https://doi.org/10.5194/tc-6-807-2012*
- *BROLL G, KEPLIN B (2005) - Mountain Ecosystems. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. pp 354.*
- *BRUNETTI M, LENTINI G, MAUGERI M, ET AL. (2009) - Climate variability and change in the Greater Alpine Region over the last two centuries based on multi-variable analysis. Int J Climatol 29 (15): 2197–2225. https://doi.org/10.1002/joc.1857*
- *CEPPI P, SCHERRER SC, FISCHER AM, ET AL. (2012) - Revisiting Swiss temperature trends 1959–2008. Int J Climatol 32 (2): 203–213. https://doi.org/10.1002/joc.2260*
- *CF VALLE D'AOSTA (2020) - Banca dati meteorologica. https://tinyurl.com/y8uoxfvk (Accessed on 19 April 2021)*
- *CHIARLE M, COVIELLO V, ARATTANO M, ET AL. (2015) - High elevation rock falls and their climatic control: a case study in the Conca di Cervinia (NW Italian Alps). In Engineering Geology for Society and Territory, Volume 1: 439–442. Springer, Cham.*
- *CHIARLE M, GEERTSEMA M, MORTARA G, ET AL. (2021) - Relations between climate change and mass movement: Perspectives from the Canadian Cordillera and the European Alps. Global Planet Change 202: 103499 https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2021.103499*
- *CHIMANI B, MATULLA C, BÖHM R, ET AL. (2013) - A new high resolution absolute temperature grid for the Greater Alpine Region back to 1780. Int J Climatol 33 (9): 2129–2141. https://doi.org/10.1002/joc.3574*
- *D'AGATA C, BOCCHIOLA D, MARAGNO D, ET AL. (2014) - Glacier shrinkage driven by climate change during half a century (1954–2007) in the Ortles-Cevedale group (Stelvio National Park, Lombardy, Italian Alps). Theor Appl Climatol 116: 169–190. https://doi.org/10.1007/s00704-013-0938-5*
- *FISCHER L, HUGGEL C, KÄÄB A, ET AL. (2012) - Slope failures and erosion rates on a glacierized high — mountain face under climatic changes. Earth Surf Proc Land 30: 836–846. https://doi.org/10.1002/esp.3355*
- *FRENCH HM (2018) - The Periglacial Environment, Wiley Blackwell, Chichester. p 563.*
- *GILBERT RO (1987) - Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring. Van Nostrand Reinhold Company Inc., New York. p 320.*
- *GOCIC M, TRAJKOVIC S (2013) - Analysis of changes in meteorological variables using Mann-Kendall and Sen's slope estimator statistical tests in Serbia. Global Planet Change 100: 172–182. https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2012.10.014*
- *GUO D, PEPIN N, YANG K, ET AL. (2021) - Local changes in snow depth dominate the evolving pattern of elevation-dependent warming on the Tibetan Plateau. Science Bulletin 66 (11): 1146–1150. https://doi.org/10.1016/j.scib.2021.02.013*
- *HECKMANN T, MORCHE D (EDS.) (2019) - Geomorphology of Proglacial Systems. Springer Nature Switzerland.*
- *HOCK R, RASUL G, ET AL. (2019) - High Mountain Areas. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. https://www.ipcc.ch/ (Accessed on 19 April 2021)*
- *IPCC (2021) - Climate Change 2021, the Physical Science Basis. Intergovernmental Panel on Climate Change. https://www.ipcc.ch/report/ (Accessed on 17 August 2021)*
- *KLEIN TANK AMG, WIJNGAARD GB, KÖNNEN GP, ET AL. (2002) - Daily dataset of 20th — century surface air temperature and precipitation series for the European Climate Assessment. Int J Climatol 22 (12): 1441–1453. https://doi.org/10.1002/joc.773*
- *METEOFRANCE (2020) - Donnee Publique. https://tinyurl.com/jgmlf8u (Accessed on 19 April 2021)*
- *METEOSWISS (2020) - Federal Office of Meteorology and Climatology. https://tinyurl.com/y9vuynob (Accessed on 3 June 2020)*
- *METEOTRENTINO (2020) - banca dati Meteorologica. https://www.meteotrentino.it/ (Accessed on 19 April 2021)*
- *MOUREY J, MARCUZZI M, RAVANEL L, ET AL. (2019) - Effects of climate change on high Alpine mountain environments: Evolution of mountaineering routes in the Mont Blanc massif (Western Alps) over half a century. Arc Antarc Alp Res 51 (1): 176–189. https://doi.org/10.1080/15230430.2019.1612216*
- *MURTON JB (2021) - What and where are periglacial landscapes? Permafrost Periglac 32 (2): 186–212. https://doi.org/10.1002/ppp.2102*
- *NEMEC J, GRUBER C, CHIMANI B, ET AL. (2012) - Trends in extreme temperature indices in Austria based on a new homogenised dataset. Int J Climatol 33 (6): 1538–1550. https://doi.org/10.1002/joc.3532*
- *NIGRELLI G, LUCCHESI S, BERTOTTO S, ET AL. (2015) - Climate variability and Alpine glaciers evolution in Northwestern Italy from the Little Ice Age to the 2010s. Theor Appl Climatol 122: 595–608. https://doi.org/10.1007/s00704-014-1313-x*

- *OHMURA A (2012) - Enhanced temperature variability in high-altitude climate change. Theor Appl Climatol 110: 499–508. https://doi.org/10.1007/s00704-012-0687-x*
- *OSBORN TJ, JONES PD, (2014) - The CRUTEM4 land-surface air temperature dataset: construction, previous versions and dissemination via Google Earth. Earth Syst Sci Data 6 (1): 61–68. https://doi.org/10.5194/essd-6-61-2014*
- *PA DI BOLZANO (2020) - Banca dati Meteorologica. https://tinyurl.com/y8u8hszj (Accessed on 19 April 2021)*
- *PALAZZI E, MORTARINI L, TERZAGO S, ET AL. (2019) - Elevation dependent warming in global climate model simulations at high spatial resolution. Clim Dyn 52: 2685–2702. https://doi.org/10.1007/s00382-018-4287-z*
- *PARANUNZIO R, CHIARLE M, LAIO F, ET AL. (2019) - New insights in the relation between climate and slope failures at high-elevation sites. Theor Appl Climatol 137: 1765–1784. https://doi.org/10.1007/s00704-018-2673-4*
- *PAUNOVI□ I, JOVANOVI□ V (2019) - Sustainable mountain tourism in word and deed: A comparative analysis in the macro regions of the Alps and the Dinarides. Acta Geog Slov 59 (2): 59–69. https://doi.org/10.3986/AGS.4630*
- *Pepin N, Bradley RS, Diaz HF, et al. (2015) Elevation-dependent warming in mountain regions of the world. Nat Clim Change 5: 424–430. https://doi.org/10.1038/nclimate2563*
- *Philips M, Wolter A, Lüthi R, et al. (2016) Rock slope failure in a recently deglaciated permafrost rock wall at Piz Kesch (Eastern Swiss Alps), February 2014. Earth Surf Processes Landforms 42 (3): 426–438. https://doi.org/10.1002/esp.3992*
- *PSAC (2017) Towards Renewable Alps. Permanent Secretariat of the Alpine Convention. https://www.alpconv.org/ (Accessed on 18 June 2020)*
- *PSAC (2019) Climate-neutral and Climate resilient Alps 2050. Permanent Secretariat of the Alpine Convention. https://www.alpconv.org/ (Accessed on 19 April 2021)*
- *Rangwala I, Miller JR, (2012) Climate change in mountains: a review of elevation-dependent warming and its possible causes. Clim Change 114: 527–547. https://doi.org/10.1007/s10584-012-0419-3*
- *Ravanel L, Magnin F, Deline P (2017) Impacts of the 2003 and 2015 summer heatwaves on permafrost-affected rock-walls in the Mont Blanc massif. Sci Total Environ 609: 132–143. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.055*
- *Rottler E, Kormann C, Francke T, et al. (2018) Elevation — dependent warming in the Swiss Alps 1981–2017: Features, forcings and feedbacks. Int J Climatol 39 (5): 2556–2568. https://doi.org/10.1002/joc.5970*
- *Rubel F, Brugger K, Haslinger K, et al. (2017) The climate of the European Alps: Shift of very high resolution Köppen-Geiger climate zones 1800–2100. Meteorol Z 26 (2): 115–125. https://doi.org/10.1127/metz/2016/0816*
- *SCHLÖGEL R, KOFLER C, GARIANO SL, ET AL. (2020) - Changes in climate patterns and their association to natural hazard distribution in South Tyrol (Eastern Italian Alps). Nat Sci Report 10:1–14. https://doi.org/10.1038/s41598-020-61615-w*
- *SEN PK (1968) - Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. J Am Stat Assoc 63 (324): 1379–1389. https://www.jstor.org/stable/2285891 (Accessed on 19 April 2021)*
- *STAHR A, LANGENSCHEIDT E (2015) - Landforms of High Mountains. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. p 158*
- *TUDOROIU M, ECCEL E, GIOLI B, ET AL. (2016) - Negative elevation-dependent warming trend in the Eastern Alps. Environ Res Lett 11 (4). https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/4/044021*
- *VIANI C, CHIARLE M, PARANUNZIO R, ET AL. (2020) - An integrated approach to investigate climate-driven rockfall occurrence in high alpine slopes: the Bessanese glacial basin, Western Italian Alps. J Mt Sci 17(11): 2591–2610. https://doi.org/10.1007/s11629-020-6216-y*
- *WIEGANDT E (2008) - Mountains: Sources of Water, Sources of Knowledge. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. pp 386.*
- *WILKS DS (2011) - Statistical methods in the atmospheric sciences. Elsevier, Oxford. p 676.*
- *WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (2017) - WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals. WMO-No. 1203. Geneva, Switzerland. p 18.*
- *WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (2018) - WMO Guide to Climatological Practices. WMO-No. 100. Geneva, Switzerland. p 139.*
- *WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (2020) - New Climate Predictions Assess Global Temperatures In Coming Five Years. https://tinyurl.com/y9h57yvq (Accessed on 19 April 2021)*
- *YOU Q, WU T, SHEN L, ET AL. (2020) - Review of snow cover variation over the Tibetan Plateau and its influence on the broad climate system. Earth Sci Rev 201: 103043. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.103043*
- *ZHANG HM, HUANG B, LAWRIMORE J, ET AL. (2020) - NOAA Global Surface Temperature Dataset (NOAAGlobalTemp), Version 4.0. NOAA National Centers for Environmental Information. https://www.ncdc.noaa.gov (Accessed 19 April 2021)*
- *ZAMG (2020) - Climate and data. https://tinyurl.com/y7cp8mmx (Accessed on 19 April 2021)*
- *ZEMP M, GÄRTNER-ROER I, NUSSBAUMER SU, ET AL. (2020) WGMS 2020. - Global Glacier Change Bulletin No. 3 (2016–2017). https://wgms.ch/ggcb/ (Accessed on 19 April 2021)*

# Ghiacciai in estinzione e crisi della biodiversità

## I cambiamenti climatici minacciano la criosfera Alpina, habitat protetto dall'Unione Europea

di Mauro Gobbi[1] , Roberto Ambrosini[2], Christian Casarotto[3], Guglielmina Diolaiuti[4], Gentile Francesco Ficetola[5], Valeria Lencioni[6], Roberto Seppi[7], Claudio Smiraglia[8], Duccio Tampucci[9], Barbara Valle[10], Marco Caccianiga[11]

(1) MUSE-Museo delle Scienze, Ricerca e Collezioni museali, Ambito Clima ed Ecologia - CAI sezione Val Comelico

(2) Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Scienze e Politiche Ambientali

(3) MUSE-Museo delle Scienze, Ricerca e Collezioni museali, Ambito Clima ed Ecologia - CAI - SAT; Comitato Glaciologico Italiano

(4) Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Scienze e Politiche Ambientali; CAI sezione Bormio; Comitato Glaciologico Italiano

(5) Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Scienze e Politiche Ambientali

(6) MUSE-Museo delle Scienze, Ricerca e Collezioni museali, Ambito Clima ed Ecologia - CAI - SAT

(7) Università di Pavia, Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente; Comitato Glaciologico Italiano

(8) Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Scienze e Politiche Ambientali; CAI sezione Corsico; Comitato Glaciologico Italiano

(9) Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Bioscienze; Commissione Scientifica del CAI sezione Milano

(10) Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Bioscienze

(11) Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Bioscienze; CAI sezione AGAI

* Autore per la corrispondenza: claudio.smiraglia@unimi.it

**Riassunto:** La criosfera (ghiacciai e *permafrost*) è stata a lungo considerata un ambiente inospitale per le forme viventi. Un numero crescente di pubblicazioni scientifiche sta dimostrando quanto i ghiacciai, sia "bianchi" che "neri", e le forme del paesaggio legate alla presenza di *permafrost* (ad es. *rock glacier*) siano a tutti gli effetti un habitat nel quale vivono organismi criofili, la cui sopravvivenza è legata alla presenza del ghiaccio. Tra questi organismi, quelli più abbondanti sono i batteri, gli invertebrati, alcuni vertebrati e alcune piante. La criosfera è un habitat protetto dalla Comunità Europea, tramite Rete Natura 2000 ("Ghiacciai permanenti" - Codice 8340), ma è anche un habitat non sostituibile e, a seguito dei cambiamenti climatici in atto, a rischio di scomparsa. È quindi necessario implementare gli studi inerenti la biodiversità glaciale in quanto patrimonio naturalistico a rischio di imminente estinzione.

***Abstract: Glaciers in extinction and biodiversity crisis***

*The cryosphere (i.e. glaciers and permafrost) has long been considered an inhospitable environment for living organisms. An increasing number of scientific papers are highlighting how glaciers, both clean-ice and debris-covered, and landforms linked to the presence of permafrost (e.g. rock glacier), are a habitat hosting cryophilic organisms whose survival is linked to the presence of ice. Among these organisms, the most abundant are bacteria, invertebrates, some vertebrates and some plants. The cryosphere is a habitat protected by the European Community, through the Natura 2000 Network ("Permanent Glaciers" - Code 8340), but it is a not replaceable habitat and, due to the ongoing climate changes, at risk of disappearance. It is therefore necessary to implement the studies concerning glacial biodiversity because a natural heritage at risk of imminent extinction.*

### Introduzione

Biodiversità e criosfera formano un binomio le cui interrelazioni sono state affrontate dalla ricerca scientifica solo in tempi piuttosto recenti, soprattutto per quanto riguarda gli effetti sulla biosfera dell'attuale rapida e intensa fase di regresso glaciale. In realtà già con una direttiva del 1992 (Direttiva 92/43/CEE "Habitat") gli Stati appartenenti alla Comunità Europea si sono posti l'obiettivo di preservare un vasto insieme di specie di piante e animali minacciati e/o endemici e i loro rispettivi habitat. La loro conservazione ha previsto la creazione di una rete europea di aree protette (Rete Natura 2000), dove limitare al massimo i rischi e le minacce per la biosfera derivanti ad esempio da urbanizzazione, alterazione e frammentazione dell'habitat, eccessivo consumo delle risorse,

*(a sinistra) Il Ghiacciaio di Vallelunga nelle Alpi Venoste, classico esempio di ghiacciaio vallivo. Le morene mediane, nettamente convesse nella zona frontale rispetto al ghiaccio privo di detrito, evidenziano l'incremento della copertura detritica superficiale e gli effetti dell'ablazione differenziale (foto C. Smiraglia)*

degrado ambientale. Sono rischi che riguardano anche le aree montane, già di per sé molto vulnerabili a causa dei mutamenti climatici in corso.
Le rapide trasformazioni del paesaggio dell'alta montagna, in particolare della criosfera (ghiacciai e *permafrost*) e delle forme di rilievo ad essa collegate, sono divenute anche presso il grande pubblico un'icona del "cambiamento climatico". I ghiacciai, soprattutto, con la loro veloce e quasi continua riduzione areale degli ultimi decenni, vengono considerati i testimoni più sensibili, più attendibili e più indicativi di questo fenomeno. Il loro regresso produce inevitabili effetti sugli ecosistemi circostanti, in particolare modificando i cicli idrologici, termici e biochimici e ampliando le aree proglaciali. Anche la degradazione del *permafrost*, seppur in tempi più recenti (soprattutto dopo l'estate "calda" del 2003), è divenuta un simbolo delle trasformazioni ambientali derivanti dai cambiamenti climatici; la riduzione di superficie e dello strato attivo e soprattutto i dissesti dei versanti (frane, crolli, *debris flow*), ne sono le manifestazioni più evidenti.

**La criosfera e le forme ad essa collegate. Ghiacciai e *rock glacier***

Con il termine "criosfera" si intende in senso lato l'insieme del ghiaccio terrestre (ma anche quello extraterrestre) in tutte le sue manifestazioni (ghiacciai, neve, ghiaccio del suolo, ghiaccio marino, di fiume, di lago, ghiaccio in grotta). La criosfera di superficie comprende in particolare neve, calotte glaciali polari, ghiacciai montani e ghiaccio marino; la criosfera del sottosuolo è costituita soprattutto dal ghiaccio del *permafrost*. Per sottolineare l'importanza della criosfera e delle ricerche ad essa collegate, va anche ricordato che più dell'80% dell'acqua del nostro pianeta al di fuori di oceani e mari, è contenuta nel ghiaccio e nella neve, principalmente nelle gigantesche calotte dell'Antartide e della Groenlandia. Se usato in senso meno estensivo e scientifico, con il termine "criosfera" si indicano soprattutto i ghiacciai, cui si è aggiunto nei decenni più recenti anche il *permafrost*. In effetti, ghiacciai e *permafrost* sono sicuramente le manifestazioni più diffuse ed evidenti della criosfera nelle regioni montuose, come le Alpi.

Per quanto riguarda le relazioni fra biosfera e ghiacciai, è fondamentale procedere ad una classificazione di questi ultimi, basata non tanto sulle caratteristiche dimensionali e geomorfologiche, quanto piuttosto sull'eventuale presenza e distribuzione del detrito roccioso superficiale. È quindi opportuno distinguere i ghiacciai con copertura detritica limitata e sporadica ("ghiacciai bianchi" o *debris-free glacier* o *clean-ice glacier*), dai ghiacciai dove il detrito è ampiamente diffuso e continuo su gran parte (più del 50%) del bacino di ablazione o dell'intera superficie (detti quindi "ghiacciai neri" o *debris-covered glacier*); il detrito può essere di spessore molto variabile, da pochi millimetri a un paio di metri (gli spessori maggiori si raggiungono nel settore inferiore della lingua presso la fronte), e con una granulometria anch'essa molto variabile, da sabbia fine a grossi massi ciclopici.

La presenza del detrito ha effetti importanti sul bilancio energetico e quindi sul bilancio di massa del ghiacciaio e in ultima analisi sulle variazioni a lungo termine del suo spessore e della sua superficie. Infatti il detrito, se presente con uno spessore superiore a quello definito "critico" (compreso solitamente fra 0,5 e 1 cm) e con una granulometria grossolana e una copertura continua, è in grado di ridurre l'ablazione, se al contrario lo spessore del detrito è inferiore al valore critico e la granulometria è fine, la fusione avviene più rapidamente. Ad esempio, con detrito fine di spessore inferiore a 0,5 cm, l'ablazione durante i mesi estivi può arrivare a 5-6 cm al giorno, superando quella del ghiaccio privo di detrito (3-4 cm), mentre con uno spessore detritico di 30 cm si riduce a meno di 1 cm, inferiore quindi a quella che avviene sul ghiaccio senza detrito.

Va inoltre sottolineato che nell'attuale situazione climatica si sta assistendo non solo a una intensa fase di regresso e di riduzione areale e volumetrica dei ghiacciai alpini, ma anche a un incremento delle loro superfici coperte di detrito, fenomeno quest'ultimo che, quando il detrito supera lo spessore critico, riduce almeno in parte gli effetti dell'incremento di temperatura. Solo per fornire qualche dato sintetico, l'area totale dei ghiacciai alpini è passata da circa 2.900 $km^2$ negli Anni Settanta del secolo scorso agli attuali 1.800 $km^2$, con un costante incremento delle aree detritiche che in alcune zone delle Alpi Italiane, come l'Ortles-Cevedale, sono cresciute dall'inizio del 2000 ad oggi del 30%. A livello di biosfera assumono particolare importanza oltre alle caratteristiche dei corpi glaciali in senso stretto, anche le aree proglaciali e le forme create o collegate al glacialismo, come le morene, i corsi d'acqua alimentati dalla fusione glaciale, gli stagni e i laghi.

I *rock glacier*, talora denominati in italiano "ghiacciai di roccia" o "ghiacciai di pietre", e spesso confusi con i *debris-covered glacier*, pur facendo parte della criosfera, non sono veri e propri ghiacciai. Va in ogni caso segnalato che fra i ricercatori non vi è ancora unanimità di vedute su classificazione e genesi dei *rock glacier*, che, come scrivono Benn ed Evans, *"sono fra le più enigmatiche forme generate negli ambienti freddi e hanno ispirato un'ampia gamma di ipotesi contrastanti sulla loro origine"*. Si tratta di forme a lobo o a lingua costituite da detriti grossolani spigolosi frammisti a ghiaccio, che può essere interstiziale o concentrato in lenti e nuclei. Genesi, evoluzione e dinamica dei *rock glacier*

sono molto diverse rispetto ai ghiacciai; il loro movimento, ad esempio, che va da pochi centimetri a pochi metri all'anno, è dovuto alla deformazione del *permafrost* e dà origine alle caratteristiche forme ad archi concentrici del loro settore inferiore. Particolarmente numerosi in aree con clima freddo e secco, sono considerati le forme più evidenti e diffuse della presenza del *permafrost* nelle regioni montuose.

*Figura 1 – Il Ghiacciaio del Morteratsch sul versante svizzero del gruppo del Bernina è uno dei maggiori ghiacciai vallivi a bacini composti delle Alpi. La copertura detritica è ancora ridotta e limitata ai settori laterali, ma la frammentazione è già in atto con la formazione di piccoli ghiacciai sospesi (foto C. Smiraglia)*

*Figura 2 – Il Ghiacciaio dei Forni nel gruppo Ortles-Cevedale, classico esempio di ghiacciaio vallivo a bacini composti, ormai frammentato in tre settori. È ben visibile la vasta zona proglaciale abbandonata dal ghiacciaio negli scorsi decenni (foto C. Smiraglia)*

*Figura 3 – Il Ghiacciaio della Sforzellina, piccolo ghiacciaio di circo nel gruppo dell'Ortles-Cevedale, ormai classificabile come debris-covered glacier. La vasta piana proglaciale, che ospita un piccolo lago effimero, è colonizzata dalla vegetazione pioniera (foto C. Smiraglia)*

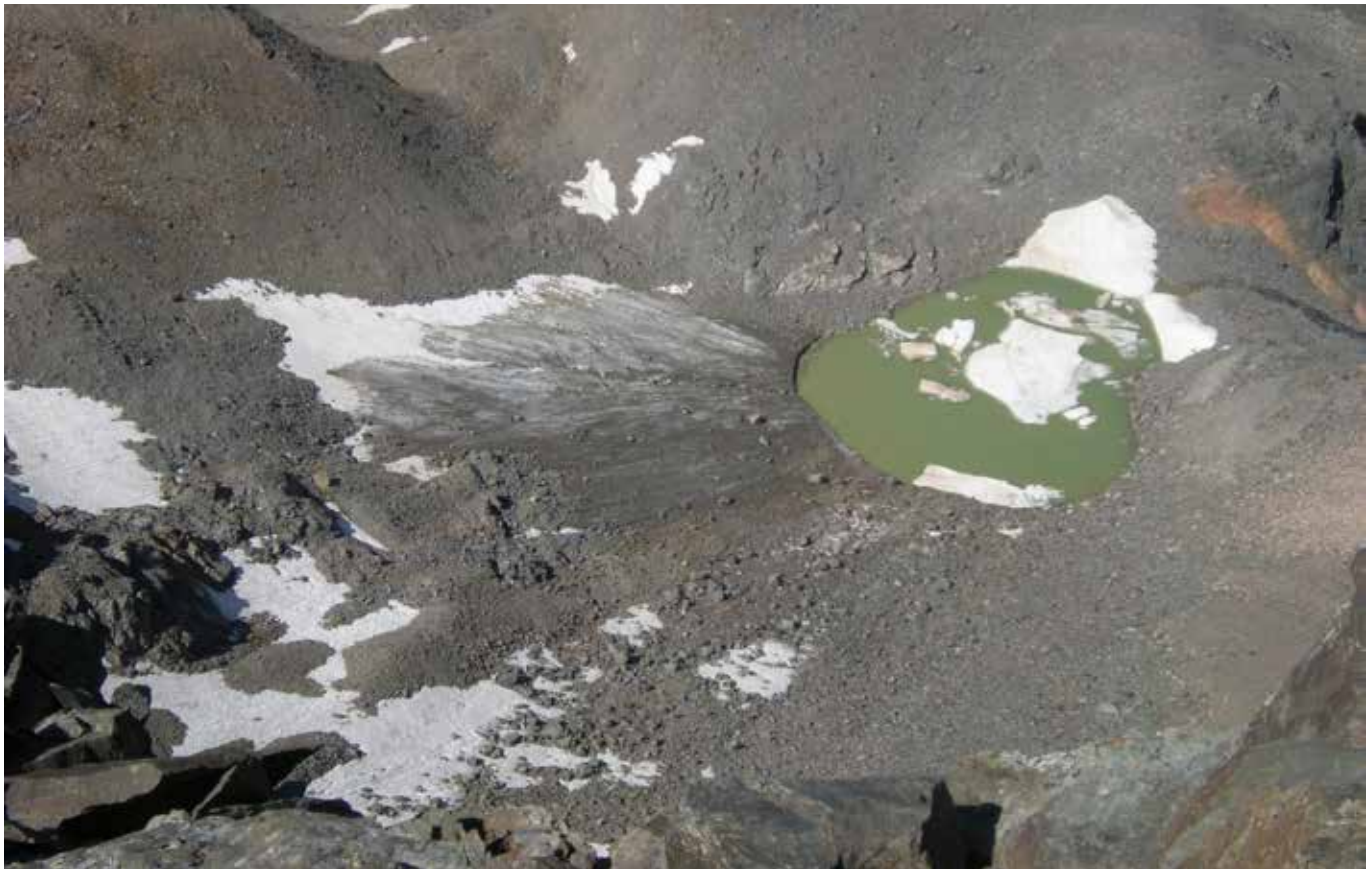


*Figura 4 – Il Ghiacciaio del Confinale nel gruppo Ortles-Cevedale, residuo del più vasto apparato che un secolo fa riempiva tutto il circo che lo ospita. Incremento della copertura detritica e rapido regresso frontale, amplificato dalla presenza del lago di contatto glaciale, sono i fenomeni che più lo contraddistinguono (foto C. Smiraglia)*

*Figura 5 – Crolli dalle pareti rocciose che rinserrano il ghiacciaio: il detrito in parte viene inghiottito dai crepacci e trasportato dal flusso glaciale verso valle dove riemerge, in parte viene trasportato in superficie, contribuendo alla transizione da debris-free glacier a debris-covered glacier (Ghiacciaio dei Forni) (foto C. Smiraglia)*

*Figura 6 – Rock glacier attivo in Val di Solda. Questa forma è delimitata da una scarpata molto ripida, dove affiora materiale più fine che appare di colore più chiaro. Questa caratteristica, assieme alla presenza di numerosi solchi sulla superficie, denota il lento movimento verso valle del deposito detritico. (foto R. Seppi)*

*Figura 7 – (di lato) - Rock glacier attivo in Val di Tisa (Alpi Venoste). Il deposito contiene permafrost e si muove lentamente verso valle. Sulla superficie si osservano solchi e piccole creste legate al flusso plastico della massa di detrito frammisto a ghiaccio (foto R. Seppi)*

*Figura 8 – (in basso) - Rock glacier in Valle del Braulio (gruppo Ortles-Cevedale) con la tipica forma a lobo molto convesso, separato dal versante da una zona concava che ospita un nevaio; sulla fronte ripida affiorano anche materiali più fini rispetto a quelli grossolani della superficie (foto C. Smiraglia)*

**Ghiacciai, *rock glacier* e biosfera**

Nella percezione più diffusa i ghiacciai e i *rock glacier* vengono considerati ambienti ostili che non sono in grado di ospitare organismi viventi. In realtà ormai numerosi studi, condotti soprattutto sulle Alpi Italiane, hanno dimostrato che i ghiacciai, in particolare i *debris-covered glacier*, possono essere considerati ecosistemi a pieno titolo, che formano un habitat permanente o temporaneo per una grande varietà di organismi, dai batteri ai vertebrati, adattati ai climi freddi. Del resto, al di là dei risultati delle ricerche scientifiche, basterebbe una visita a uno dei più affascinanti e studiati *debris-covered glacier*, quello del Miage, ai piedi del versante italiano del Monte Bianco, per constatare quanto poco sopra affermato. Il settore inferiore della lingua, completamente ricoperto di detrito che supera il metro di spessore, ospita una ricca biodiversità con oltre quaranta specie di piante vascolari, compresi alberi e arbusti. Fra i primi, tre specie di alberi (*Larix decidua, Picea abies e Populus tremula*) che formano una vera e propria straordinaria piccola foresta collocata sulla superficie del ghiacciaio, fra i secondi, sette specie di arbusti appartenenti al genere *Salix*. A questi si aggiungono, solo per citarne alcuni, quasi un migliaio di ceppi di lieviti isolati e identificati, sedici specie di ragni e nove specie di coleotteri carabidi.

Partendo da queste considerazioni, ghiacciai e *rock glacier* sono stati inseriti fra gli ambienti protetti dalla già citata "Direttiva Habitat" (tipo di habitat "*Permanent Glaciers-Code 8340*"). In realtà solo una limitata porzione delle aree glaciali europee è compresa nella Rete Natura 2000, lasciando quindi una significativa parte dell'Habitat 8340 senza protezione formale. Attualmente i siti protetti europei nei quali è presente questo habitat sono 123, dei quali 61 in Italia. È opportuno ricordare che questo habitat riveste una notevole importanza anche dal punto di vista antropico per i servizi ecosistemici che può fornire, sia di tipo socioeconomico che culturale (ad esempio risorse idriche ed energetiche, attività turistiche legate agli sport della montagna, testimonianze del primo conflitto mondiale combattuto sul fronte alpino). Sulla biodiversità ospitata da ghiacciai e *rock glacier,* nonché dalle aree deglacializzate in tempi recenti e dai corsi d'acqua alimentati dalla fusione glaciale, sono stati solitamente condotti studi a livello locale, che si sono focalizzati su alcuni gruppi tassonomici come batteri, lieviti, alghe, piante, nematodi, rotiferi, tardigradi, collemboli, insetti e ragni.

I ghiacciai formano un habitat molto più complesso ed

*Figura 9 – Il Ghiacciaio del Miage sul versante italiano del Monte Bianco.È il più vasto (11 km$^2$) e il più studiato debris-covered glacier delle Alpi; il settore inferiore della lingua, interamente ricoperta di detrito con spessori pluridecimetrici, derivante da frane e valanghe che scendono dai ripidi versanti, ospita una ricca vegetazione anche arbustiva e arborea (foto C. Smiraglia)*

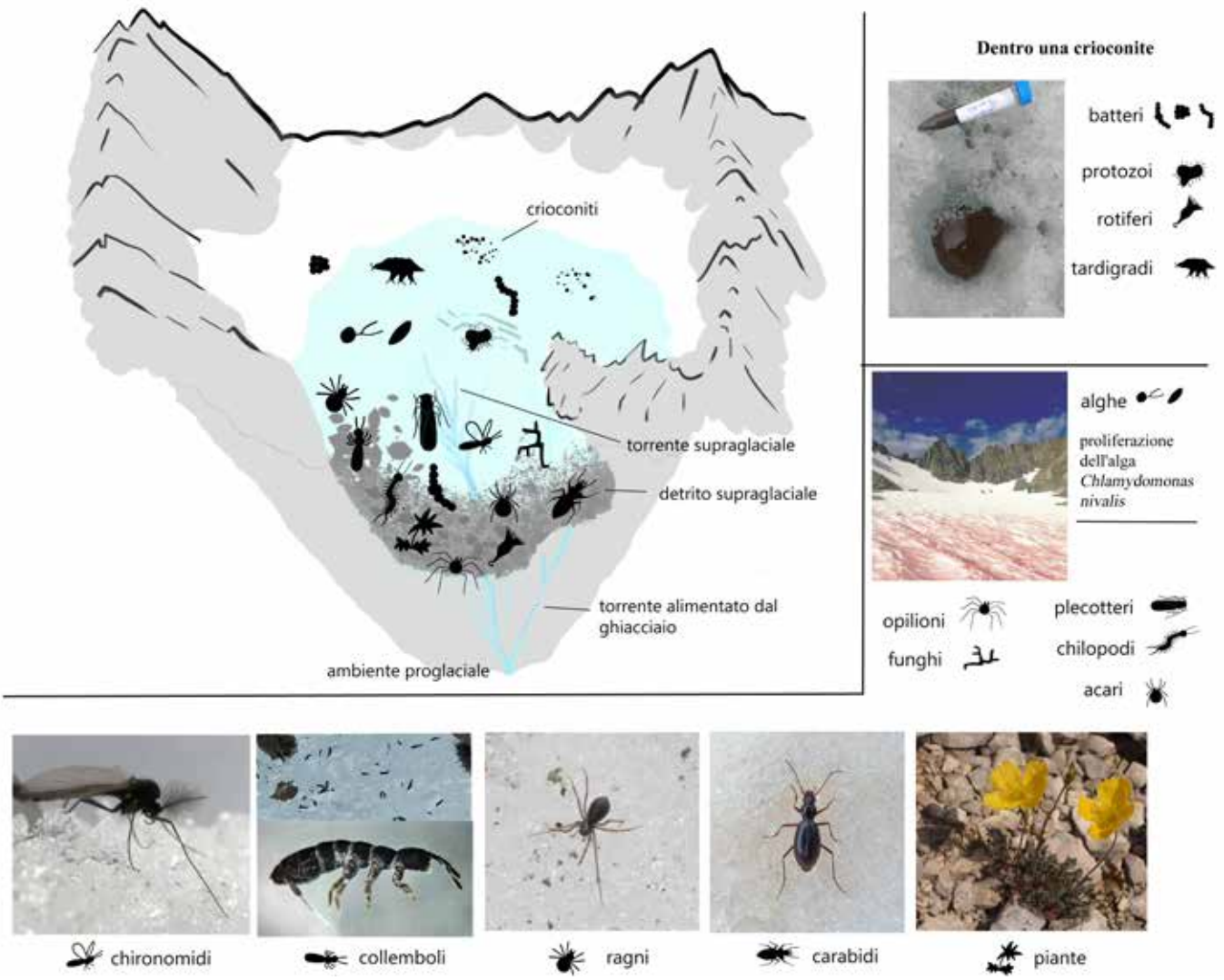



*Figura 10 – Rappresentazione schematica degli organismi che vivono permanentemente su un ghiacciaio (disegno di B. Valle)*

eterogeneo di quanto normalmente si suppone. Forme di vita, infatti, si rinvengono sulla loro superficie (habitat sopraglaciale), nel ghiaccio al loro interno (habitat endoglaciale), sotto il ghiaccio a contatto con il substrato roccioso o all'interno dei sedimenti che lo coprono (habitat subglaciale) e anche nelle aree deglacializzate a contatto con il ghiacciaio (habitat proglaciale), nei corsi d'acqua alimentati dalla fusione, nei laghi e nelle pozze d'acqua proglaciali. Sempre a proposito dei ghiacciai, va sottolineato quanto si differenzi la biodiversità fra *debris-free* e *debris-covered glacier*. I primi sono prevalentemente colonizzati da batteri, alghe, artropodi (ad esempio coleotteri carabidi, ditteri chironomidi, collemboli, plecotteri, ragni e acari) e a livello periodico o stagionale sono frequentati da uccelli e mammiferi. A questo proposito l'incontro con stambecchi o camosci che percorrono senza alcun timore la superficie di un ghiacciaio è sicuramente uno dei momenti più emozionanti della frequentazione dell'alta montagna. Di particolare interesse su questo tipo di ghiacciaio è lo studio dei "fori crioconitici" ("coppette" o "vaschette crioconitiche"). Si tratta di cavità aperte nel ghiaccio

*Figura 11 – Collemboli (in alto - foto B. Valle) e carabidi (in basso- foto di D. Donadoni)*

vivo con diametro da pochi centimetri a un metro, spesso foggiate a mezzaluna, sul cui fondo è depositato un sottile strato di sedimenti fini di colore scuro, bruno o nero, la "crioconite" (dal greco *crios*, gelo e *konis*, polvere). Il sedimento, un aggregato di particelle minerali e di materiale organico, si accumula in piccole depressioni della superficie glaciale per trasporto eolico o idrico, e favorisce con la sua bassa albedo non solo la fusione locale del ghiaccio sottostante e la formazione di cavità, ma anche la crescita di microrganismi. Fra gli altri vi si sviluppano batteri, alghe e numerosi gruppi di invertebrati (ad esempio tardigradi, anellidi, copepodi, rotiferi e collemboli).

