



CLUB ALPINO ITALIANO

IL BOLLETTINO

COMITATO SCIENTIFICO CENTRALE
PERIODICO DI DIVULGAZIONE SCIENTIFICA

APRILE 2026





CLUB ALPINO ITALIANO

IL BOLLETTINO

**COMITATO SCIENTIFICO CENTRALE
PERIODICO DI DIVULGAZIONE SCIENTIFICA**

APRILE 2026





CLUB ALPINO ITALIANO
Via Petrella, 19 - 20124 Milano

COMITATO SCIENTIFICO CENTRALE

© 2026 - CAI - Comitato Scientifico Centrale

ISBN 978 88 7982 180 3

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

Comitato di redazione:
Gianni Frigo, Marco Peresani, Franco Pettenati, Giovanni Margheritini

Progettazione grafica e impaginazione:
Giovanni Margheritini

Il Comitato Scientifico Centrale ringrazia, per aver effettuato la lettura critica degli articoli contenuti in questo Bollettino, il dott. Nicola Nannini - ricercatore del MUSE - Ufficio Ricerca e Collezioni museali; la dott.ssa Emanuela Venturelli - psicologa psicoterapeuta; il prof. Giuliano Bonanomi - Università Federico II di Napoli - Dipartimento di Agraria; il prof. Adriano Stinca - Università della Campania "Luigi Vanvitelli" - Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali Biologiche e Farmaceutiche; il prof. Marco Menichetti - Università di Urbino - Dipartimento di Scienze Pure e Applicate; il prof. Claudio Smiraglia - Università Statale di Milano - Dipartimento di Scienze della Terra; l'arch. Giuliano Cervi - Fondazione Pro Natura.

Publicato sul sito www.csc.cai.it nel mese di aprile 2026
in pdf scaricabile gratuitamente



COMITATO SCIENTIFICO CENTRALE (periodo 2026 - 2028)

Presidente	Gianni Frigo
Vice presidente	Marco Peresani
Componenti	Enrica Lemmi Giuliano Bonanomi Marco Menichetti Michele Carriero Franco Pettenati
Segretario esterno	Antonino Gullotta
Referenti CC e CDC	
- Consigliere centrale	Ivano Rodighiero
- Componente CDC	Mario Vaccarella



SOMMARIO

7 EDITORIALE

ARTICOLI SCIENTIFICI

- 11 Giovanni Margheritini, Giovanna Barbieri, Claudio Biondi, Marcello Borrone, Guido Nigrelli, Erica Matta, Luigi Mazari, Luciano Massetti, Francesco Meneguzzo, Paolo Bonasoni, Angela Marinoni
Rifugi Sentinella del clima e dell'ambiente - Report dei primi sei anni di attività
https://doi.org/10.82056/cai.2026.04_09
Giovanna Barbieri
- 37 **Monte Cimone - Sei anni di monitoraggi botanici nell'ambito del progetto Rifugi Sentinella del clima e dell'ambiente**
https://doi.org/10.82056/cai.2026.04_01
Ciro Gardi, Andrea Battisti
- 51 **Nuove minacce per le foreste europee e italiane - Parassiti prioritari e non solo**
https://doi.org/10.82056/cai.2026.04_02
Davide Delpino, Marco Peresani, Fabio Bona
- 61 **Le "grotte a orso" alpine - Archivi paleoecologici e luoghi di frequentazione sporadica nel Paleolitico**
Laura Grassi, Sofia Farina
- 71 **Citizen Science, monitoraggio delle acque di fusione e dimensione emotiva del cambiamento climatico sul ghiacciaio del Prè de Bar (Val Ferret, Valle d'Aosta)**
https://doi.org/10.82056/cai.2026.04_03
Marco Bastogi
- 79 **Massi erratici - Elementi del paesaggio glaciale precursori dello studio dei ghiacciai**
Giuseppe Di Fazio
- 87 **Il fiume Tronto: un corridoio ecologico (in)visibile - Studio di un tratto fluviale per la scoperta ecologica tramite fototrappole**
https://doi.org/10.82056/cai.2026.04_04
Enrico Ripa, Loredana Di Giacomo
- 105 **I chiroteri dei Sibillini - Due endemismi da tutelare**
Francesca Marcucci
- 117 **La vegetazione d'alta quota del massiccio della Maiella Biodiversità, endemismi, adattamenti altitudinali**
https://doi.org/10.82056/cai.2026.04_05
Benedetta Orsini
- 141 **L'Appennino dell'osso e l'Italia della polpa - Riabilitare le aree interne per riscoprire l'identità paesaggistica dell'Appennino, un patrimonio da proteggere e vivere come casa e comunità**
https://doi.org/10.82056/cai.2026.04_06
Francesco Vigneri
- 151 **Lo spopolamento delle aree montane interne dell'Appennino Inesorabile declino o nuove possibilità?**
https://doi.org/10.82056/cai.2026.04_07
Tiziana Bianchi
- 159 **Terre Alte dell'Appennino centrale: economia e tradizioni tra luci e ombre Quale sopravvivenza? La voce dei piccoli paesi del basso Lazio**
https://doi.org/10.82056/cai.2026.04_08

EDITORIALE

Care lettrici e cari lettori, siate voi soci del Sodalizio o esterni ad esso, è con un certo timore che affronto per la prima volta il compito di introdurvi ai contenuti di questo nuovo numero del Bollettino, edito dal Comitato Scientifico Centrale del Club Alpino Italiano.

Nel gennaio 2026 sono stato nominato Presidente del CSC, subentrando in questo ruolo di grande responsabilità a persone come Giuliano Cervi e Piero Carlesi che la ripresa della pubblicazione del nostro Bollettino hanno pensato, voluto e realizzato, dando così piena attuazione allo Statuto del CAI che afferma fin dall'inizio:

Art. 1 – Costituzione e finalità

1. Il Club alpino italiano (C.A.I.), fondato in Torino nell'anno 1863 per iniziativa di Quintino Sella, libera associazione nazionale, ha per iscopo l'alpinismo in ogni sua manifestazione, la conoscenza e lo studio delle montagne, specialmente di quelle italiane, e la difesa del loro ambiente naturale.

E se il linguaggio usato, con quell'iscopo, vi sembra un po' desueto esso al contrario sta a testimoniare la lungimiranza che i Fondatori hanno avuto nello strutturare una realtà che non fosse una semplice polisportiva della montagna ma, andando ben oltre, ne studiasse le caratteristiche, ne divulgasse la conoscenza, ne proteggesse l'ambiente!

Comprenderete perciò le mie titubanze nel confrontarmi con un tale, peraltro magnifico, scopo. Mi è di conforto e sostegno, nel farlo, la qualità degli articoli che andiamo a sottoporvi e l'attenzione con cui gli stessi sono stati prodotti, illustrati, controllati e sottoposti a revisione qualificata.

Entrando nel merito si inizia con una relazione incentrata sui "Rifugi Sentinella del clima e dell'ambiente": un'iniziativa frutto di un protocollo di intesa CAI/CNR, volta a rilevare le variazioni climatiche in atto lungo tutto lo "hot spot" che costituisce l'asse portante del nostro Paese, dall'intera catena alpina a quella appenninica per arrivare fino all'Etna.

Le centraline installate permettono una registrazione continua a distanza dei principali dati meteorologici, fornendo un database che supporta tutta una serie di altre rilevazioni che in questi anni si sono andate a integrare a esse in relazione al modo in cui i diversi ambienti hanno risposto a questo sconvolgente e velocissimo fenomeno del riscaldamento globale. Campagne sistematiche di rilevazioni geomorfologiche, pedologiche, botaniche e faunistiche ci danno la misura di come gli ecosistemi delle nostre montagne vengano messi alla prova dalle nuove condizioni in cui si trovano e cercano di ristabilire un equilibrio con le stesse attraverso la loro biodiversità.

Va sottolineato, come si può facilmente desumere dall'elenco posto alla fine dell'articolo, la partecipazione "corale" dei soci CAI al progetto: con un travaso di conoscenze, metodologie e tecniche di analisi da parte degli specialisti (che hanno progettato, coordinato e reso scientificamente ineccepibile il lavoro: docenti universitari, ricercatori del CNR, operatori scientifici e culturali del CAI) a un vasto numero di collaboratori che hanno così strutturato la loro passione per l'ambiente e le montagne in modo più consapevole ed efficace, nella miglior tradizione della "citizen science"!

Nel secondo contributo "Monte Cimone - Sei anni di monitoraggio botanici ..." si dà conto di uno studio legato a uno dei primi siti individuati come significativi nell'ambito del progetto Rifugi Sentinella: il Monte Cimone, in Appennino Settentrionale.

Il "focus" dell'analisi è qui centrato su alcune specie erbacee (le cosiddette "specie target", particolarmente significative in questo ambiente) per rilevare il modo in cui stanno rispondendo alle variazioni climatiche a cui sono sottoposte, ad esempio modificando il loro ciclo fenologico.

La risposta non sembra, nei sei anni di osservazione, essere univoca e già questo è un dato che apre la necessità di tutta una serie di altre aree di ricerca nonché il bisogno di allungare nel tempo e allargare nello spazio le metodologie di indagine qui utilizzate, il cui protocollo è ormai testato e validato.

Il terzo intervento va a coprire un tema quanto mai attuale, affrontando lo studio di attacchi di parassiti - già in atto o potenziali - alle nostre piante arboree o foreste; tutti noi abbiamo avuto sott'occhio l'effetto del bostrico sugli abeti rossi o della xilella nei confronti degli olivi. È importante arrivare preparati a queste realtà, dato che in un mondo in cui il traffico di merci e passeggeri è sempre più veloce il problema che si pone non è "se" questi potenziali fitopatogeni si manifesteranno, ma piuttosto "quando" questo succederà!

Il quarto articolo ha come soggetto il complesso rapporto tra i neandertal e gli orsi nell'utilizzo di caverne di montagna, con una affascinante ipotesi di alternanza stagionale nell'uso delle medesime cavità: plantigradi durante la stagione invernale per il letargo o per il parto delle femmine che tarda primavera le abbandonavano, lasciando spazio ai neandertal di 50.000 anni fa che nelle fredde estati le utilizzavano come ricoveri temporanei durante le battute di caccia alpine in quota o il reperimento di particolari risorse, forse meno presenti in luoghi più facilmente accessibili.

Il quinto contributo relaziona sulla metodologia e sui risultati di un altro progetto di "citizen science" in ambito

periglaciale, condotto in Val Ferret, e sulle sue implicazioni a livello di presa di coscienza delle problematiche relative all'impatto del riscaldamento globale nei protagonisti della ricerca.

In qualche modo il sesto brano è legato al quinto, creandone i presupposti, in quanto affronta l'importanza dei massi erratici e della discussione sulla loro origine che tanto appassionò i geologi alpinisti dell'ottocento da far emergere la necessità, fatta propria fin da subito da parte del Club Alpino Italiano, di far nascere una specifica disciplina - la glaciologia - come parte integrante degli studi geomorfologici: da qui la nascita del Comitato Glaciologico Italiano.

L'ottavo intervento riguarda l'importanza dei sistemi fluviali come infrastrutture ecologiche in paesaggi frammentati, corridoi di biodiversità in cui diventa fondamentale il ruolo della gestione ripariale per permettere, evitando la cementificazione degli alvei, almeno un minimo di naturalità in aree fin troppo antropizzate.

Il nono studio rende conto del rischio che due stenoendemismi, specie uniche al mondo localizzate in due laghi d'alta quota dei Sibillini, si estinguano a causa della pressione antropica dovuta all'allevamento e al turismo pur essendo inseriti in un'area protetta. Per adoperare i termini che i due autori utilizzano alla fine del loro scritto: "*Chirocephalus marchesonii* e *Chirocephalus sibyllae*: due esempi di resistenza, semplicemente incredibile, sul filo di un delicatissimo equilibrio naturale." Lo stupefacente e il meraviglioso è ovunque attorno a noi ma, spesso, lo distruggiamo; non per cattiva volontà ma per semplice ignoranza! E, citando, questa forse è una fine anche peggiore.

Ci spostiamo sulla Maiella, dove uno studio sulla vegetazione sommitale illustra lo stato dell'arte dei progetti di rilevamento e di monitoraggio delle variazioni introdotte

dal riscaldamento globale che in quota si fa sentire in maniera accelerata rispetto a quanto avviene in pianura. Vengono inoltre illustrate alcune delle modalità che, se utilizzate in maniera integrata, possono condurre a una maggior efficacia nella difesa di questi ambienti così delicati ed essenziali, non solo per noi ma anche per la fauna che li abita.

Gli ultimi tre interventi affrontano lo scabroso tema dello spopolamento delle aree interne, identificandolo come perdita di identità, di culture e di stili di vita causata da politiche miopi e basate su presupposti errati, elaborati in contesti lontani dai territori nei quali devono essere applicati. Ma è proprio la loro difformità, così difficile da gestire dal punto di vista di una visione sociale basata sul conformismo e sul profitto, la risorsa che può far uscire le aree interne dalla loro marginalizzazione e renderle protagoniste di un nuovo Rinascimento, basato sulla sempre diversa e peculiare relazione tra l'essere umano e il suo territorio.

È proprio questa mancanza di uniformità la vera ricchezza di un Paese che si allunga con le sue montagne attraverso ben undici paralleli!

Il mio primo editoriale termina qui ma non posso esimermi dal ringraziare chi di questi Bollettini è il vero artefice e, pur avendo terminato il suo incarico per raggiunta ineleggibilità dopo due mandati al CSC, ha accettato di assisterci e aiutarci ancora per quanto riguarda l'aspetto relativo alle pubblicazioni dei Bollettini, dei Quaderni e delle Monografie: grazie Giovanni!