I *debris-covered glacier* ospitano una biodiversità ancora più accentuata; le loro lingue, infatti, grazie alla ridotta ablazione ad opera della copertura detritica, possono scendere a quote inferiori rispetto a quelle dei *debris-free glacier*, perfino al di sotto del limite degli alberi (e il Miage ne costituisce ancora un ottimo esempio). Pertanto, oltre ai *taxa* sopra elencati, sui detriti sopraglaciali possono svilupparsi comunità diversificate di muschi, piante vascolari e invertebrati. Da ricordare a questo proposito il dibattito ancora aperto a livello scientifico sulla funzione di "rifugio" esercitata dai *debris-covered glacier* durante le fasi pleistoceniche più fredde o le fasi oloceniche più calde. Nel primo caso, più

*Figura 12 – Vegetazione arbustiva a larice e salici sulla superficie detritica del Ghiacciaio del Miage (foto C. Smiraglia)*

*Figura 13 – Linaria alpina sulla superficie detritica del Ghiacciaio del Miage (foto C. Smiraglia)*

*Figura 14 – Ghiacciaio del Belvedere (Monte Rosa). Copertura vegetale sul detrito sopraglaciale, con Cerastium pedunculatum in fioritura (foto D. Tampucci)*

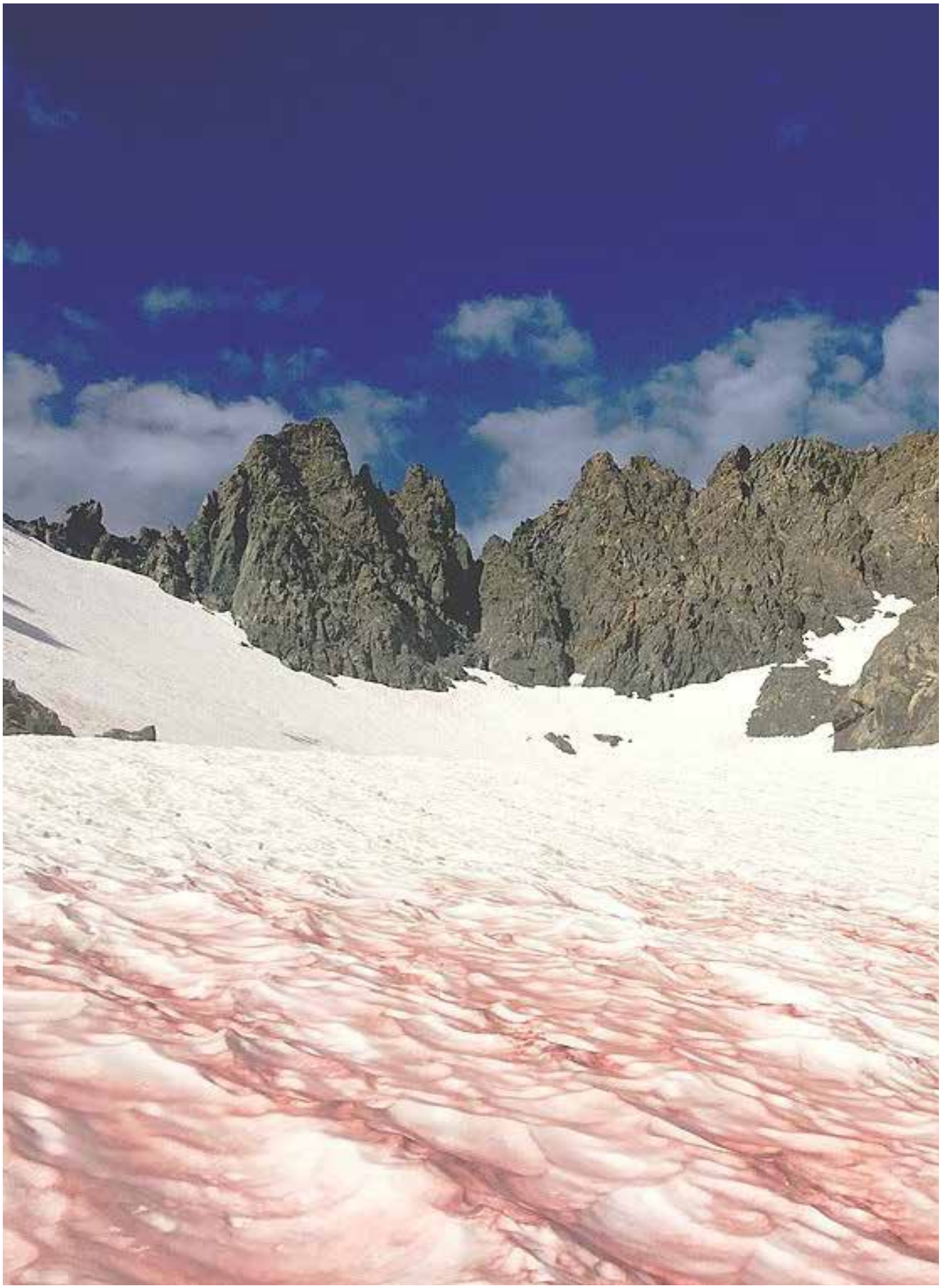


*Figura 15 – Copertura di alghe nivali (USDA/Paul Wade, via Wikimedia Commons)*

*Figura 16 – Papaver alpinum su piana proglaciale (foto M. Caccianiga)*

*Figura 17 – Campionamento di insetti criofili sulla Vedretta d'Agola (Dolomiti di Brenta) - (foto S. Cantarini)*

discusso, questi ghiacciai avrebbero costituito degli habitat capaci di garantire la conservazione di numerosi *taxa* di piante alpine durante le glaciazioni e quindi di agire successivamente come aree di diffusione; nel secondo caso, sul quale c'è più concordanza fra i ricercatori, questi ghiacciai, che si ritiene fossero molto diffusi sulle Alpi durante gli *optimum* climatici *olocenici*, avrebbero ospitato numerose specie di alta montagna, permettendone la sopravvivenza in un ambiente che all'esterno del ghiacciaio diventava sempre più ostile dal punto di vista climatico. L'importanza di approfondire la conoscenza dei *debris-covered glaciers* come habitat per la colonizzazione e la sopravvivenza di piante e animali è ben evidente quando si esaminano scenari di risposta dell'ecosistema alpino ai cambiamenti climatici.

Per quanto riguarda i *rock glacier*, già si è accennato alle loro peculiarità geomorfologiche e dinamiche che li differenziano rispetto ai ghiacciai e che creano biocenosi differenti sulla loro superficie. In particolare, si osserva che la vegetazione presente sulle forme attive (caratterizzate cioè da presenza di ghiaccio interno e da movimento) è diversa, ma soprattutto meno estesa rispetto alle aree circostanti stabilizzate e ai *rock glacier* inattivi, dove spesso la copertura vegetale è continua; ciò molto probabilmente è dovuto al movimento anche se lento del detrito che forma il substrato delle forme attive. Su queste ultime le fasce più instabili sono caratterizzate dalla mancanza di muschi e licheni; le piante vascolari includono specie caratteristiche di pendii detritici e morene e anche di prateria alpina e di valletta nivale, la cui distribuzione sembra meno condizionata dall'instabilità del substrato. I *rock glacier* attivi formano inoltre un habitat dove vivono stabilmente comunità di coleotteri carabidi, collemboli e ragni.

Tra tutti gli organismi che abitano questi ambienti, quelli considerati più vulnerabili e preziosi per la biodiversità alpina — e non solo!— sono le specie cosiddette "criofile" (ovvero "amanti del ghiaccio"), che necessitano di condizioni fredde e umide per sopravvivere: la loro presenza sulle Alpi è praticamente circoscritta a ghiacciai e *rock glacier,* cui sono quindi strettamente legati.

**Un habitat minacciato**

L'esistenza e la conservazione dell'Habitat 8340 con significative presenze di elementi della criosfera sono sostanzialmente determinate dall'evoluzione del clima ed è chiaro che il rapido riscaldamento in corso rappresenta un importante fattore di rischio. Che ci sia in atto una riduzione delle masse glaciali alpine con una velocità non registrata in precedenza, è un dato di fatto ben noto; sulle Alpi Italiane, ad esempio, dagli Anni Settanta del secolo scorso ad oggi si è passati da un'area totale glacializzata di circa 600 $km^2$ a 325 $km^2$ con una riduzione percentuale di oltre il 40% e l'estinzione di quasi 500 corpi glaciali. È chiaro che le comunità biologiche ospitate da questo habitat stanno subendo sensibili alterazioni, consistenti in perdita di specie criofile a favore di specie più termofile ed estinzioni locali o globali. Modelli e proiezioni indicano che entro metà secolo gran parte dei ghiacciai di piccole dimensioni potrebbe estinguersi e con loro la locale biodiversità ad essi associata. Già oggi il monitoraggio e le valutazioni effettuate nell'ambito dell'Articolo 17 della Direttiva Habitat per il periodo 2013-2018 inseriscono l'Habitat 8340 nei più bassi livelli di stato di conservazione della graduatoria in tutte le regioni europee.
*(https://nature-art17.eionet.europa.eu/article17/*

Dal punto di vista della conservazione e della protezione bisogna arrivare alla consapevolezza che l'Habitat 8340 non è sostituibile e che molte delle specie ivi presenti sono minacciate dalla sua riduzione areale, essendo adattate a vivere solo in questa tipologia di habitat. Alcune delle caratteristiche che rendono queste specie particolarmente vulnerabili al ritiro dei ghiacciai sono la limitata dimensione delle popolazioni, la scarsa capacità di dispersione e la necessità di vivere a temperature basse e con limitate fluttuazioni. Il ritiro glaciale sta portando a una rapida sostituzione delle specie adattate ai climi freddi con specie caratterizzate da maggiore tolleranza termica. Recenti ricerche, ad esempio sulle Alpi Italiane, hanno già evidenziato locali estinzioni di insetti acquatici e terrestri tipici degli habitat glaciali (alcune specie di ditteri chironomidi e coleotteri carabidi). A ciò si aggiunge il fatto che molto probabilmente alcuni *taxa* endemici, a causa della loro distribuzione in zone alpine poco accessibili, non sono ancora stati descritti e potrebbero estinguersi prima che ciò avvenga. Tenendo conto di queste osservazioni, è chiaro che una caratterizzazione ecologica completa dell'Habitat 8340 diventa fondamentale prima che i ghiacciai e le forme derivanti dal permafrost in Europa si estinguano o si riducano ai minimi termini, con la conseguente estinzione della biodiversità ad essi associata, che costituisce fra l'altro un importante patrimonio naturalistico e culturale a scala continentale. Senza questa conoscenza non è possibile nemmeno prevedere piani di monitoraggio e di conservazione.

Poiché la degradazione della criosfera è un fenomeno globale dovuto essenzialmente a fattori climatici, è chiaro che interventi e strategie locali volte a rallentarlo avranno effetti per l'appunto locali. Un esempio è costituito dagli ormai numerosi interventi di copertura artificiale delle superfici glaciali, soprattutto per motivazioni turistiche (in particolare sci estivo). Sono interventi certamente efficaci nel ridurre l'ablazione, ma, va ribadito, a livello esclusivamente locale; è impensabile, per varie motivazioni (tecnologiche, economiche e soprattutto

ambientali), proporre una copertura globale dei ghiacciai terrestri o anche solo alpini. Gli interventi devono essere quindi globali e volti a intervenire direttamente sulle cause della crisi climatica, in particolare, come sottolineato ulteriormente nella recente COOP26 di Glasgow, con la riduzione delle emissioni di gas climalteranti. Si sottolinea inoltre, che i sopracitati teli potrebbero avere effetti negativi proprio sulla biodiversità degli ambienti glaciali poiché vanno a ricoprire i ghiacciai, alterandone le caratteristiche ecologiche e quindi anche biologiche con conseguenze ancora poco note.

In conclusione, la limitata conoscenza di questo habitat e della biodiversità ad esso connessa, i cui tempi di persistenza appaiono ormai alquanto ridotti, deve spingere verso un urgente incremento degli studi per delinearne consistenza attuale e tendenze. Potrebbe, ad esempio, essere utile sviluppare un Programma Europeo di Monitoraggio della Biodiversità Glaciale *(European Glacial Biodiversity Monitoring Programme)* sull'esempio del già esistente *Circumpolar Biodiversity Monitoring Programme*, soprattutto ai fini di una più efficace pianificazione della conservazione di questo habitat.

## Nota

I dati presentati nell'articolo sono tratti prevalentemente da:

*GOBBI M., AMBROSINI R., CASAROTTO C., DIOLAIUTI G., FICETOLA G.F., LENCIONI V., SEPPI R., SMIRAGLIA C., TAMPUCCI D., VALLE B. & CACCIANIGA M. (2021) - Vanishing permanent glaciers: climate change is threatening a European Union habitat (Code 8340) and its poorly known biodiversity. Biodiversity and Conservation, 30, 2267–2276 https://doi.org/10.1007/s10531-021-02185-9.*

Per approfondimenti sugli argomenti trattati si veda la seguente bibliografia sommaria:

## Bibliografia


- *AZZONI R.S., FRANZETTI A., FONTANETO D., ZULLINI A. & AMBROSINI R. (2015) - Nematodes and rotifers on two alpine debris-covered glaciers. Italian Journal Zoology, 82, 616–623.*
- *BENN I.D. & EVANS D.J.A. (2010) – Glaciers and Glaciation. Taylor & Francis, 816 pp.*
- *BRIGHENTI S., TOLOTTI M., BRUNO M.C., WHARTON G., PUSCH M.T. & BERTOLDI W. (2019) - Ecosystem shifts in alpine streams under glacier retreat and rock glacier thaw: a review. Science Total Environment, 675, 542–559.*
- *CACCIANIGA M., ANDREIS C., DIOLAIUTI G., D'AGATA C., MIHALCEA C. & SMIRAGLIA C. (2011) - Alpine debris-covered glacier as a habitat for plant life. Holocene, 21, 1011–1020.*
- *FICETOLA G.F., MARTA S., GUERRIERI A., GOBBI M., AMBROSINI R., FONTANETO D., ZERBONI A., POULENARD J., CACCIANIGA M. & THUILLER W. (2021) - Dynamics of ecological communities following current retreat of glaciers. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 52, 405–426.*
- *FUGAZZA D., SENESE A., AZZONI R.S., MAUGERI M., MARAGNO D. & DIOLAIUTI G.A. (2019) - New evidence of glacier darkening in the Ortles-Cevedale group from Landsat observations. Global Planet Change, 178, 35–45.*
- *GOBBI M., BALLARIN F., COMPOSTELLA C., LENCIONI V., SEPPI R., TAMPUCCI D. & CACCIANIGA M. (2014) – Physical and biological features of an active rock glacier of the Italian Alps. Holocene, 24, 1624–1631.*
- *HOCK R., RASUL G., ADLER C., CÁCERES B., GRUBER S., HIRABAYASHI Y., JACKSON M., KÄÄB A., KANG S., KUTUZOV S., MILNER A., MOLAU U., MORIN S., ORLOVE B. & STELTZER H. (2019) - High Mountain Areas. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate (Pörtner H.O., Roberts D.C., Masson-Delmotte V., Zhai P., Tignor M., Poloczanska E., Mintenbeck K., Alegría A., Nicolai M., Okem A., Petzold J., Rama B. & Weyer N.M. eds.), Intergovernmental Panel Climate Change, 131-202.*
- *LENCIONI V. (2018) - Glacial influence and stream macroinvertebrate biodiversity under climate change: Lessons from the Southern Alps. Science Total Environment, 622, 563–575.*
- *PELFINI M., DIOLAIUTI G.A., LEONELLI G., BOZZONI M., BRESSAN N. & BRIOSCHI D. (2012) - The influence of glacier surface processes on the short-term evolution of supraglacial tree vegetation: The case study of the Miage Glacier, Italian Alps. The Holocene, 22, 847–856.*
- *STIBAL M., BRADLEY J.A., EDWARDS A., HOTALING S., ZAWIERUCHA K., ROSVOLD J., LUTZ S., CAMERON K.A., MIKUCKI J.A., KOHLER T.J., ŠABACKÁ M. & ANESIO A.M. (2020) - Glacial ecosystems are essential to understanding biodiversity responses to glacier retreat. Nature Ecology Evolution, 4, 686–687.*
- *TAMPUCCI D., AZZONI R.S., BORACCHI P., CITTERIO C., COMPOSTELLA C., DIOLAIUTI G., ISAIA M., MARANO G., SMIRAGLIA C. & GOBBI M. (2017) - Debris-covered glaciers as habitat for plant and arthropod species: Environmental framework and colonization patterns. Ecological Complexity, 32A, 42-52.*
- *TOLOTTI M., CERASINO L., DONATI C., PINDO M., ROGORA M., SEPPI R. & ALBANESE D. (2020) - Alpine headwaters emerging from glaciers and rock glaciers host different bacterial communities: ecological implications for the future. Science Total Environment, 717, 137101.*
- *TURCHETTI B., GORETTI M., BRANDA E., DIOLAIUTI G., D'AGATA C., SMIRAGLIA C., ONOFRI A. & BUZZINI P. (2013) - Influence of abiotic parameters on culturable yeast diversity in two distinct Alpine glaciers. FEMS- Microbiology Ecology, 86 (2), 327-340.*
- *VALLE B., CUCINI C., NARDI F., CACCIANIGA M., GOBBI M., DI MUSCIANO M., FICETOLA G.F., GUERRIERI A. & FANCIULLI P.P. (2021) - Desoria calderonis sp. nov., a new species of alpine cryophilic springtail (Collembola: Isotomidae) from the Apennines (Italy), with phylogenetic and ecological considerations. European Journal of Taxonomy, 787(1), 32-52.*

# Rigenerazione e riuso del patrimonio costruito alpino
## Esperienze didattiche in Valdigne

di Roberto Dini[1], Cristian Dallere[2], Matteo Tempestini [3]

(1) Architetto, Phd e professore associato di progettazione architettonica e urbana al Politecnico di Torino, ricercatore presso l'Istituto di Architettura Montana, socio CAI Sezione di Aosta

(2) Architetto, dottorando in "Architettura. Storia e Progetto" al Politecnico di Torino, ricercatore presso l'Istituto di Architettura Montana

(3) Architetto, dottorando in "Architettura. Storia e Progetto" al Politecnico di Torino, ricercatore presso l'Istituto di Architettura Montana

**Riassunto:** dopo una breve introduzione mirata a esplicitare i temi legati alla rigenerazione dei territori alpini e alle dinamiche che ne favoriscono lo sviluppo sociale, culturale ed economico, il contributo presentato porta a titolo esemplificativo alcune esperienze didattiche svolte nei territori della Valdigne in Valle d'Aosta. L'attività didattica in area alpina rappresenta un buon modo per affrontare tematiche di notevole complessità permettendo agli studenti di assumere una forte consapevolezza del progetto di architettura. L'esperienza didattica, inoltre, permette di ragionare su alcune tematiche fondamentali del nostro periodo storico, mettendo gli studenti di fronte alla manifestazione delle crisi ambientali, climatiche, sociali ed economiche di spopolamento, stati di crisi che stanno diventando sempre più "ordinari" e contro i quali è necessario sviluppare adeguati strumenti. La descrizione dei progetti si è limitata a definire l'approccio progettuale nei confronti di un patrimonio costruito, esistente e sottoutilizzato, che caratterizza il paesaggio alpino e che necessita di essere ripensato dal punto di vista morfologico e funzionale.

***Abstract: Regeneration and reuse of the Alpine built heritage. Didactic experiences in Valdigne***

*The paper examples some architectural teaching experiences in the Valdigne territories in Valle d'Aosta. A brief introduction explains how alpine territories can be regenerated and the dynamics to promote the social, cultural, and economic development of mountain areas. The teaching activity in the Alpine area represents a good way to address design issues of considerable complexity, allowing students to acquire a strong awareness of the architectural project. The teaching experience also allows us to think about some problems of our historical period, putting students in front of the manifestation of the environmental, climatic, social, and economic crises, against which it is necessary to develop adequate tools. The description of the projects is limited to defining the design approach towards an existing and underused built heritage that characterizes the Alpine territory that needs to be rethought both from a morphological and functional point of view.*

### L'Istituto di Architettura Montana e la didattica in area alpina

L'attività sviluppata negli ultimi anni dal centro di ricerca Istituto di Architettura Montana - IAM del Dipartimento di Architettura e Design del Politecnico di Torino ha permesso di creare, all'interno del Dipartimento sopracitato, uno specifico filone scientifico incentrato sul progetto e la conoscenza dell'architettura, del paesaggio e del territorio in ambiente alpino attraverso la ricerca scientifica e progettuale, la divulgazione mediante pubblicazioni e convegni, la redazione della rivista internazionale *«ArchAlp»* e attività didattiche nell'ambito dei corsi di Laurea e Laurea Magistrale.

L'istituto di Architettura Montana rappresenta oggi l'unica realtà universitaria operante nei paesi dell'arco alpino espressamente indirizzata ai temi dell'architettura e del paesaggio costruito montano. Proprio per questo aspetto ricopre un ruolo importante come catalizzatore di diverse realtà e operatori nel campo, configurandosi come un punto di riferimento a livello regionale, nazionale e internazionale. Elemento connotante dell'IAM è la forte interdisciplinarietà dei temi di ricerca, questo perché l'ambito del paesaggio e dell'architettura alpina determina il convergere di molteplici tematiche tra loro differenti: la qualità architettonica ed energetica del costruito, il patrimonio, lo sviluppo tecnologico sostenibile, lo sviluppo economico, sociale e culturale, la valorizzazione e l'abitabilità del territorio alpino. La confluenza di questi temi rappresenta sinteticamente l'attività di ricerca dell'IAM che mira ad approfondire il rapporto tra progetto di architettura e territorio alpino nell'ottica di indagare le possibilità abitative diversificate che caratterizzano la montagna di oggi.

*Foto 1 - (a sinistra) Una delle casermette del sito di La Salle durante il sopralluogo, sullo sfondo il Monte Bianco*

La recente crisi pandemica sembra aver riacceso interesse verso le aree extra-urbane e montane, grazie alla possibilità di praticare, in questi luoghi, modi di abitare più "intelligenti", più attenti alla dimensione sociale, alla qualità ambientale e paesaggistica, alla qualità della salute fisica e mentale. Quella che molti quotidiani hanno definito una "fuga dalla città" è legata al fatto che la montagna è oggi percepita come "luogo rifugio" in cui instaurare nuove forme di abitabilità. L'alta frequentazione, unitamente alla diversificazione e alla destagionalizzazione dei flussi verso le aree montane hanno mostrato come l'ambiente alpino possa diventare anche luogo di vita e non solo mèta di frequentazione a fini turistici.

Inoltre è bene far riferimento al fatto che i cambiamenti sociali, economici e climatici in corso in questi ultimi decenni hanno innescato forti trasformazioni ambientali che, soprattutto nei contesti fragili, implicano anche profonde trasformazioni del paesaggio costruito. Proprio in ragione di tali mutamenti, un sempre maggior numero di insediamenti, infrastrutture, architetture, sta perdendo il proprio originale utilizzo per cedere il passo al sottoutilizzo o alla dismissione e necessita un ripensamento radicale in termini paesaggistici, morfologici, tecnologici, funzionali e ambientali. Questo fenomeno si può tradurre, se opportunamente intercettato e declinato, nella possibilità per i territori montani di innescare processi virtuosi di rigenerazione territoriale, prefigurando nuovi sistemi di ricettività e di welfare in stretta relazione con nuovi sistemi di infrastrutturazione per far fronte a diverse esigenze locali e territoriali favorendo lo sviluppo sociale, economico e culturale[1]. Ciò può incentivare nuove forme di abitabilità che possono essere considerate un arricchimento nei termini sopra descritti per le comunità locali, anche attraverso un processo di destagionalizzazione e di diversificazione negli usi del territorio. Si può pensare al fenomeno dei "nuovi montanari"[2] di cui parla Giuseppe Dematteis correlato alla ridefinizione di "distanze" – fisiche e sociali – che vengono trattate dal sociologo Andrea Membretti[3]. L'intercettazione di questi fenomeni deve avvenire, inevitabilmente, in stretto contatto con le comunità locali, enti e amministrazioni in grado di trasmettere le reali esigenze e risorse che un determinato territorio può mettere in gioco per stabilire nuove sinergie e vie di sviluppo. Queste, sono tutte dinamiche che possono essere inserite sulla scia delle ipotesi della cosiddetta "terza via"[4] , concepita per affrontare la tradizionale impostazione concettuale che considera l'ambiente montano come un'area marginale, e con l'obiettivo di allontanarsi dalla contrapposizione radicale che vede da un lato la modernizzazione forzata e dall'altro il rifiuto ideologico della trasformazione[5].

Sono numerosi i contesti montani in cui vi sono delle opportunità di sviluppo nella direzione appena descritta, come ad esempio quello della Valdigne, in Valle d'Aosta. Territorio nel quale coesistono dinamiche insediative di natura opposta come centralità e marginalità, densificazione e rarefazione, temporaneità e lunga durata, conservazione e sostituzione, addomesticazione e inselvatichimento, tradizione e innovazione. Ambiti quindi caratterizzati da una «discontinuità territoriale» in cui sono compresenti in aree di pochi chilometri quadrati ambienti dalla forte pressione antropica, principalmente per ragioni turistico ricettive, e allo stesso tempo spazi dilatati a elevata componente naturale. L'attività di ricerca portata avanti dall'IAM in Valdigne è ormai consolidata da anni grazie ai solidi rapporti instaurati tra il centro di ricerca e la Fondazione Courmayeur Mont-Blanc che mediante l'Osservatorio della Montagna "Laurent Ferretti" promuove la ricerca scientifica e iniziative culturali su tematiche inerenti alle realtà alpine. *(Foto 2)*

Questi luoghi possono assumere oggi nuovi significati alla luce di istanze come la sostenibilità ambientale, sociale ed economica. Il riuso di tale patrimonio edilizio può dunque essere l'occasione per uno sviluppo più equilibrato e integrato con le specificità dei luoghi e del paesaggio. La concorrenzialità dei valori immobiliari rispetto a quelli urbani, la disponibilità di oggetti edilizi trasformabili, la qualità ambientale e paesaggistica, sono alcuni degli elementi che rendono il contesto montano estremamente resiliente, adattabile e appetibile dal punto di vista insediativo. Si parla infatti di processi di rigenerazione che entrano in riverberazione con nuove forme di abitare le Alpi fondate su un'attenzione accentuata alla qualità dell'abitare, al risparmio energetico, al riuso del patrimonio, alla definizione di spazi e servizi per le collettività. *(Foto 3)*

In questo senso sono noti i casi in cui anche un singolo intervento di riuso e riqualificazione di un manufatto agisca in modo indiretto sul miglioramento della qualità della vita e degli spazi abitativi di un determinato spazio o territorio[6] .

L'attività didattica che si è deciso di presentare è costituita da un atelier di progettazione in cui concorrono differenti competenze che hanno permesso agli studenti di affrontare il progetto approfondendo più tematiche progettuali; nello specifico i moduli didattici sono stati tre: composizione architettonica e urbana (prof. Roberto Dini, arch. Alessandro Depaoli, arch. Stefano Girodo, arch. Matteo Tempestini), progettazione tecnologica ambientale (prof.ssa Francesca Thiébat, prof. Corrado Carbonaro, prof. Pietro Merlo) e fisica dell'edificio (prof.ssa Valentina Serra, prof.ssa Alice Gorrino, prof.ssa Alessia Griginis, arch. Ilaria Scalzo). Con l'attività didattica è stato messo a punto un iter progettuale che a partire dalla scala insediativa, con la stesura di un masterplan, è passato attraverso la scala dell'edificio, ed è arrivato infine al

*Foto 2 - Mappa Valdigne - Individuazione delle aree di studio all'interno del territorio della Valdigne. 1/ Hotel Télécabine, Dolonne, Courmayeur; 2/ Caserma Cordero Lanza di Montezemolo, Pré-Saint-Didier; 3/ Ostello della gioventù, Arpy, Morgex; 4/ Villaggio minerario Pera Carà, La Thuile; 5/ Colonia estiva, La Salle*

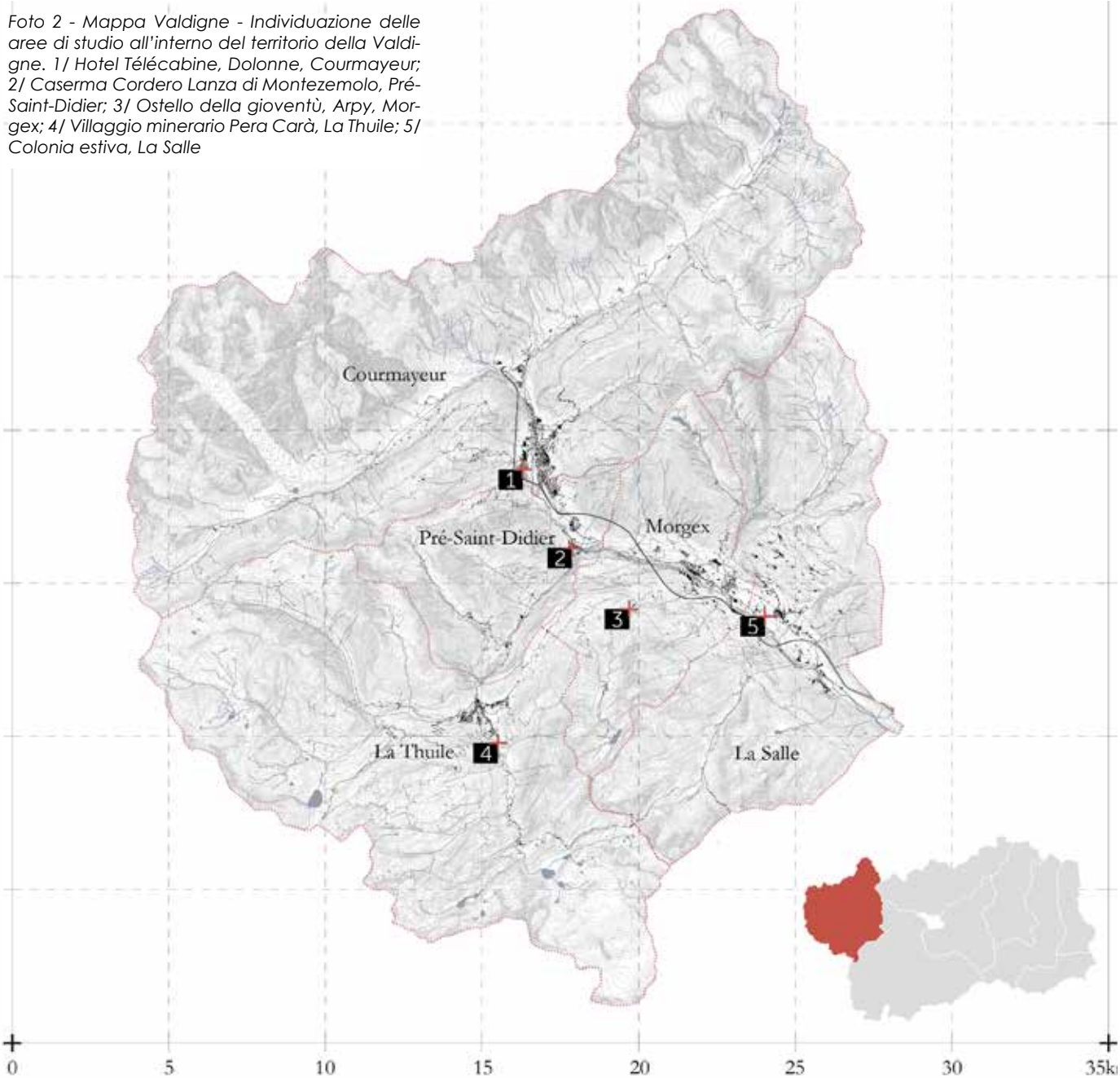


*Foto 3 - Courmayer - L'Hotel Télécabine, Dolonne, Courmayeur*

*Foto 4 - Pre Saint Didier - La Caserma Cordero Lanza di Montezemolo, Pré-Saint-Didier*

*Foto 5 -Arpy, Morgex - L'Ostello della gioventù, Arpy, Morgex*

dettaglio secondo un processo in cui dimensione territoriale, architettonica, costruttiva e tecnologica sono fortemente interconnesse. *(Foto 4)*

Il progetto si è concentrato sul tema della riqualificazione di cinque aree caratterizzate da problematiche insediative ed ambientali, in cui si trovano complessi edilizi in condizioni di sottoutilizzo o abbandono, site nei cinque comuni che compongono l'Unité des Communes valdôtaines Valdigne-Mont Blanc, ovvero Courmayeur, Pré-Saint-Didier, La Thuile, Morgex, La Salle. *(Foto 5)*

La chiave di lettura dei progetti presentati è il concetto di sostenibilità, non solo inteso come definizione di valutazioni e indicatori quantitativi, ma con un'accezione più ampia connessa a tematiche culturali, sociali ed economiche strettamente legate al progetto. Per questo l'obiettivo dei progetti è stato quello di mettere in luce le potenzialità che tali aree hanno all'interno del territorio della Valdigne, attraverso la valorizzazione della qualità architettonica e paesaggistica, la creazione di un'accoglienza inclusiva e diversificata, la promozione del turismo sostenibile, il sostegno alle politiche di sviluppo a livello locale e territoriale. *(Foto 6 - 7)*

## I casi studio

### *1) Hotel Télécabine, Dolonne, Courmayeur*

La prima area di progetto è quella dell'hotel Télécabine, al margine sud dell'abitato di Dolonne, frazione del comune di Courmayeur. La struttura ricettiva, attualmente in funzione, è stata ricavata dalla conversione della vecchia stazione di valle della telecabina Dolonne-Plan Checruit, realizzata negli anni Sessanta. Nonostante il cambiamento di destinazione d'uso e la conseguente riorganizzazione, la struttura dell'albergo ad oggi non risponde alle reali necessità degli utenti e dei gestori. Gli studenti hanno quindi ipotizzato una nuova fase della vita della struttura che vada oltre la concezione di sfruttamento turistico che l'aveva caratterizzata in precedenza (alcuni resti dell'originaria stazione della telecabina sono ancora presenti all'interno dell'edificio e sono stati sfruttati come un'attrazione di "archeologia" del turismo), in un'ottica di sostenibilità economica, sociale ma soprattutto ambientale, per la quale gli usi e

*Foto 6 - La Thuile - Il villaggio minerario Pera Carà, La Thuile*

*Foto 7 - La Salle - La colonia estiva, La Salle*

le attività antropiche devono modificarsi e adattarsi perpetuamente all'ambiente alpino, anch'esso in cambiamento continuo. *(Foto 8)*

Tutti i progetti hanno lavorato su un'ipotesi di radicale trasformazione del manufatto esistente, integrando la realizzazione di nuovi volumi con la riqualificazione di alcuni spazi già costruiti, in particolare i due piani interrati dei vecchi parcheggi, in struttura in calcestruzzo armato. Questi ultimi sono stati in parte mantenuti a servizio delle nuove attività, ma visto il loro cospicuo numero, sovradimensionato rispetto agli utilizzi previsti, una parte è stata convertita in spazi funzionali alle attività inserite nel complesso oppure parzialmente demolita per permettere la realizzazione di terrazzamenti e patii verdi. Il principale obiettivo dei progetti è stato quello di mantenere la vocazione di ricettività turistica integrandola con nuove attività e funzioni legate al benessere e alla salute attraverso la creazione di spazi dedicati alla terapia, alla riabilitazione, all'attività motoria, al relax.