Gianni Frigo

Presidente del Comitato Scientifico Centrale
del Club Alpino Italiano

ARTICOLI SCIENTIFICI



Rifugi Sentinella del clima e dell'ambiente

Report dei primi sei anni di attività

Giovanni Margheritini⁽¹⁾, Giovanna Barbieri⁽¹⁾, Claudio Biondi⁽¹⁾, Marcello Borrone⁽²⁾, Guido Nigrelli⁽³⁾, Erica Matta⁽³⁾, Luigi Mazari⁽⁴⁾, Luciano Massetti⁽⁵⁾, Francesco Meneguzzo⁽⁵⁾, Paolo Bonasoni⁽⁶⁾, Angela Marinoni⁽⁶⁾

1. CAI - CSC Comitato Scientifico Centrale
2. CAI - SOROA Struttura Operativa Rifugi e Opere Alpine
3. CNR - IRPI Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica
4. CNR - DSSITA Dipartimento Scienze del Sistema Terra e Tecnologie per l'Ambiente
5. CNR - IBE Istituto per la Bioeconomia
6. CNR - ISAC Istituto per le Scienze dell'Atmosfera e del Clima

Riassunto

Con il 2025 si sono conclusi i primi sei anni di 'Rifugi Sentinella del clima e dell'ambiente', progetto di collaborazione tra il CAI e il CNR, inserito nell'accordo quadro tra i due enti, sottoscritto l'11 dicembre 2019 tra gli allora presidenti Vincenzo Torti (CAI) e Massimo Inguscio (CNR) nella Giornata internazionale della Montagna. Tale accordo è stato rinnovato il 23 marzo 2023 tra gli attuali presidenti Antonio Montani (CAI) e Maria Chiara Carrozza (CNR). Questo progetto si estende in alta montagna dalle Alpi al Mediterraneo, attraverso 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 e rappresentative, al fine di ottenere un quadro reale e aggiornato sullo stato del clima e dell'ambiente sulle nostre montagne. Il progetto non è ancora a regime in quanto durante questi sei anni sono occorsi diversi problemi quali la pandemia del Covid-19 e il cambio della dirigenza CAI con la conseguente revisione delle risorse economiche destinate ai vari progetti. Per questo ci sono stati dei ritardi nel portare il progetto al perimetro di attività pianificato.

Abstract: Refuges Sentinel of the climate and the environment - Report of the first six years of activity

2025 marks the conclusion of the first six years of the 'Rifugi Sentinella del clima e dell'ambiente' project, a collaborative project between the Italian Alpine Club (CAI) and the Italian National Research Council (CNR). The project was part of the framework agreement between the two organizations, signed on December 11, 2019, by then-presidents Vincenzo Torti (CAI) and Massimo Inguscio (CNR) on International Mountain Day. This agreement was renewed on March 23, 2023, by current presidents Antonio Montani (CAI) and Maria Chiara Carrozza (CNR). This project extends from the Alps to the Mediterranean, through a network of CAI refuges and CNR observatories spanning the entire peninsula. Its goal is to integrate existing infrastructure in virtually pristine and representative areas, thereby providing a true and up-to-date picture of the state of the climate and environment in our mountains.

The project is not yet fully operational due to several issues that have arisen over the past six years, including the Covid period and the change in CAI leadership, which resulted in a revision of the financial resources allocated to the various projects. This has resulted in delays in bringing the project to its planned scope of activity.

Introduzione

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 riferirsi 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 la temperatura dell'aria rispetto ai valori climatici, aumenta in maniera maggiore se confrontata con altre, e quindi in queste zone si producono effetti più significativi, come evidenziato nell'ultimo rapporto dell'*Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. 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 scenari evolutivi attendibili 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 2025 si classifica come il terzo anno più caldo mai registrato, dopo le temperature senza precedenti osservate nel 2023 e nel 2024. È stato leggermente più freddo del 2023, mentre il 2024 rimane l'anno più caldo mai registrato e il primo anno con una temperatura media che supera nettamente di 1,5 °C il livello pre-industriale.

Il 2025 ha visto temperature eccezionali dell'aria e della superficie marina ed eventi estremi, tra cui alluvioni, ondate di calore e incendi boschivi. I dati preliminari indicano che le concentrazioni di gas serra hanno continuato ad aumentare nel 2025. Anche per l'Europa il 2025 è stato il terzo anno più caldo mai registrato, con una temperatura media di 10,41 °C, 1,17 °C superiore alla media del periodo di riferimento 1991-2020. Questo valore è stato di 0,30 °C inferiore al record del 2024 (1,47 °C superiore alla media) e solo di 0,02 °C inferiore al valore del 2020 (1,19 °C superiore alla media), il secondo anno più caldo. Solo un mese dell'anno, marzo, è stato il più caldo per l'Europa, con una temperatura media di 6,03 °C, 2,41 °C superiore alla media del periodo 1991-2020, di 0,26 °C superiore al precedente marzo più caldo del 2014.

Gli indicatori climatici del C3S forniscono il contesto di base in termini di tendenze a medio e lungo termine a livello globale e regionale in un clima in cambiamento:

- Negli ultimi decenni, le temperature sulla terraferma sono aumentate circa il doppio rispetto a quelle sugli oceani.
- L'Europa è la regione con il riscaldamento più rapido tra tutte le regioni del OMM, circa il doppio della media globale (Rapporto sullo Stato del Clima in Europa 2024).
- Le temperature artiche sono aumentate più rapidamente di quelle del resto del mondo, con un riscaldamento stimato di circa 3 °C dagli anni Settanta.
- Dagli anni Ottanta, le temperature globali della superficie del mare (oceano extrapolare 60° S - 60° N) hanno registrato un aumento di circa 0,6 °C, i mari europei di circa 1,0 °C, il Mar Mediterraneo di circa 1,3 °C.
- Dal 2020, le concentrazioni atmosferiche dei due più importanti gas serra di origine antropica, anidride carbonica (CO₂) e metano (CH₄), hanno registrato un aumento annuo rispettivamente di circa 2,4 ppm e 12 ppb.

Questo innalzamento delle temperature si manifesta anche in alta quota, come rileva la Fondazione Glaciologica

Italiana. 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 assorbito 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 sarà estinta. Nel 2100 sulle Alpi italiane le aree 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 adeguate politiche di contenimento delle emissioni climateranti, farà sì 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.

Aumenteranno 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; 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.

Andamento della temperatura nel 2025				
Area	Differenze (riferimento 1991-2020)	Temperatura media 2025	Classifica	Le differenze più elevate
Temperatura dell'aria superficiale				
Globo	+ 0,59 °C +1,47 °C (vs pre-industriali)	14,97 °C	3° più alto	2024 : +0,72 °C 2023: + 0,60 °C 2025: + 0,59 °C
Terraferma	+ 0,86 °C	10,08 °C	2° più alto	2024: + 1,06 °C 2025: + 0,86 °C 2023: + 0,85 °C
Europa	+ 1,17 °C	10,41 °C	3° più alto	2024: + 1,47 °C 2020: + 1,19 °C 2025: + 1,17 °C
Italia	+ 1,04 °C (Nord +0,94 °C; Centro +1,08 °C; Sud +1,16 °C; Sicilia + 0,95 °C; Sardegna +1,23 °C)	13,47 °C	4° più alto	2024: + 1,62 °C 2023: + 1,29 °C 2022: + 1,18 °C 2025: + 1,04 °C
Temperatura della superficie del mare				
Oceani extrapolare (60° N - 60° S)	+ 0,38	20,73 °C	3° più alto	2024: + 0,51 °C 2023: + 0,45 °C 2025: + 0,38 °C

Tabella 1 – Statistiche sulla temperatura per il 2025. Le stime per il globo si riferiscono alla temperatura media dell'aria superficiale su terraferma e oceano, e per l'Europa e Italia solo su terraferma.

L'oceano extrapolare utilizzato per la temperatura superficiale del mare si riferisce al dominio 60° N-60° S - Fonte: ERA5. Crediti: C3S/ECMWF

La rete dei 'Rifugi Sentinella del clima e dell'ambiente'

Questo progetto, nato con l'accordo CAI-CNR nel dicembre 2019 e con l'installazione della prima stazione AWS – *Automatic Weather Station* presso il Rifugio Esperia – 1.500 m, sul versante settentrionale del Monte Cimone con funzione di transetto verticale all'Osservatorio CNR "O. Vittori" – 2.165 m, ha incontrato difficoltà oggettive dovute alla pandemia e al cambio di presidenza CAI. Ha potuto iniziare a implementarsi solo a partire dal secondo semestre del 2022 con l'attivazione delle prime stazioni.

Gli obiettivi tracciati per il progetto sono stati:

- creare, in Italia, una rete specializzata costituita da Rifugi montani del CAI e da Osservatori del CNR, già presenti lungo tutta la dorsale alpina e appenninica, isole comprese, in grado di soddisfare i requisiti di rappresentatività climatica e ambientale, di logistica e di connettività indispensabili per la riuscita del progetto;
- elevare questi Rifugi montani a luoghi di osservazione meteo-climatica e ambientale, per mettere a sistema il monitoraggio dell'ecosistema delle aree montuose di alta quota;
- migliorare il monitoraggio meteorologico, rendendolo fruibile in tempo-quasi-reale lungo tutta la penisola;
- promuovere i Rifugi montani come luoghi di diffusione della cultura scientifica "sul campo", favoriti dal monitoraggio e dalle osservazioni meteo-climatiche e di una divulgazione scientifica corretta, rivolta ai frequentatori della montagna ma anche agli enti di governo locali, regionali e nazionali.

Insieme a questi obiettivi primari si sono aggiunte le opportunità di:

- promuovere, ove possibile, studi su scala locale su aspetti correlati non solo alla meteorologia, ma anche al clima, alla composizione dell'atmosfera, alle analisi ambientali, geologiche e geomorfologiche e con particolare riferimento alle aree glaciali e periglaciali;
- 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;
- promuovere incontri a carattere locale o nazionale durante i quali presentare i lavori svolti e sensibilizzare i cittadini, i frequentatori delle montagne e i media sulle problematiche riguardanti i cambiamenti climatici e i loro effetti sulla tutela e salvaguardia delle montagne.

Dal punto di vista geografico, a fine 2025, la rete si estende lungo tutta la penisola ed è formata da 4 Osservatori CNR (2 sulle Alpi e 2 sugli Appennini) e 25 Rifugi CAI (15 di origine e 10 complementari; 14 sulle Alpi e 11 sugli Appennini). Il punto fondamentale di questa rete, oltre ai requisiti di rappresentatività del sito, è quello che ogni Rifugio sia dotato di una stazione meteorologica automatica (AWS - *Automatic Weather Station*) installata nel rispetto delle direttive dell'Organizzazione Mondiale della Meteorologia (OMM), sia in termini di parametri da acquisire sia di connettività e di sensoristica da installare nella posizione corretta. Tutte le stazioni sono equipaggiate di una *webcam* per poter osservare da remoto l'ambiente oggetto di studio e per il monitoraggio di eventi naturali e meteorologici (per esempio: aurora boreale ripresa più volte in diverse stazioni).

Le stazioni acquistate dal CAI per l'installazione presso i Rifugi sono state 19 (con un costo complessivo di circa € 210.000) mentre negli altri 6 Rifugi si è sfruttata l'esistenza

di stazioni di proprietà di Arpa Piemonte (Rifugi Gastaldi e Capanna Margherita) e Arpa Liguria (Rifugio Monte Aiona), di SMAA (Società Meteorologica Alpina Adriatica) per il Rifugio Gilberti al Canin e delle Sezioni CAI di Reggio Emilia (Rifugio Battisti) e Gualdo Tadino (Rifugio Monte Maggio). Per questi 6 Rifugi già dotati di stazioni AWS sono stati stipulati appositi accordi (dal CNR) per accedere ai dati in *near-real-time* e avere le serie storiche così da poter ottenere un corretto inquadramento climatico locale.

I dati meteorologici rilevati dalle stazioni AWS, le immagini video delle *webcam*, il materiale informativo del progetto confluiscono nel portale <https://rifugisentinella.cai.cnr.it>.

Lo scopo di questo portale è quello di diventare il principale canale di divulgazione e punto di riferimento del progetto. I dati meteorologici acquisiti dalle stazioni AWS e rappresentativi dello stato del tempo lungo tutta la dorsale della rete sono mostrati in forma numerica e grafica per tutto il periodo di osservazione. Essi sono a disposizione della comunità scientifica per ulteriori studi e analisi e confronto. Le immagini delle *webcam* sono disponibili in tempo quasi-reale. Le attività di ricerca, sperimentazione, formazione e divulgazione che si svolgono nell'ambito di questo progetto vengono valorizzate e messe a disposizione di tutti.

Il progetto è caratterizzato da un logo univoco qui sotto illustrato. Contiene i simboli distintivi del CNR e del CAI con la descrizione semplificata del progetto 'Rifugi montani sentinella del clima e dell'ambiente'. Si sono create le targhe per il riconoscimento di tutta la rete indicandone l'appartenenza e impegnando il Rifugio CAI e l'Osservatorio CNR nel loro compito di creazione e divulgazione scientifica sul campo.



Figura 2 - Logo e targhe per la rete dei Rifugi -

Composizione rete "Rifugi Sentinella del clima e dell'ambiente"					
Stazione	Quota	Gruppo montuoso	Sezione CAI/CNR	Status*	Stazione AWS
Rifugio Pagari	2627 m	Alpi Marittime	Ligure Genova	O	CAI
Rifugio Quintino Sella	2640 m	Alpi Cozie	CAI Centrale	C	CAI
Rifugio Gastaldi	2659 m	Alpi Graie	Torino	O	Arpa Piemonte
Rifugio Torino	3375 m	Alpi Graie - Monte Bianco	Torino e Aosta	O	CAI
Rifugio Chiarella	2979 m	Alpi Pennine	Chiavari	C	CAI
Osservatorio CNR Testa Grigia	3480 m	Alpi Pennine - Plateau Rosà	CNR	O	CNR
Capanna Margherita	4554 m	Alpi Pennine - Monte Rosa	CAI Centrale	O	Arpa Piemonte
Rifugio Maria Luisa	2157 m	Alpi Lepontine	Busto Arsizio	C	CAI
Rifugio Marco e Rosa	3609 m	Alpi Retiche occ. - Pizzo Bernina	Sondrio	O	CAI
Rifugio Curò	1905 m	Alpi Orobie	Bergamo	O	CAI
Rifugio Vioz Mantova	3535 m	Alpi Retiche meridionali	SAT	O	CAI
Rifugio Telegrafo	2147 m	Prealpi gardesane - Monte Baldo	Verona	C	CAI
Osservatorio CNR Col Margherita	2543 m	Alpi Orientali - Dolomiti	CNR	O	CNR
Rifugio Galassi Città di Mestre	2018 m	Alpi Orientali - Dolomiti	Mestre	O	CAI
Rifugio Città di Carpi	2110 m	Alpi Orientali - Dolomiti	Carpi	O	CAI
Rifugio Gilberti al Canin	1850 m	Alpi Orientali	SAF Udine	O	SMAA
Rifugio Monte Aiona	1520 m	Appennino Settentrionale	Ligure Genova	C	Arpa Liguria
Rifugio Battisti	1761 m	Appennino Settentrionale	Reggio Emilia	C	Sezione CAI R.E.
Osservatorio CNR "O. Vittori"	2165 m	Appennino Sett - Monte Cimone	CNR	O	CNR
Rifugio Esperia	1500 m	Appennino Settentrionale	Modena	C	CAI
Rifugio Rossi	1609 m	Alpi Apuane	Lucca	O	CAI
Rifugio Monte Maggio	1035 m	Appennino Centrale	Gualdo Tadino	C	Sezione CAI G.T.
Rifugio Rinaldi	2108 m	Appennino Centrale - Terminillo	Rieti	O	CAI
Rifugio Duca degli Abruzzi	2388 m	Appennino Centrale - Gran Sasso	Roma	O	CAI
Rifugio Vincenzo Sebastiani	2102 m	Appennino Centrale - Monte Velino	Roma	O	CAI
Rifugio Casonetto	700 m	Appennino meridionale - Monti Dauni	Foggia	C	CAI
Rifugio Cervati	1597 m	Appennino meridionale - M. Cervati	Salerno	C	CAI
Osservatorio CNR Monte Curcio	1780 m	Appennino meridionale - Sila Grande	CNR	O	CNR
Rifugio Citelli	1740 m	Appennino meridionale - Etna	Catania	O	CAI

Tabella 2 - Composizione rete "Rifugi Sentinella del clima e dell'ambiente" - Status*: O = rete di origine con 4 Osservatori CNR e 15 Rifugi CAI, C = rete complementare con 10 Rifugi CAI

Dall'agosto 2023 ci si è dedicati a fare partire le attività di divulgazione coinvolgendo parte dei Rifugi (16) e degli Osservatori CNR (1) della rete, molte sono state le Sezioni CAI interessate (41) oltre al Museo della Montagna di Torino.

Da inizio attività e fino a dicembre 2025 gli incontri sono stati 56, e hanno coinvolto in presenza oltre 1.700 persone (oltre a tutti coloro che hanno partecipato sul web). In alcuni di questi eventi hanno partecipato anche autorità locali (sindaci e assessori), autorità di Enti Parco (presidenti e direttori) e unità militari (Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare e Carabinieri Forestali con il reparto di Modena e Reggio Emilia e il reparto Biodiversità de L'Aquila).

Di questi incontri, tra il 2023 e il 2025, quindici sono stati realizzati presso Rifugi Sentinella con incontri con i frequentatori attraverso la presenza di ONC, di ricercatori CNR, di ricercatori del Muse, di ricercatori universitari Soci CAI e dei Carabinieri Forestali di Modena e l'Aquila.

Nel 2024 si sono anche organizzate presso due Rifugi Sentinella (Cervati ed Esperia) **'due giornate al rifugio'** di classi 4^a e 5^a di scuole superiori dove i ragazzi e professori, oltre che vivere due giornate in rifugio, hanno partecipato in piccoli

gruppi ai vari lavori di osservazione e monitoraggio eseguiti dai nostri ONC e Soci CAI partecipanti. Nel 2025 abbiamo sperimentato con successo le prime attività di **Summer School** destinate a studenti universitari (dottorandi e laureandi) con l'idea (finale) di interessare alcuni dei frequentatori a integrarsi al progetto 'Rifugi Sentinella' nelle varie forme che potranno scaturire da questa idea (stage, borse di studio, volontariato CAI). Le Summer School si sono tenute:

Rifugio Cervati, 1597 m - Appennino meridionale con il tema *"Flora e vegetazione d'alta quota nel contesto dei cambiamenti climatici - Metodi di studio e gestione"* con il supporto dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, l'Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli e con l'istituto ISAC del CNR.

Rifugio Gastaldi, 2659 m - Alpi Graie con il tema *"Geodiversità a rischio nel contesto dei cambiamenti climatici - Il suo ruolo cruciale negli ecosistemi terrestri"* con il supporto dell'Università degli Studi di Torino, di Arpa Piemonte, degli istituti IRPI e ISAC del CNR.

Per tutte le attività con scuole e Summer School si è ottenuto l'aiuto del CAI Scuola.



Figura 3 - Rete "Rifugi Sentinella del clima e dell'ambiente"

Sequenza installazioni stazioni AWS presso i rifugi CAI											
2019		2022		2023		2024		2025		2026	
Mese	Rifugio	Mese	Rifugio	Mese	Rifugio	Mese	Rifugio	Mese	Rifugio	Mese	Rifugio
10	Esperia	07	Galassi	05	Citelli	02	Cervati	03	Casonetto	06	Torino
				06	Telegrafo	06	Pomilio	08	V. Sebastiani**		
				06	Rinaldi	06	Chiarella				
				08	Rossi	07	Quintino Sella				
				08	Città di Carpi	07	Pagari				
				09	Curò	07	Maria Luisa				
						08	Vioz Mantova				
						09	Duca degli Abruzzi	05	Quintino Sella*		
						09	Marco e Rosa	06	Telegrafo*	07	Marco e Rosa*

Tabella 3 - Sequenza delle installazioni delle stazioni AWS presso la rete dei Rifugi CAI. * Durante il 2025 si sono dovute reinstallare ex novo le stazioni dei Rifugi Quintino Sella e Telegrafo perché fortemente danneggiate da eventi atmosferici durante l'inverno 2024/2025. ** La stazione installata al Rifugio Vincenzo Sebastiani è quella dell'ex rifugio CAI Pomilio. Per il 2026 è prevista la reinstallazione della stazione al Rifugio Marco e Rosa perché danneggiata e la prima installazione della stazione al Rifugio Torino.

Le attività presso la rete “Rifugi Sentinella del clima e dell'ambiente”

La rete si estende lungo le dorsali di Alpi e Appennini fino alla Sicilia. Il profilo geologico e le condizioni ambientali dei siti sono eterogenei, dando così origine a situazioni pedologiche e di conseguenza a habitat completamente diversi, quali:

- ghiacciai;
- torbiere montane;
- habitat rocciosi;
- praterie sommitali;
- arbusteti extra-silvatici;
- habitat forestali.

Se consideriamo che l'habitat naturale è un'area composta da fattori biotici e abiotici in cui persistono condizioni ecologiche uniformi, scopriamo la ricchezza di situazioni lungo la nostra rete Rifugi Sentinella dove poter verificare la loro risposta ai cambiamenti climatici.

Si tratta di fenomeni in grado di alterare gli equilibri e le relazioni all'interno degli ecosistemi, con effetti diretti sulle specie vegetali e animali dal punto di vista della distribuzione, della demografia, della fenologia, della fisiologia e del comportamento, provocando un impatto molto negativo in termini di biodiversità.

Oltre alla persistente fusione dei ghiacciai alpini e alle conseguenze sulle parti rocciose fino alla modifica della geodiversità dei suoli, gli effetti dei cambiamenti climatici in ambiente montano maggiormente attesi sono le modificazioni degli habitat con l'estinzione delle specie criofile e la migrazione di specie termofile verso quote superiori.

I settori montani più sensibili sono posti tra il limite superiore del bosco (*tree line*) e la fascia nivale perché in questo spazio altitudinale aumenta notevolmente la temperatura sui vegetali, i gradienti ecologici diventano molto marcati e gli ecotoni sono spesso concentrati.

Nella Tabella 4 viene riportata la ripartizione della rete “Rifugi Sentinella del clima e dell'ambiente” per piani vegetazionali (con la corrispondenza su base ecologica e morfologica). La descrizione su base vegetazionale ha validità per l'intero emisfero boreale, in quanto si fa riferimento a un gradiente climatico (sia in senso altitudinale



Figura 7 - Carta dei suoli d'Italia - Fonte: Wikipedia modificato

sia latitudinale). La relazione altitudine e latitudine rappresenta uno dei più importanti principi ecologici.

Per monitorare l'influenza dei cambiamenti climatici sugli ambienti circostanti ai nostri Rifugi abbiamo definito nell'ambito dell'Accordo CAI-CNR (Art. 3) una serie di argomenti utili a studiare questi processi, a cui fa riferimento anche il Gruppo di Lavoro sulle Montagne del Dipartimento di Scienze del Sistema Terra e Tecnologie per l'Ambiente del CNR. Nelle pagine seguenti vengono illustrati i vari argomenti scelti, cioè: monitoraggi meteo climatici, osservazioni glaciologiche, osservazioni geologiche, osservazioni botaniche, osservazioni faunistiche, monitoraggio inquinamento luminoso.

Ripartizione per piani vegetazionali della rete “Rifugi Sentinella del clima e dell'ambiente”			
Ecologica Morfologica	Vegetazionale	Descrizione	Rifugi CAI e Osservatori CNR
Nivale	Nivale	Vegetazione pioniera delle nevi perenni	Rifugio Torino, Rifugio Chiarella, Osservatorio Testa Grigia, Capanna Margherita, Rifugio Marco e Rosa, Rifugio Vioz Mantova, Rifugio Duca degli Abruzzi
Alpina	Alpica	Praterie d'altitudine, vegetazione degli ambienti rupestri e dei ghiaioni	Rifugio Pagari, Rifugio Quintino Sella, Rifugio Gastaldi, Rifugio Maria Luisa, Rifugio Telegrafo, Osservatorio Col Margherita, Rifugio Galassi
Subalpina	Boreale	Brughiera a mirtilli, arbusteti, boschi di aghifoglie	Rifugio Città di Carpi, Rifugio Gilberti, Osservatorio CNR “O. Vittori”, Rifugio Rinaldi, Rifugio V. Sebastiani
Montana	Subatlantica	Faggeta	Rifugio Monte Aiona, Rifugio Battisti, Rifugio Esperia, Rifugio Rossi, Rifugio Monte Maggio, Rifugio Cervati, Osservatorio CNR Monte Curcio, Rifugio Citelli
Collinare	Centroeuropea	Castagneto e querceto caducifoglio	Rifugio Casonetto

Tabella 4 - Ripartizione per fascia vegetazionale (Pignatti 1979) della rete “Rifugi Sentinella del clima e dell'ambiente”

Monitoraggi meteo-climatici

I dati rilevati dalle stazioni AWS della rete confluiscono ai server del CNR e del CAI (come *backup*) per le analisi meteo-climatiche. Vengono monitorati:

- temperatura dell'aria;
- umidità dell'aria;
- pressione atmosferica;
- vento: velocità, direzioni, raffiche e orari, temperature del vento;
- precipitazioni: giorno, intensità minima e massima;
- evapotraspirazione;
- irraggiamento solare.

La situazione dell'acquisizione dati è indicata nella Tabella 5 a lato. Come detto in apertura dell'articolo il primo periodo del progetto ha subito l'impatto della pandemia Covid per cui i veri lavori per l'installazione delle stazioni AWS sono iniziati concretamente solo nel secondo periodo del 2022. Purtroppo mancano ancora i dati della Stazione del Rifugio Torino sul Monte Bianco perché non ancora installata e i dati della Stazione del Rifugio Marco e Rosa sul Pizzo Bernina perché la stazione AWS è da ripristinare dopo eventi atmosferici eccezionali che l'hanno danneggiata. Per contro ci sono 8 stazioni tra Rifugi CAI (4) e Osservatori CNR (4) che hanno accumulato sei anni di dati utili al progetto.

Fra qualche anno avremo informazioni meteo-climatiche più consistenti lungo tutta la dorsale montana italiana.

I valori normali climatici sono i valori medi in un periodo di riferimento sufficientemente lungo. La *World Meteorological Organization* (WMO) ha definito i normali climatici nella prima metà del XX secolo con l'obiettivo di consentire il confronto tra le osservazioni di tutto il mondo, assicurando la coerenza fra le informazioni dei diversi servizi meteorologici. Inoltre ha fissato a 30 anni la durata del periodo di riferimento, da aggiornare ogni 10 anni.

Di seguito avete una sintesi di sei anni di dati confrontati con i normali di riferimento 1991-2020 per i Rifugi Esperia (Appennino settentrionale) e Gastaldi (Alpi Graie).

Stazione AWS	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Rifugio Pagari						
Rifugio Quintino Sella						
Rifugio Gastaldi						
Rifugio Torino						
Rifugio Chiarella						
Osservatorio CNR Testa Grigia						
Capanna Margherita						
Rifugio Maria Luisa						
Rifugio Marco e Rosa						
Rifugio Curò						
Rifugio Vioz Mantova						
Rifugio Telegrafo						
Osservatorio CNR Col Margherita						
Rifugio Galassi Città di Mestre						
Rifugio Città di Carpi						
Rifugio Gilberti al Canin						
Rifugio Monte Aiona						
Rifugio Battisti						
Osservatorio CNR "O. Vittori"						
Rifugio Esperia						
Rifugio Rossi						
Rifugio Monte Maggio						
Rifugio Rinaldi						
Rifugio Duca degli Abruzzi						
Rifugio Vincenzo Sebastiani						
Rifugio Casonetto						
Rifugio Cervati						
Osservatorio CNR Monte Curcio						
Rifugio Citelli						

Tabella 5 - Situazione acquisizione dati dalle stazioni AWS

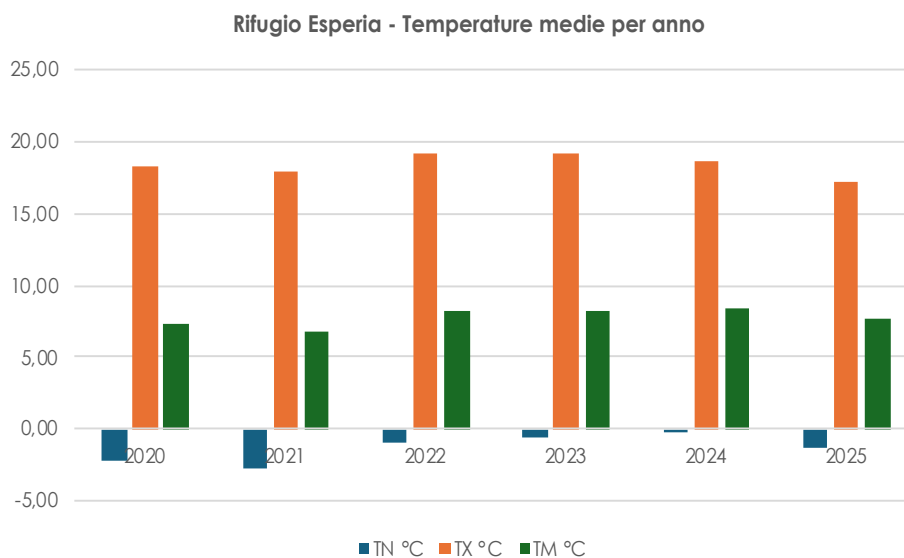


Figura 8 - Dalla webcam della stazione AWS del Rifugio Vioz Mantova. Nella notte tra il 19 e il 20 gennaio 2026 la webcam ha osservato e registrato spettacolari manifestazioni di aurore boreali. Queste sono state causate da intense perturbazioni geomagnetiche dovute a un brillamento solare di notevole intensità, ovvero una violenta esplosione di energia nella fotosfera del Sole. L'evento ha generato una delle tempeste solari più potenti degli ultimi anni, accompagnata dall'emissione di due nubi di plasma coronale (Coronal Mass Ejection, CME) che proiettate nello spazio hanno viaggiato fino a raggiungere la Terra dove hanno interagito con il campo magnetico terrestre dando origine alle eccezionali aurore boreali registrate da alcuni Rifugi Sentinella - Fonte P. Bonasoni - CNR