Gli approcci progettuali nei confronti dell'edificio esistente dell'ex telecabina sono vari ed offrono un panorama di come si possa intervenire oggi sulle numerose strutture costruite sulle Alpi a partire dalla metà del secolo scorso e ormai obsolete. La demolizione della superfetazione del volume delle camere, aggiunto nel momento del cambio di destinazione d'uso in albergo, ha permesso ad alcuni studenti di lavorare su una volumetria regolare e compatta con sviluppo est-ovest, come nell'originale edificio della stazione. Alcuni hanno mantenuto quest'ultimo, progettando i necessari interventi di retrofit energetico e adeguamento strutturale, altri hanno optato per la decisione più radicale di demolizione completa e di ricostruzione ex-novo, mantenendo la traccia del vecchio edificio. Altri approcci progettuali invece sono orientati verso la ricostruzione dell'edificio partendo dalla griglia di pilastri dei parcheggi sotterranei a realizzare volumi più piccoli e frammentati, che sfruttano l'orografia del terreno e la possibilità di realizzare terrazzamenti e piani su diverse quote, a ricreare una porzione di struttura urbana al limitare dell'abitato di Dolonne. *(Foto 9)*

*Foto 8 - Courmayeur 1 - Il manufatto originario della telecabina viene mantenuto e riqualificato grazie ai necessari interventi di retrofit energetico e adeguamento strutturale. Studenti: Miriana Occhineri, Silvia Secci, Valeria Toscano, Arianna Turolla*

*Foto 9 - Courmayeur 2 - Il manufatto esistente è stato demolito e successivamente ricostruito mantenendo in parte la traccia del vecchio edificio. Studenti: Lina Pinna, Davide Pio, Gabriele Porporato, Giorgia Somale*

***2) Caserma Cordero Lanza di Montezemolo, Pré-Saint-Didier***

La storica caserma Cordero Lanza di Montezemolo, oggi completamente abbandonata, è situata nel centro storico di Pré-Saint-Didier, verso il margine ovest dell'abitato, appena sotto la statale che porta verso il comune di La Thuile. L'area di progetto si trova nelle immediate vicinanze della caserma, che ne delimita lo spigolo sud-est, e si presenta oggi come uno spazio libero, in parte utilizzato a parcheggio, che dal punto di vista urbanistico prevede la possibilità di incremento volumetrico. Il lotto in pendenza si articola su tre livelli raccordati da piccole rive verdi, una caratterizzazione orografica che ha contribuito alla definizione dei progetti degli studenti. Questi ultimi hanno elaborato alcune proposte per riconnettere, alla scala del paese, questo tassello urbano con gli altri luoghi strategici del comune come lo stabilimento termale, il complesso sportivo della piscina, i parcheggi di attestamento, l'ex stazione ferroviaria, con l'obiettivo di creare un ulteriore luogo di servizio sia per turisti che per residenti, attraverso la localizzazione di nuove funzioni di carattere culturale e sociale: biblioteca, auditorium, ristorazione, spazi per bambini. Queste necessità sono venute alla luce dopo il dialogo con alcuni rappresentanti municipali, tra cui il sindaco, che hanno espresso la necessità di soluzioni utili a coprire i buchi di offerta turistico/ricettiva e culturale delle attuali strutture presenti sul territorio. *(Foto 10)*

Di fondamentale importanza nei progetti sviluppati in quest'area, oltre all'orografia del lotto, è stato il ragionamento sulla messa in tensione del nuovo intervento rispetto all'oggetto esistente della caserma, oggi in stato di abbandono ma su cui pende un vincolo come bene di interesse storico. Per questo motivo il progetto non poteva prevedere la modifica sostanziale dell'edificio esistente, e tantomeno la sua demolizione, quanto un adattamento idoneo ad ospitare la sua nuova funzione di struttura ricettiva. I progetti si sono quindi sviluppati secondo direttrici sostanzialmente differenti ma tutte volte alla creazione di una nuova centralità per il piccolo centro di Pré-Saint-Didier, dove si fa sentire, nonostante la presenza di alcune attrazioni turistiche di importanza regionale e/o sovraregionale come il complesso termale, la mancanza di alcuni servizi essenziali complementari e supplementari alle attività turistiche stesse.

I progetti si differenziano per la modalità di intervento sull'edificio storico e per l'approccio nei confronti dell'orografia del terreno e dell'impianto insediativo.

Per quanto riguarda la caserma gli interventi si possono suddividere fondamentalmente in due tipologie: quelli di risanamento, restauro conservativo e successiva rifunzionalizzazione dell'edificio, senza prevedere un aumento di volumetria ma solo la ridefinizione degli spazi interni, e quelli che al risanamento dell'edificio hanno affiancato un aumento di volumetria ipotizzando una sopraelevazione, di uno o due piani. L'impianto insediativo invece è stato pensato secondo interventi molto differenziati, con edifici semi-ipogei, con attacco a terra semplice o a sbalzo. Anche in questo caso, come nel progetto per l'Hotel Télécabine, alcuni gruppi hanno lavorato su un disegno del terreno per terrazzamenti e sulla realizzazione di piccoli edifici a formare un nuovo pezzo del tessuto urbano, mentre altri studenti si sono concentrati maggiormente sul dialogo tra il nuovo e l'esistente e sulla messa in tensione dei due edifici. *(Foto 11)*

*Foto 10 - Pré Saint Didier 1 - Realizzazione di un nuovo volume che entra in dialogo con quello della Caserma esistente. Studenti: Edwin Peirone, Sandro Massaro, Cinzia Coraglia, Silvia Fasano, Virginia Isabella Fissore*

*Foto 11 - Pré Saint Didier 2 - Restauro e risanamento conservativo della caserma esistente e successiva riorganizzazione dello spazio esterno con l'inserimento di nuovi volumi integrati con la morfologia dell'area di progetto. Studenti: Giada Gerlo, Marta Macaluso, Zaira Nigro*

### *3) Ostello della gioventù, Arpy, Morgex*

Arpy è un piccolo centro del comune di Morgex, il cui costruito è suddiviso in due parti. Quella più a valle si conforma come una classica borgata che si sviluppa sulla via che porta verso il capoluogo. Poco più a monte si trova il secondo centro, un complesso di alcuni edifici storici parte del sito estrattivo di La Thuile e successivamente, dopo la dismissione del complesso minerario, utilizzati come colonia estiva. Si tratta di manufatti in buono stato di conservazione, tutt'ora in funzione, che ospitano un ostello della gioventù, strutture per la ristorazione e servizi per gli sport invernali. L'area di progetto indagata è proprio quest'ultima, dove gli studenti hanno elaborato alcune proposte per riqualificare gli edifici e gli spazi aperti con l'obiettivo di migliorarne l'accessibilità, il sistema distributivo, le prestazioni climatiche ed ambientali e per diversificare anche l'offerta ricettiva integrando funzioni come il benessere e la terapia o ancora laboratori e sale espositive per la creazione di una residenza artistica. *(Foto 12)*

Il complesso si trova su un grande basamento artificiale, alla sinistra orografica del vallone di Arpy, ed è formato da quattro edifici, uno di dimensioni maggiori posto sul fronte, e tre di dimensioni minori sul retro, tutti con impianto planimetrico cruciforme. Tra questi con gli anni sono state aggiunte delle superfetazioni utilizzate come spazi di deposito e magazzino. Nell'edificio più grande sono ospitati i principali servizi di ristorazione e gli spazi comuni della struttura ricettiva, mentre negli altri tre edifici trovano posto le camere. Questa suddivisione funzionale porta ad un grave problema di discomfort, soprattutto in periodo invernale, quando gli avventori della struttura devono affrontare neve e temperature al disotto dello zero per spostarsi dalla zona notte alle zone di ristorazione e servizio e viceversa. Inoltre, i singoli edifici esistenti presentano problemi di isolamento termico e di comfort climatico all'interno dei locali.

Per questi motivi i progetti si sono mossi principalmente verso il miglioramento dell'accessibilità di tutti e quattro i padiglioni, definendo percorsi e spazi distributivi, oltre che di prevederne il retrofit energetico. Gli approcci sono stati differenti, mentre alcuni progetti prevedono la realizzazione di un nuovo edificio che si insinua all'interno degli spazi di risulta degli edifici esistenti, fornendo sia nuovi spazi distributivi che nuove aree a servizio del complesso, altri studenti hanno ipotizzato delle strutture lineari, a collegamento dei quattro padiglioni, che nelle testate presentano un carattere di centralità a formare un landmark oppure un ingresso preferenziale alla struttura. In ultimo, il problema dei parcheggi, che ad oggi occupano più o meno disordinatamente la superficie pianeggiante del basamento artificiale, è stato risolto sfruttando il pendio retrostante il complesso, con strutture sia fuori terra che ipogee, oppure sfruttando la parte interrata del basamento, che insieme a risalite puntuali e distribuite lungo lo sviluppo del complesso, permette la distribuzione dello stesso al piano interrato. *(Foto 13)*

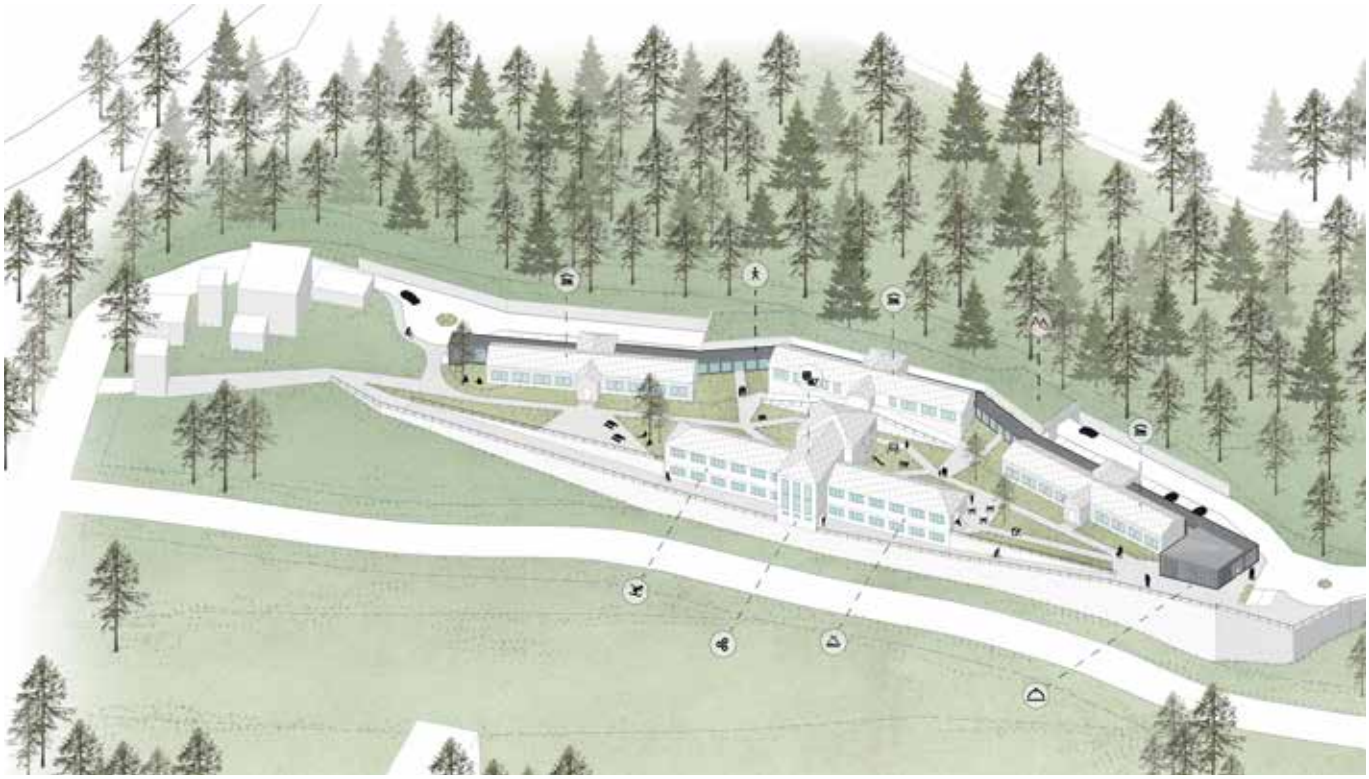


*Foto 12 - Arpy, Morgex 1 - L'attuale ostello della gioventù di Arpy è stato oggetto di progetti mirati al miglioramento dell'accessibilità e delle prestazioni energetiche con l'inserimento di una struttura lineare che collega i differenti spazi. Studenti: Luca Anselmino, Marta Barbirato, Francesca Fera, Valentino Miccoli*

*Foto 13 - Arpy, Morgex 2 - Il manufatto è stato ripensato in termini di accessibilità e retrofit energetico ed è stato previsto l'inserimento di nuovi volumi attestati al corpo centrale del complesso esistente. Studenti: Chiara Fuggiano, Claudia Ianao, Silvia Promenzio*

***4) Villaggio minerario Pera Carà, La Thuile***

Il villaggio minerario Pera Carà si trova al margine sud dell'abitato di La Thuile e, come il complesso di Arpy, è un luogo dal passato estrattivo. Questo si può riscontrare dal paesaggio fortemente modellato dalla presenza della miniera: edifici ed alloggi per i minatori, infrastrutture per l'attività estrattiva, decauville, gallerie di coltivazione del minerale, accumuli di smarino, ecc. Gli studenti hanno elaborato alcune proposte per riqualificare gli edifici e gli spazi aperti con l'obiettivo di migliorarne la relazione con il centro del paese, lavorando sull'identità e sulla vocazione "industriale" dell'area, proponendo attività legate alla piccola manifattura, all'artigianato ma anche alla ricerca e all'innovazione tecnologica, al fine di integrare gli spazi della residenzialità con quelli della produzione, del commercio, del lavoro. *(Foto 14)*

L'area di progetto è divisa in due lotti dalla strada comunale che l'attraversa. Ad ovest si trova uno spazio pianeggiante, con alcuni edifici in rovina testimoni dell'area della stazione di partenza e arrivo della miniera, che verso sud è caratterizzata dalla presenza di un piccolo stabilimento industriale semi-ipogeo realizzato in epoca recente. Ad est della strada invece il terreno è in pendenza, qui si trovano gli alloggi dei minatori, ad oggi in stato di completa rovina. Questi edifici sono caratterizzati dalla presenza di un solido basamento su cui è stata realizzata una struttura in carpenteria lignea e copertura metallica. Lo stato di conservazione pessimo e la mancanza di un vincolo di rilevanza storica su questi ultimi, ha permesso una certa libertà progettuale agli studenti, che hanno avuto la possibilità di decidere se mantenere parte della traccia degli edifici come memoria storica del complesso minerario o se operare su una tabula rasa. Quest'ultima soluzione, anche se meno limitante e più aperta all'immaginazione, pone la difficoltà, riscontrata da alcuni gruppi di lavoro, di operare su un terreno sostanzialmente privo di vincoli, se non quelli dovuti all'orografia del terreno. Anche in questo caso i progetti si sono caratterizzati con edifici semi-ipogei o a sbalzo, trovando, nonostante le difficoltà, un buon esito finale.

A livello insediativo quasi tutti i gruppi hanno proposto una differenziazione tra i due lotti est e ovest dell'area di progetto. Il lotto est ha mantenuto una funzione residenziale e di piccola manifattura, mentre il lotto ovest la sua vocazione storicamente industriale, con il progetto di segherie, falegnamerie, laboratori pesanti. I progetti si sono differenziati sostanzialmente, come detto, secondo due linee di pensiero e approccio: la prima ha previsto la completa demolizione degli edifici esistenti, andando a lavorare su un terreno "vergine" e quindi con una libertà progettuale più spinta. Il secondo approccio progettuale invece, volto al mantenimento della memoria storica, ha sfruttato le tracce a terra degli edifici esistenti, riutilizzandone in alcuni casi il basamento, a realizzare un insediamento simile per morfologia a quello storico ma dal carattere costruttivo e morfologico contemporaneo. *(Foto 15)*

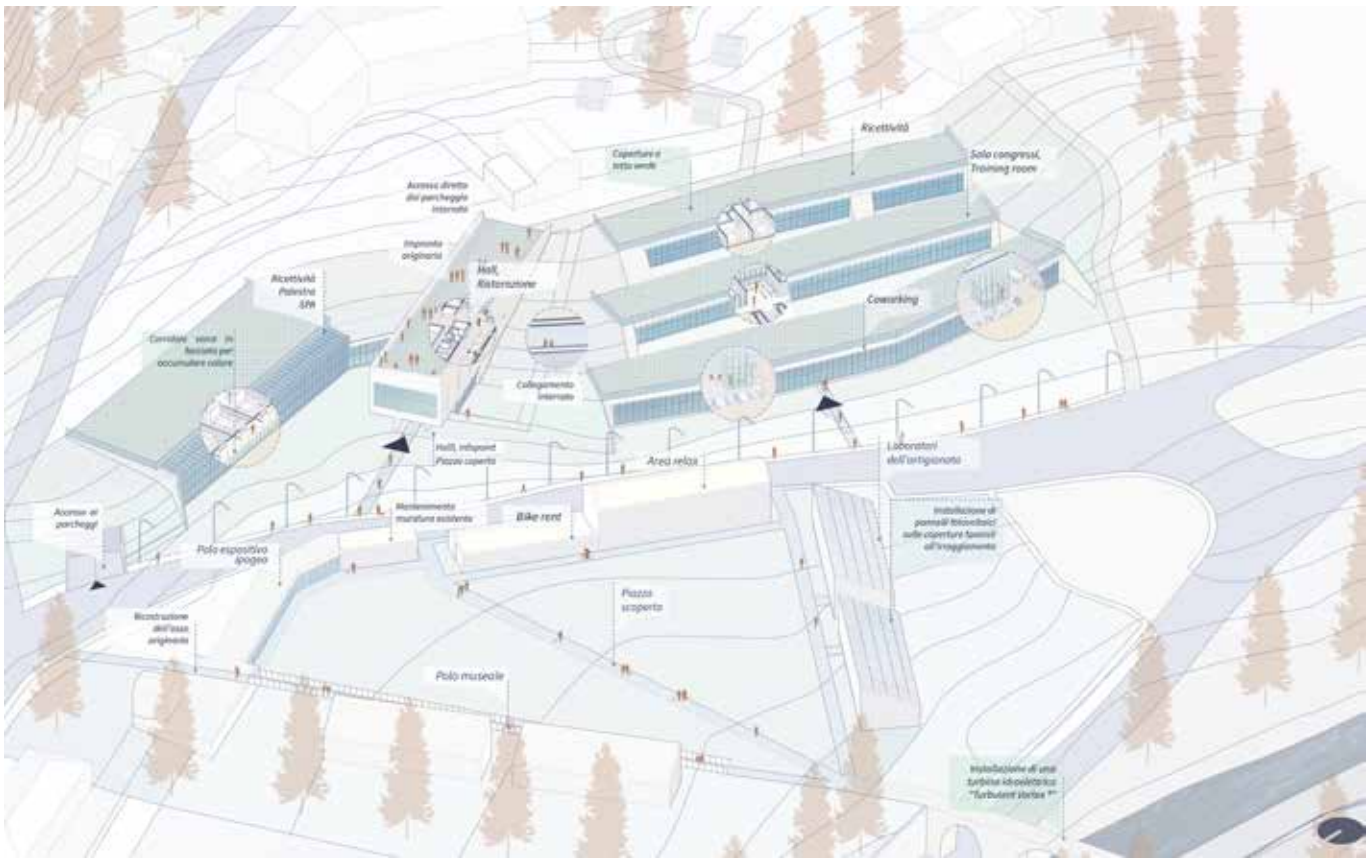



*Foto 14 - La Thuile 1 - Il progetto ha previsto la demolizione degli edifici esistenti dell'ex villaggio minerario con una successiva progettazione di edifici ex novo integrati con la morfologia del luogo. Studenti: Matteo Amato, Alessandro Laterza, Stefania Riccio*

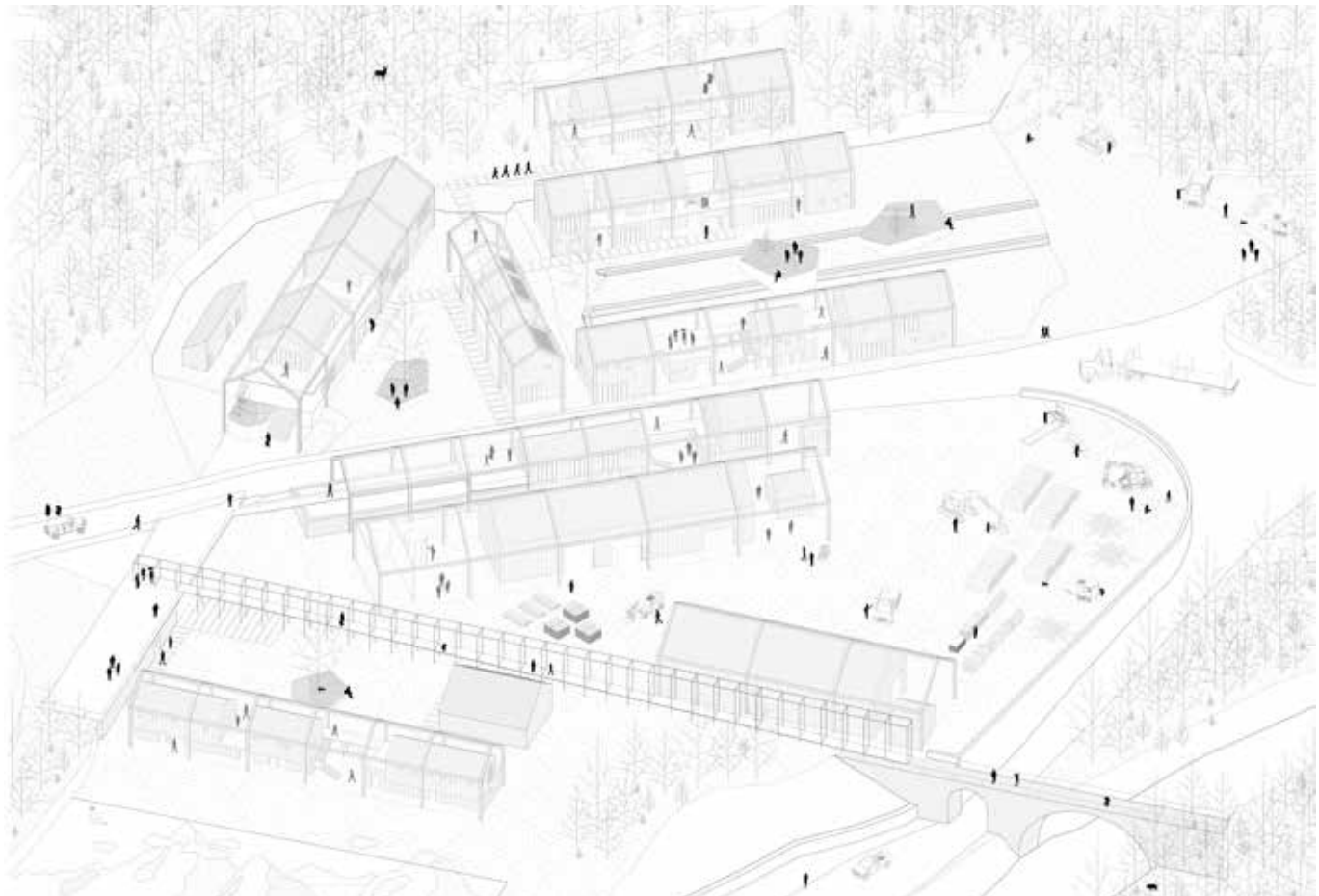


*Foto 15 - La Thuile 2 - In questo caso il progetto ha riproposto il sistema insediativo esistente mantenendo la memoria storica del luogo progettando edifici dai caratteri costruttivi e morfologici contemporanei. Studenti: Gabriele Fuschino, Giulia Milani, Laura Moca, Francesco Sordo*

### *5) Colonia estiva, La Salle*

Nelle immediate vicinanze del centro del comune di La Salle, tra quest'ultimo e la ex stazione ferroviaria, si trova la frazione Le Pont, dove è situata l'ultima area di progetto, la prima in ordine di altimetria crescente. L'area è caratterizzata dalla presenza di alcune casermette storiche più a valle e di un grande complesso risalente agli anni Sessanta a monte, un tempo utilizzato come colonia estiva. Entrambi gli edifici versano in uno stato di completo abbandono, anche se le strutture della colonia sono ancora quasi completamente integre se non per gli interni, mentre delle casermette rimangono soltanto i muri perimetrali in stato di rovina. Gli studenti hanno elaborato interventi per riqualificare gli edifici e gli spazi aperti con l'obiettivo di migliorarne la relazione con il centro del paese e con le principali vie di comunicazione. Sono stati proposti interventi di recupero degli edifici storici e di radicale trasformazione del manufatto più recente al fine di insediare nuove funzioni che integrano ricettività, attività di produzione vitivinicola, ricerca e didattica nell'ambito dell'enogastronomia e dell'agricoltura, al fine di rafforzare i legami con le principali vocazioni territorio circostante. *(Foto 16)*

Gli approcci progettuali si sono differenziati, come nelle altre aree di progetto, in base al rapporto del nuovo intervento rispetto le preesistenze. Mentre le rovine delle casermette vengono trattate concettualmente allo stesso modo, mantenendo le murature esterne ed inserendovi all'interno dei nuovi volumi, prefabbricati o realizzati in loco, autonomi sia a livello strutturale che di isolamento energetico, l'approccio nei confronti della colonia estiva non è stato univoco. Gli studenti hanno operato sull'edificio della colonia con vari gradi di intensità, dagli interventi più leggeri di retrofit, all'aggiunta di una doppia pelle, utile sia a fini di controllo climatico che di omogeneizzazione formale rispetto ai nuovi interventi, fino alla demolizione parziale o totale del complesso esistente per far posto a nuove costruzioni. *(Foto 17)*

*Foto 16 - La Salle 1 - Il progetto ha previsto la parziale demolizione della colonia esistente e la giustapposizione di una doppia pelle sulla porzione rimanente, donando all'edificio uno spiccato carattere contemporaneo. Studenti: Luca Cina, Daniel Diemoz, Giulia Fiocca, Ilaria Genzano*

*Foto 17 - La Salle 2 - La colonia estiva, in questo caso, è stata completamente demolita e sono stati progettati nuovi volumi integrati con il sistema insediativo storico del luogo. Studenti: Ervin Azizi, Lucrezia Baravalle, Giorgia Saia*

*Foto 18 - Gli studenti durante la fase di sopralluogo nel comune di La Thuile (A.A. 2019/2020)*

*Foto 19 - Discussione degli elaborati prodotti dagli studenti durante la giornata di esame (A.A. 2019/2020)*

## Conclusioni

Gli oggetti edilizi nelle cinque aree di studio sono esemplificativi di alcune tipologie di manufatti che compongono il patrimonio costruito in area alpina. Un patrimonio per la maggior parte in stato di abbandono o di grave sottoutilizzo che necessita di essere ripensato sia a livello morfologico che funzionale, in un'ottica di sostenibilità sociale, economica e ambientale, dove il consumo di suolo veste un ruolo rilevante soprattutto in un ecosistema fragile come quello alpino. I progetti delineati in precedenza dimostrano un campionario di possibili interventi su questi manufatti, che siano essi di valore storico e culturale o meno, e che spaziano dal retrofit energetico, alla sopraelevazione e ampliamento, alla demolizione parziale o totale con ricostruzione ex-novo. Scelte che gli studenti hanno dovuto affrontare mantenendo una visione il più possibile unitaria che tenesse insieme varie discipline (composizione architettonica, tecnologia e fisica dell'edificio) a più scale di intervento, da quella territoriale a quella del dettaglio tecnologico. L'esperienza pedagogica del progetto di architettura in ambiente alpino ha quindi una doppia valenza: in primis quella di "laboratorio sperimentale" dove l'attività progettuale si può svolgere con più libertà rispetto a un contesto cittadino molto vincolato spazialmente. Allo stesso tempo il progetto di architettura sulle Alpi permette di ragionare su alcune tematiche fondamentali del nostro periodo storico, mettendo gli studenti di fronte alla manifestazione delle crisi ambientali, climatiche, sociali ed economiche di spopolamento, stati di crisi che stanno diventando sempre più "ordinari" e contro i quali è necessario sviluppare adeguati strumenti.

## Note

1. G. DEMATTEIS, I servizi nelle Alpi italiane: quali e dove? Idee per uno scenario post-pandemico, in «Archalp», nuova serie, n. 04, 2020, pp. 19-21
2. A. DI GIOIA, F. CORRADO, G. DEMATTEIS, Nuovi montanari. Abitare le Alpi nel XXI secolo, Franco Angeli Edizioni, Milano 2014, pp. 15-48.
3. F. BARBERA, A. MEMBRETTI, Alla ricerca della distanza perduta. Rigenerare luoghi, persone e immaginari del riabitare alpino, in «Archalp», nuova serie, n. 04, 2020, pp. 26-33.
4. E. CAMANNI, La nuova vita delle Alpi, Bollati Boringhieri, Torino, 2002.
5. W. BÄTZING, Le Alpi. Una regione unica al centro dell'Europa, Bollati Boringhieri, Torino 2005.
6. I casi più trattati sono quelli di Ostana (CN) in Valle Po, di Soglio e Vrin in Svizzera nel Cantone dei Grigioni. Nel caso di Vrin la rigenerazione è legata alla figura di un architetto in particolare, Gion A. Caminada. Vedere a questo riguardo: B. SCHLORHAUFER (a cura di), Gion A. Caminada - Cul zuffel e l'aura dado, Quart Verlag, Luzern, 2018 (I edizione 2005)

## Bibliografia


- *E. CAMANNI - La nuova vita delle Alpi, Bollati Boringhieri, Torino, 2002, ISBN 978-8833914022*
- *W. BÄTZING - Le Alpi. Una regione unica al centro dell'Europa, Bollati Boringhieri, Torino 2005, ISBN 978-8833915746*
- *A. DI GIOIA, F. CORRADO, G. DEMATTEIS - Nuovi montanari. Abitare le Alpi nel XXI secolo, Franco Angeli Edizioni, Milano 2014, pp. 15-48, ISBN 978-8820471118*
- *B. SCHLORHAUFER - (a cura di), Gion A. Caminada - Cul zuffel e l'aura dado, Quart Verlag, Luzern, 2018 (I edizione 2005), ISBN 978-3037611142*
- *F. BARBERA, A. MEMBRETTI - Alla ricerca della distanza perduta. Rigenerare luoghi, persone e immaginari del riabitare alpino, in «Archalp» n. 04, 2020, pp. 26-33, Doi: 10.30682/aa2004c*
- *G. DEMATTEIS - I servizi nelle Alpi italiane: quali e dove? Idee per uno scenario post-pandemico, in «Archalp», nuova serie, n. 04, 2020, pp. 19-21, Doi: 10.30682/aa2004b*

# Monte Sassoso (Ceriola di Carpineti - Reggio Emilia)
## La seconda campagna di ricerca

di Anna Losi[1] e Monica Miari[2]

(1) Archeologa, socia CAI della Sezione di Reggio Emilia

(2) SABAP (Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per la città metropolitana di Bologna e le province di Modena, Reggio Emilia e Ferrara)

**Riassunto:** facendo sèguito alle ricerche eseguite nel 2020, la Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio per la città metropolitana di Bologna e le province di Modena, Reggio Emilia e Ferrara decideva di proseguire l'attività di prospezione e rilievo a Monte Sassoso. Nel 2021 sono stati aperti due modesti saggi in uno dei quali è stata riscontrata la presenza di una potente struttura muraria in pietra, da interpretare come fondazione di una torre di avvistamento, realizzata anche con l'ausilio di materiale deperibile (legno e incannucciato) per le parti in elevato. I materiali recuperati, sia ceramici che metallici, ci consentono di datare la vita di questo insediamento al XIII-XIV secolo. Si tratta sicuramento di un sito fortificato utilizzato, grazie alla sua posizione strategica a controllo del fondovalle del Secchia, per il controllo del territorio reggiano. Si ignora completamente il nome antico di questa località: poiché esistono tre castelli reggiani dei quali si ignora l'identificazione (Amensiltum, Vallis Brumani o Crovarola) è forte la tentazione di identificare in uno dei tre il nostro sito.

***Abstract: Monte Sassoso (Ceriola di Carpineti – Reggio Emilia) - The second research campaign***

*Following the research carried out in 2020, the Superintendence of Archaeology, Fine Arts and Landscape for the metropolitan city of Bologna and the provinces of Modena, Reggio Emilia and Ferrara decided to continue prospecting and surveying in Monte Sassoso. In 2021, sampling of two areas uncovered a stone wall, interpreted as the foundation of a watchtower. The upper parts of the structure included also perishable materials (wood, wattle and daub). Ceramic and metal materials recovered at the site allow us to date this settlement to the 13th-14th century. This was certainly a fortified site used to defend the territory of Reggio, thanks to its strategic position over the Secchia valley. The ancient name of this place is unknown. Since there are three castles in the area of Reggio whose identification is unknown (Amensiltum, Vallis Brumani or Crovarola) it is tempting to identify our site as one of the three.*

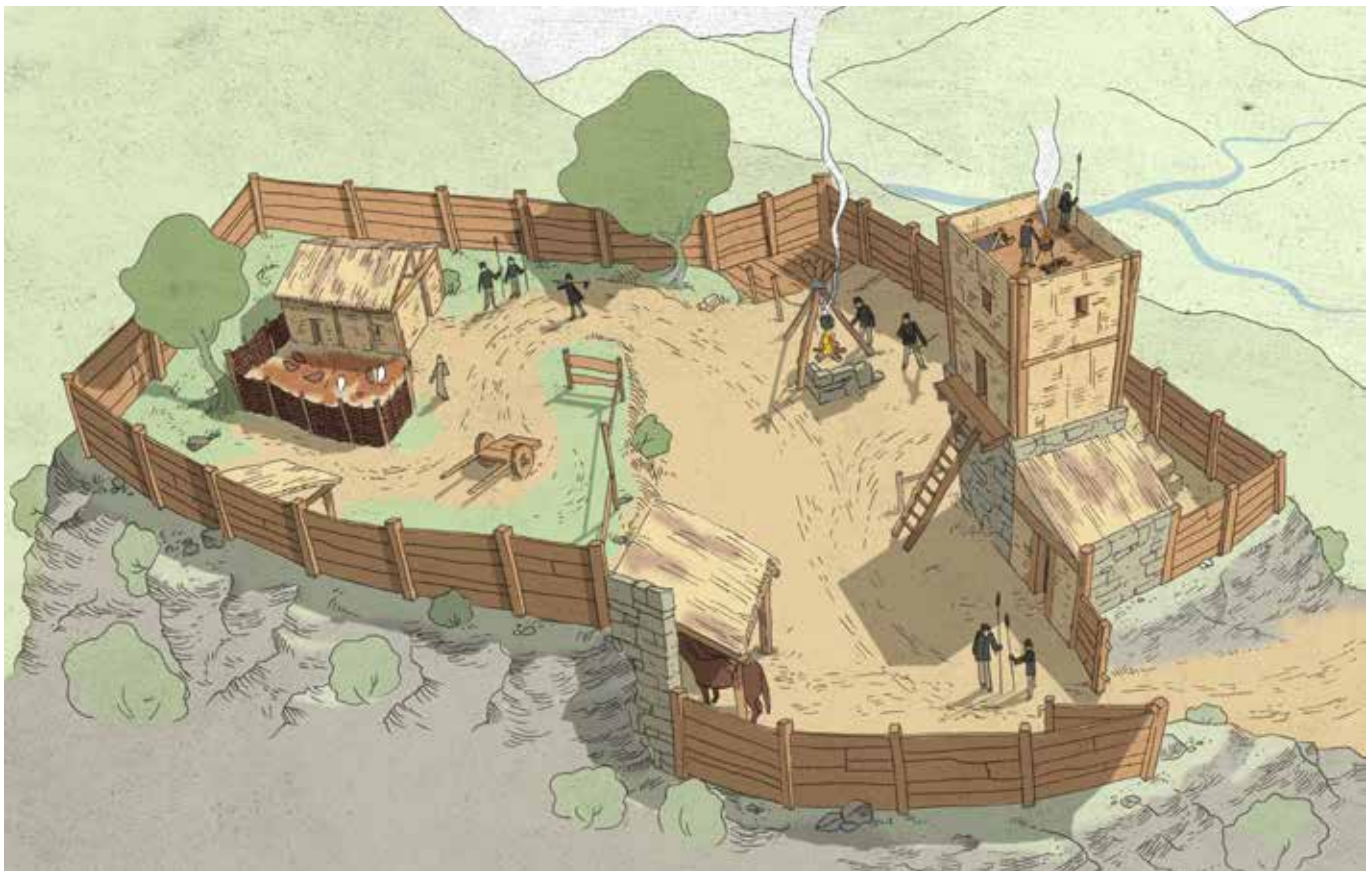


*Figura 1 - disegno ricostruttivo di Monte Sassoso (disegno di Davide Costoli)*
*A sinistra - La squadra al lavoro: l''archeologa e i volontari del CAI di Reggio Emilia - ph G. Margheritini*

**Premessa**

Nel mese di ottobre 2021 si è svolta la seconda campagna di ricerca nell'area di monte Sassoso a Ceriola di Carpineti (Reggio Emilia). Anche quest'anno le attività di ricerca e documentazione sono state svolte dai soci del CSS del CAI reggiano, coordinati dalla dott.ssa M. Miari (SABAP-BO) e dalla dott.ssa A. Losi (CAI CSS).

Una notizia preliminare dei risultati conseguiti con la prima campagna di attività, svolta nell'estate 2020, è stata edita nel Bollettino del Comitato Scientifico Centrale – ottobre 2021 *[A. Losi, M. Miari, Monte Sassoso (Ceriola di Carpineti- Reggio Emilia). Un insediamento fortificato a controllo della valle del fiume Secchia, pp. 75-84]* al quale si rimanda per le notizie preliminari [1].

Ricordiamo come questo sito si collochi al confine tra le province di Modena e Reggio Emilia, ubicato alla destra idrografica del fiume Secchia e alla confluenza del torrente Secchiello, in posizione strategica per il controllo sia della valle sottostante, che di una vasta porzione dell'entroterra appenninico della provincia di Reggio Emilia.

*Figura 2 - Veduta aerea di Monte Sassoso - ph con drone di G.Margheritini*

**I Saggi Archeologici**

Tra le finalità della nuova campagna di ricerca vi era quella di delimitare e definire planimetricamente l'estensione del sito in direzione Nord (Saggio 6) ed ultimare la pulizia del pianoro roccioso sul limite Sud Occidentale (Saggio 7). Di seguito si fornisce una descrizione degli interventi eseguiti.

- **Saggio 6 (Dimensioni m 14 x 8)**

Il Saggio 6 si colloca all'estremità NO dell'affioramento roccioso e si posiziona a una quota media più alta di circa m 16 di quella dei saggi eseguiti in precedenza. La sua forma non si presenta regolare in quanto si adatta alla conformazione del banco di roccia, con un piano inclinato e limiti esterni a strapiombo e crollati in più punti, assumendo una pianta cinta a "L" estesa 14 m in senso N/S e 5 m in direzione E/O.

Preliminarmente all'attività di pulizia risultavano già visibili alcuni fori per buche di palo disposte sul margine

roccioso a strapiombo sul versante sottostante e ricavate nel substrato naturale roccioso, formato da arenaria biancastra, alterato da attività climatiche e con abbondanti scaglie incoerenti, coperte dall'humus naturale spesso pochi centimetri. Alcuni blocchi del margine NE risultano staccati dalla posizione originaria e in posizione di caduta, in bilico sul sentiero sottostante.

Sono stati documentati dodici fori per palo a pianta quadrata con dimensioni comprese tra cm 22 e cm 30 [2] e sette di formato minore [3]. Al margine settentrionale delle buche per palo era visibile una scalpellatura della roccia di forma semicircolare molto probabilmente realizzata per inserire un blocco in pietra da usare come fondazione muraria, analogamente a quanto già riscontrato l'anno precedente all'interno del Saggio 1. *(Figura 3)*

Alla distanza di circa m 1 da questa concavità si conserva un sottile taglio rettilineo praticato nella roccia e orientato E/O, visibile per una lunghezza di m 2,10 con una larghezza media di cm 8. Questa struttura prosegue oltre il limite di scavo E e si presentava colmata da un terreno limoso di colore grigio scuro. All'interno di questo saggio non sono stati rinvenuti materiali archeologici, fatto sicuramente da imputare all'esiguità del deposito archeologico che ricopriva l'area. Le buche di palo rinvenute in questo punto dell'insediamento ci documentano la prosecuzione della palizzata lignea difensiva fino al margine settentrionale del pianoro, in continuità con quelle messe in luce nella precedente campagna di ricerca. Le buche di minori dimensioni ci suggeriscono invece la presenza di strutture secondarie (tettoie, ripari o capanne) che si appoggiavano alla palizzata difensiva e sicuramente erano realizzate in materiale deperibile sia per gli elementi portanti (i pali verticali) che per le pareti; in particolare il taglio rettilineo potrebbe essere interpretato come appoggio per una parete/divisorio interno in legno (o ramoscelli intrecciati e rivestiti d'argilla a mo' d'intonaco). *(Figura 4)*

- **Saggio 7 (Dimensioni m 7 x 7)**

Il Saggio 7 si colloca all'estremità meridionale dell'affioramento roccioso, in corrispondenza del pianoro inferiore, compreso tra il Saggio 1 e l'Area Sud (interventi anno 2020). *(Figura 5)*

In fase di pulizia ci si è resi conto che la situazione stratigrafica divergeva tra la metà O e la metà E. Nel settore orientale al di sotto del livello di humus naturale era uno strato limoso giallo (US 95) di origine colluviale che copriva il piano in roccia naturale, spianato e lisciato artificialmente. I dislivelli e le cavità naturali della roccia erano stati colmati e regolarizzati inserendovi in maniera caotica pietre in arenaria di medie e piccole dimensioni legate con limo grigio chiaro. Nel corso della sua pulizia sono stati recuperati alcuni frammenti ceramici in impasto grossolano di epoca medievale, tra cui parte di

*Figura 3 - alcune delle buche di palo del Saggio 6*

*Figura 4 - Saggio 6 - Il solco d'appoggio per un divisorio verticale*

fibbia da cintura di forma ovoidale (Reperto 5) e un orlo di pentola in ceramica d'impasto grossolano con foro passante (Reperto 6).

A contrassegnare la parte intermedia dell'area d'indagine, al margine O di questo piano irregolare, è una imponente fondazione muraria in grossi blocchi di pietra legati a secco appoggiati sopra la roccia naturale tagliata in verticale e adattata ad accogliere la struttura.

In prossimità del limite di scavo N, ricavate in uno

*Figura 5 - Saggio 7 - Veduta generale dall'alto a fine lavori - ph con drone di G.Margheritini*

dei blocchi che compone la struttura, sono due buche per palo affiancate [4], ampie rispettivamente cm 16 x 20 e cm 20 x 30, che al momento del rinvenimento si presentavano colmate con terreno limoso grigio scuro frammisto a carboni [5], utilizzate per due pali portanti che dovevano essere inseriti entro lo spessore della muratura stessa. *(Figura 6)* Nella parte occidentale del saggio si trova un piano pavimentale, ottenuto sbancando e livellando la roccia sottostante, posto a una profondità di circa un metro rispetto alla cresta muraria. La stratigrafia in questo punto risultava meglio conservata: al di sotto dell'humus e dello strato colluviale si conservava uno strato costituito prevalentemente da blocchi

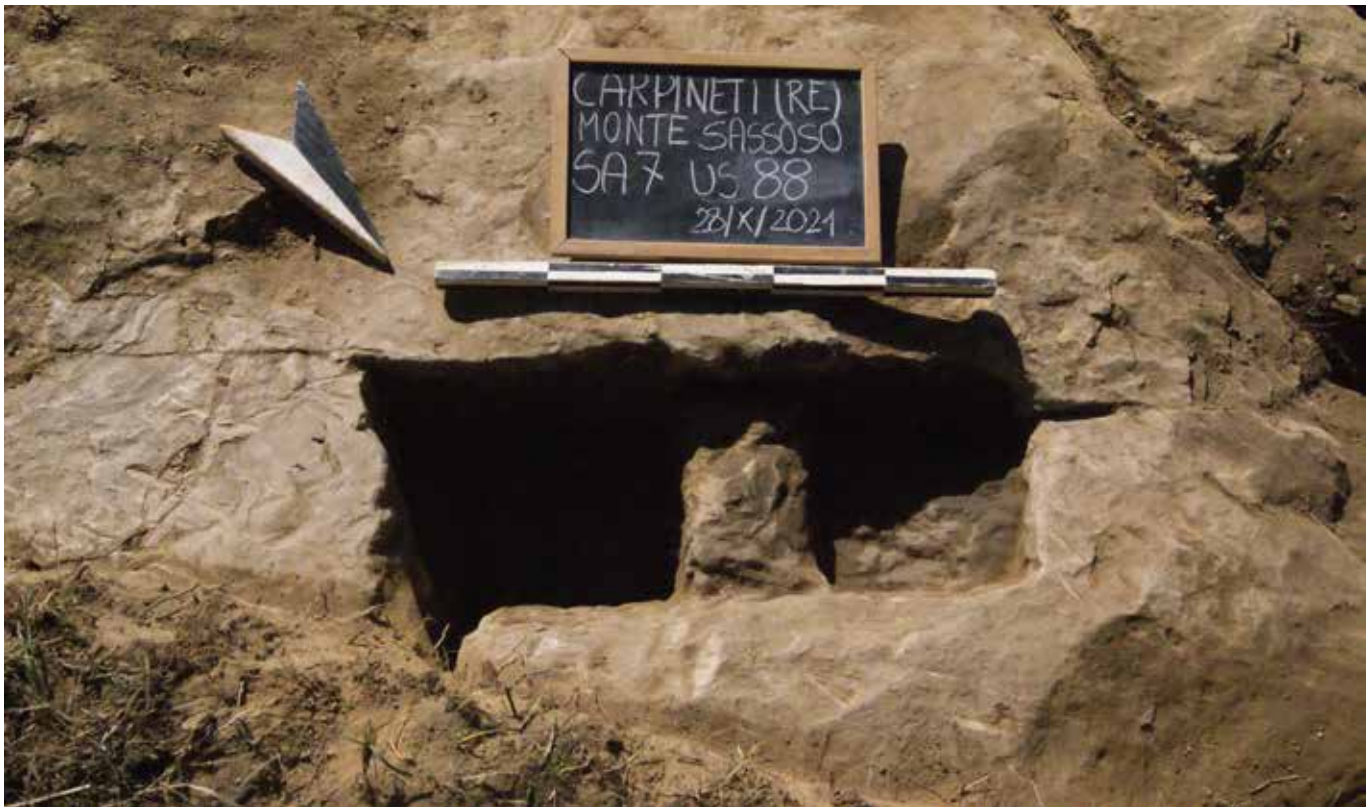



*Figura 6 - Saggio 7 - Le due buche di palo*

*Figura 7 - Saggio 7 - Sul lato destro dell'immagine il crollo della muratura, formato da blocchi di pietra*

in pietra squadrati di varie dimensioni, sicuramente originato dal crollo delle murature soprastanti. *(Figura 7)*

Dallo strato colluviale provengono alcuni materiali, tra cui ricordiamo una chiave in ferro con presa a losanga e tre globetti, databile tra XIII e XIV secolo (figura 9) e una medaglietta votiva di età moderna (Reperto 2).

Dopo la rimozione del livello di crollo nella parte intermedia del piano pavimentale è apparso conservato un lacerto strutturale formato da due murature parallele tra loro e distanti m 1,50, conservate per una lunghezza di m 1,80. Sui loro lati esterni era uno strato limo sabbioso di colore grigio scuro con frequenti carboni (campioni 4 e 5) che risultava ricoprire direttamente il piano pavimentale in roccia.

Nello strato conservato sul lato settentrionale erano anche abbondanti frammenti di incannucciato [6], verosimilmente utilizzato per rivestire le pareti, oltre ad un frammento di impugnatura di coltellino in ferro (Reperto 7) ed un denaro scodellato in argento emesso dall'imperatore Federico I (figure 14-15), databile tra il 1163 al 1167. Nella parte interna alle due murature era uno strato limoso grigio giallastro

*Figura 8 - Saggio 7 - Pentola in ceramica d'impasto*

*Figura 9 - Saggio 7 - Chiave in ferro*

contenente numerose scaglie di pietra arenaria la cui asportazione è stata rimandata ai futuri interventi.

Il margine O di questo piano era dato da una pseudo regolarizzazione della roccia che mantiene una forte pendenza verso il basso -dove si colloca il Saggio 3 del 2020; si conservano alcuni blocchi in pietra che formano una fondazione ampia m 1,20 x 0,80 (figura 10) destinata a proteggere questo lato. Sempre presso il margine O del piano è un buco per palo quadrato.

Sul lato S è situato un punto d'accesso. La roccia naturale si presenta lavorata in più punti con diversa destinazione di utilizzo: da un pianerottolo, con fondo piano e basse pareti verticali, si giunge a uno scalino rialzato, che funge da chiusura del piano pavimentale di cui si è parlato sopra (figura 11). A N/O dello scalino, lato interno, sono due buche per palo: una di cm 14 x 16, profonda 26 cm e priva del lato settentrionale, l'altra di cm 15 x 12 con una profondità di pochi centimetri.

*Figura 10 - Saggio 7 - Il muro di chiusura del lato Ovest*

*Figura 11 - Saggio 7 - Lo scalino*

**Considerazioni conclusive**

Grazie ai risultati acquisiti con questa nuova campagna d'indagine svolta alla sommità del Monte Sassoso, sulla base dei nuovi dati in nostro possesso è ora possibile avanzare delle ipotesi sia in ambito cronologico che interpretativo del sito.

***a) Materiali e cronologia***

Per quanto riguarda la cronologia dell'insediamento, possiamo affermare con assoluta certezza di trovarci di fronte ad un sito fortificato d'altura di piena età medievale: l'analisi dei materiali recuperati ci consente di restringere l'arco cronologico relativo alla vita di questo insediamento al XII-XIV secolo. Ad ulteriore conferma di questa ipotesi giunge il supporto offerto dall'analisi per datazione assoluta con il metodo del radiocarbonio di un campione di malta proveniente dal crollo di una struttura muraria rinvenuta nel corso dell'intervento del 2020 [7]. Da questo campione sono state estratte 4 frazioni di $^{14}C$ dalle quali è stato calcolato un valore di datazione medio che ha ristretto il campo agli anni compresi tra il 1273 e il 1300.

Nel corso della campagna di ricerche 2021 sono state intercettate stratigrafie antiche in giacitura primaria, non disturbate cioè da interventi posteriori, dalle quali provengono alcuni materiali utili a fornire un valido aggancio cronologico.

Tra di essi ricordiamo vari frammenti di ceramica in impasto grossolano, caratterizzata da estesi vacuoli sulla superficie esterna del vaso, pertinente prevalentemente a forme vascolari "chiuse", cioè a recipienti adatti a contenere alimenti liquidi. L'imboccatura del vaso, ristretta rispetto al punto di massima espansione costituita dalla pancia, rendeva più difficile che essi si spargessero all'esterno.

Ben documentata risulta essere la pentola, con orlo rientrante e foro praticato a crudo nel corpo ceramico immediatamente al di sotto dell'orlo (figura 8). In questo foro passava un manico, quasi sempre in metallo, grazie al quale era possibile la sospensione della pentola sul fuoco per permettere la cottura degli alimenti. Queste pentole si ritrovano

esclusivamente a partire dall'età medievale (X secolo): è una forma completamente sconosciuta nel repertorio vascolare romano e tardo romano [8] e rappresenta un adattamento in ceramica di "prototipi" fabbricati in metallo o pietra ollare, materiali più costosi. Troverà la sua piena diffusione dopo l'anno Mille in un'area che si estende tra la pianura lombarda, il Veneto e l'Emilia [9]. Nella loro tipologia evolutiva troviamo tra gli esemplari di maggiore antichità forme con prese sopraelevate appuntite per giungere poi agli esemplari più tardi (XIV secolo) nei quali si realizza una presa che sporge al di sopra dell'orlo ed assume varie forme (triangolare, trapezoidale, lunata, ecc.)[10]. Tipiche della piena età medievale ed in particolare dell'area reggiana sono forme simili ai nostri esemplari, con semplice foro pervio senza alcuna sopraelevazione [11]. Il corpo si presenta globulare ed il fondo è piatto.

Documentata da due esemplari è una seconda tipologia di pentola, con corpo ovoidale, breve labbro rettilineo e orlo squadrato. Anche questa forma è ben documentata nello stesso areale e presenta analoga estensione cronologica.

Una seconda forma ceramica è costituita dal catino - coperchio, forma molto comune in contesti di età altomedievali ma che ritroviamo già a partire da età romana [12]. Generalmente fornito di una coppia di anse e di un foro di sfiato, veniva utilizzato come fornetto per la cottura degli alimenti sopra le braci del focolare domestico, richiamando per aspetto ed utilizzo il testo da pane ancora oggi utilizzato in Liguria. La produzione e la diffusione dei catini coperchio proseguono ininterrottamente fino al basso medioevo, evolvendo in forme sempre più schiacciate e adottando elementi decorativi a rilievo o incisioni a tacche.

Oltre ai materiali ceramici, sono stati rinvenuti alcuni oggetti in metallo.

*Figura 12 - Saggio 7 - Fibbia in bronzo*

*Figura 13 - Saggio 7 - Chiave in ferro*

Una fibbia in bronzo, formata da un anello circolare e lacunosa dell'ardiglione, di tipologia estremamente semplice e di difficile datazione e attribuzione. Della seconda si conserva solamente la parte terminale su cui appoggiava l'ardiglione, costituita da una barra rettilinea con quattro globetti, molto simile ad alcuni esemplari provenienti dallo scavo di Vicolongo e datati tra il XII e il XIV secolo [13]. Si tratta di un oggetto che viene frequentemente rinvenuto in contesti medievali, realizzato in ferro o lega di rame, ma anche in metalli preziosi. Generalmente si ritiene che le fibbie in ferro, spesso anche di maggiori dimensioni, potessero servire per fermare ganci e finimenti per animali o strumenti, mentre quelle in lega di rame fossero impiegate per cinture, borse, borsellini, ma anche abiti e accessori d'abbigliamento [14].

Due chiavi in ferro. La prima, lunga circa cm 9, presenta una canna circolare a sezione piena (bernarda), presa ad anello a sezione ovale di forma romboidale arrotondata con angoli appiattiti e sagomati. Ingegno rettangolare a tre scontri verticali contrapposti, due superiori ed uno inferiore (figura 9). Questa forma viene datata al XIV secolo [15]. La seconda chiave, lunga cm 6,4, si presenta estremamente corrosa e lacunosa della presa; la canna è sempre piena e rastremata verso l'ingegno (figura 13). Entrambi gli esemplari, con canna piena (bernarda o maschie), sono stati realizzati con la tecnica della forgiatura direttamente da una barra di ferro lavorata a caldo mediante battitura e rifinitura. Una seconda tecnica prevedeva l'utilizzo di una lamina di metallo che veniva avvolta e sagomata producendo in questo modo chiavi forate (o femmine), cioè con canna cava.

In ultimo ricordiamo il denaro scodellato in argento emesso a nome dell'imperatore Federico I Barbarossa dalla zecca di Milano, tra il 1163 e il 1167 (figure 14-15). Al dritto troviamo la legenda: + FREDERICUS (S coricata); al centro, in contorno perlinato, I P R T (IMPERATOR) intorno a un globetto centrale. Al rovescio: AVC(VSTA) //+MED//IOLA//NIV(M)su quattro righe. Federico I fu eletto imperatore nel 1152 all'età di 32 anni; nella sua lotta contro Milano Federico Barbarossa nel settembre 1155 tolse il diritto di battere moneta ai milanesi e contemporaneamente lo concesse alla città di Cremona.

Gli scontri con la città di Milano culminarono nella sua distruzione ad opera dell'imperatore nel 1162. L'anno successivo venne istituita la zecca imperiale a Noseda (Noceto), località distante due miglia dalla città, sottoposta direttamente all'autorità imperiale. Questa zecca restò attiva fino al 1167 e il denaro imperiale da esso coniato ebbe grande diffusione nell'Italia Settentrionale anche nei secoli seguenti, fino al Quattrocento [16].

***b) Identificazione del sito***

Allo stato attuale delle ricerche rimane senza risposta la domanda relativa ad una puntuale identificazione di questo insediamento.

Sappiamo di essere di fronte a un sito fortificato d'altura, ignoto anche alle ricerche archivistiche condotte fino a questo momento. Le dimensioni del pianoro con evidenti tracce di palificazione sono di circa 61 metri in senso N/S e massimo 25 metri in direzione opposta. La superficie del pianoro risulta divisa a metà da un salto di quota repentino di circa 16 metri: date queste premesse lo spazio a disposizione non era certamente esteso e non particolarmente agevole all'insediamento umano, o comunque sufficiente a farci ipotizzare che oltre al sistema difensivo potesse essere qui dislocato anche

*Figura 14 - Saggio 7 - Denaro - dritto*

*Figura 15 - Saggio 7 - Denaro - rovescio*

un abitato. La scelta di occupare un sito in un luogo così scomodo da abitare, privo di fonti d'acqua sorgiva, ma ideale per la difesa ed il controllo del territorio, non è rara in questo periodo. Altri castelli simili anche per le ridotte dimensioni sono ubicati nel territorio reggiano [17]; ricordiamo il castello di Bismantova, in contatto visivo diretto, la torre di Castelnovo, ma anche i castelli di Bondolo, Vologno, Cavola, Mandra, Minozzo, Massa tanto per citarne alcuni [18].

La presenza di una torre e della palizzata recinto supporta l'ipotesi che in questa posizione fosse ubicata una vera e propria struttura difensiva, la quale ebbe un arco di vita molto limitato: sorto all'incirca alla metà del XIII, fu abbandonato nel XIV secolo.

Il Duecento e Trecento nel reggiano, ma anche in altre località limitrofe, corrisponde ad un periodo di forti lotte e dissidi sia tra le fazioni cittadine che con i Comuni vicini: il Comune di Reggio Emilia agli inizi del 1200 stava portando avanti un'ampia offensiva verso il rivale comune di Modena. Se pensiamo a questi avvenimenti, il nostro sito, posto in posizione strategica in corrispondenza del confine, può essere divenuto teatro di eventi bellici di rilievo, come si verificò anche in altre località della montagna e della fascia collinare reggiana. Date queste premesse, riteniamo che il sito fortificato di Monte Sassoso abbia svolto una funzione militare cruciale nell'ambito del controllo del confine con Modena, posto tra l'altro in prossimità di un guado del fiume Secchia utilizzato fino in tempi recenti [19], senza però che al suo interno fosse previsto di ospitare anche la popolazione residente nel territorio, come invece succedeva nel caso di castelli eretti in prossimità di borghi abitati.

Nessuno dei documenti consultati fino a questo momento ci fornisce un aggancio utile a identificare il nome di questo avamposto fortificato: sappiamo che nel censimento dei castelli reggiani [20], per tre di essi è risultata dubbia ogni localizzazione: si tratta di *Amensiltum, Vallis Brumani* e *Crovarola*.

Il nome di *Amensiltum* si trova citato dal Tiraboschi come "*nome forse corrotto di un Castel del Reggiano, che era de' Nobili da Canossa, e che l'anno 1354. fu da' Gonzaghi distrutto*"[21] . Questa notizia è desunta dalla Cronaca del reggiano Pietro della Gazzata [22]: pur nella scarsità delle informazioni esposte a corredo di questa notizia che non ci consente di collocarlo topograficamente, ugualmente i dati desunti dallo studio dei materiali archeologici e dalle indagini di laboratorio concordano con l'epoca della distruzione raccontata dalla fonte, coeva ai fatti riportati.

Non sappiamo in che parte del territorio reggiano fosse il castello di *Vallis Brumani*, forse sorto in seguito a diretto interessamento del Vescovo reggiano, con funzione di difesa dei coloni che lavoravano le terre di sue proprietà, in seguito concesse a Sigifredo, padre di Adalberto di Canossa [23]. Questa località viene nominata anche nella "*Historia del monastero di S. Benedetto di Polirone nello Stato di Mantova*" redatta da Don Benedetto Bacchini [24],

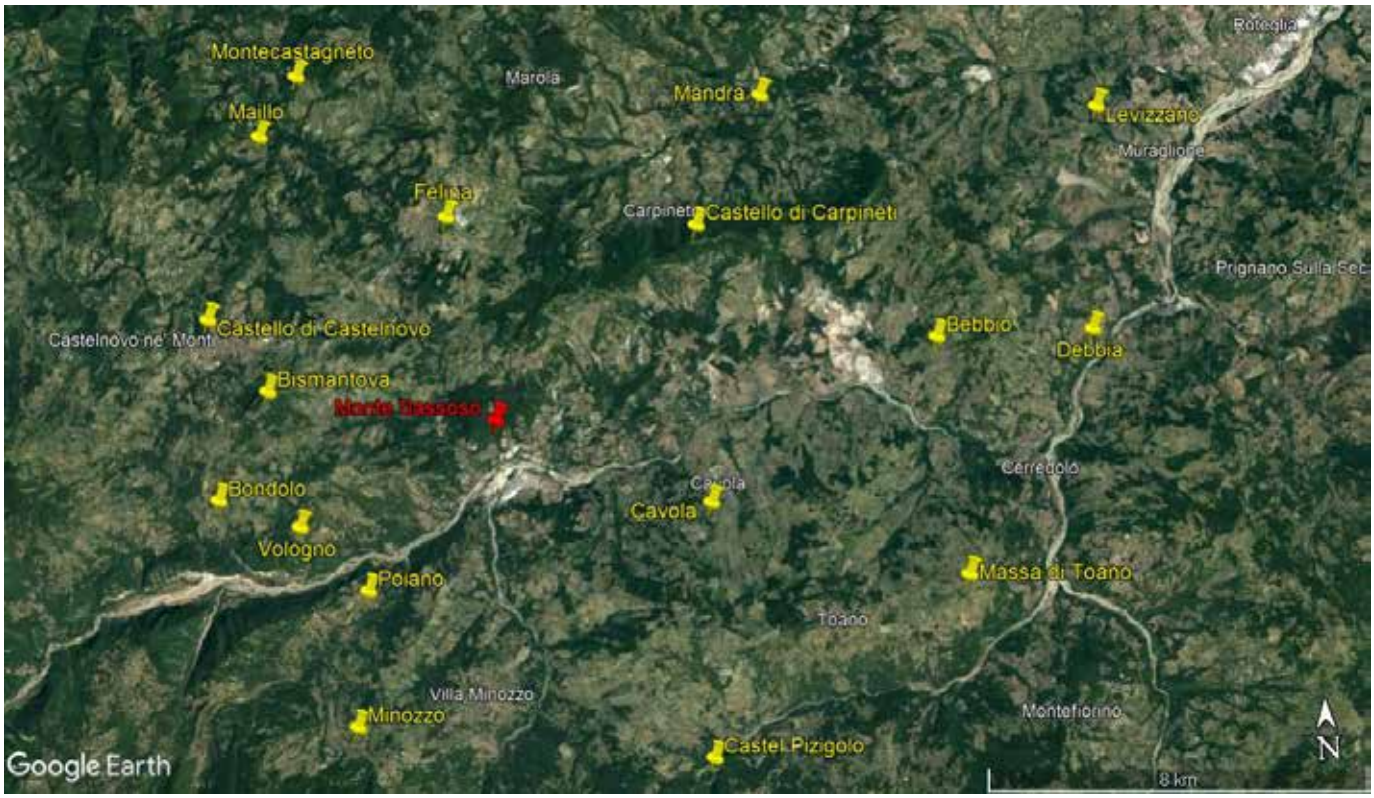



*Figura 16 - Ubicazione sulla mappa Google di alcuni castelli prossimi alla località di Monte Sassoso*

*Figura 17 - La squadra al lavoro: l'archeologa e i volontari del CAI di Reggio Emilia - ph G. Margheritini*

opera alla quale fa riferimento il Muratori. Il documento al quale fanno riferimento è un atto di vendita di alcuni terreni ad opera di Adalberto Atto, datata all'anno 958 [25] e redatta in *"insula iudiciaria parmensi"*: la località di *Vallis Brumani* viene nominata insieme a Selvapiana, Sarzano e Verlano, motivo per il quale si ritiene che possa essere posta a breve distanza dalle precedenti, entro il territorio comunale di Casina [26] e quindi contrasterebbe la nostra ipotesi.

*Crovarola è "uno de' Castelli del Reggiano, che aveva in feudo la Nobil famiglia da Dallo, come ci mostrano i diplomi del March. Leonello de' 18. Febbrajo 1442 e del March. Borso de' 26 Novembre 1450 che si conservano nel Segreto Archivio Estense con altri fino ai 1577"*[27]. Problematica è l'identificazione della nostra località con questo castello; unico elemento potrebbe essere costituito dal fatto che la famiglia dei Da Dallo aveva sotto la sua giurisdizione numerose località della montagna reggiana, tra cui il castello di Bismantova, Bondolo e Vologno [28].

**Ringraziamenti**

Tutto questo lavoro è stato possibile grazie ai volontari del Comitato Scientifico Sezionale della Sezione CAI di Reggio Emilia: Paolo Strozzi, Carlo Ferrari, Vanni Codeluppi, Davide Araldi, Augusto Guidetti, Roberto Ronchetti, Eleonora Badodi, Miria Bellotti, Anna Pratissoli, Isa Zecchetti, Massimo Barchi, Maurizio Franchi, Miriam Incerti Massimini, Enrico Merciadri, Giancarlo Gamberini, Giuliano Cervi.

Inoltre si ringrazia il Sindaco del Comune di Carpineti Tiziano Borghi per il considerevole aiuto per la campagna di ricerca.