Rifugio Esperia - 1500 m - (Fonte dati: Stazione AWS del Rifugio Esperia, dati grezzi non ancora validati) - (Tabella 6)

VALORI NORMALI 1991-2020 PASSO DEL LUPO (1500 m) - TEMPERATURE MEDIE - TM °C e PRECIPITAZIONI - mm													
Periodo	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
TM °C 1991-2020	-1,5	-1,6	0,7	3,5	8,1	12,3	15,0	15,2	11,0	7,3	2,7	-05	6,0
Precipitazioni medie - mm 1991-2020	113,6	100,3	110,4	128,5	119,5	83,1	58,6	69,8	115,1	183,2	216,7	154,2	1453,0

Fonte dati: Arpae Emilia Romagna Stazione di Passo del Lupo (Monte Cimone) 1500 m



TN = temperatura minima; TX = temperatura massima; TM = temperatura media

TEMPERATURE MINIME - TN °C													
Anni	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
2020	-6,7	-5,3	-8,8	-7,8	1,1	4,2	7,2	6,1	0,2	-1,6	-5,6	-9,9	-2,2
2021	-10,9	-14,1	-8,2	-8,3	1,0	5,6	8,3	5,6	4,9	-0,4	-9,6	-7,2	-2,8
2022	-9,1	-7	-8,9	-6,1	2,3	8,1	9,5	7,3	1,7	4,2	-4,7	-8,8	-1,0
2023	-8,8	-11,4	-4,9	-6,2	2,4	6,3	9,4	6,9	5,9	3,8	-4,4	-6,6	-0,6
2024	-9,8	-3,1	-3,8	-4,0	-0,2	5,7	8,0	10,6	3,0	1,4	-5,2	-6,3	-0,3
2025	-8,8	-6,5	-6,3	-1,7	0,2	8,3	4,3	7,8	3,9	-0,4	-9,2	-6,7	-1,3

TEMPERATURE MASSIME - TX °C													
Anni	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
2020	9,0	18,1	17,0	17,4	19,3	22,8	26,5	27,0	21,8	18,6	14,5	7,2	18,3
2021	8,2	13,8	15,9	15,5	18,8	25,2	26,1	27,9	21,5	15,3	12,7	13,1	17,8
2022	13,1	13,6	13,4	15,8	24,2	26,8	27,6	26,3	22,3	19,5	15,9	10,7	19,1
2023	10,5	13,1	13,1	14,4	18,0	26,9	28,7	28,9	23,8	23,2	15,6	13,8	19,2
2024	12,8	14,7	14,3	21,3	16,9	24,4	27,2	27,0	22,7	16,6	16,1	8,8	18,6
2025	10,3	9,6	9,7	15,4	21,0	26,9	25,0	26,5	22,7	15,4	15,0	8,7	17,2

TEMPERATURE MEDIE - TM °C													
Anni	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
2020	0,8	3,3	1,2	6,2	9,9	12,5	15,4	16,1	11,6	6,1	4,4	-0,1	7,3
2021	-2,6	1,4	1,2	2,7	8,1	15,2	16,5	15,8	12,3	5,9	2,9	1,0	6,7
2022	0,5	1,5	0,4	4,1	11,8	16,8	18,1	15,8	11,3	11,6	3,7	2,3	8,2
2023	-0,8	0,5	3,6	4,0	8,1	13,7	18,2	16,4	13,2	11,4	4,2	6,1	8,2
2024	1,4	3,8	3,9	6,5	9,0	14,3	17,9	17,8	11,0	9,2	4,1	2,6	8,5
2025	0,4	0,4	2,2	6,0	8,8	16,9	15,2	15,8	12,1	7,0	3,1	3,7	7,6

PRECIPITAZIONI MEDIE - mm													
Anni	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
2020	33,8	13,4	148,4	64,2	98,0	101,2	56,2	82,2	73,2	165,6	18,0	168,4	1022,6
2021	78,0	86,4	11,6	125,4	98,2	40,6	55,4	19,2	96,4	62,6	175,2	91,8	940,8
2022	11,2	38,0	43,2	113,6	109,2	47,2	55,2	64,4	62,6	9,8	104,4	165,0	823,8
2023	60,0	17,0	61,4	45,4	309,4	93,2	25,8	102,0	6,2	292,8	174,8	82,2	1270,2
2024	98,8	249,2	214,6	105,4	107,6	30,8	3,2	67,6	220,8	307,0	47,2	68,0	1520,2
2025	154,4	100,4	248,4	133,4	131,4	24,2	36,4	86,8	53,4	156,2	138,0	83,2	1346,2

GIORNI DI PIOGGIA - n°													
Anni	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
2020	11	7	14	9	12	12	9	12	12	19	12	14	143
2021	14	13	11	22	15	5	11	6	9	10	23	18	157
2022	5	8	5	12	12	7	4	12	13	3	19	12	112
2023	9	6	12	10	19	11	4	7	5	15	16	11	125
2024	15	12	17	13	17	15	6	6	21	23	8	12	165
2025	17	23	23	14	21	5	23	12	11	12	12	18	191

GIORNI DI GELO - n° (tutto il giorno con temperature minori di 0 °C)													
Anni	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
2020	3	0	7	0	0	0	0	0	0	0	1	8	19
2021	14	3	4	1	0	0	0	0	0	0	1	7	30
2022	7	2	4	0	0	0	0	0	0	0	3	4	20
2023	12	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	21
2024	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	11	18
2025	7	3	1	0	0	0	0	0	0	0	2	3	16

GIORNI CON GELO - n° (parte del giorno con temperature inferiori a 0 °C)													
Anni	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
2020	23	18	21	6	0	0	0	0	0	3	9	20	100
2021	28	17	24	16	0	0	0	0	0	4	11	19	119
2022	24	20	22	10	0	0	0	0	0	0	10	12	98
2023	21	18	12	11	0	0	0	0	0	0	8	16	86
2024	18	8	11	10	1	0	0	0	0	0	11	25	84
2025	23	22	12	4	0	0	0	0	0	1	13	14	89

GIORNI CON TM < 6 °C (giorni di stasi vegetativa)													
Anni	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
2020	31	24	27	12	1	0	0	0	3	14	18	31	161
2021	30	23	28	23	5	0	0	0	0	17	26	29	181
2022	28	26	28	20	5	0	0	0	2	0	19	28	156
2023	31	26	23	20	11	0	0	0	0	2	21	23	157
2024	28	24	22	15	3	0	0	0	2	3	22	30	149
2025	31	28	31	12	7	0	0	0	0	10	21	31	171

Come si può vedere, le temperature medie TM dei sei anni in esame sono tutte più elevate del valore medio delle TM della serie storica 1991-2020. Le variazioni sono significative:

- +1,3 °C nel 2020;
- +0,7 °C nel 2021;
- +2,2 °C nel 2022 e 2023;
- +2,5 °C nel 2024;
- +1,6 °C nel 2025.

L'altro parametro fondamentale è quello delle precipitazioni per le quali si registra, in generale, una diminuzione

media della quantità caduta, con variazioni di distribuzione a livello mensile. Le variazioni sono significative:

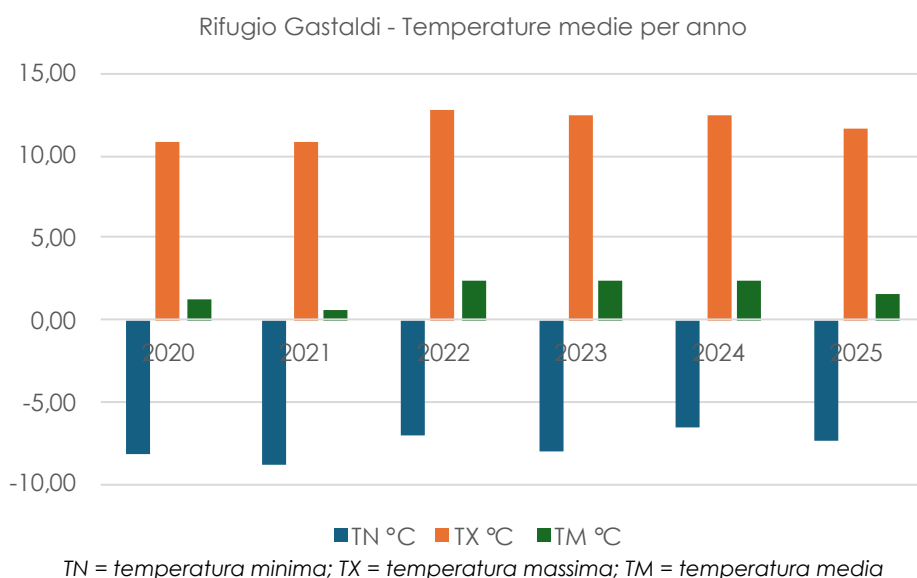
- - 430,4 mm nel 2020
- - 512,2 mm nel 2021
- - 629,2 mm nel 2022
- - 182,8 mm nel 2023
- + 67,2 mm nel 2024
- - 106,8 mm nel 2025

In generale le precipitazioni sono diminuite. Vi sono anomalie nel febbraio e marzo 2024 e marzo 2025, periodi in cui si sono verificate alluvioni in Emilia Romagna.

Rifugio Gastaldi - 2659 m - (Fonte dati: Stazione AWS di ARPA PIEMONTE presso il rifugio) - (Tabella 7)

VALORI NORMALI 1991-2020 Rifugio Gastaldi (2659 m) - TEMPERATURE MEDIE - TM °C e PRECIPITAZIONI - mm													
Periodo	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
TM °C 1991-2020	-5,7	-6,2	-4,1	-1,1	2,9	7,2	9,9	10,0	6,0	2,1	-2,2	-4,9	1,2
Precipitazioni medie - mm 1991-2020	71	68	89	129	156	126	94	98	108	145	134	93	1311

Fonte dati: Arpa Piemonte Stazione del Rifugio Gastaldi - 2659 m



TEMPERATURE MINIME - TN °C													
Anni	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
2020	-15,1	-15,0	-19,0	-8,0	-4,9	-2,0	2,4	0,1	-7,6	-7,1	-7,5	-14,4	-8,2
2021	-15,0	-19,7	-16,3	-17,4	-7,5	0,8	0,4	1,1	-0,1	-4,4	-14,0	-13,9	-8,8
2022	-12,9	-13,9	-15,8	-14,7	-5,0	1,1	5,4	3,5	-3,6	-2,8	-9,8	-15,3	-7,0
2023	-16,5	-19,5	-11,8	-10,5	-3,7	0,0	0,6	-1,0	-1,6	-4,1	-13,4	-13,9	-8,0
2024	-14,5	-10,9	-10,8	-11,3	-3,6	-0,1	3,7	5,8	-5,5	-4,0	-15,7	-11,7	-6,6
2025	-11,7	-13,6	-12,6	-10,3	-4,9	1,2	0,2	1,2	-3,8	-7,5	-15,2	-10,1	-7,3

TEMPERATURE MASSIME - TX °C													
Anni	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
2020	6,5	7,1	7,4	8,5	11,7	14,1	17,5	16,5	14,4	11,0	9,8	6,0	10,9
2021	0,5	7,2	10,5	7,5	11,2	16,8	16,4	17,1	13,4	11,6	8,3	9,6	10,8
2022	10,4	11,7	9,3	10,9	15,3	17,5	17,0	14,6	14,9	13,0	11,8	7,8	12,9
2023	5,2	10,6	8,8	8,0	12,2	14,8	20,3	18,5	19,0	15,3	9,1	7,5	12,4
2024	10,9	8,3	10,8	13,6	12,5	17,2	17,8	16,5	12,0	10,5	12,2	6,9	12,4
2025	3,1	7,7	7,0	8,7	14,5	17,6	15,3	18,4	17,7	12,0	10,1	7,4	11,6

TEMPERATURE MEDIE - TM °C													
Anni	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
2020	-3,3	-2,6	-4,6	-0,2	3,3	4,7	9,5	9,0	5,3	0,0	0,7	-6,2	1,3
2021	-8,0	-2,8	-4,3	-3,8	-0,3	6,9	8,4	8,2	6,2	1,8	-3,3	-2,3	0,6
2022	-2,1	0,1	-4,8	-1,9	4,5	8,6	10,8	9,2	4,7	4,9	-1,8	-3,4	2,4
2023	-5,9	-2,8	-2,2	-1,6	2,9	7,3	9,7	9,5	8,3	4,4	-3,0	1,4	2,3
2024	-2,0	-0,6	-2,5	-0,7	2,6	7,0	10,2	10,5	3,3	2,4	-0,3	-0,4	2,5
2025	-5,0	-4,2	-4,6	-0,8	2,0	9,8	8	9,7	5,5	1,8	-2,6	0,1	1,6

PRECIPITAZIONI MEDIE - mm													
Anni	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
2020	8,2	13,0	50,2	86,8	191,2	154,0	54,0	94,8	83,6	235,4	3,4	22,8	997,2
2021	11,4	13,0	10,8	102,8	117,8	84,4	95,2	41,6	82,6	113,8	107,8	10,8	792,0
2022	0,0	0,0	31,2	61,0	119,6	75,6	18,4	125,0	42,2	137,2	32,4	36,8	710,6
2023	17,2	8,0	39,8	61,6	321,6	119,8	25,8	82,0	84,0	70,0	105,0	75,0	1009,8
2024	26,4	34,4	92,0	210,3	218,6	240,4	74,6	37,4	324,8	438,6	24,8	12,8	1735,0
2025	30,4	36,6	142,8	200,0	133,6	83,2	58,4	88,4	154,6	58,0	9,4	48,6	1044,0