## Note:

1. *Nel testo sopra ricordato viene fornita una descrizione dei cinque Saggi eseguiti nel corso dell'intervento dell'anno 2020.*
2. *US 55, 58, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 69, 70, 74, 75.*
3. *US 56, 57, 64, 67,71,72, 73.*
4. *US 82 e 88.*
5. *Si è provveduto a campionare il riempimento delle buche per poter eseguire analisi scientifiche.*
6. *Si tratta di un intonaco posto a protezione ed isolamento delle pareti, applicato a crudo e lasciato a seccare naturalmente, utilizzato da tempi remoti (ad es. in capanne dell'età del ferro, ma anche in età romana. In genere quando lo si ritrova "cotto" è lecito ipotizzare un evento traumatico (incendio casuale o legato ad eventi bellici). Un rivestimento simile si ritrova in altri contesti sempre di età medievale: nel reggiano ad es. Castel Pizigolo a Toano (MANCASOLA 2019, p. 14).*
7. *I campioni sono stati preparati secondo il metodo Sequential dissolution e datati presso l'istituto ETH di Zurigo (HAJDAS 2020), lo studio petrografico è stato eseguito dal dott. S. Lugli e dalla dott.ssa G. Tirelli del Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche dell'Università di Modena e Reggio. Il campione esaminato proviene dal SA3, US45.*
8. *BROGIOLO, GELICHI 1986, tav. V, 5-6; tav. VI,1-2.*
9. *LIBRENTI 1992; GELICHI 1987; NEPOTI 1983.*
10. *SIVIERO 1974, p.104.*
11. *LIBRENTI 1993, p. 94.*
12. *BROGIOLO, GELICHI 1986, pp. 300-315.*
13. *LIBRENTI 2018, fig. 6, 15-17 e pp. 71-72.*
14. *È difficile datare esattamente questa classe di materiali sulla base della loro morfologia, in quanto la forma rimane prevalentemente immutata, in particolare per gli esemplari di più semplice fattura come sono i nostri.*
15. *SOGLIANI 1995, pp. 88-89, nn. 95-96.*
16. *M. LIMIDO, Denaro imperiale piano di Milano, 2011; WWW monetazione%20milanese%20barbarossa.pdf*
17. *Una elencazione dei castelli matildici ripartiti per epoca di fondazione ed estensione superficiale si trova in SETTIA 2011, p.272, Appendice 2.*
18. *Un primo dettagliato elenco dei castelli reggiani si trova in BERTOLANI DEL RIO 1971, in particolare alle pp. 213-221 sono elencati i "castelli ridotti a pochi resti o scomparsi". Da ultimo un censimento dei castelli reggiani è fornito da MORINI 2015, pp. 201-220.*
19. *Tra il 1816 ed il 1818, Francesco IV (1779-1846) compì un viaggio dal Reggiano, attraverso la Lunigiana fino a La Spezia e da Modena a Firenze attraverso la Garfagnana. Nei suoi diari viaggio ci riporta le caratteristiche dei luoghi e delle persone incontrate, facendoci anche capire la mentalità dell'epoca di quella classe regnante. Qui troviamo la descrizione del suo attraversamento del fiume Secchia, dopo essere stato ospitato in località La Gatta: FRANCESCO IV D'AUSTRIA D'ESTE, 2005, pp.49-50.*
20. *MORINI 2015, p. 205.*
21. *TIRABOSCHI I 1824, p. 13; la notizia è ripresa da Script. Rer. Ital. T. XVIII. col. 73*
22. *Chronicon Regiense 2000, p. 277.*
23. *SETTIA 2015, pp. 34-35.*
24. *BACCHINI 1696, pp.42-43.*
25. *MURATORI 1739, Antiquitates Italicœ Medii Ævi., II, pp.777-778.*
26. *CASSONE 2012, pp.96-97.*
27. *TIRABOSCHI I 1824, p. 235.*
28. *BERTOLANI DEL RIO 1971, pp. 213-214 e p. 221.*

## Bibliografia:


- *B. BACCHINI 1696 - Dell'historia del monastero di San Benedetto di Polirone nello stato di Mantova, Modena 1696.*
- *M. BERTOLANI DEL RIO 1971 - I castelli reggiani, Reggio Emilia 1971.*
- *G.P. BROGIOLO, S. GELICHI 1986 - La ceramica grezza medievale nella pianura padana, in La ceramica Medievale nel Mediterraneo occidentale, Atti del III Congresso Internazionale (Siena-Firenze 1984), Firenze 1986, pp. 293-316.*
- *N. CASSONE 2012 - Topografia storica del bacino del Tassobbio fra età romana ed Alto Medioevo, in La valle del Tassobbio. La vita nei secoli prima di Canossa, Felina 2012, pp. 75-99.*
- *CHRONICON REGIENSE 2000 - la Cronaca di Pietro della Gazzata nella tradizione del Codice Crispi, a cura di L. ARTIOLI, C. CORRADINI, C. SANTI, Reggio Emilia 2000*
- *S. GELICHI 1987 - La ceramica medievale, in Archeologia medievale a Bologna. Gli scavi nel convento di S. Domenico, a cura di S. GELICHI, R. MERLO, Bologna 1987, pp. 182-194.*
- *I. HAJDAS, M. MAURER, M.B. RÖTTIG 2020 - Development of 14C dating of mortars at ETH Zurich. Radiocarbon 62(3): 591-600. https://doi.org/10.1017/RDC.2020.4*
- *M. LIBRENTI 1992 - Prima del castello: gli scavi nell'area di Borgonovo, in Ferrara prima e dopo il castello. Testimonianze archeologiche per la storia della città, a cura di S. GELICHI, Ferrara 1992, pp.22-57.*
- *M. LIBRENTI 1993 - La ceramica medievale dal "castrum" di Santo Stefano di "Vicolongo", in Materiali per una storia di Concordia sulla Secchia dall'età romana al medioevo, a cura di M. CALZOLARI, C. FRISON, Concordia sulla Secchia 1993, pp. 87-103.*
- *M. LIBRENTI 2018 - I materiali di età medievale, in "In loco ubi dicitur Vicolongo". L'insediamento medievale di Santo Stefano a Novi di Modena, a cura di S. CAMPAGNARI, M. LIBRENTI, F. FORONI, Novi di Modena 2018, pp.65-86.*
- *N. MANCASOLA 2019 - Castel Pizigolo, comune di Toano (RE). Campagne di scavo 2015 e 2016, in Fasti on Line 2019, p. 14.*
- *D. C. MORINI 2015 - L'Atlante dei castelli dell'Emilia-Romagna: una nuova prospettiva di analisi del fenomeno, in Studi Matildici, Atti e Memorie del V Convegno di Studi Matildici, Canossa 6-7 giugno 2015, Modena 2015, pp. 201-220.*
- *L. A. MURATORI 1739 - Antiquitates Italicœ Medii Ævi., II, Milano 1739, pp.777-778.*
- *S. NEPOTI 1983 - Rimini nel medioevo. A proposito di una recente pubblicazione, in Faenza LXIX, 1983, 1-2, pp.5-18.*
- *A. A. SETTIA 2011 - Proteggere e dominare: Fortificazioni e popolamento nell'Italia medievale, 2011.*
- *A. A. SETTIA 2015 - Canossa, l'incastellamento e le lotte per il regno, in Studi Matildici, Atti e Memorie del V Convegno di Studi Matildici, Canossa 6-7 giugno 2015, Modena 2015, pp. 31-43.*
- *F. SOGLIANI 1995 - Utensili, armi e ornamenti di età medievale da Montale e Gorzano, Modena 1995, pp.41-42; 80-93.*
- *G.B. SIVIERO 1974 - Ceramica medievale non invetriata della Val Padana, in Padusa 3-4, 1974, pp. 89-104.*
- *G. TIRABOSCHI 1824 - Dizionario topografico-storico degli Stati Estensi, tomo I, Modena 1824.*
- *FRANCESCO IV D'AUSTRIA D'ESTE - Giornale dei viaggi, Reggio Emilia 2005, pp.49-50.*

*Stazzema, Lu, Annunciazione*

# Il censimento delle maestà della Lunigiana

di Piero Donati[1]

(1) Storico dell'arte, socio CAI della Sezione di Sarzana

*Alla memoria di Nello Lombardi (1947-2022)*

**Riassunto:** le immagini marmoree (maestà) collocate nei luoghi di transito della Lunigiana storica e delle zone limitrofe sono state oggetto di un'indagine a tappeto da parte di un gruppo di soci della Sezione Cai di Sarzana (La Spezia). L'indagine è iniziata nell'estate del 2018 e ha portato alla nascita di un apposito sito e alla pubblicazione – ottobre 2021 – di un libro. Questi risultati sono il frutto della stretta collaborazione dei volontari con l'autore del contributo, uno storico dell'arte che ha avuto a lungo cura di territorio nelle province di Massa-Carrara e della Spezia come funzionario delle Soprintendenze di Pisa e di Genova.

***Abstract: The census of the maestà in the Lunigiana (Tuscany)***

*The marble images (maestà) placed in the transit areas of the historic Lunigiana and the surrounding areas were the subject of a thorough investigation by a group of members of the Italian Alpine Club (CAI) - Section of Sarzana (La Spezia). The investigation began in the summer of 2018 and led to the creation of a special site and the publication - October 2021 - of a book. These results are the result of the collaboration of the volunteers of the CAI with the author of the contribution, an art historian who has long taken care of the territory in the provinces of Massa-Carrara and La Spezia as an official of the Superintendenza of Archaeology, Fine Arts and Landscape for the provinces of Pisa and Genova.*

La recente pubblicazione, promossa dalla Sezione di Sarzana (SP), di un album dedicato alle maestà della Lunigiana storica fornisce l'occasione per richiamare l'importanza di queste immagini marmoree collocate all'aperto e per riflettere sul ruolo che i soci del CAI possono svolgere per lo studio e la salvaguardia di questo patrimonio.

Credo necessario, preliminarmente, chiarire a che cosa ci si riferisca, nel contesto lunigianese, allorché si parla di maestà, vocabolo di antica e nobile tradizione, col quale si designavano, nei secoli XIV e XV, le raffigurazioni frontali, solitamente dipinte, della Vergine o di un santo, tese a esaltarne la gloria; dalla fine del secolo XVI ai primi anni del secolo scorso, nella Valle del Magra e nelle vallate dei suoi affluenti, il vocabolo designa invece un bassorilievo [1] di dimensioni ridotte, realizzato ricorrendo al marmo bianco apuano, il più nobile – nel comune sentire – dei materiali utilizzati nella realizzazione di manufatti artistici [2]. I luoghi di produzione delle *maestà*, di conseguenza, non potevano che essere i centri ove il marmo bianco era cavato: Carrara e, in misura decisamente inferiore, Pietrasanta in Versilia [3], nella quale però i manufatti di cui ci stiamo occupando sono designati col vocabolo *marginette* [4]; dalle botteghe carraresi e pietrasantine, a dorso di mulo, le lastre si diffondevano capillarmente nelle vallate interne e al di là del crinale appenninico, nelle terre di Parma e di Reggio Emilia. Per raggiungere i borghi che costellavano le sponde del Golfo di Spezia – in primo luogo Lerici – le *maestà* non disdegnavano però l'uso dei *navicelli*, cioè dei barconi a fondo piatto che dal lido di Avenza, caratterizzato da bassi fondali, trasportavano i blocchi di marmo destinati a Genova o ad altre mete più lontane nelle acque profonde del Golfo, ove avveniva il trasbordo sulle navi.

Il trasporto per via marittima, per quanto non privo d'interesse per noi, riguardava ovviamente una quota trascurabile delle immagini scolpite di cui ci stiamo occupando; la grande maggioranza di esse, lo ripetiamo, veniva trasportata a dorso di mulo da venditori – chiamati *figà* nell'Appennino parmense [5] - in grado di incidere sul bordo inferiore della lastra, in uno spazio appositamente risparmiato, il nome del devoto acquirente e la data. Le direttrici di transito erano luoghi privilegiati per la collocazione delle *maestà*, dato che la permanente visibilità di queste immagini costituiva un requisito essenziale agli occhi del committente, il quale voleva in tal modo comunicare la sua ortodossia e la sua rispettabilità sociale. Ben di rado la decisione di collocare una maestà era il frutto di una decisione collettiva; nella stragrande maggioranza dei casi l'iniziativa era del singolo il quale, anche se appartenente all'ordine presbiterale, agiva "Per

Sua Devotione", come ossessivamente ci ricordano, spesso sotto forma di acronimo (PSD), le epigrafi che accompagnano le immagini e che sono parte integrante del manufatto.

Se osserviamo la mappa elaborata in funzione della pubblicazione menzionata in esordio, frutto del lavoro congiunto di Luciano Callegari e di Franco Alessandri (fig.1), notiamo che c'è un addensamento significativo delle maestà lungo il percorso pedemontano che da Avenza porta a Carrara e poi a Santo Stefano di Magra, un percorso – ricco di varianti – che a partire dal secolo XI sostituisce l'antico percorso litoraneo della via consolare, ancora praticato in età ottoniana, il quale prevedeva l'attraversamento della città di Luni, ormai priva di abitanti e pericolosamente esposta alle incursioni ostili. Non a caso la storia degli studi storico-artistici sulle maestà, dopo la fase legata all'attività didattica svolta nell'ambito dell'Accademia di Belle Arti di Carrara [6] , coincide con la pubblicazione di un pionieristico saggio dedicato alle maestà presenti nella "fascia pedemontana e collinare compresa fra le città di Sarzana e di Carrara e includente i comuni di Castelnuovo Magra e Ortonovo, oltre alla parte pianeggiante del comune di Fosdinovo (...) e una parte del contado sarzanese"[7].

Si proponeva dunque di passare dalla fase delle indagini territorialmente contingentate, programmaticamente limitate ai confini amministrativi degli Enti Locali [8], alla fase delle indagini a più ampio spettro, che avessero come asse portante gli antichi percorsi, caratterizzati da luoghi di sosta, attraversamenti di corsi d'acqua, crocicchi: insomma, i luoghi normalmente prescelti dai committenti di maestà per collocare le immagini. Le iscrizioni, che spesso invitano il viandante a sostare e a rendere omaggio alla Vergine, chiariscono perfettamente, qualora ve ne fosse bisogno, l'intrinseco legame delle maestà con la fitta rete degli antichi percorsi. Un esempio tra i tanti: una Assunzione della Vergine di Lerici (fig.2) databile alla prima metà del secolo XIX, è stata in seguito dotata di un'iscrizione che ammonisce il viandante distratto [10]. Il passaggio a un'ottica diversa in sede scientifica pose le premesse per una proficua collaborazione con il Gruppo Terre Alte che, in sintonia con quanto avveniva in sede nazionale, era nato sotto l'egida della Sezione di Sarzana. Ciò avvenne, però, dopo una lunga gestazione [10], soltanto nell'estate del 2018 per iniziativa di tre soci, residenti in altrettanti comuni della provincia della Spezia [11], i quali fin dall'inizio introdussero la geolocalizzazione dei manufatti fra

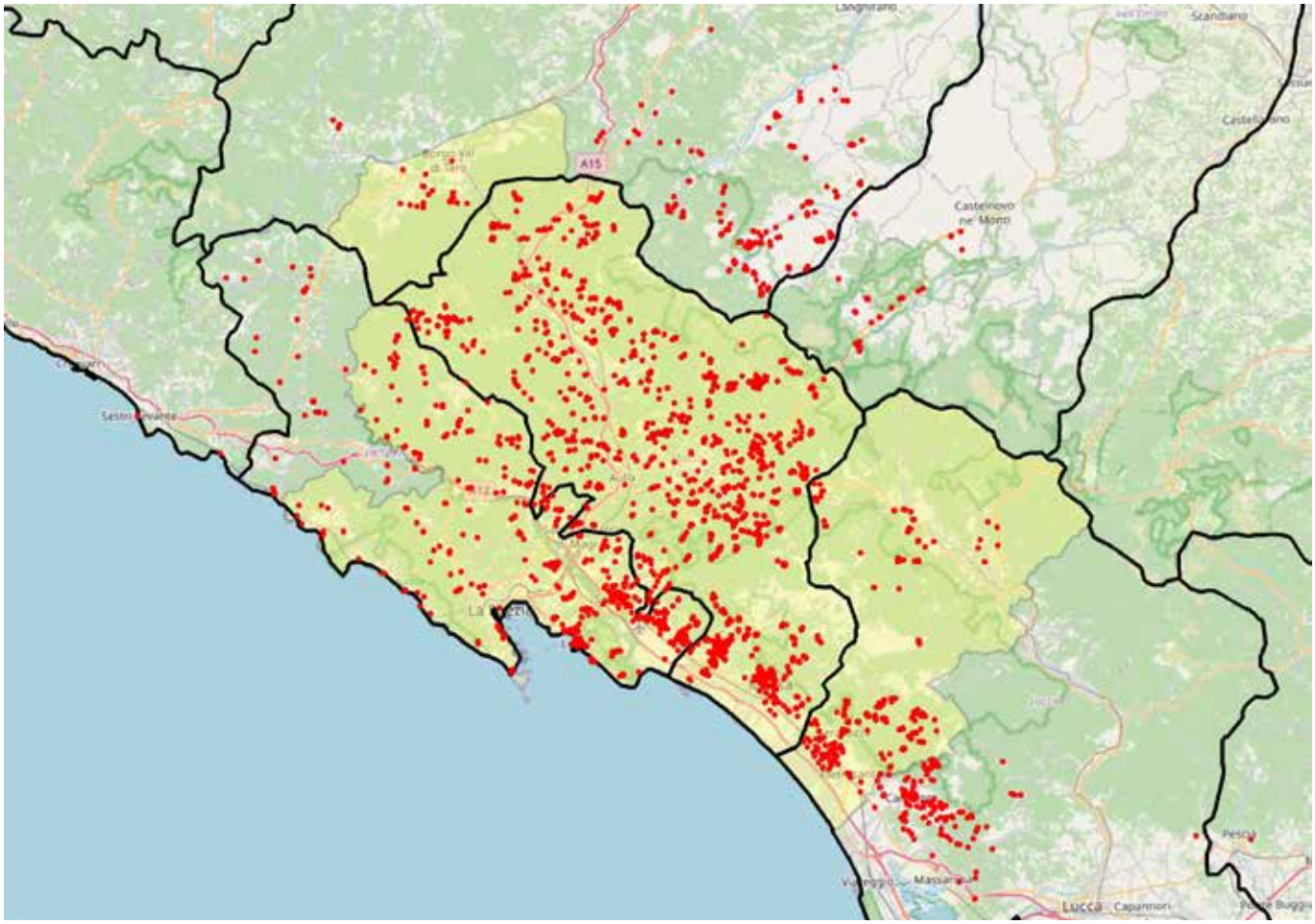



*Figura 1 - Area di diffusione delle maestà (a cura di L.Callegari e F.Alessandri)*

*Figura 2 - Lerici, Sp, Assunzione della Vergine*

gli obiettivi del censimento. Ben presto però questi soci, nessuno dei quali aveva esperienza di catalogazione di oggetti d'interesse storico-artistico, si resero conto di aver bisogno delle competenze di uno storico dell'arte e quindi si realizzò il connubio con chi scrive, divenuto nel frattempo socio a tutti gli effetti. Questo connubio comportò inevitabilmente una fase di rodaggio, durante la quale i rispettivi linguaggi si confrontarono proficuamente, tanto da poter affrontare vittoriosamente la prova del lockdown del 2020 allorché, vista l'impossibilità di proseguire sul campo il censimento, ci si dedicò – a distanza, ovviamente – all'esame approfondito del materiale raccolto, cercando di affinare gli strumenti in possesso dei componenti, soprattutto per quanto riguarda le iconografie e le datazioni. Fin dal 2019, intanto, si era avviata la costruzione del sito, configurato all'interno del più ampio sito della Sezione sarzanese. Punto di forza del sito è un database che è arrivato a contare, nel novembre del 2021, oltre 3300 schede – a fronte di un totale stimato di circa 4000 – ciascuna dotata di almeno due immagini; questo database è consultabile gratuitamente da chiunque ma soltanto gli accreditati possono accedere a quei dati sensibili che consentono di localizzare esattamente il manufatto.

La mole imponente del materiale schedato consente di delimitare con precisione, nello spazio e nel tempo, il fenomeno delle maestà. Se ritorniamo alla figura 1, notiamo che l'area di diffusione delle maestà coincide largamente col territorio dell'antica diocesi di Luni i cui confini, dopo il 1133, restarono sostanzialmente invariati fino alla nascita della diocesi di Pontremoli, e cioè fino alla fine del secolo XVIII; al territorio della diocesi lunense vanno poi aggiunte, sul versante toscano, parte della provincia di Lucca e, sul versante emiliano, parte delle attuali province di Parma e di Reggio Emilia. Per le maestà presenti in queste ultime zone, però, a differenza di quanto accade nella Versilia storica, non si può parlare di produzione ma soltanto di importazione come oggetti esotici, esibiti spesso in coppia – o addirittura in trio – su altrettante facce di pilastri in arenaria macigno [12].

La delimitazione cronologica è un po' meno scontata poiché, se è vero che l'uso di collocare immagini di devozione all'aperto precede il Concilio di Trento, è altrettanto vero che le ragioni e le modalità della collocazione, nell'area indicata, subiscono un deciso mutamento verso la fine del secolo XVI. È dunque corretto considerare lontane progenitrici delle maestà alcune immagini marmoree riferibili ad un'unica personalità – il cosiddetto "Maestro di Miseglia"[13] – prive di data e di indicazioni sul committente, lastre caratterizzate da uno spiccato accento vernacolare, come si nota in questi due esemplari (figg.4-5), entrambi rinvenuti nel territorio di Fivizzano e databili fra la fine del secolo XV e l'inizio del successivo; è altrettanto necessario, però, prendere atto del fatto che attorno al 1590 si registra l'apparizione di esemplari stilisticamente aggiornati e significativamente dotati di iscrizioni che

Figura 4 - Fivizzano, Ms, Madonna col Bambino

Figura 5 - Fivizzano, Ms, Madonna col Bambino

ci forniscono preziose informazioni sul committente e sulle sue motivazioni. È il caso della Madonna col Bambino (fig.6) che Andrea Raggi fece collocare nel 1598 [14] a Nazzano, oggi semplice frazione di Carrara ma fino all'inizio del secolo scorso luogo di transito obbligato per chi si recasse a Carrara provenendo da Massa e dalla Toscana [15].

Un'immagine caratterizzata da una severità matronale di ascendenza lombarda; tutt'altra cosa rispetto all'esibita ricercatezza formale della sua omologa, priva però di data, collocata a Forno di Massa (fig.8), la quale guarda invece decisamente verso Firenze. Questa tipologia, che aveva nell'ostentata torsione del Bambino il suo punto di forza, ebbe immediato successo e conobbe per almeno quarant'anni numerose declinazioni attraverso l'introduzione, a fianco del podio mariano, dei santi cari al committente. Fra queste lastre, eredi delle Sacre Conversazioni quattro-cinquecentesche, spicca un esemplare in ottimo stato di conservazione attualmente collocato all'interno della chiesa di San Remigio di Fosdinovo (fig.9), commissionato da Caterina di Giandomenico Cortini – da qui la presenza di Santa Caterina di Alessandria – donna di condizione agiata, in grado di avvalersi della consulenza di un letterato, come si deduce agevolmente dall'uso del verbo "*dicavit*" (che regge il dativo *Deo Optimo Maximo*) e soprattutto dal riferimento alle Fosse Papiriane, toponimo che ricorre nella Tabula Peutingeriana e da cui l'etimologia cortigiana faceva discendere il nome del feudo malaspiniano [16].

Figura 6 - Carrara, Ms, Madonna col Bambino, 1598

Figura 8 - Massa, Ms, Madonna col Bambino

Figura 7 - Carrara, Madonna di Loreto, 1618

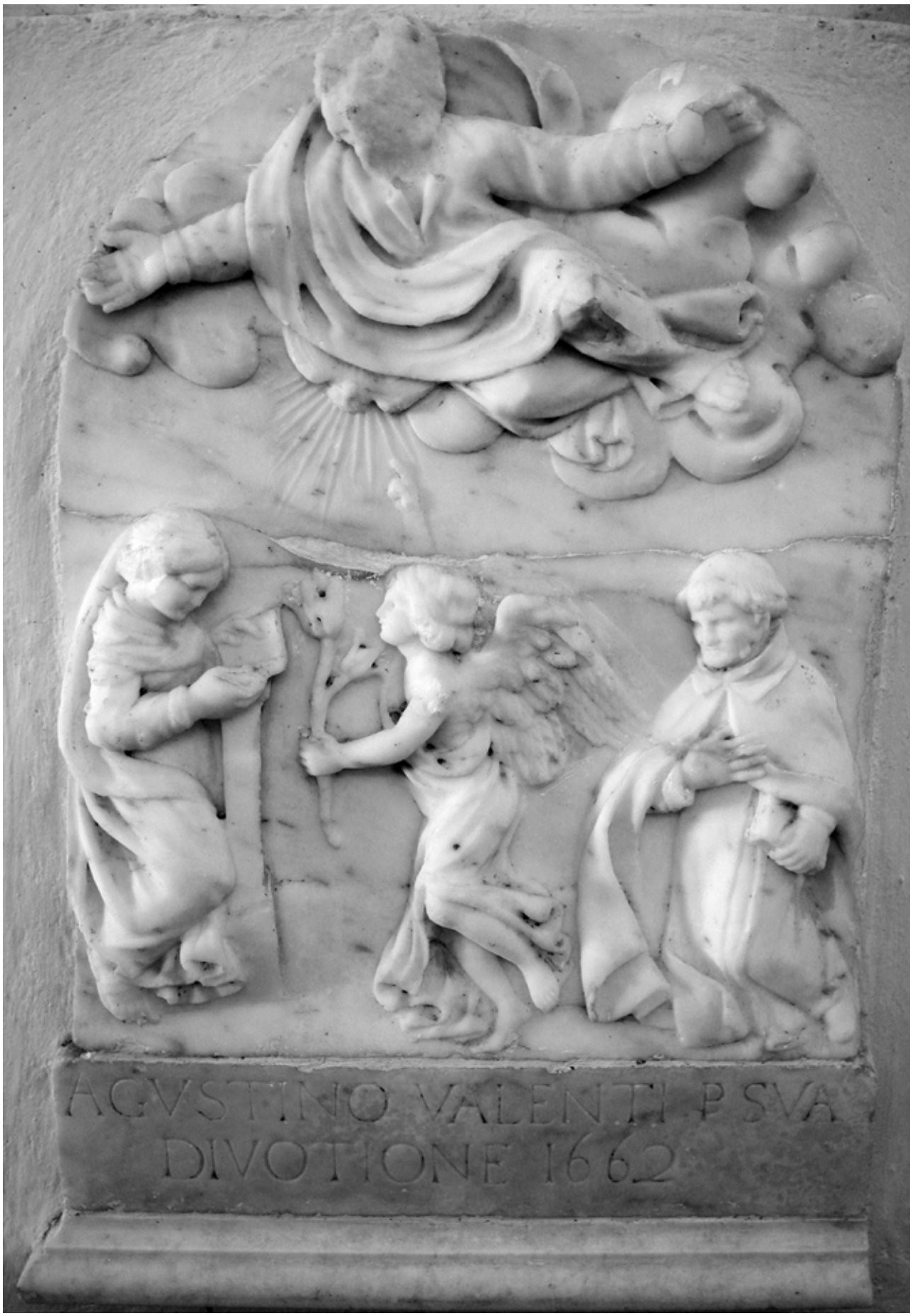



Figura 10 - Levanto, Sp, G.Carusi, Annunciazione con Sant'Agostino, 1662

Figura 9 - Fosdinovo, Ms, Madonna col Bambino e i Santi Giuseppe e Caterina di Alessandria

Il salto di qualità rispetto alle rozze lastre del "maestro di Miseglia" è evidente per chiunque: al loro primo apparire, e cioè negli anni in cui reggeva la diocesi di Luni-Sarzana il nobile genovese Giovanni Battista Salvago (1590-1632), queste sculture si impongono per la qualità formale, oltre che per il ricorso al prezioso bianco delle Apuane, emancipato dal secolare ossequio alla cromia. L'anonimato che ancor oggi caratterizza queste immagini [17] non deve trarre in inganno: non si tratta di artigianato ante litteram ma di opere cui va riconosciuto senza riserve il diritto di cittadinanza nei territori della storia dell'arte. Occorre peraltro riconoscere che la crescita costante della domanda provoca, a partire grosso modo dal terzo decennio del secolo XVII, l'attestarsi dello standard qualitativo su livelli di minore eccellenza, caratterizzati da decorosa plausibilità, con impaginazioni semplificate e tipologie ben sperimentate, come può vedersi in questo esemplare tratto dal nutrito corpus del "maestro del 1659", attivo fra il 1645 e il 1668: si tratta di una lastra di Calice al Cornoviglio (fig.11), di dimensioni superiori alla media, ove viene proposto uno schema piramidale che salda impeccabilmente il colloquio fra terra e cielo; i panneggi sono corretti, impeccabili gli scorci e le proporzioni. Questo maestro, con i suoi collaboratori e i suoi imitatori, domina la scena attorno alla metà del secolo XVII, che può essere definito la "golden age" delle maestà, destinate a diventare un fattore identitario per la

Figura 11 - Calice al Cornoviglio, Sp, Madonna col Bambino e i Santi Giovanni Battista e Ludovico di Tolosa

Lunigiana e per le terre che avevano una feconda relazione con essa.

Non è questa la sede per ripercorrere, dal punto di vista dello storico dell'arte, le tappe successive dell'epopea delle maestà, la quale arriva a confrontarsi con gli esiti del neoclassicismo, come dimostra la lastra del 1836 del territorio di Camaiore (fig.12). È opportuno, piuttosto, soffermarci su quanto le Sezioni del Cai potranno fare nel prossimo futuro per garantire a questi manufatti non soltanto una dignitosa sopravvivenza ma, per così dire, una nuova giovinezza. Il rapporto con la scuola, e cioè con i docenti, dovrebbe avere, in quest'ottica, un ruolo primario; l'analisi delle maestà come manufatto, nella loro fisicità di materiale litico importato, esposto agli agenti atmosferici ed all'attacco biologico, dovrebbe integrarsi con l'analisi storico-artistica, diventando così l'asse portante di progetti interdisciplinari ai quali le Sezioni potrebbero offrire il loro supporto. Altrettanto importante il rapporto con gli Enti di tutela, cioè le Soprintendenze, e con gli Enti Locali e, per sfuggire alle maglie dell'astrattezza, mi sia consentito ricorrere ad un esempio concreto: il 20 gennaio 2019 fu schedata, nel territorio di Fivizzano, un'Annunciazione collocata nel 1666 da Ambrogio Barbieri (figg.13-14); alcuni mesi più tardi ci si

*Figura 12 - Fivizzano, Ms, Annunciazione, prima dell'abbattimento del pilastro*

*Figura 13 - Fivizzano, Ms, Annunciazione, prima dell'abbattimento del pilastro*

accorse che il pilastro nel quale la lastra marmorea era inserita era stato abbattuto – accidentalmente, a quanto pare – e che la maestà era stata rimossa. Partì formale segnalazione alla Soprintendenza di Lucca, competente per territorio e, nello stesso tempo, fu avvisato il Comune di Fivizzano il quale, tramite i vigili urbani, riuscì a recuperare la lastra e, d'accordo con la Soprintendenza, ne garantisce la custodia temporanea presso il civico Museo degli Agostiniani.

L'attiva presenza sul territorio del Gruppo di Ricerca del Cai ha dunque evitato la dispersione di un manufatto strettamente connesso alla storia del territorio; resta da capire se episodi come questo siano destinati a rimanere sporadici o se possano diventare il preludio di un'inversione di tendenza nella politica dei beni culturali, affinché il territorio italiano, assai più che i grandi musei, torni ad essere al primo posto nella graduatoria dei settori d'intervento.

## Note

1. *Anche le statuette, purché destinate alle nicchie e caratterizzate da accentuata frontalità, sono assimilabili ai rilievi; il loro numero è comunque nettamente inferiore a quello delle lastre.*
2. *La Klapisch Zuber parla a questo proposito di "ideologia del marmo" e sostiene che le prime tappe di questa epopea si debbano rinvenire nella Firenze del secolo XIV (Christiane Klapisch Zuber, Les maîtres du marbre. Carrare 1300-1600, Paris 1969, trad.it. Massa, Deputazione di Storia Patria per le antiche provincie modenesi, 1973).*
3. *Al contrario del toponimo Lunigiana, che ha subìto nel secolo scorso una drastica contrazione, il toponimo Versilia si è dilatato e dall'entroterra si è esteso alla costa tirrenica.*
4. *Marginetta deriva da margine, termine di genere femminile che indica, nella Toscana settentrionale, una cappelletta affrescata collocata al di fuori di un edificio di culto; a questo fenomeno fu dedicato nel 1981 un Convegno a Pescia, coordinato da Chiara Frugoni, di cui non sono apparsi gli Atti. Alla margine pesciatina "di San Michele" (1520), così chiamata perché prossima a un monastero di Benedettine intitolato all'arcangelo, é dedicato un volumetto edito in occasione del suo restauro (Il restauro della margine di San Michele, a cura di C.Mussi, Pescia 2007).*
5. *Questa preziosa testimonianza si rinviene nell'opuscolo postumo del parroco di Palanzano, don Lucio Masoli, che la attribuisce agli anziani della zona (Lucio Masoli, "Maestà" montanare nelle Valli dei Cavalieri e nelle Corti di Monchio, Parma 1981); nelle Osservazioni introduttive, Guglielmo Capacchi sembra dare per scontato che il vocabolo figà derivi dall'uso, da parte dei venditori, di consumare fichi secchi durante il tragitto ma è assai più probabile che esso derivi da Figaia, cognome ben attestato in ambito carrarese.*
6. *Enrico Dolci, Le icone marmoree di Carrara, in «Carrara Marmi», 9 , 1976, pp.13-36; 11, giugno 1977, pp.9-18; 12, settembre-dicembre 1977, pp.13-14. Questi articoli erano stati preceduti, nella stessa sede, da un contributo dello stesso Dolci (Id., Cultura artigianale e tradizione orale, in «Carrara Marmi», 6 , marzo 1976, pp.20-44), utile per meglio inquadrare gli studi successivi; vi si afferma infatti che le maestà hanno "un'area di diffusione relativamente ristretta" la quale "non si allontana (…) dalle zone marmifere apuane" (op. cit., p.38): affermazione clamorosamente smentita dalle ricerche di cui qui si dà conto.*

7. *Piero Donati, "Per sua devotione": bassorilievi devozionali in Valdimagra, in «Quaderni del Centro Studi Lunensi», 4-5, 1979-1980 (ma 1981), pp.63-82.*

8. *Rientrano in quest'ottica anche le prime campagne di schedatura con fondi statali, promosse dal sottoscritto allorché prestava servizio presso la Soprintendenza di Pisa, allora competente per la provincia di Massa-Carrara, e riguardanti i comuni di Mulazzo, Filattiera, Zeri e Casola Lunigiana.*

9. *"Pretereundo Cave Ne Sileatur Ave". (Guardati dal passare oltre senza dire Ave Maria); l'assonanza Cave/Ave, così come il ricorso al latino, rafforza l'ammonizione, conferendole il sigillo della ritualità. Non mancano ovviamente analoghe iscrizioni in volgare, che spesso attestano il permanere o addirittura l'incremento della devozione: è questo il caso dell'Annunciazione collocata attorno alla metà del secolo XVII nel territorio di Stazzema dal reverendo Pier Girolamo Bertocchi (fig.3), la quale fu arricchita nel 1864 non soltanto di una bella incorniciatura a tempietto ma anche di un'epigrafe elegante – per quanto traballante dal punto di vista ortografico – nella quale troviamo l'assonanza Via/Maria come eredità dell'assonanza Cave/Ave.*

10. *Durante la quale l'ottica territoriale sottesa al saggio del 1981 produsse altri due contributi (Piero Donati, Maestà lunigianesi, in Marmora insculpta, per sua divotione.Le maestà e il territorio ad Arcola e Ville, a cura di Pia Spagiari, Luna Editore, La Spezia 1998, pp.125-142; Id., Le maestà delle Apuane, op.cit., 2019) che vanno considerati la premessa, in sede critica, del censimento di cui stiamo parlando.*

11. *Luciano Callegari, Luciana Corsi e Nello Lombardi, ai quali si sono in seguito aggregati Peter Avenell, Franca Bologna, Liliana Bonavita e Fabrizio Franco.*

12. *Anna Mavilla, Le maestà dell'Alta Val Parma e Cedra, Longo Editore, Ravenna 1996. Questa importante rassegna, edita sotto l'egida dell'Istituto per i Beni Artistici, Culturali e Naturali della Regione Emilia-Romagna, proponeva la ripartizione dei manufatti in "maestà delle strade", "maestà delle abitazioni" e "maestà delle fonti", raggruppamenti che fanno riferimento esclusivamente alla collocazione, senza riscontri sul piano stilistico o cronologico.*

13. *Piero Donati, Giovanni Carusi e gli altri: il genio degli anonimi, in I maestri delle maestà, op.cit., pp.13-23, in particolare pp.14-15*

14. *Lo stesso committente, venti anni dopo, fece collocare nei dintorni di Carrara una Madonna di Loreto appollaiata col Bambino sulla Santa Casa minutamente descritta (fig.7), ricorrendo anche in questo caso al volgare, e non al latino, nell'iscrizione sottostante.*

15. *E' assai probabile che l'attuale collocazione sia quella originaria; infatti il rilievo è attestato in quel sito il 14 maggio 1912 allorchè, in applicazione della legge 20 giugno 1909 numero 364 (la cosiddetta legge Rosadi, la prima legge organica di tutela dello Stato italiano), fu notificato al proprietario Andrea Gabani il provvedimento di vincolo.*

16. *Come ho già avuto modo di sottolineare (Piero Donati, Le maestà delle Apuane, op.cit., p.157, nota 20) questa etimologia era rigettata dal carrarese Repetti con argomentazioni di solido buon senso (Emanuele Rapetti, Dizionario Geografico Fisico Storico della Toscana, 2 , Firenze 1835, p.338). La Tabula Peutingeriana, così chiamata dall'umanista Konrad Peutinger che la possedeva nella prima metà del secolo XVI, fu edita a Venezia nel 1591, anno che funge da post quem per la maestà Cortini. Le Fosse Papiriane sono probabilmente identificabili con la zona del lago di Massaciuccoli.*

17. *Occorre arrivare al 1662 per trovare una lastra della quale sia stato possibile identificare l'autore: mi riferisco all'Annunciazione con Sant'Agostino (fig.10), prima opera nota di Giovanni Carusi da Moneta, attualmente conservata all'interno dell'oratorio della Santissima Trinità di Legnaro, frazione di Levanto (Piero Donati, Maestà lunigianesi, op.cit., p.139; Id., Giovanni Carusi e gli altri..., op.cit., p.19).*

*Figura 14 - Fivizzano, Ms, Annunciazione, 1666*

# LE INCISIONI RUPESTRI DEL MONTE PRATO FIORITO
## Val di Lima - Toscana

di Giancarlo Sani[1]

(1) Ricercatore e studioso arte rupestre, socio CAI della Sezione di Valdarno Inferiore , componente del Comitato Scientifico Toscana

**Riassunto:** questo articolo riguardante il territorio del monte Prato Fiorito illustra i risultati di una impegnativa ricerca condotta sui 20 siti di arte rupestre fino a oggi scoperti in zona e illustra i contenuti con un intendimento divulgativo a partire dalla descrizione del percorso didattico, il primo realizzato in modo così organico in Italia centrale, che conduce ai principali siti di arte rupestre.

***Abstract: The rock engraving of the Prato Fiorito mountain - Val di Lima (Tuscany)***

*This article illustrates the results of a challenging research conducted on the 20 rock art sites discovered up to now in the area of the Prato Fiorito mountain and describes in a informative way the innovative educational path which leads to the main sites of the cave art.*

**Premessa**

L'operazione di censimento e georeferenziazione realizzata negli anni 2017-2021 delle testimonianze rupestri antropiche sul versante sud della montagna ha evidenziato la presenza di 20 siti con circa 40 superfici incise, una quantità certamente significativa. Di corredo all'attività esplorativa sono state pubblicati, grazie al sostegno della Pro Loco di Bagni di Lucca, due volumi: *Antichi graffiti della Val di Lima* (2019) e *Pagine di Pietra* (2020) delle vere e proprie guide sulle incisioni rupestri del Prato Fiorito e di altri rilievi montuosi della Val di Lima. Nel 2021 il Comitato Scientifico Centrale ha approvato e sostenuto il progetto Sentiero didattico Sassi Scritti del Prato Fiorito presentato da Giancarlo Sani componente del Comitato Scientifico Toscano. Il progetto è stato portato a termine nello stesso anno, con la fattiva collaborazione di gruppi, associazioni locali e singoli studiosi quali il Gruppo Trekking Pegaso, Centro Arte Rupestre Toscano, Jurassic Bike, Società dei Beni già Comunali di S. Cassiano, Commissione Sentieri CAI Toscana e Seimiglia Nord. L'intero progetto è articolato in tre punti principali: il primo ha visto la sistemazione e segnatura del percorso per raggiungere la zona istoriata. Tutti i siti sono stati numerati in maniera progressiva e nei pressi delle rocce più significative sono stati installati dei pannelli didattici che illustrano, se pur in maniera sintetica, i segni presenti con una prima interpretazione dei loro significati. Il sentiero è il primo realizzato in Toscana, un vero fiore all'occhiello per il CAI.

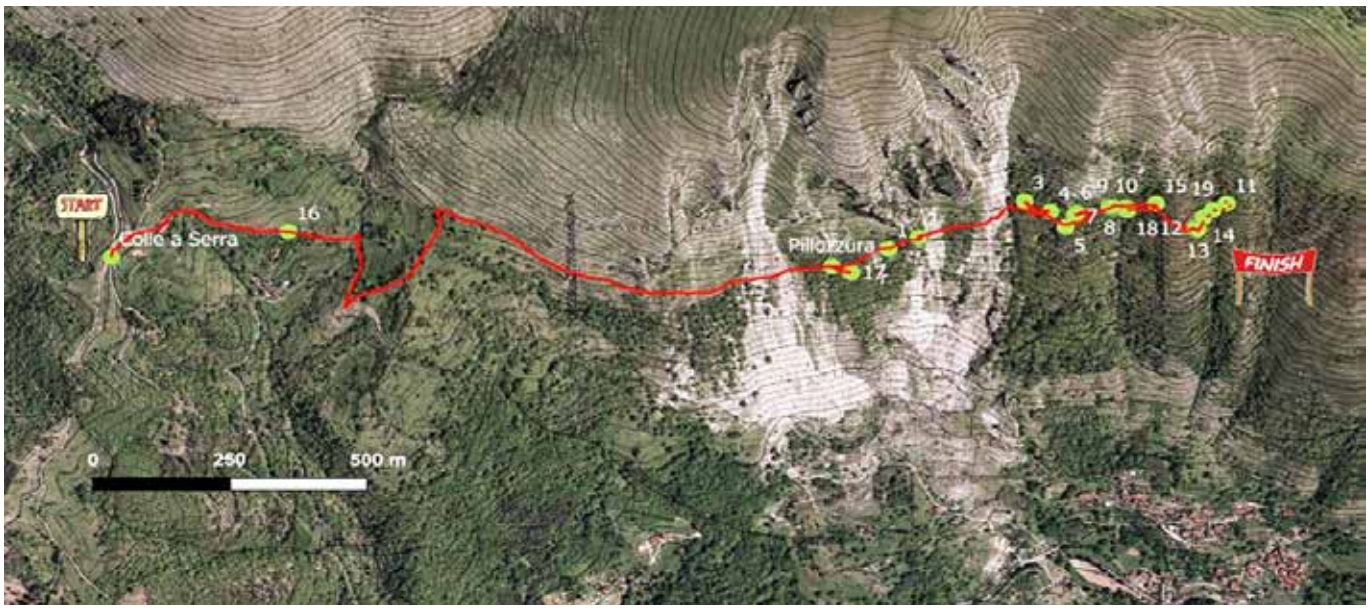



*Figura 1 - Tracciato del percorso didattico alle incisioni rupestri del monte Prato Fiorito - elaborazione E. Lotti*
*A sinistra - Incisioni rupestri - ph Giancarlo Sani*

Il secondo punto è stato la pubblicazione del volume *Il Monte delle Streghe* che viviseziona in mille aspetti la bellezza di questa montagna. Oltre alle incisioni rupestri, nei vari capitoli, sono stati analizzati temi importanti come la geologia, la flora, la fauna, la sentieristica che in quest'ultimi anni ha visto la nascita di due spettacolari percorsi. Infine non potevano mancare capitoli sulla vita e la storia di S. Cassiano di Controne con la sua attività secolare di pastorizia e delle tradizioni e leggende che circondano il Prato Fiorito relative a presenze magiche, streghe, diavoli che alla luce della luna si scatenavano nelle danze del sabba.

Il terzo punto importante del progetto è stato la realizzazione di un documentario che illustra, partendo dalla divulgazione e la conoscenza dei segni sulla roccia presenti nel territorio, quale valore culturale aggiunto che possa incentivare la frequentazione della montagna e dell'intera Val di Lima riscoprendone le valenze naturalistiche ed antropologiche.

*Figura 2 - Il versante sud della montagna, nel riquadro la zona con la maggior concentrazione di rocce incise - ph G. Sani*

**Inquadramento geologico** *(a cura di Andrea Rielli - geologo)*

Camminando sul Monte Prato Fiorito non si possono che apprezzare le sue forme geologiche: prati rotondeggianti sono interrotti da alte pareti dove strati chiari si alternano ad altri più scuri, sui sentieri sembrano emergere scalini di roccia, tinte rosse interrompono bruscamente le tonalità grigie dei calcari, rocce scagliose e aspri ravaneti si stagliano sui sentieri, tutto questo è frutto della sua storia geologica che per essere compresa necessita di un salto indietro nel passato di circa duecento milioni di anni.

A quel tempo i rilievi su cui oggi si snodano i sentieri che percorriamo in questa guida si stavano giusto formando, sul fondo di un mare che ha raggiunto anche profondità maggiori di 4000 metri. Più precisamente, durante un periodo che va da circa 200 a 20 milioni di anni fa, in seguito a un importante avanzamento delle acque marine, fanghi, sabbie e gusci di microorganismi si cominciarono ad accumulare in un mare che si andava sviluppando sul margine continentale di Adria, un promontorio dell'antico continente africano che faceva parte del super continente Pangea.

Questo mare si è evoluto in diverse fasi: da un iniziale mare poco profondo di piattaforma carbonatica, come ad esempio quello che possiamo trovare oggi alle Bahamas, si è andato progressivamente ad approfondire a causa dei movimenti tettonici estensionali che hanno portato all'apertura dell'Oceano

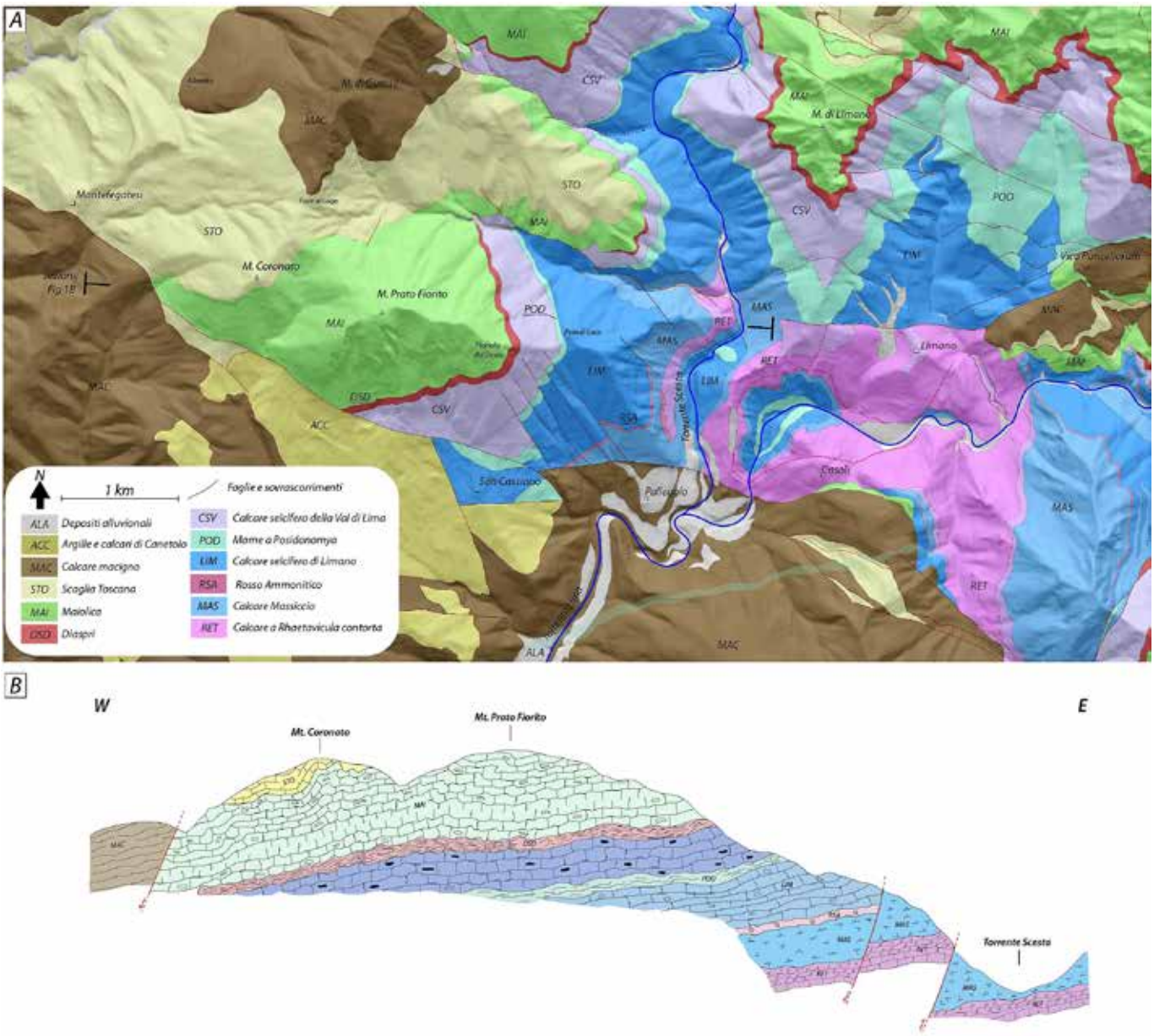



*Figura 3/A - Carta geologica semplificata del Monte Prato Fiorito; Figura 3/B - Sezione geologica non in scala del Monte Prato Fiorito - elaborazione Andrea Rielli*

Ligure-Piemontese che ha separato la placca Adria da quella Europea a partire da circa 145 milioni di anni fa. Questo evento ha frammentato la piattaforma carbonatica facendola annegare a profondità maggiori con la formazione di scarpate continentali e ambienti di piana abissale con profondità variabili tra circa 4000 e 6000 metri. A causa di processi legati all'orogenesi appenninica si vengono infine a creare dei bacini relativamente poco profondi dove si accumulano sedimenti derivanti dall'erosione della catena montuosa che si stava formando. Diverse tipologie di sedimenti si sono accumulati in queste diverse fasi, e una volta consolidati hanno dato vita a una successione di rocce sedimentarie detta "Falda Toscana", che appunto costituiscono la gran parte dei rilievi in Toscana.

Il Monte Prato Fiorito è costituito proprio da queste formazioni geologiche che sono esposte per lo più conservando i loro originari contatti stratigrafici acquisiti sul fondale marino (Fig. 3A). Grazie alla straordinaria esposizione che le sue pendici ci offre, è possibile ripercorre gran parte della storia di questo antico mare. Infatti, se consideriamo una linea ideale che parte dalla sommità del Monte Prato Fiorito e scende lungo la sua cresta verso Sud-Ovest fino ad arrivare al Torrente Scesta (Fig. 3), il rilievo ci offre la possibilità di attraversare gran parte della Falda Toscana, come è possibile osservare nella sezione geologica riportata in Fig. 3B. Le formazioni più antiche sono situate proprio alla base del rilievo, come il Calcare a *Rhaetavicula contorta*. Questo si è formato dal consolidamento di sedimenti deposti

*Figura 4 - Vista sulla formazione della Maiolica nella parte meridionale del Monte Prato Fiorito - ph D. Bonaventuri*

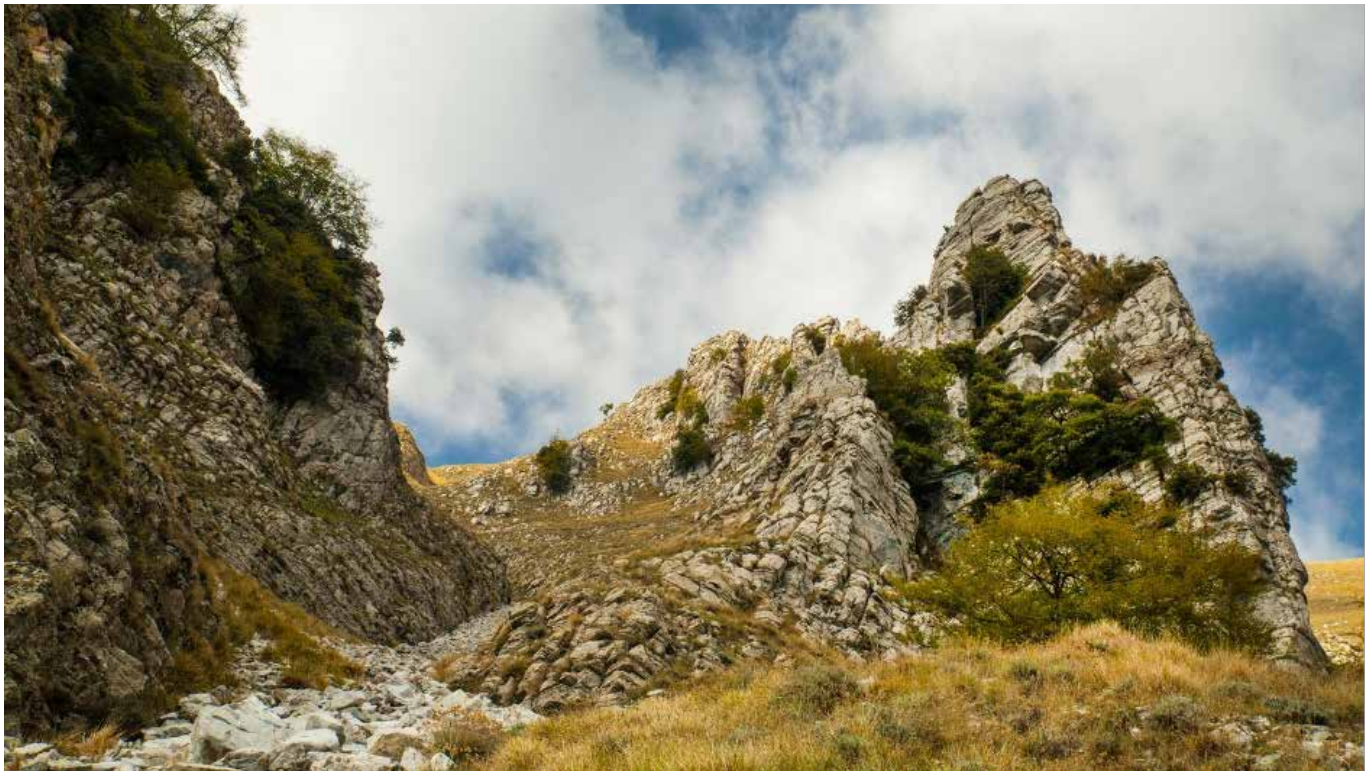


*Figura 5 - Ripide scarpate e ravaneti ospitati nella formazione della Maiolica nella parte meridionale del rilievo - ph D. Bonaventuri*

circa 200 milioni di anni fa in un ambiente di mare poco profondo al di sotto del livello medio di bassa marea. Seguno verso l'alto depositi di piattaforma intertidale, compresa tra il livello di bassa ed alta marea, formati prevalentemente dall'accumulo di resti di organismi a guscio calcareo da cui deriva la formazione del Calcare Massiccio. La successione continua con depositi di mare profondo, che darà vita alla formazione del Rosso Ammonitico, rappresentata da calcari marnosi con tessitura nodulare talora con elevato contenuto di ammoniti fossili e dal caratteristico colore rosso rosato, causato dell'ossidazione del ferro contenuto al suo interno. L'ambiente deposizionale si fa sempre più profondo e si cominciano a formare tra circa 190 e 180 milioni di anni fa successioni carbonatiche, ovvero

*Figura 6 - Formazione della Scaglia affiorante in località Pian di Lago - ph D. Bonaventuri*

*Figura 7 - Piega della formazione di Scaglia in località Pian di Lago - ph D. Bonaventuri*

deposte da correnti ricche di materiali in sospensione e generate da fenomeni gravitativi subacquei, come frane sottomarine al margine della piattaforma continentale e in sedimenti convogliati dai fiumi. Questi sedimenti daranno vita al Calcare Selcifero di Limano osservabile in Loc. Pian di Luco (Fig. 3). Questo è poi sovrastato dalle Marne a Posidonomya, una formazione derivante dalla deposizione di fanghi in mare aperto tra circa 180 e 170 milioni di anni fa e costituita da una frazione argillosa e una calcarea. La sedimentazione continua poi tra circa 170 e 165 milioni di anni fa con una nuova sequenza torbiditica che andrà a formare il Calcare Selcifero della Val di Lima. Tra circa 165 e 145 milioni di anni fa la sedimentazione prosegue in ambiente più profondo (>4000 m), dove il minerale principale

che costituisce il calcare, la calcite, viene disciolta più velocemente del suo tasso di accumulo. Per questo motivo i sedimenti deposti in questo periodo sono praticamente privi di calcite e prevalentemente costituiti da silice derivante dall'accumulo di gusci di microrganismi chiamati radiolari e daranno vita alla formazione dei Diaspri (Fig. 4). Queste sono rocce dure con frattura concoide e dalle caratteristiche colorazioni che può passare da rossa, dovuta all'inclusione microcristalline di ossidi di ferro, a varie tonalità di verde, dovute all'inclusione di minerali come anfiboli e pirosseni, a giallastre o nere per inclusione di ossidi di manganese. A questo punto siamo quasi in vetta, possiamo notare un cambiamento netto nell'aspetto della roccia che diventa di colore grigio chiaro, e mostra l'alternanza di strati chiari e scuri (Fig. 5). Questa è la formazione della Maiolica, costituisce gran parte del rilievo e deriva dalla precipitazione mediata da microrganismi di fanghi carbonatici in mare profondo da circa 145 a 125 milioni di anni fa. Questa formazione ha la caratteristica di presentare superfici piane, chiare, facilmente scalfibili ed ospita la maggior parte delle incisioni rupestri della zona.

Il passaggio tra Calcare Selcifero di Limano – Marne a Posidonomya – Calcare Selcifero della Val di Lima – Diaspri e Maiolica può essere osservato lungo il sentiero che scende la cresta del Monte Prato Fiorito in direzione Sud-Est, tra Loc. Pianella del Desco e Loc. Pian Di Luco. Le rocce più "giovani" appartenenti alla Falda Toscana presenti sul Monte Prato Fiorito sono quelle della formazione della Scaglia e si possono osservare in Loc. Pian Di Lago (Fig. 6). Queste sono facilmente identificabili in questa località grazie al caratteristico colore rosso e sono formate da argilliti con all'interno intercalazioni di livelli silicei e carbonatici, derivanti dalla deposizione di sedimenti tra circa 125 e 30 milioni di anni fa in ambiente di mare profondo. Anche in questa roccia la caratteristica colorazione rossa è dovuta all'inclusione microcristalline di ossidi di ferro. L'ultima formazione della Falda Toscana in termini stratigrafici è il Macigno, una formazione a prevalenza arenacea formata da sedimenti derivanti dall'erosione della catena Appenninica durante la sua formazione. Questa non affiora sul Monte Prato Fiorito ma la si può osservare lungo la strada asfaltata che sale da San Cassiano in Loc. Colle a Serra. Queste rocce derivanti da un antico fondale marino hanno cominciato poi a "sollevarsi" a partire da circa 40 milioni di anni fa, a causa dello scontro tra la placca continentale africana ed europea. Le pieghe e i sollevamenti causati dalla forte pressione tra le due placche hanno portato alla sovrapposizione della Falda Toscana sul margine continentale della placca Adria, e a sua volta questa è stata seppellita da sequenze derivanti da porzioni più distali dell'antico oceano. Tuttavia l'azione sinergica della tettonica estensionale, che ha caratterizzato le ultime fasi dell'orogenesi appenninica e dell'erosione fluviale, hanno permesso la formazione di cosiddette "finestre tettoniche" attraverso le quali affiorano in superficie successioni che altrimenti sarebbero seppellite in profondità. Una di queste ospita proprio il Monte Prato Fiorito, il quale ci offre la straordinaria possibilità di ripercorrere una storia geologica di circa 200 milioni di anni.

### *Alcune considerazioni sulle incisioni*

La presenza di migliaia di segni lasciati sulle pendici del Prato Fiorito tra la seconda metà del '600 e la prima metà del '900 testimoniano dell'intensa attività pastorale, e non solo, che si svolgeva in quelle zone. Sono segni che documentano il passaggio di tanti uomini e donne, sono rocce trasformatesi in grandi lavagne a cielo aperto che, analizzate una a una, ci forniscono non solo una lista di nomi, di date, di disegni, ma ci svelano qualcosa del mondo dei pastori: uomini costretti alla solitudine, eppure decisi a dichiarare la propria identità, le loro credenze, la loro religiosità, il proprio saper scrivere.

La maggiore parte dei graffiti sono ubicati nel bosco (quota tra i 950 e 990 m.) alla base di grandi balzi verticali che caratterizzano questo versante della montagna. I segni sono stati incisi, nella maggior parte, in filiforme probabilmente usando la punta di un coltellino o di un chiodo sfruttando la relativa tenera superficie rocciosa.

La maggioranza dei graffiti sono:

- linee orizzontali, verticali e oblique apparentemente disposte in maniera non organizzata.
- Segni geometrici, astratti e aniconici.

I segni più riconoscibili sono:

1. Rosoni a sei petali
2. Alberiformi
3. Figure zoomorfe
4. Scaliformi
5. Cerchi raggiati e denticolati
6. Date
7. Lettere e nomi
8. Croci (incise più profondamente e sempre sovrapposte ai segni filiformi)

*Nota: in molte delle rocce incise sono presenti picchiettature (pennato?) a scopo vandalico. Le figure che più hanno subito tale atto sono i rosoni a sei petali.*

La figura incisa con più frequenza sulle montagne della Val di Lima è quella del cerchio con inscritto dei petali che variano da quattro a otto, anche se la maggioranza di quelli rilevati ne hanno sei.

Questo segno è conosciuto con diversi nomi: la rosa dei pastori, il sole delle Alpi, il fiore della vita sono i principali oltre naturalmente rosone a sei petali.

Si tratta di un simbolo che è un autentico concentrato di simbologie dotate di grande forza: è

contemporaneamente sole, cerchio, ruota, fiore e segno religioso.

**Iconografia dei cerchi**

- Rosone a sei petali
- Dischi circolari raggiati esternamente
- Dischi circolari raggiati internamente
- Cerchi con all'interno altri cerchi concentrici
- Dischi circolari con all'interno coppelle
- Cerchi con all'interno vari disegni (difficili da decifrare dato l'alta erosione e stacchi della roccia.

Nelle dottrine magiche il cerchio ha una funzione di difesa dagli spiriti cattivi. Talune danze circolari (girotondo, rondò) possono essere considerate "cerchi danzanti" con origini apotropaiche spesso collegate con i festeggiamenti dei solstizi e con il sole.

Un'indagine da noi condotta, intervistando gli anziani dei paesi della Val di Lima, ha fatto si che molti ricordino che i loro antenati erano soliti scolpire figure circolari con all'interno altri disegni molto strani. Questi simboli venivano incisi anche su attrezzi agricoli e perfino sulle culle di legno per i neonati a cui davano un positivo valore augurale e propiziatorio.

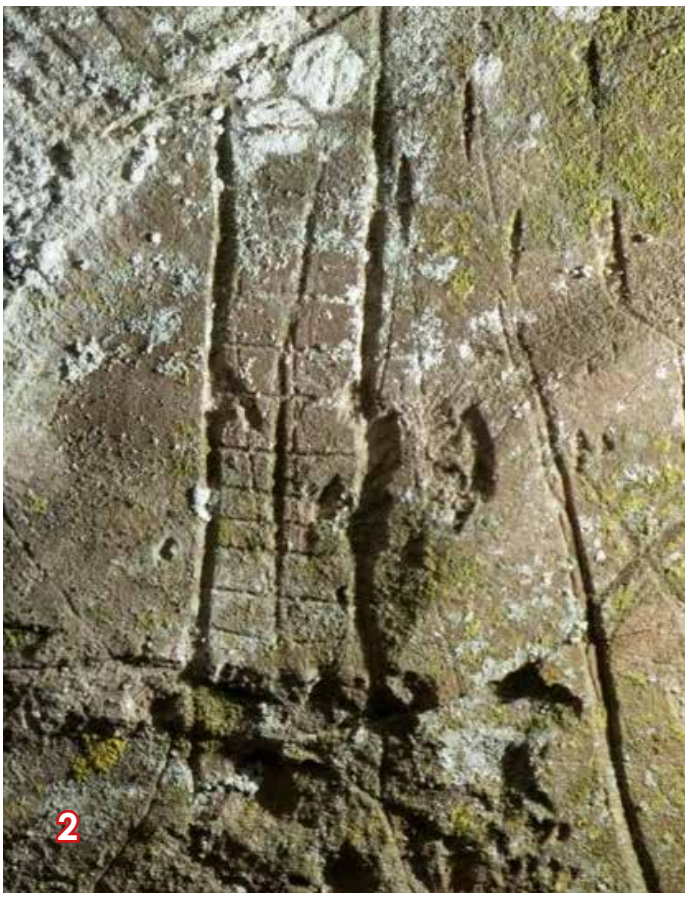
Questo lavoro ha il solo scopo di una prima e sommaria analisi dei graffiti, Lo studio dei segni richiede ulteriori campagne di documentazione e rilievi. Capire il contesto, le fasi, l'esatta iconografia dei segni è necessario per arrivare alla concettualità che c'è dietro i graffiti e avanzare una ipotesi attendibile di datazione e significati

**La questione cronologica**

Uno dei problemi principali, forse il maggiore, nello studio delle incisioni rupestri è rappresentato dalla datazione, di quando sono state realizzate. Alcuni passi avanti in merito sono stati fatti ma ancora non sono del tutto attendibili. Agli studiosi interessati ai petroglifi non resta che il metodo di studio tradizionale e a cui, anch'io, mi sono attenuto. Tale metodo consiste nel porre attenzione alla forma, allo stile, alla tecnica di esecuzione, alle sovrapposizioni e nei casi d'incisioni di stile naturalistico il valore cronologico degli oggetti rappresentati. Infine, la cosa più importante: individuare il contenuto del messaggio, cercare di interpretarlo, decifrare quello che l'incisore voleva rappresentare e collocarla nella fase culturale che l'ha prodotta. In ultimo è necessario un confronto con segni simili individuati sulle rocce delle montagne di tutto il territorio italiano, specialmente di quelli sottoposti a un meticoloso studio.

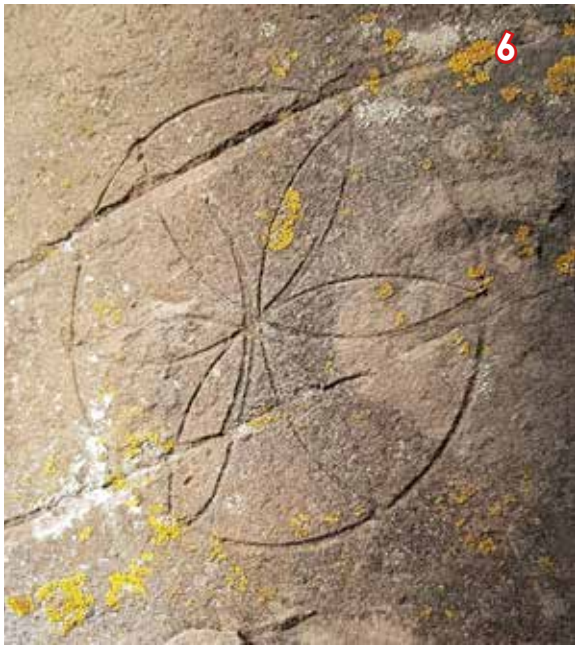
Di seguito proponiamo una tabella dove sono stati messi a confronto la tipologia del segno (foto) con la matrice, ovvero l'epoca in cui è iniziata la diffusione di tale segno e una nostra proposta di datazione in base all'osservazione diretta dei graffiti e del contesto.

1


2

3

4

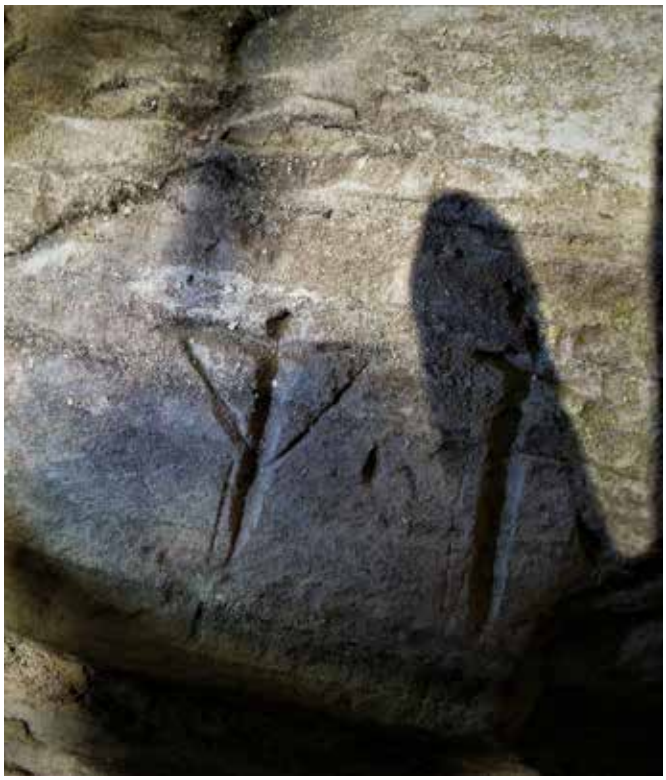


| Foto | Tipologia | Matrice | Datazione proposta |
|---|---|---|---|
| 1 | Croce | Basso medievale | Moderna '700-'900 |
| 2 | Scaliforme | Protostorica | Moderna '700-'900 |
| 3 | Alberiforme | Preistorica | Medioevo |
| 4 | Cerchi raggiati | Età del Bronzo | Medioevo |
| 5 | Figure zoomorfe | Preistorica | Moderna '700-'900 |
| 6 | Rosone a sei petali | Epoca Etrusca | Medioevo - Storica |
| 7 | Segni aniconici | Preistorica | Epoca imprecisata |

**Schede e breve descrizione dei siti**

Qui di seguito vengono presentati tutti i 20 siti dell'itinerario didattico del monte Prato Fiorito. Per uniformità si è stabilito di indicare sempre: il posizionamento delle rocce interessate, il tipo di roccia e il suo stato, la qualità di conservazione, quale vegetazione è presente sulle rocce e la descrizione dei principali segni incisi.