GIORNI DI PIOGGIA - n°													
Anni	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
2020	5	3	13	9	19	18	12	14	13	19	5	10	140
2021	7	7	8	16	16	17	20	8	17	9	17	3	145
2022	0	0	10	10	20	15	9	15	11	14	10	13	127
2023	6	3	14	18	23	20	9	13	12	12	10	8	148
2024	7	7	13	16	26	22	12	8	23	25	4	5	168
2025	10	8	15	16	19	13	14	11	15	9	9	13	152

GIORNI DI GELO - n° (tutto il giorno con temperature minori di 0 °C)													
Anni	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
2020	13	7	17	0	2	0	0	0	2	10	2	22	75
2021	18	13	5	0	0	0	0	0	2	4	13	17	98
2022	8	5	12	9	1	0	0	0	0	0	14	18	67
2023	18	8	12	8	0	0	0	0	0	1	18	12	77
2024	14	9	14	13	0	0	0	0	1	0	5	9	65
2025	23	15	15	8	1	0	0	0	2	4	13	17	98

GIORNI CON GELO - n° (parte del giorno con temperature inferiori a 0 °C)													
Anni	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
2020	31	25	29	27	14	6	0	0	4	24	25	30	215
2021	31	28	29	28	28	0	0	0	1	22	28	28	196
2022	27	17	30	29	12	0	0	0	12	3	26	27	183
2023	31	24	28	27	14	0	0	3	1	13	29	24	194
2024	26	21	28	22	16	1	0	0	13	10	24	18	179
2025	31	28	31	30	19	0	0	0	7	22	27	30	225

GIORNI CON TM < 6 °C (giorni di stasi vegetativa)													
Anni	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
2020	31	29	31	30	26	20	3	5	14	29	28	31	277
2021	31	28	29	28	28	0	0	0	1	22	28	28	279
2022	30	24	31	30	17	4	0	1	18	20	30	31	236
2023	31	28	31	30	26	8	2	7	7	18	30	30	248
2024	31	27	30	25	31	12	1	0	23	29	27	20	256
2025	31	28	31	30	28	4	6	5	16	27	30	31	267

Come si può vedere le temperature medie TM dei sei anni in esame sono tutte (tranne il 2021) più elevate del valore medio delle TM della serie storica 1991-2020. Le variazioni significative sono dal 2022 al 2024:

- + 0,1 °C nel 2020;
- - 0,6 °C nel 2021;
- +1,2 °C nel 2022;
- +1,1 °C nel 2023;
- +1,3 °C nel 2024;
- +0,4 °C nel 2025.

L'altro parametro fondamentale è quello delle precipitazioni per le quali si registra mediamente una diminuzione,

con, in alcuni casi, una diversa distribuzione della quantità a livello mensile. Le variazioni sono significative:

- - 313,8 mm nel 2020
- - 519,0 mm nel 2021
- - 600,4 mm nel 2022
- - 301,2 mm nel 2023
- + 424,0 mm nel 2024
- - 267,0 mm nel 2025

In generale le precipitazioni sono diminuite. L'unica anomalia positiva è per il 2024, durante il quale sono stati registrati eventi di precipitazione estrema (durante il mese di settembre).

Osservazioni glaciologiche

In accordo con la Fondazione Glaciologica Italiana, presso alcuni Rifugi della rete, vengono raccolte alcune informazioni sulle aree glacializzate circostanti le strutture selezionate.

Verso fine 2024 sono stati definiti i criteri per questi monitoraggi e indicate le strutture interessate. Le operazioni in ambiente potranno iniziare nel 2026 dopo aver trovato Soci CAI volontari ed esperti di questi ambienti che, a seguito di una opportuna formazione, collaboreranno direttamente con la FGI e i suoi operatori nelle aree indicate.



Figura 9 - Fronte Ghiacciaio dei Forni (2017) - ph G. Margheritini

Rifugio/Osservatorio	Ghiacciaio			Osservazioni	Frequenza
	n° Catasto	Nome	Tipo		
Quintino Sella	20	Superiore di Coolidge	Glacionevato	Foto da Cadreghe di Viso	annuale
Osservatorio CNR Testa Grigia	288	Teòdulo inferiore	Montano	Misure frontali e foto	stagionale
	289	Valtournanche	Montano	Perimetrazione GPS margine frontale e perimetrazione dei laghi proglaciali	annuale
Galassi Città di Mestre	967	Inferiore Antelao	Montano	Attività a supporto dei rilievi effettuati dall'operatore CGI	stagionale
Gilberti al Canin	982.1	Prevala	Glacionevato	Monitoraggio fusione nivale estiva con lettura paline ablatometriche	settimanale
In collaborazione con Servizio Glaciologico Lombardo in sostituzione del Rifugio Marco e Rosa di difficile accesso	425	Vezzeda	Montano	Lettura paline ablatometriche e misure frontali	quindicinale
	419	Disgrazia	Montano	Riprese fotografiche	mensile

Tabella 8 - Programmazione delle osservazioni e dei monitoraggi glaciologici

Osservazioni geologiche

Le vie di accesso ai Rifugi della rete e tutti i loro dintorni sono il campo ideale per eseguire delle osservazioni utili di tipo geologico e geomorfologico.

La variazione del regime delle precipitazioni e una maggior frequenza degli eventi meteorologici estremi in alta montagna possono avere esiti devastanti sul piano geomorfologico.

I fenomeni più consueti sono le frane, i movimenti sui corpi detritici sciolti e morenici e la formazione o la scomparsa di laghetti e/o pozze montane.

In accordo con IRPI – Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica del CNR – si potrà dare vita a un sistema di segnalazione di ciò che succede intorno ai rifugi della rete e sui sentieri di arrivo/partenza in termini di:

- monitoraggio delle frane, soprattutto le piccole perché le grandi – sopra i 1.500 m – sono già monitorate da IRPI-CNR, attraverso una documentazione fotografica con geolocalizzazione e data della documentazione e dell'evento (se conosciuta);
- monitoraggio dei movimenti notati su corpi detritici sciolti e morenici sempre con documentazione fotografica geolocalizzata e datata;
- osservazione sullo stato di laghetti e/o pozze montane sempre con documentazione fotografica giustificata.

Per queste osservazioni sono interessati tutti i Rifugi della rete con esclusione di quelli su ghiacciaio (Capanna Margherita, Osservatorio CNR Testa Grigia, Rifugio Torino, Rifugio Marco e Rosa, Rifugio Vioz Mantova).

Anche queste osservazioni, definite con prove su campo, potrebbero iniziare nel 2026, prima con alcune giornate di formazione tenute presso la rete dei Rifugi e poi sul campo dai Soci CAI interessati a questa collaborazione.



Figura 10 - Movimenti di corpi detritici sciolti - ph G. Margheritini

Osservazioni botaniche

I cambiamenti climatici globali in atto rappresentano una grave minaccia per gli ecosistemi in quanto comportano modifiche nei regimi termo-pluviometrici molto repentine e difficilmente sostenibili dalle attuali biocenosi.

Nell'ultimo secolo, per esempio, le temperature medie globali sono aumentate di 0,7 °C e si prevede che aumenteranno di 1,1-6,4 °C entro la fine del XXI secolo rispetto ai valori di riferimento del periodo 1980 -1999 (IPCC, 2013).

Oltre agli ambienti polari, si prevede che saranno soprattutto gli ambienti altomontani a essere influenzati (Gottfried *et al.*, 2012) in quanto l'incremento delle temperature favorirà l'arrivo in quota di specie termofile e, al contempo, aumenterà il rischio di estinzione (almeno locale) delle specie microterme tipiche delle alte quote.

Tali stravolgimenti assumono una valenza ancora maggiore se si considera che gli ambienti altomontani sono ricchi di specie vegetali endemiche, molte delle quali rare e già ora a rischio di estinzione. Le piante, dunque, siano esse considerate a livello di specie o di comunità,

sono degli ottimi bioindicatori in grado di reagire in termini di presenza/assenza e abbondanza alle mutate caratteristiche ambientali. Comprendere pertanto l'effetto dei cambiamenti climatici sulla biodiversità vegetale è di fondamentale importanza per la conservazione di quest'ultima e, più in generale, per il benessere dell'uomo (Shivanna, 2022).

Le osservazioni, alcune delle quali hanno preso il via da tempo, sono così organizzate:

- monitoraggio fenologico su almeno tre specie a rischio nei dintorni di ogni rifugio con esclusione di quelli su ghiacciaio (Capanna Margherita, Osservatorio CNR Testa Grigia, Rifugio Torino, Rifugio Marco e Rosa, Rifugio Vioz Mantova).
- monitoraggio fitosociologico su quattro *plot* in almeno tre rifugi della rete in area periglaciale sulle Alpi, e su due rifugi in area sommitale appenninica.

Per entrambi i monitoraggi sono state definite le procedure di attuazione in modo che persone diverse possano produrre uguali informazioni.

Specie in monitoraggio	Rifugi in attività													
	Rifugio Pagari	Rifugio Quintino Sella	Rifugio Gastaldi	Rifugio Chiarella	Rifugio Maria Luisa	Rifugio Curò	Rifugio Telegrafo	Rifugio Gilberti	Rifugio Battisti	Rifugio Esperia - Area PC	Osservatorio CNR O. Vittori	Rifugio Rossi	Rifugio Duca degli Abruzzi	Rifugio Cervati
	Alpi							Appennino						
<i>Achillea barrelieri</i>														3
<i>Achillea clavennae</i>								3						
<i>Armeria arenaria subsp. marginata</i>									3	10	15			
<i>Armeria gracilis subsp. majellensis</i>													3	
<i>Aster alpinus subsp. alpinus</i>				3	5	2	1			1	10		3	
<i>Cerastium tomentosum</i>														10
<i>Cerastium uniflorum</i>				3										
<i>Dryas octopetala</i>								3						
<i>Edraianthus graminifolius subsp. graminifolius</i>														10
<i>Geranium argenteum</i>								5			5	4		
<i>Globularia cordifolia subsp. bellifolia</i>														10
<i>Jacobaea incana</i>	3	3			5				5					
<i>Leucanthemopsis alpina</i>	3	3	10											
<i>Linaria alpina</i>				2	2		3					1		
<i>Potentilla nitida</i>						3		3						
<i>Primula glaucescens</i>						2								
<i>Saxifraga bryoides</i>			10											
<i>Silene acaulis subsp. bryoides</i>	3	3	10	3									3	
<i>Viscaria alpina</i>									3					
Inizio monitoraggio	2024	2024	2024	2024	2024	2025	2025	2025	2025	2020	2020	2025	2025	2024

Tabella 9 - Monitoraggio fenologico nel 2025. Si ricorda che i numeri indicano quante stazioni di monitoraggio sono attive per specie/Rifugio

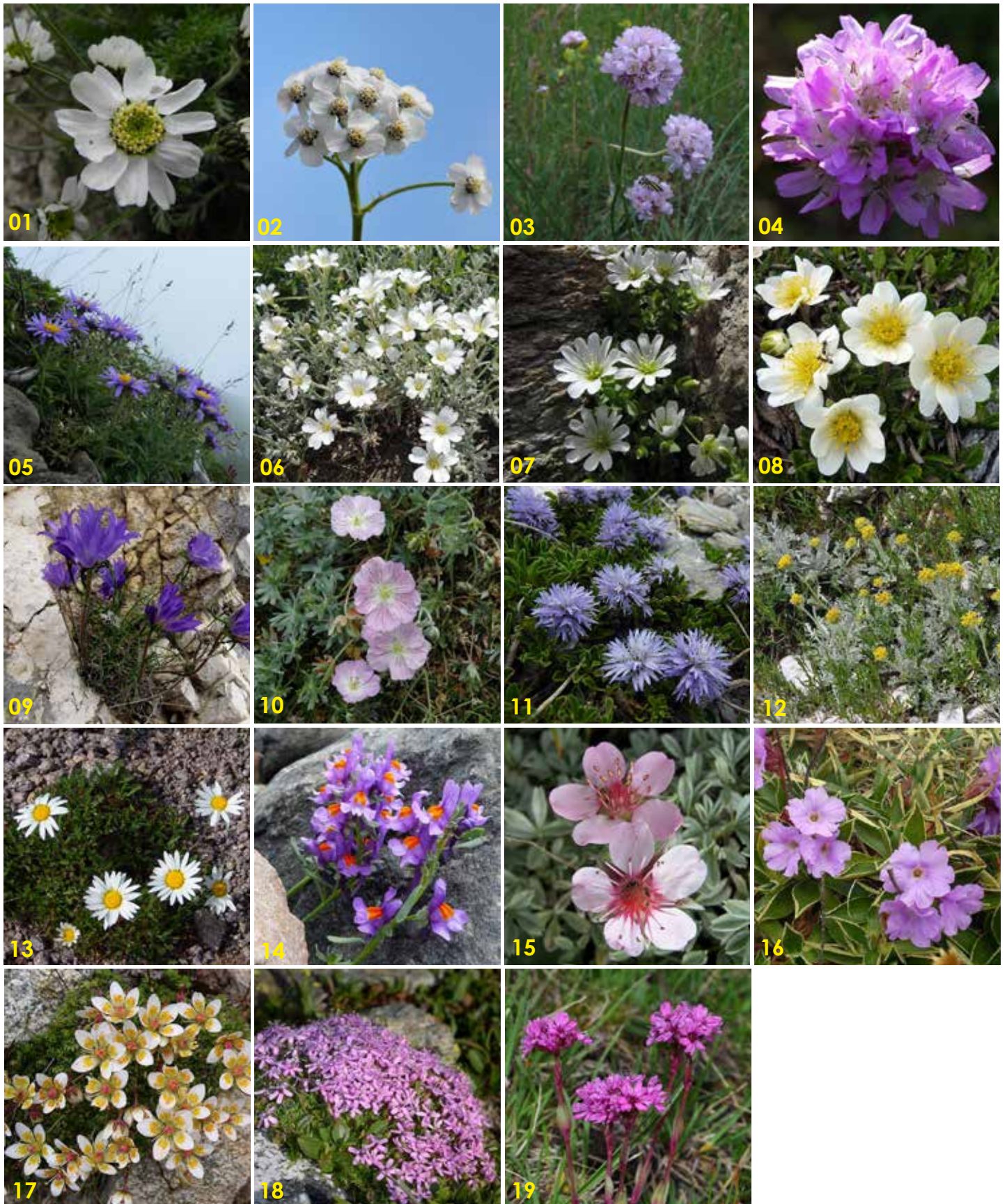


Figura 11 - Le 19 specie in monitoraggio fenologico: 01 *Achillea barrelieri*, 02 *Achillea clavennae*, 03 *Armeria arenaria* subsp. *marginata*, 04 *Armeria gracilis* subsp. *majellensis*, 05 *Aster alpinus* subsp. *alpinus*, 06 *Cerastium tomentosum*, 07 *Cerastium uniflorum*, 08 *Dryas octopetala*, 09 *Edraianthus graminifolius* subsp. *graminifolius*, 10 *Geranium argenteum*, 11 *Globularia cordifolia* subsp. *bellifolia*, 12 *Jacobea incana*, 13 *Leucanthemopsis alpina*, 14 *Linaria alpina*, 15 *Potentilla nitida*, 16 *Primula glaucescens*, 17 *Saxifraga bryoides*, 18 *Silene acaulis* subsp. *bryoides*, 19 *Viscaria alpina* - ph Acta Plantarum

Sono stati tenuti anche incontri di formazione nel 2020 per l'area del Monte Cimone e dal 2023 fino al 2025 per l'area LPV (presso il Rifugio Jervis), per la Lombardia, per la Campania, per il VFG rivolti a circa 95 volontari CAI nelle varie aree interessate e presso i rifugi in oggetto.

Monitoraggio fenologico

Nella Tabella 9 ci sono le indicazioni dei 14 Rifugi della rete attivi e le specie in monitoraggio. Nella Figura 10 sono illustrate le 19 specie oggetto di studio.

Nella tabella 9 i numeri nelle colonne indicano il numero di stazioni – per specie e per rifugio – censite, georeferenziate e monitorate dall'avvio dei lavori a tutto il 2025. Per i monitoraggi avvenuti presso l'**Osservatorio CNR O. Vittori** di Monte Cimone e presso il **Rifugio Esperia** a partire dal 2020, già esistono pubblicazioni scientifiche sul tema nei Bollettini del CSC-CAI:

- Barbieri G., 2021 - *Monitoraggio botanico di alcune specie target, possibili indicatrici di cambiamento climatico, al Monte Cimone. Report primo anno del progetto* - Ottobre 2021 - pp 23-29
- Barbieri G., 2022 - *Monitoraggio botanico di alcune specie target, possibili indicatrici di cambiamento climatico, al Monte Cimone. Report secondo anno del progetto* - Ottobre 2022 - pp 59-75
- Barbieri G., 2023 - *Monitoraggio botanico di alcune specie target, possibili indicatrici di cambiamento climatico, al Monte Cimone. Report terzo anno del progetto* - Aprile 2023 - pp 45-61
- Barbieri G., Pinotti E., 2022 - *Monitoraggio botanico di alcune specie target, possibili indicatrici di cambiamento climatico, nelle aree di Groppo Rosso, Valle Tribolata e Ciapa Liscia. Report primo anno del progetto* - Ottobre 2022 - pp 77-83
- Barbieri G., Pinotti E., 2024 - *Monitoraggio botanico di alcune specie target, possibili indicatrici di cambiamento climatico, nelle aree di Groppo Rosso, Valle Tribolata e Ciapa Liscia. Report secondo anno del progetto* - Aprile 2024 - pp 49-57
- Barbieri G., Marino E., 2024 - *Cambiamenti climatici e piante officinali. Il caso della coltivazione della salvia comune (Salvia officinalis) e della lavanda vera (Lavandula angustifolia)* - Aprile 2024 - pp 59-65
- Barbieri G., 2026 - *Monte Cimone - Sei anni di monitoraggi botanici nell'ambito del progetto Rifugi Sentinella del clima e dell'ambiente - 2020-2025* - Aprile 2026 - pp 37-49

Inoltre nello stesso periodo nei dintorni dell'**Osservatorio CNR O. Vittori** sul Monte Cimone sono state individuate due stazioni inedite di **Linum capitatum subsp. serrulatum** che in Emilia Romagna rappresenta una specie di grande interesse conservazionistico vista la sua rarità.

Anche per questa scoperta esiste già la pubblicazione scientifica sul Bollettino del CSC-CAI:

- Barbieri G., 2024 - *Linum capitatum subsp. serrulatum - Specie di interesse conservazionistico - Monitoraggio presso i Rifugi Sentinella del clima e dell'ambiente* - Ottobre 2024 - pp 21-29

Come indicato nella Tabella 8 tra il 2024 e il 2025 hanno preso corpo tutti i monitoraggi indicati (alcuni limitati all'individuazione delle stazioni e al censimento delle specie, altri in maniera completa con i rilievi fenologici in tutto il periodo estivo).

Qui di seguito potete trovare due contributi scientifici che riguardano il **Rifugio Gastaldi**:

- Barolin D., Teppa G., 2024 - *La vegetazione del bacino glaciale della Bessanese - Contributo alla conoscenza della colonizzazione vegetale di un'area glaciale delle Alpi Graie - Rifugio Gastaldi* - Aprile 2024 - pp 37-47
- Matta E., Nigrelli G., 2024 - *Rilievi fenologici presso il Rifugio Gastaldi - Estate 2024* - Aprile 2025 - pp 27-33

e un completo contributo scientifico che riguarda il **Rifugio Cervati**:

- Stinca A., Bonanomi G., Nicastrì A., Errico D., Bigu B., Ciano I., Bellucci F., 2025 - *Rilievi botanici, faunistici e inquinamento luminoso - Primi studi presso il Rifugio Cervati* - Aprile 2025 - pp 39-57

Tutti questi monitoraggi fenologici sono coordinati da Giovanna Barbieri per le Alpi e Appennino settentrionale (nel 2025 la Barbieri si è occupata di fare partire il monitoraggio anche in Abruzzo) e da Adriano Stinca per l'Appennino centrale, meridionale e Sicilia, entrambi con l'aiuto di Soci CAI volontari che, dopo adeguato addestramento, effettuano il lavoro su campo nel rispetto delle indicazioni stabilite come una normale attività di *Citizen Science*.

Dal rilevamento fenologico è nato un altro importante progetto che ha trovato l'interesse dell'Università Statale di Milano che riguarda l'analisi genetica di alcune delle specie in esame. In particolare sono le specie che troviamo in diversi punti tra Alpi e Appennini, con diversità sostanziali tra: posizione geografica, suoli, quote, esposizioni.

I ricercatori dell'Università di Milano hanno trovato interessante scoprire se la specie si perpetua così com'è oppure se si sono creati nel tempo degli ecotipi (cioè degli *unicum*). Perciò è in corso questo progetto, in cui l'Università finanzia gli esami genetici e il CAI, attraverso i Soci volontari fornisce le campionature da analizzare. La situazione in essere è la seguente (Tabella 10) e dovrebbe concretizzarsi nel corso del 2026:

Specie in esame per analisi genetica	Aree dei Rifugi Sentinella interessati												Altri luoghi		
	Osservatorio CNR Monte Cimone	Rifugio Esperia Area PC	Rifugio Battifis	Rifugio Rossi	Rifugio Chiarella	Rifugio Telegrafo	Rifugio Curò	Rifugio Città di Carpi	Rifugio Duca degli Abruzzi	Rifugio Maria Luisa	Rifugio Quintino Sella	Rifugio Pagani	Valle d'Aosta Cervinia	Friuli Venezia Giulia Monte Peralba	Veneto Rifugio Semenza
<i>Aster alpinus</i> subsp. <i>alpinus</i>	x	x	x		x	x	x		x	x				x	x
<i>Geranium argenteum</i>	x					x									x
<i>Linaria alpina</i>				x	x	x	x	x	x	x					x
<i>Jacobea incana</i>			x							x		x	x		

Tabella 10 - Specie in esame per analisi genetica

Monitoraggio fitosociologico

Nel 2024 questa attività è iniziata in Appennino meridionale presso il **Rifugio Cervati** sulla parte sommitale del Monte Cervati. Per questo si può consultare l'articolo scientifico pubblicato su questo Bollettino CSC-CAI:

- Stinca A., Bonanomi G., Nicastrì A., Errico D., Bigu B., Ciano I., Bellucci F., 2025 - *Rilievi botanici, faunistici e inquinamento luminoso - Primi studi presso il Rifugio Cervati* - Aprile 2025 - pp 39-57

Nel 2025 si è completata l'estensione in Appennino settentrionale presso il **Rifugio Battisti** - 1765 m - sui versanti sommitali del Monte Prado 2054 m.

Per il 2026 restano le tre stazioni sulle Alpi per le quali tutta la strumentazione è già disponibile:

- Alpi occidentali: presso il **Rifugio Chiarella** - 2979 m - nei dintorni del Rifugio;
- Alpi Orobie meridionali: presso il **Rifugio Curò** - 1915 m - sui versanti periglaciali del Monte Gleno 2882 m;
- Alpi orientali: presso il **Rifugio Galassi** - 2018 m - sui versanti periglaciali dell'Antelao 3.264 m.

Lo studio intende confrontare le caratteristiche delle aree periglaciali e/o delle praterie altomontane (ricchezza specifica, abbondanza percentuale delle singole specie, aspetti funzionali e corologici) a intervalli regolari di un anno

per un arco temporale di almeno 10 anni. Lo studio prevede un'attività di campo da svolgersi annualmente nel corso della prima decade di luglio che generalmente rappresenta il periodo più favorevole per questo tipo di rilievi in alta montagna. L'avvio dello studio sui tre siti individuati è previsto nell'estate del 2026. All'attività di campo sarà abbinata l'indispensabile attività in laboratorio per l'identificazione dei taxa appartenenti ai gruppi tassonomici critici (es. generi *Festuca* e *Thymus*), per la preparazione del materiale d'erbario e per la successiva archiviazione fisica e digitale di questo nell'*Herbarium Austroitalicum*. Per l'identificazione tassonomica delle piante si farà riferimento principalmente a *Flora d'Italia* (Pignatti et al., 2017-2019) e *Flora Europaea* (Tutin et al., 1964-1980, 1993). La nomenclatura dei taxa censiti sarà aggiornata in base alla recente *Checklist* della flora vascolare italiana (Bartolucci et al., 2024).

Nel 2025 è stato allestito il monitoraggio presso il Rifugio Battisti. Questi nuovi allestimenti e monitoraggi, così come quello già in essere presso il Rifugio Cervati saranno coordinati e gestiti da Adriano Stinca con l'aiuto di Soci CAI volontari che, dopo adeguato addestramento, effettuano il lavoro sul campo nel rispetto delle indicazioni stabilite (attività di *Citizen Science*).



Figura 11 - Prima vegetazione in area periglaciale - ph Wikipedia

Osservazioni faunistiche

Come per le osservazioni botaniche si sono iniziate a sviluppare anche quelle destinate alla fauna. L'organizzazione di queste osservazioni è stata basata sui seguenti obiettivi:

- verificare quale fauna sia presente nei dintorni dei vari Rifugi Sentinella (fino a qualche chilometro), documentando specie, presenza, frequenza;
- monitorare, sui Rifugi Sentinella in aree glaciali e periglaciali, la presenza del fringuello alpino, dello spioncello e/o altri uccelli;
- studiare il comportamento dei chiroteri presenti in grotte nei dintorni di alcuni Rifugi Sentinella;
- studiare la biodiversità in quota attraverso l'analisi della comunità macrozoobentonica in laghetti/pozze in alta montagna;
- studiare la biodiversità delle lettiere dei boschi, in funzione dei cambiamenti climatici in atto, attraverso lo studio faunistico e di dinamica di popolazione dei tardigradi presenti.

Per questi monitoraggi sono state definite le procedure di attuazione in modo che persone diverse producano le stesse informazioni. Sono stati tenuti anche i primi incontri di formazione nei primi mesi del 2024 per i volontari CAI. Inoltre tutte queste attività sono svolte con il contributo scientifico del Museo di Trento, di ricercatori dell'Università di Modena e Reggio Emilia e dell'Università di Catania.

Monitoraggio fauna nei dintorni dei rifugi

Questa attività di monitoraggio è svolta attraverso la posa di fototrappole in luoghi georeferenziati e per periodi indicati. Ciò ci permette di individuare le specie presenti nei dintorni di quel rifugio, di individuare i luoghi di maggiore o minore frequentazione (per specie, per data, orario). Tutto questo ci darà poi la possibilità di scelta per gli approfondimenti che si riterranno necessari (per specie, periodo, stagione, ecc.). I rifugi dove sono iniziati questi monitoraggi a partire dal 2024 sono:

Rifugio	Quota m	Fototrappole n°
Rifugio Esperia	1500	6
Rifugio Cervati	1597	6
Rifugio Maria Luisa	2157	3
Rifugio Chiarella	2979	4
Rifugio Gastaldi	2659	3
Rifugio Curò	1905	4
Rifugio Galassi	2018	2
Rifugio Telegrafo	2147	2
Rifugio Rossi	1609	1
Rifugio Sebastiani	2102	3
Rifugio Gilberti	1850	1
Rifugio Citelli	1740	3
Rifugio Rinaldi	2108	1
Rifugio Quintino Sella	2640	2
Rifugio Pagari	2627	2
Rifugio Casonetto	700	1

Tabella 11 - Monitoraggio ornitologico nel 2025

Per quanto riguarda il monitoraggio attraverso fototrappole vi è un primo lavoro scientifico pubblicato che riguarda l'attività svolta presso il **Rifugio Cervati**.

- Stinca A., Bonanomi G., Nicastri A., Errico D., Bigu B., Ciano I., Bellucci F., 2025 - *Rilievi botanici, faunistici e inquinamento luminoso - Primi studi presso il Rifugio Cervati* - Aprile 2025 - pp 35-55



Figure 12, 13, 14, 15 - Tasso, lepre, lupi e stambecchi. Alcuni esempi di foto in diversi rifugi. (Sono dei fermo immagine dei video di varie fototrappole)

Monitoraggi ornitologici

Questa attività di monitoraggio, in collaborazione con il Muse di Trento viene sviluppata attraverso la posa di nidi artificiali e la successiva osservazione visiva. Abbiamo installato i nidi artificiali (forniti dal Muse) presso i rifugi riportati in Tabella 12 qui in basso. Tutti i nidi installati hanno a disposizione una fototrappola (alcune ancora da installare) per documentare la frequentazione e per classificare la specie. Per chiarimento noi **non eseguiamo nessuna cattura degli uccelli** che frequentano i nidi (se non fotografica) e **tantomeno eseguiamo pratiche di inanellamento**.