## *Roccia 1*



**Posizionamento:** lungo la traccia del sentiero, leggermente più in alto sulla sinistra (freccia segnaletica)

**Tipo di roccia:** Maiolica

**Stato della roccia:** verticale nella parte incisa, esposta a sud

**Qualità di conservazione:** buona

**Vegetazione:** muschi e licheni

**Descrizione dei principali segni incisi:** la maggioranza dei segni sono graffiti, con la tecnica del filiforme. Alcuni dei segni, in prevalenza croci, sono stati realizzati incidendoli più in profondità. Si riconoscono alcune croci latine, una croce balestri forme e una particolare croce papale tripla. Sulla sinistra troviamo il nome di Candido, uno degli ultimi pastori del Prato Fiorito.

**Nota:** una ricerca tra i pastori del luogo ha fatto si di sapere che era il padre di uno di essi e che frequentava la zona nella prima parte del '900. L'incisione presenta, nel solco, una patina chiara in contrasto con l'ossidazione della roccia e dell'altri segni. Questo fa pensare a una datazione più vecchia per le croci.

## *Roccia 2*

**Posizionamento:** proseguendo sulla traccia del sentiero, dopo un breve tratto in salita, si intravede a sinistra una parete rocciosa di colore scura (freccia segnaletica)

**Tipo di roccia:** Maiolica

**Stato della roccia:** verticale, esposta a sud-est

**Qualità di conservazione:** buona

**Vegetazione:** muschi e licheni

**Descrizione dei principali segni incisi:** i segni individuati e documentati sono una serie di segni aniconici molto consunti e di difficile interpretazione. Al centro una nicchia accuratamente scolpita sembra contenere quello che resta di un volto umano. L'incisione più significativa è quella di due scale sovrapposte. Il segno degli scaliformi viene così definito dalla maggioranza degli studiosi: "il segno simboleggia la salita al cielo, il mezzo di unione tra il mondo terreno e quello celeste". Il pannello istoriato presenta, inoltre, numerose incisioni verticali ottenute per graffi ripetuti, tecnica a *polissoir*"

## *Roccia 3*

**Posizionamento:** dopo aver attraversato l'ultima rave del versante sud, e risalito la ripida traccia di sentiero nel bosco, si arriva a una grande parete rocciosa che va aggirata a sinistra e in breve si arriva al piccolo riparo (freccia segnaletica)

**Tipo di roccia:** Maiolica

**Stato della roccia:** parete verticale dentro una piccola grotta

**Qualità di conservazione:** mediocre

**Vegetazione:** licheni

**Descrizione dei principali segni incisi:** sulla parete di fronte all'ingresso profondamente incisa si nota la data 1690 che è la più antica finora individuata sulla montagna. In basso, a sinistra della data e poco sopra al piano di calpestio, abbiamo scoperto una serie di lettere allineate di non facile lettura che sono state documentate con luce artificiale radente e macrofotografie e che stiamo studiando per arrivare a capire che cosa vi sia scritto.

## *Roccia 4*

**Posizionamento:** il riparo si apre a quota 980 m. una volta entrati nel bosco si segue una traccia in salita che porta a quel che resta di un'antica cava di lastre. Poco sopra vediamo una specie di terrazzamento orizzontale che va percorso fino a raggiungere l'ingresso del riparo

**Tipo di roccia:** Maiolica

**Stato della roccia:** si tratta di un riparo dove si notano per terra resti di stacchi rocciosi dalla volta anche recenti che rendono pericoloso sostare al suo interno

**Qualità di conservazione:** buona

**Vegetazione:** muschi e licheni (roccia esterna)

**Descrizione dei principali segni incisi:** All'interno, la parete sinistra è letteralmente tempestata di segni di non facile lettura data la presenza di depositi di vario genere che la coprono totalmente. La completa. All'ingresso del riparo, sulla sinistra, un'ampia parete verticale presenta numerosi graffiti di varia tipologia. Il più evidente è il rosone a sei petali, conosciuto anche con diversi nomi come il sole delle Alpi, il fiore della Vita e la rosa dei Pastori. Un simbolo che ha attraversato i secoli. Lo possiamo trovare su alcune stele etrusche dove sono magistralmente scolpiti sugli scudi di guerrieri. Presso il museo di Vetulonia possiamo ammirare quella di "*Auvele Felùske*", attribuita al VII secolo a.C. Il rosone lo troviamo sui portali delle chiese, sulle urne funerarie etrusche, sulle antiche culle di legno per neonati in Lunigiana, inciso sopra l'architrave di vecchie abitazioni. Si tratta di un simbolo che è un autentico concentrato di simbologie dotate di grande forza: è contemporaneamente sole, cerchio, ruota, fiore, segno religioso e apotropaico. Sulla parete troviamo incisi moltissimi filiformi che formano dei reticolati, alcuni nomi e delle piccole croci rozzamente incise. I nomi e le croci sono sovrapposti agli altri segni ed è evidente la diversità cronologica dell'esecuzione. Sulla roccia sono presenti altri cerchi che sono stati vandalizzati con picchiettature di uno strumento metallico, probabilmente un pennato.

## *Roccia 5*

**Posizionamento:** proseguendo lungo la traccia di sentiero per circa venti metri si arriva a un comodo spazio davanti a una lunga roccia stratificata (segnalata)

**Tipo di roccia:** Maiolica

**Stato della roccia:** la roccia evidenzia una stratigrafia orizzontale che si presta alla fase incisoria

**Qualità di conservazione:** relativamente buona

**Vegetazione:** licheni e in alcuni settori muschio

**Descrizione dei principali segni incisi:** La roccia verticale è stata graffita con decine di segni, delle vere e proprie miniature che rappresentano stelliformi, scaliformi, simboli solari e cruciformi di varie tipologie. Si notano anche delle lettere, probabilmente nomi, di difficile lettura in quando consunte e parzialmente rovinate da stacchi della roccia, Le figure più singolari incise sono quelle di aviformi con la coda a forma di pesce. Alla sinistra della grande roccia si nota una croce di piccole dimensioni e rozzamente scolpita.

## *Roccia 6*

**Posizionamento:** dopo un breve tratto in salita si devia verso sinistra (segnalazione) e in breve si raggiunge un terrazzamento dove è ubicato l'ingresso di un grande riparo denominato la Tana del Lupo.

**Tipo di roccia:** Marne

**Stato della roccia:** il riparo, protetto da alcuni massi franati e un muretto a secco si estende per circa venti metri quadrati e il soffitto tende ad abbassarsi notevolmente nella parte terminale

**Qualità di conservazione:** mediocre

**Vegetazione:** alcuni licheni e nella parte più illuminata direttamente dalla luce del sole strati di muschio.

**Descrizione dei principali segni incisi:** all'interno abbiamo scoperto quattro pannelli con incisioni rupestri.

Nel primo sono incise delle croci e delle lettere, il secondo è un cartiglio dedicato a Ultimano Lucchesi, un pastore locale che in gioventù portava le capre sul Prato Fiorito e che usava il riparo per le bestie.

Nel cartiglio si legge la data di nascita 1937 e quella del 25. 6. 1958 che ha detta di sua nipote può essere quella dell'ultima volta che è stato nel riparo dato che proprio in quei giorni emigrò nel nord - Europa per lavoro.

In alto, sulla destra, altri due pannelli dove abbiamo individuato una serie di segni verticali e graffiti a formare disegni astratti, infine sul grande blocco di roccia crollato, che ostruisce l'entrata nel riparo, sono presenti centinaia di filiformi non organizzati e altri organizzati che vanno a costruire segni aniconici di difficile interpretazione.

## *Roccia 7*

**Posizionamento:** alla sinistra della Tana del Lupo, affiorante dal piano di calpestio, una roccia verticale presenta una serie di profonde incisioni a polissoir (graffi ripetuti) cosa questa che la differenzia da quasi tutte le altre rocce istoriate

**Tipo di roccia:** Maiolica

**Stato della roccia:** la roccia è stata denominata roccia della Cometa perché una delle incisioni più in vista sembra richiamare il sole ma per via di una prolunga posteriore la fa sembrare una cometa, anche se non ci sono certezze che l'autore del segno volesse rappresentare quel soggetto.

**Qualità di conservazione:** buona

**Vegetazione:** alcuni licheni

**Descrizione dei principali segni incisi:** sulla roccia risaltano anche dei simboli sessuali di iconografia arcaica e un bellissimo stelliforme. La diversa tecnica incisoria e i soggetti incisi fanno ipotizzare sicuramente un'altra mano e probabilmente un'epoca più lontana nel tempo. Adiacente al pannello ora descritto una piccola roccia è letteralmente graffita con esili filiformi apparentemente non organizzati.

## *Roccia 8*

**Posizionamento:** Percorrendo il sentiero, qui più evidente e pianeggiante, si arriva alla roccia otto che abbiamo denominato degli "Alberiformi" per la presenza di tre incisioni di tale simbolo.

**Tipo di roccia:** Maiolica

**Stato della roccia:** roccia fortemente inclinata e circa tre $m^2$ di superfice

**Qualità di conservazione:** buona nella parte alta, mediocre

**Vegetazione:** muschio e licheni abbondanti

**Descrizione dei principali segni incisi:** Le figure alberiformi misurano rispettivamente 42 – 22 – 10 cm. Rari in epoca preistoria, più comuni nell'età storica sono, generalmente, realizzati in forme semplici come in questo caso. Alcuni studiosi mettono in dubbio che rappresentino effettivamente immagini veriste di un albero, non ci sono le foglie, i frutti, le radici ecc. e i cosiddetti rami sono realizzati con semplici tratti lineari rivolti verso il basso o l'alto. Il noto studioso camuno Ausilio Priuli osserva come "*l'albero, a livello simbolico, è sovente considerato l'asse del mondo, in pratica svolge la funzione di simbolo ascensionale le cui due estremità penetrano una nel mondo terreno, l'altra nel mondo celeste o degli esseri superiori. I rami svolgono simbolicamente ma anche realmente, la funzione dei gradini di una scala, permettono, cioè, l'ascesa al mondo celeste.*" Nella parte bassa della roccia si notano altri segni: un cruciforme a "Phi" e un reticolato e nella parte alta, a sinistra dell'alberiforme più grande, profondamente incise le lettere B e V (U?) sicuramente di epoca più recente e di un'altra mano.

## *Roccia 9*

**Posizionamento:** Superata la roccia degli Alberiformi, appena di qualche metro, una rientranza della stessa parete rocciosa è completamente ricoperta di graffiti

**Tipo di roccia:** Maiolica

**Stato della roccia:** le incisioni sono raggruppate nella parte superiore della roccia dove si forma una specie di tetto

**Qualità di conservazione:** buona

**Vegetazione:** minima quantità

**Descrizione dei principali segni incisi:** Alcuni sono delle lettere, probabili iniziali di nomi, prevalente è la lettera M con legatura a catena tanto da pensare ai "denti di cane" segno utilizzato per decorare ceramiche in epoca medievale.

## *Roccia 10*

**Posizionamento:** Proseguendo sul sentiero per una trentina di metri si arriva al sito più interessante di tutta la zona per la quantità e la varietà delle incisioni e dei graffiti che coprono praticamente tutta la superficie disponibile

**Tipo di roccia:** Maiolica

**Stato della roccia:** parete di quattro mq circa, fortemente inclinata

**Qualità di conservazione:** buona

**Vegetazione:** scarsa

**Descrizione dei principali segni incisi:** I segni più evidenti e incisi in profondità sono alcuni scaliformi, dei reticolati e una stupenda ruota con raggi interni e appendici lineari nella parte inferiore (tipologia celtica). Sulla destra invece graffiti con meno profondità rosoni a sei petali, cerchi concentrici e segni lineari disposti in maniera caotica. Alcuni dei cerchi, probabili rosoni, sono stati vandalizzati con uno strumento metallico. Per quanto riguarda il significato dei segni principali si può iniziare dai cerchi, un segno universale che ha attraversato i secoli. Il cerchio è il simbolo del tempo e dell'infinità, sulle rocce delle Alpi lo troviamo spesso inciso con un punto centrale e viene considerato un simbolo solare con origini antichissime. Nelle dottrine magiche il cerchio ha una funzione di difesa dagli spiriti cattivi. Talune danze circolari (girotondo, rondò) possono essere considerate "cerchi danzanti" con origini apotropaiche, spesso collegate con i festeggiamenti dei solstizi e con il sole. Le incisioni di scaliformi, specialmente la scala a pioli come in questo caso, simboleggiano la salita al cielo, il mezzo di unione tra il mondo terreno e quello celeste

## *Roccia 11*

**Posizionamento:** questo piccolo sito si trova a una quota inferiore al sentiero fino a qui percorso e non è facilmente raggiungibile data l'articolazione del terreno e ostruzioni a causa di alberi caduti

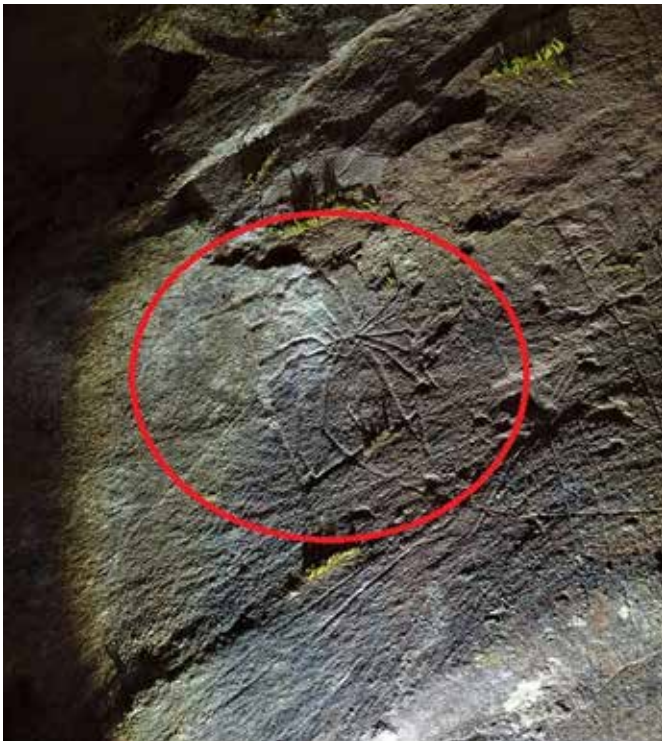
**Tipo di roccia:** Maiolica

**Stato della roccia:** si tratta di un anfratto alla base di una roccia più grande.

**Qualità di conservazione:** buona

**Vegetazione:** scarsa

**Descrizione dei principali segni incisi:** All'interno del piccolo riparo la poca superfice rocciosa adatta a ricevere i graffiti è interamente graffita con un caos di linee filiformi da dove emergono con chiarezza delle figure aviformi e un ragniforme (scherzosamente da noi chiamato "fuochi di S. Cassiano". Segnaliamo, inoltre, il disegno di un piccolo sole che sembra avere occhi e naso; sono tutte delle miniature che ci hanno costretto a fare degli incredibili contorcimenti per riuscire a illuminarle e fotografarle. Il sole, compreso i raggi misura meno di un centimetro.



## *Roccia 12*

**Posizionamento:** scendendo per circa 50 mt di dislivello fuori sentiero si raggiunge la prima di tre rocce molto vicine tra loro.

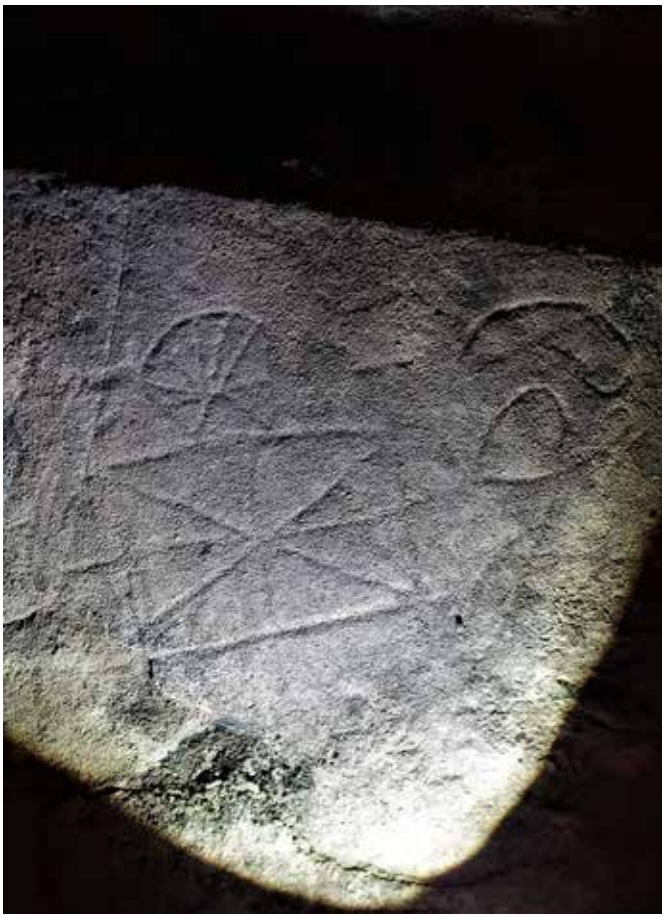
**Tipo di roccia:** Maiolica

**Stato della roccia:**

**Qualità di conservazione:** discreta

**Vegetazione:** licheni

**Descrizione dei principali segni incisi:** La prima, segnalata come roccia 12, è molto interessante per i segni principali esistenti: un grande cerchio e un tris o tria. Molto elaborato il cerchio che presenta sulla circonferenza i "denti di cane" e all'interno un cerchio più piccolo che a sua volta contiene un segno triangolare. Sotto il grande cerchio dentato sono graffiti un piccolo cerchio raggiato internamente e un tris, uno schema di gioco con pedine che ha origini antichissime, in Europa è attestato al primo millennio a.C. Molti studiosi indicano il tris come simbolo sacro e questo graffito può esserlo dato che è difficile pensarlo come gioco dato che è inciso su roccia verticale. Il valore risiede nell'atto d'inciderlo, azione ritualizzante, evocativa, magica e propiziatoria. Nella parte destra della roccia abbiamo recentemente individuato delle scritte in corsivo che necessitano di una pulitura particolare per riuscire a leggere.



## *Roccia 13*

**Posizionamento:** spostandosi sulla destra di alcuni metri si raggiunge la roccia 13, la più enigmatica scoperta sulle pendici del Prato Fiorito

**Tipo di roccia:** Maiolica

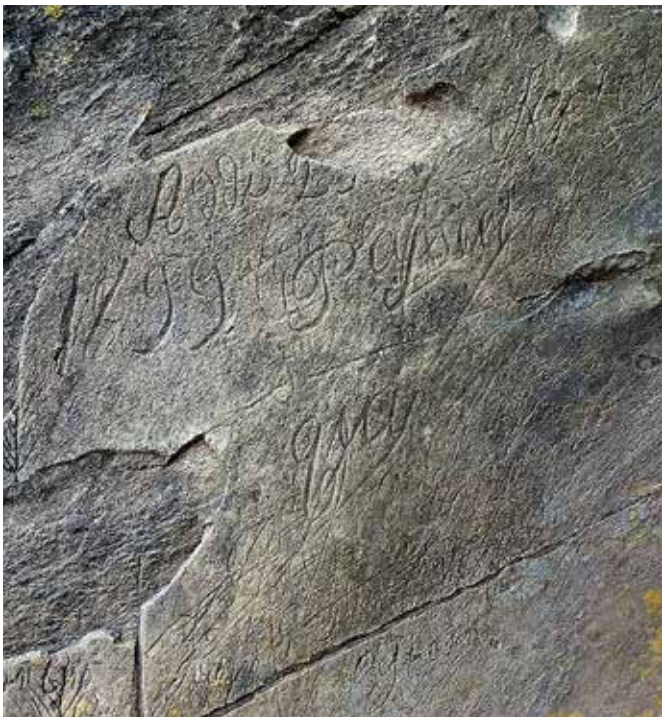
**Stato della roccia:** si tratta di un fronte roccioso di medie dimensioni

**Qualità di conservazione:** discreto

**Vegetazione:** molti licheni e muschi

**Descrizione dei principali segni incisi:** la roccia è stata denominata roccia dell'Orso a ricordo dell'esclamazione fatta da chi vide per primo i segni incisi: correte, correte c'è un orso che mangia un altro animale. Sulla roccia, anch'essa verticale, oltre alle due figure zoomorfe si notano, a destra, una serie di graffiti verticali apparentemente non organizzati. Per quanto riguarda le figure zoomorfe è molto difficile capire con esattezza che animali sono rappresenti data la difficolta interpretativa delle incisioni che sembrano cambiare a seconda della luce naturale che colpisce la roccia e dall'inclinazione radente in caso di luce artificiale. Lo studioso camuno Ausilio Priuli così definisce gli zoomorfi mostruosi: isolati o in associazioni sono probabili animali totemici o animali mitologici, rappresentati soprattutto durante la tarda età del bronzo e nella età del ferro. In alcuni casi sono estreme astrazioni che divengono anche di difficile lettura e interpretazione. Chissà che non si sia davanti a qualcosa di simile se pur realizzati in epoche più vicine a noi. La roccia e le incisioni sono attualmente oggetto di uno studio approfondito per arrivare a una interpretazione certa o molto probabile..

## *Roccia 14*



**Posizionamento:** Continuando a destra si raggiunge una zona caratterizzata da molti alberi caduti dove si erge la roccia 14, una delle superficie istoriate più grandi del Prato Fiorito

**Tipo di roccia:** Maiolica

**Stato della roccia:** si suddivide in due settori: a destra la parte più verticale e lisciata, a sinistra più articolata

**Qualità di conservazione:** buona ma rovinata in parte da stacchi

**Vegetazione:** licheni

**Descrizione dei principali segni incisi:** nella parte sinistra sono state individuate alcune incisioni molto profonde e in basso una croce latina associata a un segno vulvare (associazione molto rara). La zona frontale, più ampia e di colore chiaro, è completamente istoriata di scritte in corsivo, date e un bellissimo alberiforme con i rami verso l'alto. Incidere la roccia in corsivo è qualcosa di molto raro sull'intero territorio nazionale, molto più facile realizzare le lettere a stampatello, inoltre presupponendo che siano state incise nel secolo XIX secolo (alcune date lo testimoniano) e che, specialmente, le iniziali sono state segnate in caratteri eleganti e dotti è difficile pensare che siano state fatte da pastori e carbonai che in quel secolo frequentavano la montagna. La sorpresa più grande è quando è stata individuata una firma dove noi abbiamo letto Byron. La ricerca della firma del poeta inglese che si potesse confrontare è tata positiva è stata trovata in calce a una lettera autografa inviata al suo avvocato nell'anno 1808. Alcuni storici parlano che George Gordon Byron frequentò Bagni di Lucca e che amava fare delle passeggiate sul Prato Fiorito alla ricerca di fiori. Nell'estate del 1822 soggiornò a Villa Bounvisi, che lasciò in ricordo un ricciolo dei suoi capelli, una borsa ed un fucile con incise le sue iniziali. Che le abbia lasciate anche qui a perenne ricordo sulle rocce dell'amata montagna, chissà?

## Roccia 15

**Posizionamento:** risalendo le tracce di sentiero dopo la roccia dieci per circa trenta metri si raggiunge la roccia

**Tipo di roccia:** Maiolica

**Stato della roccia:** piccola parete verticale di esigue dimensioni

**Qualità di conservazione:** mediocre

**Vegetazione:** licheni

**Descrizione dei principali segni incisi:** L'unico graffito sulla roccia può rappresentare una capanna o una carbonaia. Simili segni li possiamo trovare sulle rocce di Piancogno in Valcamonica e in altre località delle Alpi. Sul vicino monte di Limano abbiamo scoperto, alcuni anni fa, un segno identico.

## Roccia 16

**Posizionamento:** questa incisione si trova sul lastricato che da Colle Serra porta alla traccia di sentiero che a sua volta raggiunge la zona istoriata del Prato Fiorito

**Tipo di roccia:** Maiolica

**Stato della roccia:** roccia in piano a sinistra sull'antica mulattiera

**Qualità di conservazione:** buona ma consunta

**Vegetazione:** assente

**Descrizione dei principali segni incisi:** inscritta dentro un cartiglio semisferico è incisa una croce latina con delle piccole coppelle agli apici dei bracci. Sottostanti alla croce una serie di lettere molto consunte di cui alcune confrontabili all'alfabetario Ligure- Apuano. Attualmente i segni sono in fase di studio, con l'aiuto di specialisti.

## Roccia 17

**Posizionamento:** arrivati al manufatto della "pillozzura" si imbocca una traccia discendente che, dopo una ventina di metri, raggiunge un banco roccioso dove sono evidenti lavorazioni per l'estrazione di lastre

**Tipo di roccia:** Maiolica

**Stato della roccia:** parete rocciosa di otre dieci metri di sviluppo con tracce di lavorazione

**Qualità di conservazione:** mediocre

**Vegetazione:** alcuni licheni

**Descrizione dei principali segni incisi:** immediatamente sotto la pillozzura "alla Cava" si trova un banco roccioso dove sono evidenti lavorazioni per l'estrazione di lastre è stato da noi visitato nell'agosto 2018 e in quell'occasione sono state individuate molte scritte. Probabilmente si tratta di una dell'ultime cave attive dato che alcune date leggibili sono dei primi anni del '900. Associate alle scritte ci sono numerosi tratti verticali incisi profondamente e molto vicini tra loro. Crediamo che l'interpretazione giusta che siano segni per conteggiare il lavoro effettuato. Il fatto che il manufatto a protezione dell'acqua posto a poche decine di metri dal sito sia conosciuta come "alla Cava" è un ulteriore indizio che si tratti di una cava in funzione fino a tempi vicini a noi.

## *Roccia 18*

**Posizionamento:** una volta imboccata la traccia che scende al raggruppamento 12/14 si devia a destra per raggiungere un banco roccioso sviluppato in orizzontale

**Tipo di roccia:** Maiolica

**Stato della roccia:** parete molto sviluppata con evidenti tracce di lavorazione (Cava)

**Qualità di conservazione:** buona

**Vegetazione:** molti licheni nella parte bassa

**Descrizione dei principali segni incisi:** tre sono i pannelli istoriati: il primo, in alto a sinistra, reca il graffito di un rosone a sei petali realizzato con il compasso a cordicella; il secondo pannello vede molti graffiti, alcuni illeggibili per l'alto grado di erosione, ben leggibili una serie di fasci lineari che sembrano uscire dal centro di un cerchio con raggi interni. Sulla destra, quasi a livello dell'attuale piano di calpestio, il terzo pannello dove si notano delle figure circolari che sono state vandalizzate da colpi di pennato; si tratta probabilmente di rose dei pastori come si evince dai pochi segni rimasti sul cerchio più in basso mentre quello immediatamente sopra è completamente esautorato. Segnaliamo un ultimo graffito assai raro: la falce della luna.

## *Roccia 19*

**Posizionamento:** proseguendo in avanti e alla stessa quota della roccia di Byron e superato circa trenta metri di percorso accidentato di raggiunge la piccola roccia istoriata

**Tipo di roccia:** Maiolica

**Stato della roccia:** piccola parete fortemente inclinata a forma triangolare. Data l'evidenza che la roccia è solo una piccola parte di un roccione semisepolto da una frana terrosa necessita di una ulteriore verifica delle incisioni presenti.

**Qualità di conservazione:** mediocre

**Vegetazione:** minima

**Descrizione dei principali segni incisi:** La roccia è ubicata a circa venti metri a est della roccia di Byron, completamente ricoperta di rovi che la rendevano quasi invisibile. La superficie presenta molti segni aniconici ed è caratterizzata, nella parte centrale, dall'incisione di un doppio cuore e una figura demoniaca da noi battezzata "il diavolo del Prato Fiorito". Durante una seconda ricognizione, per documentare i numerosi graffiti presenti, sono stati individuati due alberiformi di piccola dimensione sfuggiti alla precedente analisi della roccia.

## *Roccia 20*

**Posizionamento:** proseguendo con molta difficoltà in direzione Est e salendo trasversalmente una labile traccia che parte dalla roccia undici si arriva alla roccia

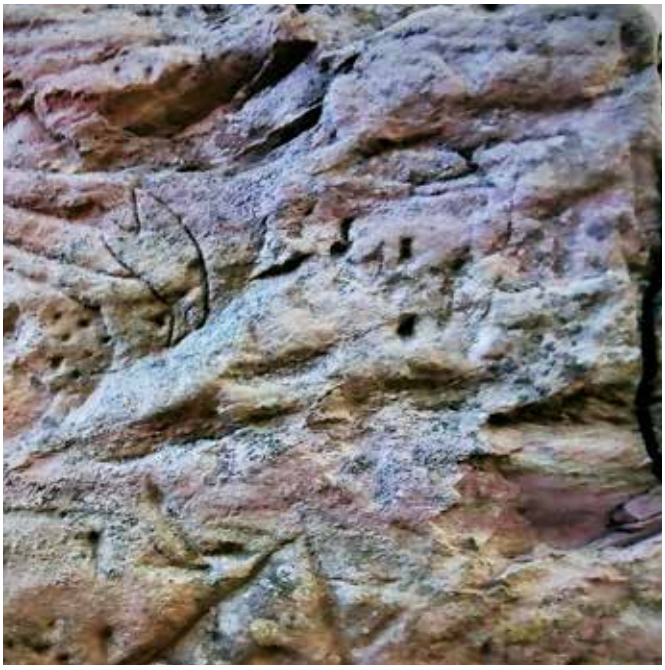
**Tipo di roccia:** Maiolica

**Stato della roccia:** parete verticale di medie dimensioni

**Qualità di conservazione:** buona

**Vegetazione:** minima

**Descrizione dei principali segni incisi:** sulla roccia è inciso un cartiglio diviso a metà con all'interno due piccole croci latine. In alto una figura zoomorfa probabile testa di serpente. Nella parte centrale si nota una protuberanza rocciosa con incise una griglia con linee oblique a formare molte piccole losanghe. Alla destra è stato individuato un segno a tridente rivolto verso il basso.



### Conclusioni

Nei graffiti ci sono almeno tre "rompicapo" che dobbiamo riuscire a risolvere prima di analizzare il segno del cerchio che domina non solo sul Prato Fiorito ma anche sui rilievi confinanti a partire dal monte di Limano dove questi cerchi sono numerosi e con varie tipologie iconografiche.

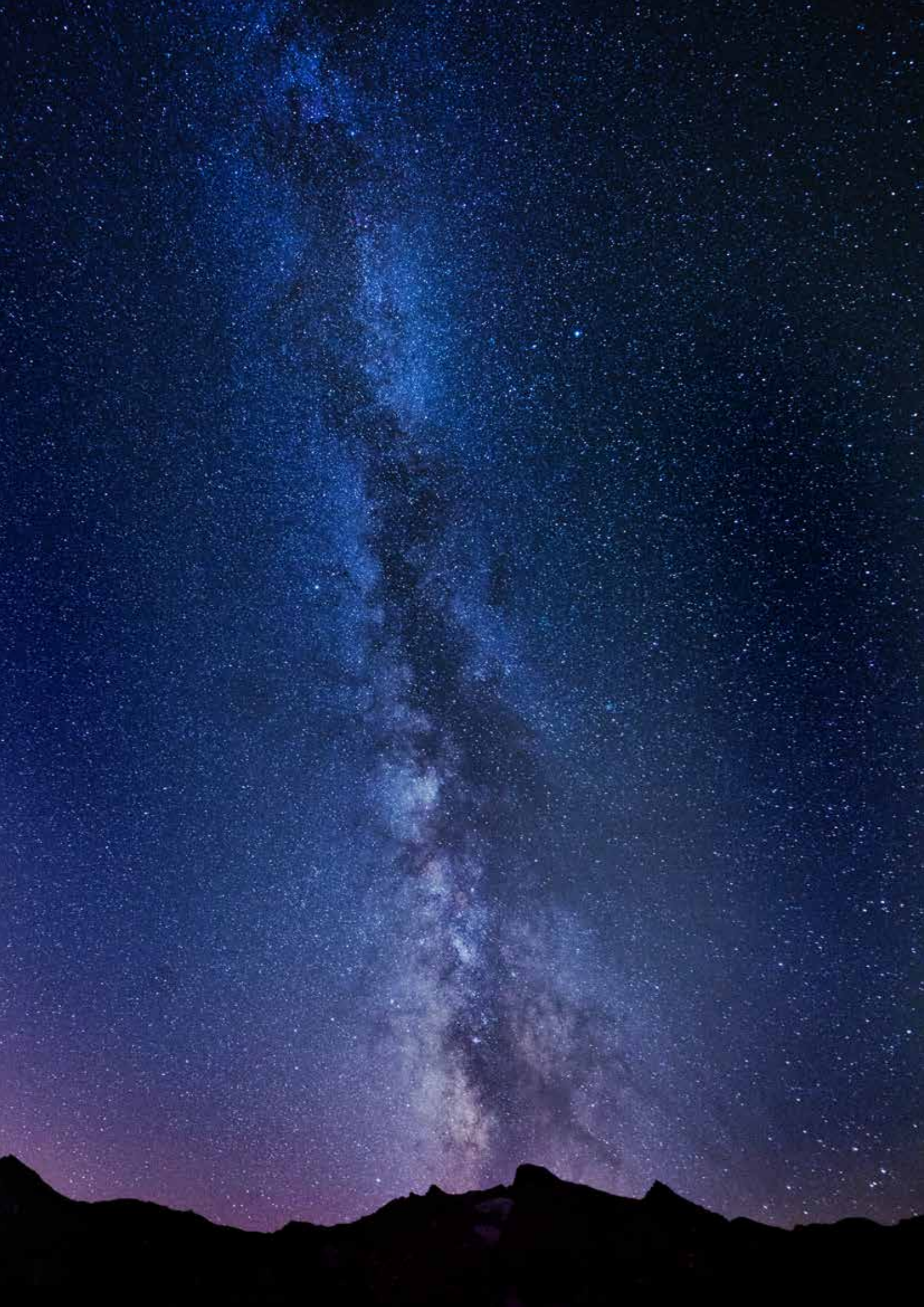
Vediamo da vicino queste anomalie partendo dalle incisioni in miniatura, cosa insolita nel panorama dell'intera penisola italiana. Sono principalmente figure di aviformi, animaletti vari che misurano circa un centimetro. Incredibile il disegno di un "sole" (dove sono stati evidenziati occhi, naso e bocca) raggiato e il tutto non arriva al centimetro. Chissà quale era la motivazione dell'incisione di queste miniature che sicuramente non erano visibili ai più e quindi in contraddizione con il principio che spesso i segni sono fatti per essere visti dato che sono una forma di comunicazione fin dall' antica preistoria. Vediamo ora le lettere, i nomi e in qualche caso anche delle frasi incise su varie rocce, partendo prima da alcune considerazioni valide in generale. Sull'intero territorio italiano sono migliaia i siti rupestri dove possiamo leggere nomi ecc.ma sono quasi tutti incisi con caratteri a stampatello principalmente perché erano quelli che i soggetti autori dei segni conoscevano meglio e che erano più facilmente scolpiti o graffiti sulla nuda roccia. Sul Prato Fiorito invece abbiamo scoperto molte scritte in corsivo, addirittura con la prima lettera riprodotta in maniera artistica. Questo può significare che chi aveva scritto possedeva una notevole istruzione che mal si accompagna al fatto che i segni sono stati realizzati da pastori che sicuramente nei secoli passati non potevano avere tale istruzione e conoscenza della scrittura. Da considerare, inoltre, che incidere in corsivo è difficilissimo e ci vuole una manualità non indifferente e poi se fai un errore quello resta per sempre. Allora chi ha scritto sulle rocce del Prato Fiorito? Il terzo punto che merita un approfondimento è quello della presenza di alcuni segni (simboli) che appartengono a un'epoca lontanissima nel tempo, addirittura nella preistoria. È impossibile che gli autori dei segni conoscessero questi simboli (nel XIX secolo non esistevano foto a riguardo e molti di questi erano ancora da scoprire) quindi si potrebbe pensare a segni originali e antichi, anche se riteniamo questa ipotesi molto improbabile. Nei prossimi mesi è programmato uno studio per capire i tipi di strumenti usati per incidere. Se dall' esame risultasse che sono stati realizzati con strumenti litici e non metallici pur non costituendo una prova assoluta della loro antichità ci indirizza in quella direzione, di sicuro antecedenti al resto dei segni filiformi. Anche l'osservazione dell'ossidazione della roccia in relazione al solco dell'incisione può essere un indizio utile.