Per il centro Italia ci si avvale dell'apporto dei Carabinieri Reparto Biodiversità de L'Aquila con la stazione ornitologica dell'altopiano di Campo Imperatore la stazione di studio più in quota del Centro Italia, che può garantire un modello di studio degli effetti dei cambiamenti climatici sulle popolazioni d'uccelli negli ambienti d'alta quota.

Il monitoraggio dei passeriformi a scopo scientifico viene svolto secondo le direttive scientifiche del Centro Nazionale di Inanellamento ISPRA.

L'aggiornamento continuo della *chek-list* degli uccelli, rappresenta uno strumento essenziale per valutare la struttura della comunità ornitica nell'area dell'altopiano di Campo Imperatore e la relativa caratteristica fenologica.

Da nostra parte, una volta individuate tramite le fototrappole le specie target, informiamo il Muse e i Carabinieri della Biodiversità fornendo loro la localizzazione geografica, la



Figura 16 - Nido artificiale installato al Rifugio Gastaldi con fototrappola laterale - ph G. Nigrelli

quota del nido e il materiale fotografico ottenuto tramite fototrappola per la loro valutazione e registrazione.

Nella Stazione Ornitologica di Campo Imperatore sono organizzate attività didattiche divulgative, aperte al pubblico, durante i mesi estivi di ogni anno, utili anche per la formazione dei nostri ONC e dei Soci volontari a seguire queste attività.

Per avere indicazioni complessive sulla frequentazione ornitica nelle aree dei rifugi, abbiamo iniziato in alcuni rifugi il monitoraggio ornitologico invernale tramite mangiatoie artificiali munite di fototrappola per documentare le specie. Ciò permette di censire le specie locali e registrarne le abitudini.

Monitoraggio ornitologico - Situazione installazione e frequentazione nidi					
Rifugio	Quota del nido	Data installazione	Osservazione 2024	Osservazione 2025	Osservazioni 2026
Rifugio Pagari	2427 m	30/07/2024	-	-	
Rifugio Quintino Sella	2640 m	10/09/2024	-	-	
Rifugio Gastaldi	2659 m	09/07/2024	-	Ballerina bianca	
Rifugio Chiarella	2979 m	30/06/2024	-	-	
Rifugio Maria Luisa	2157 m	10/10/2024	-	Fringuello alpino	
Rifugio Marco e Rosa	3609 m	07/09/2024	-	-	
Rifugio Vioz Mantova	3535 m	30/08/2024	-	-	
Rifugio Telegrafo	2147 m	26/05/2024	Codiroso spazzacamino	Codiroso spazzacamino	
Rifugio Galassi	2018 m	18/07/2024	-	-	
Rifugio Città di Carpi	2110 m	18/11/2024	-	-	
Rifugio Gilberti	1992 m	16/09/2024	-	Ballerina bianca (forse)	
Rifugio Rinaldi	2108 m	15/06/2024	-	Codiroso spazzacamino	
Rifugio V. Sebastiani	2102 m	28/08/2025	-	-	

Tabella 12 - Monitoraggio ornitologico tramite nido artificiale

Monitoraggio ornitologico - Tramite mangiatoia artificiale			
Rifugio	Quota	Periodo invernale	Specie registrate
Rifugio Esperia Appennino settentrionale Monte Cimone	1500 m	2024/2025	Cincia bigia, Cincia dal ciuffo, Cincia mora, Cinciallegra, Cinciarella, Fringuello, Lui piccolo, Peppola, Picchio muratore, Picchio rosso maggiore, Cardellino
Rifugio Cervati Appennino meridionale Massiccio del Cervati	1597 m	2025/2026	(classificazione ancora in corso)

Tabella 13 - Monitoraggio ornitologico tramite mangiatoia artificiale. La classificazione delle specie è stata curata dai ricercatori ornitologici del Museo Civico di Ecologia e Storia Naturale di Marano sul Panaro.



Figura 17 - Mangiatoia artificiale presso il Rifugio Esperia - ph G. Cerè

Monitoraggio chirotteri

I chirotteri sono mammiferi estremamente specializzati. Possiedono infatti caratteristiche del tutto peculiari come la capacità di volare, di "vedere" nella più completa oscurità grazie a un sistema di ecolocalizzazione a ultrasuoni e di sopravvivere in stato di letargo ai lunghi mesi invernali, quando le prede scarseggiano e le temperature sono particolarmente rigide.

L'avanzato grado di specializzazione e la loro particolare sensibilità al disturbo nelle fasi critiche dell'ibernazione e della riproduzione, fanno dei chirotteri uno dei gruppi più vulnerabili alle rapide modificazioni ambientali e all'interazione con le attività umane. Così, tra i mammiferi terrestri presenti nel nostro Paese, essi costituiscono l'ordine rappresentato dal maggior numero di specie minacciate.

Resti fossili dimostrano che i pipistrelli esistevano, in forme paragonabili a quelle attuali, già 50 milioni di anni fa. Da allora la loro abbondanza, sia in specie sia in numero di

esemplari, ha subito grandi variazioni a causa di cambiamenti del clima e della copertura vegetale.

A questi fattori, che ancora continuano a operare, si aggiungono oggi modificazioni ben più rapide dovute all'attività umana. Abbiamo individuato alcuni rifugi della rete "Rifugi Sentinella del clima e dell'ambiente" che hanno la presenza dei chirotteri nei loro dintorni.

Per questo abbiamo avviato uno studio pilota presso alcune grotte presenti vicine al Rifugio Citelli, 1740 m sull'Etna per studiare le colonie lì residenti e mettere a fuoco la metodologia in modo che possa poi essere replicata presso altri rifugi della rete. Lo studio è in corso e solo verso la fine del 2026 avremo osservazioni utili per un primo report scientifico.

Sono impegnati a portare avanti questo monitoraggio alcuni esperti dell'Università di Catania insieme a Soci CAI di Catania, di Giarre e di Pedara debitamente formati.



Figure 18 e 19 - Rinolofa maggiore e Miniottero comune. Esempi dei monitoraggi nelle grotte in area Rifugio Citelli - ph C. Bucolo

Monitoraggio biodiversità dei laghetti montani

Molti dei macroinvertebrati bentonici presenti nei laghetti montani sono importanti indicatori biologici (bioindicatori) della qualità dell'acqua in cui vivono. Le comunità di questi macroinvertebrati hanno famiglie e generi molto, o in parte, sensibili alle alterazioni delle caratteristiche ambientali provocate sia dalla presenza antropica sia dai cambiamenti climatici. Il loro monitoraggio, seguendo precisi protocolli, può fornire utilissime indicazioni di cambiamento delle caratteristiche ambientali e della qualità dell'acqua.

Abbiamo, per ora, dato vita al primo monitoraggio presso il Rifugio Esperia con la guida dei ricercatori dell'Università di Modena e Reggio Emilia. I risultati sono già stati pubblicati sul Bollettino del CSC-CAI:

- Torroni A., Fabbri F., Barbieri G., 2022 - *Biodiversità in ambienti in quota - Analisi della comunità macrozoobentonica del laghetto del Giardino Esperia - Ottobre 2022* - pp 111-137

La ripetizione di questo monitoraggio è prevista dopo 5 anni (2027) in modo da poter avere elementi di prima comparazione. Abbiamo iniziato nel 2025 il monitoraggio del Laghetto Rovinella, nei dintorni del Rifugio Esperia, che è minacciato di diventare fonte di approvvigionamento per l'impianto di neve artificiale per le piste del Monte Cimone (purtroppo è di poco fuori dall'area di protezione di Ente Parco Emilia Centrale). Stiamo aspettando la risposta dei ricercatori di UNIMORE per iniziare nel 2026 il monitoraggio del Lago della Bargetana, nei dintorni del Rifugio Battisti sempre in Appennino settentrionale.



Figura 20 e 21 - In alto rospo comune (*Bufo bufo*), sotto *Ephemeroptera*, ninfa di *Baetidae* - ph A. Torroni

Monitoraggio biodiversità delle lettiere dei boschi

La biodiversità del nostro pianeta è sempre più minacciata a causa dei cambiamenti climatici, pertanto vi è la necessità di monitorarla con metodiche tempestive e non solo attraverso gli organismi più visibili, ma anche considerando l'equilibrio di comunità di organismi non direttamente osservabili dall'occhio umano. L'obiettivo è lo studio della biodiversità delle lettiere dei boschi attraverso il monitoraggio faunistico e di dinamica di popolazione dei tardigradi presenti nelle lettiere.

Abbiamo, per ora, dato vita al primo monitoraggio, presso il Rifugio Esperia nelle lettiere di faggio nei dintorni del rifugio, condotto da ricercatori di UNIMORE con l'assistenza di nostri soci CAI. La ricerca si estenderà per buona parte a tutto il 2025 ma i primi risultati sono contenuti nell'articolo pubblicato sul Bollettino CSC-CAI:

- Bertolani R., Frigieri F., Guidetti R., 2025 - *I tardigradi della lettiera di faggio - Primi studi presso il Rifugio Esperia* - Aprile 2025 - pp 59-67

Dopo questo primo studio, in accordo con UNIMORE, ne definiremo altri tra i rifugi che hanno lettiere di faggio nei propri dintorni come: il Rifugio Citelli, l'Osservatorio CNR di Monte Curcio sulla Sila, il Rifugio Cervati, il Rifugio Monte Maggio in Umbria, il Rifugio Battisti e il Rifugio Monte Aiona sull'Appennino settentrionale.

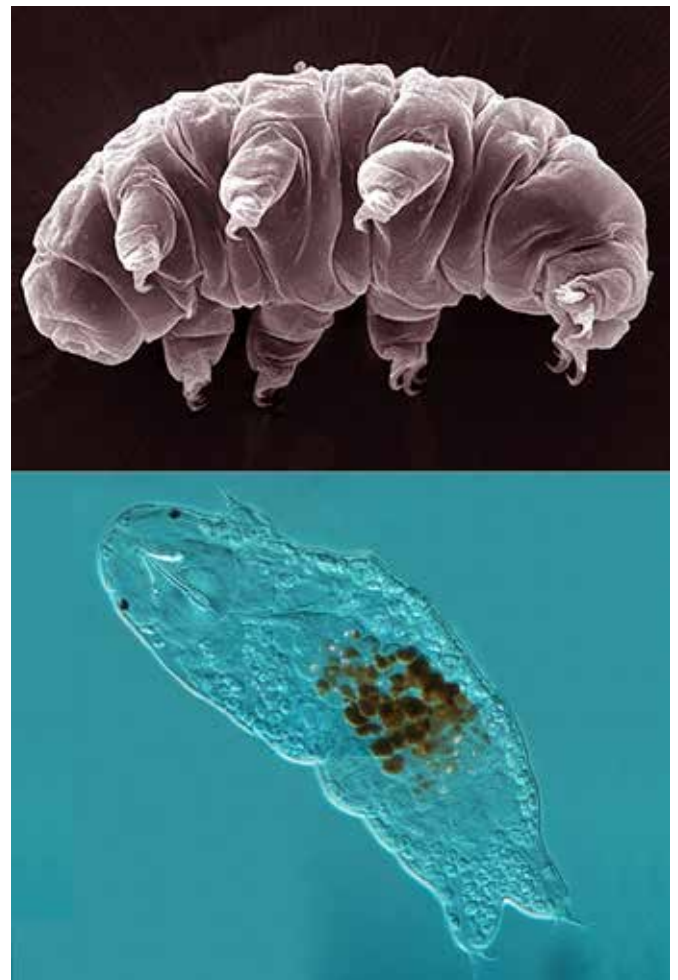


Figura 22 e 23 - Sopra: *Paramacrobiotus fairbanksi* al microscopio elettronico a scansione (SEM; lunghezza 300 μ m), sotto *Hypsibius dujardini* al microscopio ottico con contrasto interferenziale (Nomarski; lunghezza 240 μ m) - ph UNIMORE

Monitoraggio inquinamento luminoso

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; 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 in quanto l'eccesso d'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, creano quel bagliore che rende la notte meno scura e le stelle meno visibili anche lontano dalle città.

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 porta 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 hanno 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.

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. Ha effetti significativi non solo sugli esseri umani, ma anche sulla fauna selvatica, influenzando i ritmi naturali, i comportamenti e gli ecosistemi.

Molti animali regolano le proprie attività quotidiane e stagionali in base all'alternanza naturale tra luce e buio. L'inquinamento luminoso interferisce con questi ritmi:

- **Mammiferi notturni** (come pipistrelli, ricci, cervi): possono ridurre l'attività notturna per evitare le aree illuminate, compromettendo alimentazione e riproduzione. Per esempio i pipistrelli svolgono una importante funzione di impollinazione su molte specie, tipo l'Agave (*Agave tequilana*), banane, mango, avocado, ecc.
- **Uccelli migratori**: spesso si orientano con le stelle. Le luci artificiali urbane possono disorientarli, portandoli a schiantarsi contro edifici o a deviare le rotte migratorie.
- **Anfibi** (come rane e rospi): sono molto sensibili alla luce. L'illuminazione notturna può interferire con il canto di accoppiamento e la riproduzione.
- **Tartarughe marine** depongono le uova su spiagge buie, e i piccoli, una volta nati, usano la luce naturale (luna, stelle) per orientarsi verso il mare. Le luci artificiali lungo le coste attirano i cuccioli verso la terraferma invece che verso il mare, causando mortalità elevata per disidratazione, predazione o incidenti stradali.
- **Insetti impollinatori**: vengono attratti da fonti luminose artificiali dove spesso muoiono per sfinimento, ustioni e predazione provocando una diminuzione significativa di impollinatori notturni. Insetti come le falene, coleotteri e scarabei sono responsabili dell'impollinazione di molte specie, tra le quali: Gelsomino notturno (*Cestrum nocturnum*), Fiore della luna (*Ipomoea alba*), Bella di notte (*Mirabilis jalapa*), Trombone degli angeli (*Datura L.*), *Tabacco ornamentale* (*Nicotiana glauca*), *Enagra comune* (*Oenothera biennis L.*), *Regina della notte* (*Selenicereus gradiflorus*), ecc.

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.