### Note

- *Tutte le fotografie senza indicazioni sono attribuibili all'autore Giancarlo Sani*

### Bibliografia


- *R. RACCHIANTI, N. SERENI, G. MARIANI, D: BONAVENTURI, A. LANINI, L: TURRIANI, A: RIELLI, A: GRAZZINI, G: SANI, E. LOTTI - Il Monte delle Streghe - Progetto Sassi Scritti Prato Fiorito - Comitato Scientifica CAI Toscana - Luglio 2021*



# IL CIELO NATURALE NOTTURNO
## Un ulteriore servizio ecosistemico dell'Appennino Tosco Emiliano

di Luciano Masetti[(1)], Francesco Meneguzzo [(1) (2)]

(1) Istituto per la BioEconomia, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Via Madonna del Piano 10 - 50019 Sesto Fiorentino (FI)
(2) Comitato Scientifico Regione Toscana "Fiorenzo Gei", Club Alpino Italiano, Via del Mezzetta 2/M - 50135 Firenze

**Riassunto:** quando parliamo di paesaggio ci riferiamo all'ambiente terreno che ci circonda, sia esso urbano o naturale, mentre l'altra componente in cui siamo immersi, il cielo, è considerato un semplice contorno. Questo vale anche per la notte. Ormai il nostro occhio vede un paesaggio sempre più mediato dai dispositivi elettronici, un occhio che si concentra prevalentemente sugli elementi terreni: case, colline, montagne, alberi, mare, dimenticando che esiste un cielo da osservare che ci può dare molti benefici. Il cielo notturno è il grande dimenticato. In questo articolo è illustrata la grande qualità del cielo notturno presso un sito remoto e di straordinario fascino, situato presso il Rifugio Battisti sull'alto Appennino reggiano.

***Abstract: The natural night sky: further ecosystem service of the Tosco Emilian Apennine***

*When we talk about landscape, we refer to the earthly environment that surrounds us, either urban or natural, and the other component in which we are immersed, the sky, is considered a simple outline. This also applies to the night. By now, our eye sees a landscape increasingly mediated by electronic devices, an eye that focuses mainly on earthly elements: houses, hills, mountains, trees, sea, forgetting that there is a sky to observe that can convey us plenty of benefits. The night sky is the great forgotten. In this article, the great quality of the night sky is highlighted, at a remote and extraordinarily fascinating site, located near Battisti refuge in the high Reggio Apennines.*

Le notti illuminate dalle luci artificiali che ci consentono di svolgere le nostre attività notturne, ci nascondono il cielo stellato e la sua bellezza. Secondo l'atlante mondiale dell'inquinamento luminoso più del 70% della popolazione del nostro pianeta non è in grado di vedere la Via Lattea [1]; in generale molti di noi si sono dimenticati che vale la pena di volgere il nostro sguardo verso l'alto. Questo non è un problema solo di coloro che vivono in città. Infatti l'eccesso di illuminazione o l'inadeguata progettazione degli impianti che comporta la proiezione di luce inutile verso l'alto che si propaga a decine di chilometri di distanza dalle sorgenti creando quel bagliore che rende la notte meno scura e le stelle meno visibile anche lontano dalle città [2,3]. Prima di tutto le immagini notturne di una terra illuminata e il bagliore diffuso nell'atmosfera corrispondono a luce emessa inutilmente verso l'alto. Questa è luce inutile e corrisponde a uno spreco di energia che corrisponde a più costi e più emissioni se l'energia utilizzata non è rinnovabile. Inoltre le luci delle città, delle strade e delle zone costiere alterano l'ambiente notturno e come conseguenza causano tutta una serie di impatti sugli ecosistemi che li popolano e sull'uomo, documentati da un'ampia letteratura scientifica. L'intensità della luce notturna e il suo spettro o colore alterano diversi meccanismi biologici che condizionano il comportamento e la sopravvivenza delle specie viventi. Innanzitutto altera il ritmo circadiano, regolato dall'alternarsi del giorno e della notte, di quasi tutte le specie viventi che vengono sottoposte a luce artificiale diretta o diffusa durante la notte, siano esse terrestri o marine [4]. L'inquinamento luminoso influenza anche l'orientamento, la percezione visiva, la riproduzione, i movimenti notturni, la migrazione e le strategie di nutrimento e di conseguenza influenza i rapporti ecologici tra specie e la biodiversità degli ecosistemi [5-19]. Oltre agli effetti sullo sviluppo di alcune specie vegetali, dalla fioritura alla caduta delle foglie [20-23], l'inquinamento altera il ritmo circadiano degli esseri umani, inibisce la produzione di melatonina aumentando, direttamente e indirettamente, il rischio di effetti negativi per la salute umana, quali ad esempio disturbi del sonno, depressione e aumento del rischio di obesità [24-26]. Poiché non possiamo fare a meno di illuminare artificialmente la notte, è necessario che lo facciamo riducendo al minimo l'inquinamento luminoso e questo si può fare progettando l'illuminazione seguendo i principi del quanto serve, dove serve, quando serve e come serve, che implicano dosare la quantità di luce in funzione dell'utilizzo degli spazi e degli orari della notte, direzionarla verso il basso e solo nei luoghi necessari e scegliere spettri di luce meno impattanti (contenuto ridotto della componente blu). Molti di questi criteri sono già considerati dalle legislazioni europee per quel che riguarda i nuovi impianti di illuminazione, tuttavia alcuni aspetti della legislazione corrente dovrebbero essere integrati e migliorati per massimizzare la riduzione del loro impatto [27,28].

Dobbiamo anche considerare il cielo notturno anche da un altro punto di vista, poiché esso non costituisce soltanto un ambiente da salvaguardare ma è anche una risorsa economica, culturale, sociale e personale. Quando quel bagliore, confinato all'orizzonte dei cieli di luoghi remoti e quasi

*Figura a sinistra: via lattea in montagna - ph Shutterstock*

incontaminati, si estende a tutto il cielo sopra di noi, la notte stellata viene sbiadita e celata ai nostri occhi creando una disconnessione con una parte del paesaggio che da sempre ha ispirato l'uomo in tutte le sue espressioni artistiche, dalle pitture rupestri dell'uomo primitivo a Van Gogh, da Dante a Shakespeare. Il cielo notturno è stato anche da sempre un punto di riferimento per i naviganti e un laboratorio per gli scienziati che studiano le dinamiche che regolano l'universo e l'ambiente in cui viviamo. Infine è un elemento che può condizionare il nostro stato d'animo anche in modo positivo. Infatti in questa società dominata dall'attività e dalla luce, il buio viene percepito principalmente come fonte di pericolo e come tale genera prevalentemente paura. Ma riscoprire il cielo notturno nella sua bellezza e immensità può darci un senso di benessere e di connessione alla natura che può mitigare lo stress che accumuliamo durante la nostra vita quotidiana. A nostra conoscenza, su questo fronte mancano ancora studi quantitativi sui benefici apportati dall'immersione in un cielo notturno il più possibile naturale e questorappresenta un gap interessante da colmare.

A livello internazionale esistono delle iniziative a livello di comunità regionale per salvaguardare la qualità del cielo notturno che attuano azioni di progettazione e gestione dell'illuminazione pubblica effettuando una valutazione d'impatto su tutto il territorio e non solo su quello interessato dagli interventi. Questo tipo di azioni è promosso da associazioni internazionali, come l'International *Dark Sky Association (IDA, https://www.darksky.org)*, che hanno definito linee guida per la promozione e conservazione della qualità del cielo notturno, Seguendole i territori sono certificati come *international dark sky places* a seconda della qualità del loro e promossi a livello mondiale attraverso i canali mediatici dell'associazione. Attualmente ci sono 195 luoghi certificati nel mondo, più di trenta in Europa e zero in Italia.

Per quantificare gli impatti dell'inquinamento luminoso e la qualità del cielo notturno è necessario misurarlo sul campo. La luminosità di un cielo notturno naturale è data dalla risultante delle radiazioni luminose emesse dalle sorgenti di luce naturale (illuminazione di fondo dovuta a stelle, luna e luce zodiacale), mentre l'inquinamento luminoso è la componente della luce artificiale diffusa in atmosfera che schiarisce la notte e indicata con il termine inglese *sky glow*. Le quantità di luce in gioco sono molto piccole, tanto che la quantità di luce diffusa presente nel cielo di una città molto inquinata è difficilmente rilevabile dagli strumenti, anche professionali, che vengono normalmente utilizzati per testare gli impianti di illuminazione. L'inquinamento luminoso può essere misurato dal cielo utilizzando i satelliti [29-31] e, più recentemente anche i droni [32-39], utilizzando modelli per stimare l'intensità e la composizione spettrale regionale e mondiale di ALAN [1,40] e da terra con dispositivi di costo relativamente basso adattati o sviluppati per misurare l'intensità e/o lo spettro del bagliore del cielo. Due strumenti comunemente usati dalla comunità scientifica sono le fotocamere digitali reflex [35-39] che fornisce una mappatura della calotta celeste in RGB [41-45] e i sensori pancromatici che forniscono la brillanza cumulata del cielo notturno [46-51]. Nello studio effettuato sull'Appennino Tosco-Emiliano abbiamo utilizzato un sensore di quest'ultimo tipo, denominato *sky quality meter* o buiometro (figura 1).

*Figura 1 – Sensore pancromatico denominato Sky quality o buiometro installato presso il rifugio Battisti della Sezionel CAI di Reggio Emilia - ph F. Meneguzzo*

Questo tipo di sensore, pur essendo a basso costo, è largamente utilizzato a livello internazionale per questo tipo di studi perché è in grado di fornire misure quantitative precise di quantità così piccole come quelle corrispondenti alla luminosità del cielo notturno naturale. È idoneo a effettuare misure continuate all'aperto, anche in zone remote, per le sue caratteristiche che gli consentono di operare in qualsiasi condizione meteorologica e un'autonomia di alcuni mesi anche in assenza di reti di alimentazione fissa. Il buiometro, puntato verso lo zenith, misura la brillanza del cielo notturno all'interno del suo campo di vista di circa 20°. La misura è espressa in magnitudo/arcsec$^2$ (mpsas). In questa scala più i valori sono elevati e più il cielo è buio. Un cielo notturno senza inquinamento luminoso, in assenza di luna e in condizioni di cielo sereno, corrisponde alla misura di 22 mpsas. A parità di condizioni ambientali, tanto più il valore è inferiore a 22 mpsas tanto più il cielo è luminoso e quindi inquinato. È il cosiddetto bagliore (*sky glow* in inglese) che ci fa vedere il cielo notturno giallastro invece che completamente scuro.

Questi sensori sono già stati utilizzati per monitorare l'inquinamento luminoso in alcuni siti della Toscana [51-53]. Uno di questi è stato utilizzato nel 2021 e nel

2022 per effettuare il monitoraggio dell'inquinamento luminoso presso il Passo di Lama Lite (figura 1) nei pressi del rifugio Battisti della Sezione CAI di Reggio Emilia (1761 m), una suggestiva sella collocata tra il Monte Prado (2054 m) e il Monte Cusna (2121 m). Il sito è stato scelto perché ha una serie di caratteristiche che lo rendono molto interessante per il monitoraggio della qualità del cielo notturno. Innanzitutto è collocato in un'area di particolare interesse dal punto di vista naturalistico e non solo [54]. Il sito si trova nell'Appennino Tosco-Emiliano, in un'area buia caratterizzata dall'assenza di qualsiasi centro abitato nelle vicinanze, mentre le vaste aree urbanizzate della Pianura Padana e della Toscana si trovano a decine di chilometri di distanza (sito indicato come "Battisti" in figura 2a). Infatti i centri abitati più vicini, ma non visibili direttamente dal sito, sono piccoli borghi con meno di 1000 residenti come Civago a circa 5 Km e Ligonchio a 8 Km. I capoluoghi dell'Emilia si trovano tutti a più di 50 Km di distanza in linea d'aria, mentre quelli toscani della costa Nord si trovano a circa 30 Km e quelli dell'interno a più di 50 Km.

strumento. I sensori si trovano in siti che sono soggetti a diversi livelli d'inquinamento luminoso come si può vedere dall'immagine satellitare notturna che fa da sfondo. Nella figura è evidenziata un'area di 15 Km di raggio attorno al sensore poiché, è a queste distanze che le sorgenti di luce possono influire di più. Tuttavia l'estensione e l'intensità di sorgenti anche più lontane possono avere un effetto importante. Durante il monitoraggio che ha coperto un ciclo lunare completo, la brillanza del cielo notturno è variata da alti valori dovuti alla luna piena (14 mpsas) fino a valori molto bassi (23 mpsas), addirittura più bassi del cielo notturno naturale probabilmente dovuti a condizioni di mal tempo e nuvolosità che hanno offuscato la luminosità delle stelle. Per evitare queste fluttuazioni le misure devono essere svolte in condizioni di cielo sereno e assenza di luna. Nel nostro caso queste condizioni si sono verificate contemporaneamente solo due notti sulle 28 monitorate e questo dà una misura della difficoltà che si possono incontrare in questo tipo di monitoraggio. In queste notti e nelle ore più buie della notte il valore medio di brillanza al rifugio Battisti è

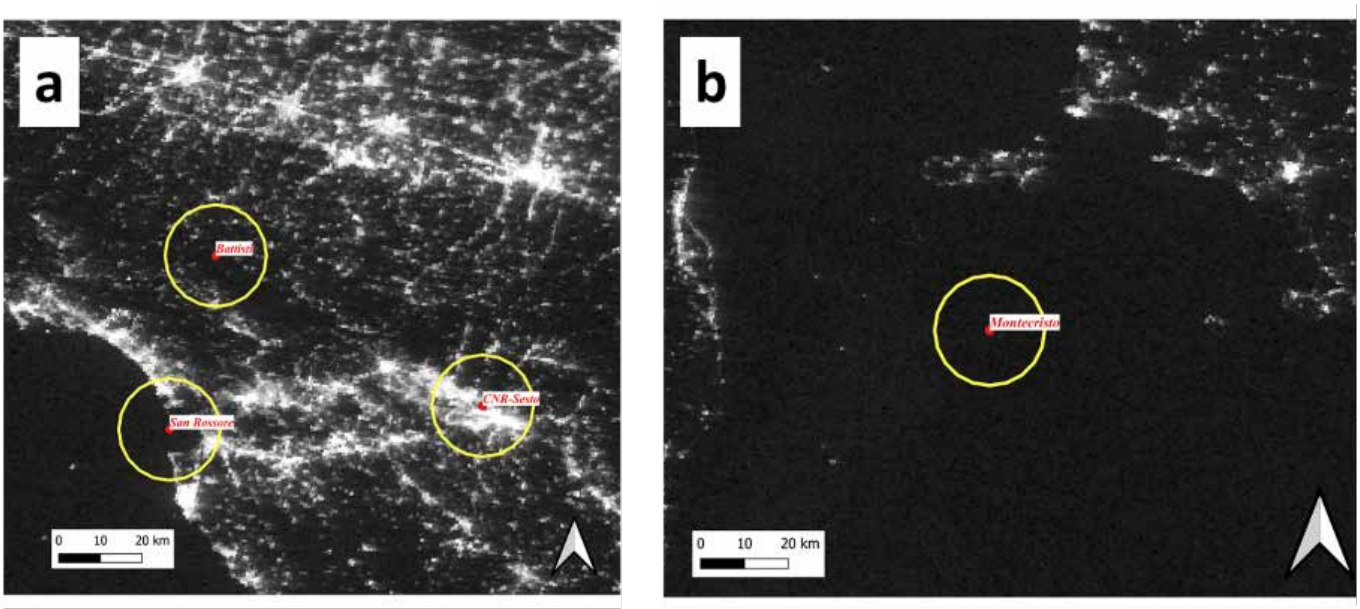



*Figura 2 – Siti di monitoraggio delle qualità del cielo notturno: (a) Rifugio Battisti, Parco di San Rossore e CNR di Sesto Fiorentino;( b) Isola di Montecristo. Le immagini notturne sono state ottenute dal satellite Suomi NPP/VIIRS [53] e si riferiscono alla notte del 31-12-2021. I cerchi gialli delimitano l'area che si trova a meno di 15 km di distanza dal sensore*

L'immagine satellitare porterebbe a pensare che il cielo di quella zona sia esente da inquinamento luminoso. Tuttavia le luci della città si fanno sentire anche a grandi distanze e sono in grado di influenzare la qualità del cielo notturno perfino presso un luogo così isolato e lontano. Il monitoraggio è stato effettuato inizialmente durante l'estate 2021, attraverso campagne brevi (due notti ciascuna) volte a individuare il sito ideale per una misurazione che fosse rappresentativa della zona. Inoltre dalla fine di dicembre 2021 a febbraio 2022 è stata effettuata una campagna di misura continua su questo sito (figure 1 e 2a).

Nella figura 2 sono riportati, oltre al rifugio Battisti, altri tre siti toscani in cui sono state effettuate misure di qualità del cielo notturno utilizzando lo stesso

stato di 21.3 mpsas. Questo valore è al di sopra della soglia che consente di vedere a occhio nudo la Via Lattea, quindi consente di vedere un cielo di alta qualità come presso pochi siti in Italia. Tuttavia questo valore apparentemente poco differente da quello del cielo notturno naturale, corrisponde a un certo grado di inquinamento poiché l'unità di misura considerata è in scala logaritmica inversa. Questo significa che al rifugio Battisti la brillanza del cielo è quasi doppia rispetto a quella naturale, e quel 90% in più di luce nell'atmosfera è dovuta in piccola parte ai borghi che si trovano vicino al sito di misura (all'interno del cerchio giallo in figura 2) e per la maggior parte ai grandi centri abitati che si trovano a grande distanza da esso (figura 2).

Facciamo un paragone con due casi estremi e vicini geograficamente. Nel mezzo di un'area urbanizzata come quella che circonda Firenze, questo valore può scendere fino a 18 mpsas (CNR-Sesto figura 2a) che corrisponde a una luminosità del cielo 40 volte superiore a quello naturale. In queste condizioni si riescono a vedere pochissime stelle. All'opposto, l'Isola di Montecristo, il luogo più buio della Toscana (figura 2b), ha un cielo che nelle notti serene invernali ha soltanto un 10% di luce in più dovuta all'inquinamento luminoso. Tuttavia, per avere un cielo quasi "naturale" è necessario che le prime luci artificiali si trovino a quasi 50 km di distanza sulle coste della Corsica, dell'Isola d'Elba o della Maremma. Un caso intermedio è il Parco di Migliarino San Rossore Massacciuccoli (figura 2a). In questo caso la distanza da aree urbanizzate di media grandezza (Pisa e Livorno) è al di sotto dei 15 Km e questo comporta un inquinamento doppio rispetto al rifugio Battisti.

La zona dell'Appennino tra Il Monte Prado e il Monte Cusna può essere una meta adatta a osservare e godere di un bel cielo notturno?

Sicuramente sì: la qualità del cielo notturno consente di ammirare facilmente la Via Lattea e di immergersi in un'immensa profondità scura punteggiata di stelle (figura 3). Questa bellezza, come precedentemente detto, è parzialmente inquinata dal bagliore di luci che si trovano molto distanti come testimoniano i bagliori nella foto sferica (figura 3) e in particolare quello nella parte superiore dovuto alle città della Pianura Padana e quello nella parte inferiore dovute alle città toscane della costa settentrionale e le altre città dell'interno, da Lucca fino a Firenze.

*Figura 3 – Foto del cielo notturno estivo scattata dal Rifugio Battisti*

## Bibliografia


1. Falchi, F.; Cinzano, P.; Duriscoe, D.; Kyba, C.C.M.; Elvidge, C.D.; Baugh, K .; Portno, B .; Rybnikova, N.A.; Furgoni, R .The new world atlas of artificial night sky brightness. Sci Adv, 2016, 2, e1600377 .
2. Kyba, C.C.M.; Hölker, F. Do artificially illuminated skies affect biodiversity in nocturnal landscapes? Landsc. Ecol. 2013, 28, 1637–1640
3. Duriscoe, D.; Luginbuhl, C.; Elvidge, C. The relation of outdoor lighting characteristics to skyglow from distant cities. Light Res Technol 2014, 46, 35–49.
4. Grubisic, M.; Haim, A.; Bhusal, P.; Dominoni, D.M.; Gabriel, K.M.A.; Jechow, A.; Kupprat, F.; Lerner, A.; Marchant, P.; Riley, W.; et al. Light pollution, circadian photoreception, and melatonin in vertebrates. Sustainability , 2019, 11, 6400.
5. Longcore, T.; Rich, C. Ecological light pollution. Front. Ecol. Environ. 2004, 2, 191–198.
6. Gaston, K.J.; Bennie, J.; Davies, T.W.; Hopkins, J. The ecological impacts of nighttime light pollution: a mechanistic appraisal. Biol. Rev. 2013, 88, 912–927. http://dx. doi.org/10.1111/brv.12036.
7. Davies, T.W.; Duffy, J.P.; Bennie, J. and Gaston, K.J. The nature, extent, and ecological implications of marine light pollution. Front Ecol Environ, 2014, 12, 347-355. doi:10.1890/130281
8. Gaston, K.J.; Duffy, J.P.; Bennie, J. Quantifying the erosion of natural darkness in the global protected area system: Decline of darkness within protected areas. Conserv. Biol. 2015, 29, 1132–1141.
9. Bennie,J.; Davies, T.W.; Cruse, D.; Gaston, K.J. Ecological effects of artificial light at night on wild plants. J. Ecol. 2016, 104, 611–620.
10. Dimitriadis, C.; Fournari-Konstantinidou, I.; Sourbèsa, L.; Koutsoubas, D.; Mazaris, A.D. Reduction of sea turtle population recruitment caused by nightlight: evidence from the Mediterranean region. Ocean Coast Manage, 2018, 153, 108–115
11. Grubisic, M.; van Grunsven, R.H.A.; Kyba, C.C.M.; Manfrin, A.; Hölker, F. Insect declines and agroecosystems: Does light pollution matter?: Insect declines and agroecosystems. Ann. Appl. Biol. 2018, 173, 180–189.
12. Dominoni, D. M.; Smit, J. A. H.; Visser, M. E. & Halfwerk, W. Multisensory pollution: artificial light at night and anthropogenic noise have interactive effects on activity patterns of great tits (Parus major). Environ. Pollut. 2020, 256, 113314.
13. Maggi, E.; Bongiorni, L.; Fontanini, D.; Capocchi A.; Dal Bello M.; Giacomelli A.; Benedetti□Cecchi L. Artificial light at night erases positive interactions across trophic levels. Funct Ecol. 2020, 34, 694– 706. https://doi.org/10.1111/1365-2435.13485
14. Yang, Y.; Liu, Q.; Wang, T.; Pan, J. Light pollution disrupts molecular clock in avian species: A power-calibrated meta-analysis. Environmental Pollution, 2020, https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114206.
15. Bennie, J.; Davies, T.W.; Cruse, D.; Inger, R.; Gaston, K.J. Artificial light at night causes top-down and bottom-up trophic effects on invertebrate populations. J. Appl. Ecol. 2018, 55, 2698–2706.
16. McLaren, J.D.; Buler, J.J.; Schreckengost, T.; Smolinsky, J.A.; Boone, M.; van Loon, E.E.; Dawson, D.K.; Walters, E.L. (2018). Artificial light at night confounds broad-scale habitat use by migrating birds. Ecol. Lett. 21, 356–364
17. McLay L.K., Nagarajan-Radha V., Green M.P., Jones T.M. (2018). Dim artificial light at night affects mating, reproductive output, and reactive oxygen species in Drosophila melanogaster. Journal of Experimental Zoology A. https://doi .org/10.1002/jez.2164.
18. Minnaar, C.; Boyles, J.G.; Minnaar, I.A.; Sole, C.L.; McKechnie, (A.E. 2015). Stacking the odds: Light pollution may shift the balance in an ancient predator-prey arms race. J. Appl. Ecol. 52, 522– 531
19. Van Langevelde, F.; van Grunsven, R.H.A.; Veenendaal, E.M.; Fijen, T.P.M. (2017). Artificial night lighting inhibits feeding in moths. Biol. Lett. 13, 20160874
20. Cathey, A.R.; Campbell, L.E. Effectiveness of five vision-lighting sources on photoregulation of 22 species of ornamental plants. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 1975, 100, 65–71.
21. ffrench-Constant, R.H.; Somers-Yeates, R.; Bennie, J.; Economou, T.; Hodgson, D.; Spalding, A.; McGregor, P.K. Light pollution is associated with earlier tree budburst across the United Kingdom. Proc. R. Soc. B 2016, 283 http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2016.0813. 2016 0813.
22. Škvareninová J.; Tuhárska M.; Škvarenina J.; Babálová D.; Slobodníková L.; Slobodník B.; Str˘edová H.; Mind˘ aš J. Effects of light pollution on tree phenology in the urban environment. Morav. Geogr. Rep, 2017, 25, 282–290.
23. Massetti, L. Assessing the impact of street lighting on Platanus x acerifolia phenology. Urban For Urban Green 2018, 34, 71–77.
24. Haim, A.; Zubidat Abed, E. Artificial light at night: melatonin as a mediator between the environment and epigenome. Phil. Trans. R. Soc. B. 2015, 370, 20140121. http://doi.org/10.1098/rstb.2014.0121.
25. Touitou, Y; Reinberg, A; Touitou, D. Association between light at night, melatonin secretion, sleep deprivation, and the internal clock: Health impacts and mechanisms of circadian disruption. Life Sci. 2017, 173, 94-106. doi:10.1016/j.lfs.2017.02.008
26. Svechkina, A.; Portnov, B.A. & Trop, T. The impact of artificial light at night on human and ecosystem health: a systematic literature review. Landscape Ecol. 2020, https://doi.org/10.1007/s10980-020-01053-1.
27. Guette A, Godet L, Juigner M, Robin M (2018) Worldwide increase in artificial light at night around protected areas and within biodiversity hotspots. Biol Cons 223:97–103.
28. Schroer, S.; Huggins, B.J.; Azam, C.; Hölker, F. (2020). Working with Inadequate Tools: Legislative Shortcomings in Protection against Ecological Effects of Artificial Light at Night. Sustainability 12, 2551.
29. Katz, Y.; Levin, N. Quantifying urban light pollution—A comparison between field measurements and EROS-B imagery. Remote Sens. Environ. 2016, 177, 65–77.
30. Levin, N.; Kyba, C. C. M.; Zhang, Q.; Sánchez de Miguel, A.; Román, M. O.; Li, X.; Portnov, B. A.; Molthan, A. L.; Jechow, A.; Miller, S. D.; Wang, Z.; Shrestha, R. M. & Elvidge, C. D. Remote sensing of night lights: a review and an outlook for the future. Remote Sens Environ 2020, 237, 111443. doi:10.1016/j.rse.2019.111443
31. Barentine, J.C.; Walczak, K.; Gyuk, G.; Tarr, C.; Longcore, T. A Case for a New Satellite Mission for Remote Sensing of Night Lights. Remote Sens. 2021, 13, 2294. https://doi.org/10.3390/rs13122294
32. Bouroussis, C.A.; Topalis, F.V. Assessment of outdoor lighting installations and their impact on light pollution using unmanned aircraft systems-The concept of the drone-gonio-photometer. J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transf. 2020, 253, 107155.
33. Reagan, J., 2018. Spanish Company Deploys Drones to Battle Light Pollution. https://dronelife.com/2018/02/13/spanish-company-deploys-drones-battle-lightpollution/
34. Fiorentin, P.; Bettanini, C.; Bogoni, D. Calibration of an Autonomous Instrument for Monitoring Light Pollution from Drones. Sensors 2019, 23, 5091. https://doi.org/10.3390/s19235091
35. Guk, E.; Levin, N. Analyzing spatial variability in nighttime lights using a high spatial resolution color Jilin-1 image – Jerusalem as a case study. J. Photogramm. Remote Sens. 2020. https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.02.016.

36. Kong, W.; Cheng, J.; Liu, X.; Zhang, F.; Fei, T. Incorporating nocturnal UAV sideview images with VIIRS data for accurate population estimation: a test at the urban administrative district scale. Int. J. Remote Sens. 2019, 40 (22), 8528–8546. https://doi.org/10.1080/01431161.2019.1615653.

37. Tabaka, P. Pilot Measurement of Illuminance in the Context of Light Pollution Performed with an Unmanned Aerial Vehicle. Remote Sens. 2020, 12, 2124. https://doi.org/10.3390/rs12132124

38. Xu, Y.; Knudby, A.; Côté-Lussier, C. Mapping ambient light at night using field observations and high-resolution remote sensing imagery for studies of urban environments. Build. Environ. 2018, 145, 104–114.

39. Li X.; Levin, N.; Xie, J.; Li, D. Monitoring hourly night-time light by an unmanned aerial vehicle and its implications to satellite remote sensing. Remote Sens. Environ. 2020, 247, 111942, ISSN 0034-4257,

40. Linares H., Masana E., Ribas S.J., Garcia-Gil M., Figueras F., Aubé M., (2018), Modelling the night sky brightness and light pollution sources of Montsec protected area, Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer 217, 178-188 https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2018.05.037

41. Solano, Lampar, H.A. & Kocifaj, M. Urban artificial light emission function determined experimentally using night sky images. J Quant Spectrosc Radiat, 2016, 181, 87-95.

42. Jechow, A.; Kolláth, Z.; Ribas, S.J; Spoelstra H.; Hölker F.; Kyba C.C.M. Imaging and mapping the impact of clouds on skyglow with all-sky photometry. Sci. Rep., 2017, 7, 6741 https://doi.org/10.1038/s41598-017-06998-z

43. Kolláth, Z. and Dömény A. Night sky quality monitoring in existing and planned dark sky parks by digital cameras. Int J Sustainable Light, 2017, 19 (1), 61-68, 10.26607/ijsl.v19i1.70

44. 38. Jechow, A; Ribas, S.J.; Domingo, R.C.; Hölker, F.; Kolláth, Z.; Kyba, C.C.M. Tracking the dynamics of skyglow with differential photometry using a digital camera with fisheye lens. J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transf., 2018, 209, 212-23.

45. Hänel, A.; Posch, T.; Ribas, S.J.; Aubé, M.; Duriscoe, D.; Jechow, A.; Kollath, Z.; Lolkema, D.E.; Moore, C.;Schmidt, N.; et al. Measuring night sky brightness: Methods and challenges. J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transf. 2018, 205, 278–290.

46. Ribas, S. J., Figueras, F., Paricio, S., Canal-Domingo, R. & Torra, J. How clouds are amplifying (or not) the effects of ALAN. Int. J. Sustain. Light 2016, 35, 32–39

47. Posch, T; Binder, F; Puschnig, J. Systematic measurements of the night sky brightness at 26 locations in Eastern Austria. J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transf. 2018, 211, 144–165. DOI:10.1016/j.jqsrt.2018.03.010

48. Bará, S.; Lima, R.C.; Zamorano, J. Monitoring Long-Term Trends in the Anthropogenic Night Sky Brightness. Sustainability, 2019, 11, 3070.

49. Bertolo, A.; Binotto, R.; Ortolani, S.; Sapienza, S. Measurements of Night Sky Brightness in the Veneto Region of Italy: Sky Quality Meter Network Results and Differential Photometry by Digital Single Lens Reflex. J. Imaging, 2019, 5, 56.

50. Zamorano, J.; Tapia, C.; Pascual, S.; García, C.; González, R.; González, E.; Corcho, O.; García, L.; Gallego, J.; Sánchez de Miguel, A.; Solano, E.; Alacid, J.M. Night sky brightness monitoring in Spain. In highlights on Spanish astrophysics X. In Proceedings of the XIII Scientific Meeting of the Spanish Astronomical Society Held on July 16-20, 2018, Montesinos, B., Asensio Ramos, A., Buitrago, F., Schödel, R., Villaver, E., Pérez-Hoyos, S., Ordóñez-Etxeberria, I. Eds; Publisher: Salamanca, Spain, 2019; 978-84-09-09331-1, pp. 599–604

51. Massetti, L. Drivers of artificial light at night variability in urban, rural and remote areas. J Quant Spectro Radiat Trans 2020, 255, 107250

52. Massetti L., Materassi A., Sabatini F. Monitoraggio della qualità del cielo notturno e dell'inquinamento luminoso nel Parco di Migliarino San Rossore e Massaciuccoli (2018-2020). Rapporto tecnico. 2021

53. Román, M. O., Z. Wang, Q. Sun, V. Kalb, S. D. Miller, A. Molthan, L. Schultz, J. Bell, E. C. Stokes, B. Pandey, K. C. Seto, D. Hall, T. Oda, R. E. Wolfe, G. Lin, N. Golpayegani, S. Devadiga, C. Davidson, S. Sarkar, C. Praderas, J. Schmaltz, R. Boller, J. Stevens, O. M. Ramos Gonzalez, E. Padilla, J. Alonso, Y. Detrés, R. Armstrong, I. Miranda, Y. Conte, N. Marrero, K. MacManus, T. Esch, and E. J. Masuoka. 2018. "NASA's Black Marble nighttime lights product suite." Remote Sensing of Environment 210 113-143 doi:10.1016/j.rse.2018.03.017.

54. Piotti, A.; Avanzi, C. Alla scoperta delle abetine dell'Appennino Tosco Emiliano - Bollettino CSC CAI Aprile 2022 - pag 21 - 978 88 7982 132 2

*Figura 4 – Foto del cielo notturno estivo in montagna: via lattea con un tempo di posa molto lungo - ph Shutterstock*

ISBN 978-88-7982-132-2

9 788879 821322