A livello internazionale esistono delle iniziative rivolte a comunità regionali, 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. Queste azioni sono promosse da associazioni internazionali, come l'*International Dark Sky Association* (IDA, <https://www.darksky.org>), che hanno

C'è vita di notte		Specie stimate	Specie notturne
Vertebrati		n°	%
Mammiferi		5.488	63,8
	Primates (con <i>H. sapiens</i>)	432	31,0
	Chiroteri	1.100	100,0
Uccelli		9.990	19,6
Rettili		8.969	16,6
Anfibi		6.433	93,3
Pesci		30.700	14,1
Totale		61.580	28,0
Invertebrati			
Insetti		950.000	49,4
	Lepidotteri	180.000	77,8
	Coleotteri	500.000	60,0
Crostacei		40.000	50,0
Aracnidi		98.000	5,0
Molluschi		81.000	?
Coralli		2.175	?
altri		61.209	?
Totale		1.232.384	64,4

Tabella 14 - C'è vita di notte - Fonte Hölker et al. 2010. TREE

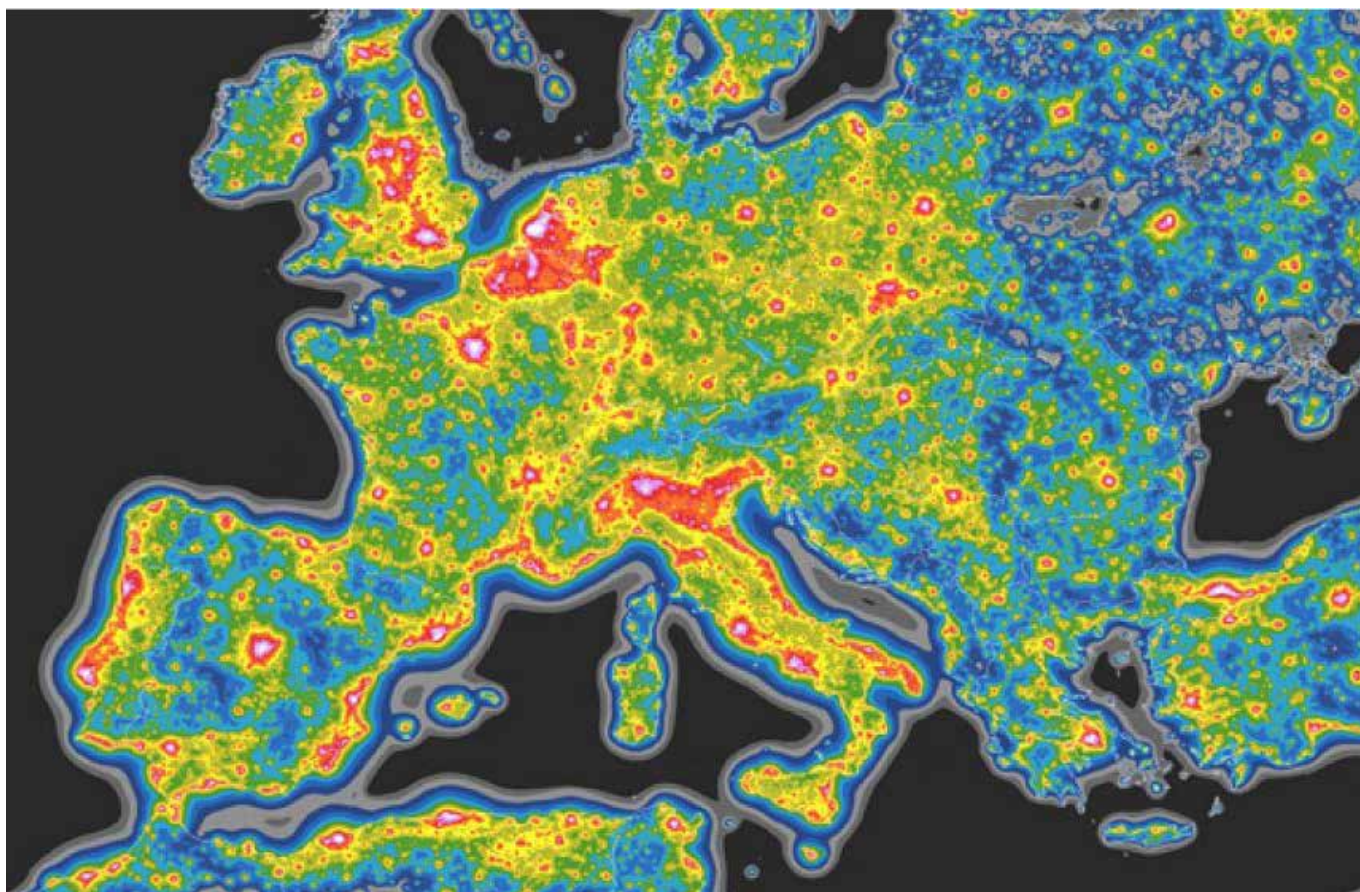


Figura 24 - Inquinamento notturno in Europa. L'Italia è il paese, tra i 20 più industrializzati, con il più alto tasso di inquinamento luminoso - Fonte "New World Atlas of Artificial Night Sky Brightness"

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 adeguamento e promossi a livello mondiale attraverso i canali mediatici dell'associazione.

Per quantificare l'impatto dell'inquinamento luminoso e la qualità del cielo notturno è necessario misurarli 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 e, più recentemente, anche i droni, utilizzando modelli per stimare l'intensità e la composizione spettrale regionale e mondiale di ALAN 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 che forniscono una mappatura della calotta celeste in RGB e i sensori pancromatici che forniscono la brillantezza cumulata del cielo notturno. Dopo due anni di studi e monitoraggi

condotti da IBE-CNR (Istituto di BioEconomia) con pubblicazione sul Bollettino CSC-CAI:

- Masetti L., Meneguzzo F., 2022 - *Il cielo naturale notturno* - Aprile 2022 - pp 123-129

dove uno dei luoghi testati si trovava nei dintorni del Rifugio Battisti in Appennino settentrionale, si è esteso il test presso altri 6 Rifugi della rete dei 'Rifugi Sentinella'. Altri risultati si possono leggere per il Rifugio Cervati in un altro articolo pubblicato sempre sul Bollettino CSC-CAI:

- Stinca A., Bonanomi G., Nicastrì A., Errico D., Bigu B., Ciano I., Bellucci F., 2025 - *Rilievi botanici, faunistici e inquinamento luminoso - Primi studi presso il Rifugio Cervati* - Aprile 2025 - pp 39-57



Figura 25 - Strumento SQM matricola 5689 del CNR installato presso il Rifugio Chiarella - ph I. Cabona

Rifugio	Quota SQM	Data installazione	Letture Valori (senza luna e cielo sereno) (mpsas)	Descrizione indicativa	Posizione (scala lineare fittizia) %	Luminosità (Brillanza) rispetto a Buio 22 = 100 %	Luca extra (Inquinamento) %	
Rifugio Gastaldi	2659 m	30/08/2025	21,40	Cielo molto buio	91,4	174	+74	
Rifugio Chiarella	2979 m	30/06/2024	21,58	Cielo molto buio	94,0	147	+47	
Rifugio Telegrafo	2147 m	10/08/2024	20,92	Buon cielo rurale	84,6	270	+170	
Rifugio Gilberti	1992 m	13/07/2024	21,47	Cielo molto buio	92,4	163	+63	
Rifugio Cervati	1597 m	15/06/2024	21,22	Cielo molto buio	88,9	205	+105	
Rifugio Citelli	1760 m	riposizionato	(valori non ancora disponibili)					
Rifugio Battisti	1761 m	30/08/2021	21,36	Cielo molto buio	90,9	180	+80	

Tabella 15 - In tabella vengono riportate le caratteristiche del luogo, la data di installazione dell'attrezzatura, sapendo che la stessa rimane in attività circa un anno (con un cambio di batteria, momento in cui si scaricano anche i dati), vengono riportati anche i valori misurati (di solito il valore medio tra le varie letture effettuate ai cambi di batteria). A prima vista, la qualità del cielo notturno misurata sembra migliore di quello che è nella realtà, se consideriamo erroneamente i valori come se fossero su una scala lineare. Tuttavia, dobbiamo subito ricrederci perchè i dati **mpsas** sono in scala logaritmica e mostrano, purtroppo, come l'inquinamento luminoso sia diffuso anche in alta montagna. Un esempio interessante e facile da capire è il Rifugio Cervati dove il valore di 21,22 mpsas (è quasi al 89% dal buio naturale su scala lineare) indica esattamente il doppio (205%) di luminosità di un luogo con buio naturale e con luce extra (inquinamento luminoso) pari al + 105%. Un altro caso interessante è il Rifugio Telegrafo che pur essendo a 2147 m (cioè ben 2082 m più alto del Lago di Garda) è abbagliato dalla illuminazione artificiale del lago stesso e dal riverbero che arriva dalla vicina Pianura Padana. Quindi in un luogo incantevole come la vetta del Monte Baldo, si ha una luminosità del 270% in più di un luogo di buio naturale con un inquinamento luminoso molto elevato (+170%).

NOTA: La misura della luminosità in **mpsas** (magnitudini per arcosecondo quadrato, spesso abbreviato come mag/arcsec² o MPSAS) è lo standard utilizzato in astronomia e per monitorare l'inquinamento luminoso al fine di quantificare la **brillanza (luminosità)** del cielo notturno. I punti chiave su questa unità di misura:

- Indica quanta luce viene emessa, diffusa o riflessa da un'area di cielo di un secondo d'arco quadrato.
- I risultati della lettura sono espressi in scala logaritmica inversa: a differenza delle misure di luce comuni, valori più alti di mpsas indicano un cielo più buio: un valore basso (es. 16-18 mpsas) indica un cielo molto inquinato (città); un valore alto (es. 21-22 mpsas) indica un cielo molto buio e incontaminato.
- Una interpretazione approssimativa può essere: <18 mag/arcsec² = cielo urbano estremamente inquinato, 18-19 mag/arcsec² = cielo suburbano, 19-20 mag/arcsec² = cielo rurale, 20-21 mag/arcsec² = cielo rurale/buio, >21 mag/arcsec² = cielo eccellente.

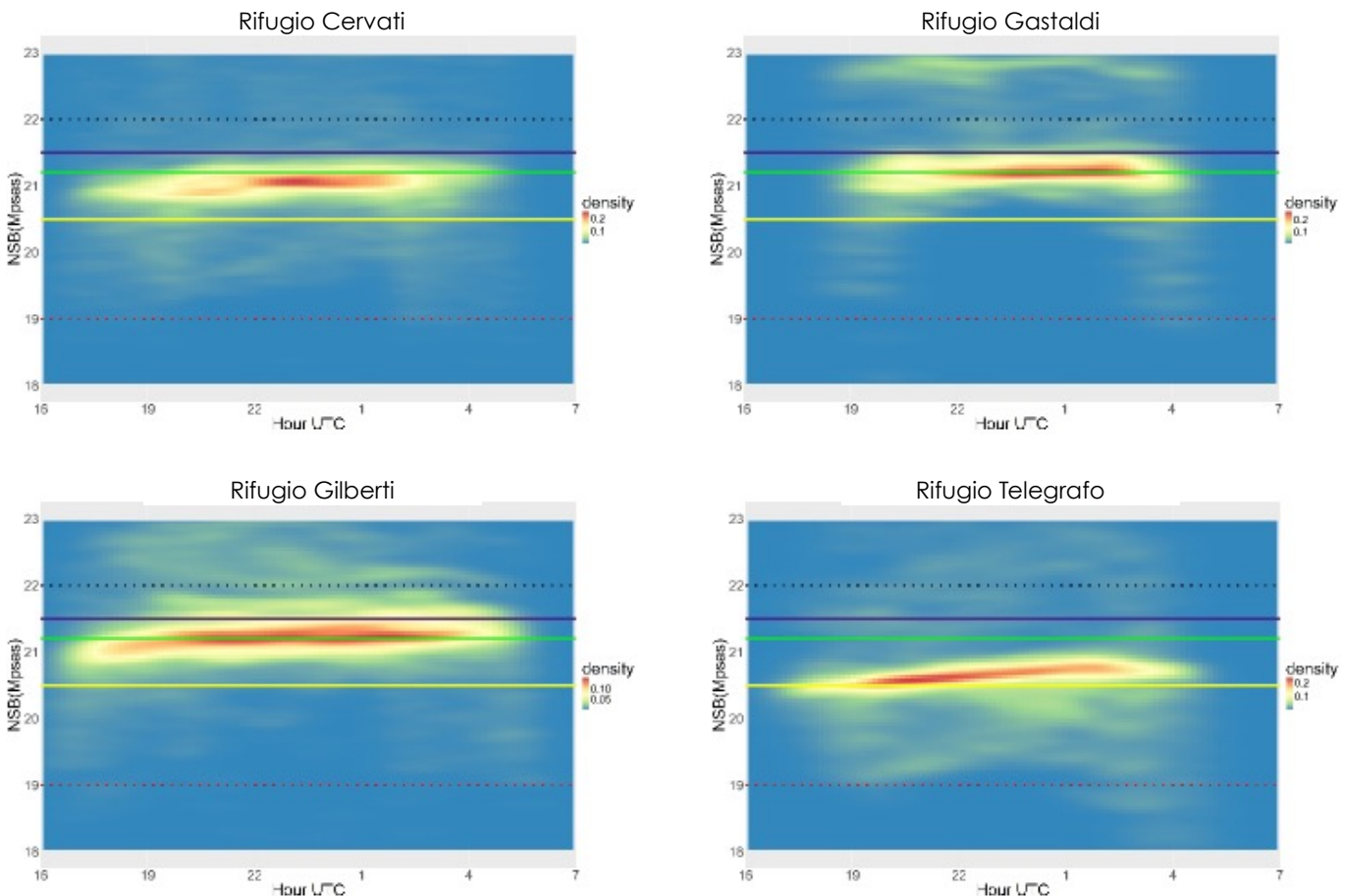


Figura 26 - Alcuni diagrammi jelly fish di quattro stazioni presentate in tabella, in giorni senza luna, che illustrano il risultato di lettura - Fonte IBE-CNR Luciano Massetti

Conclusioni

Sono trascorsi i primi sei anni di questo grande progetto che sta destando interesse non solo nel nostro Paese ma anche in quelli a noi vicini.

La costruzione di una rete altomontana per un costante aggiornamento sullo stato del clima e dell'ambiente delle nostre montagne non è una ripetizione di qualcosa di già esistente perché le reti pre-esistenti non rappresentavano le dorsali montuose d'Italia nella sua interezza (dalle Alpi alla Sicilia).

La si è costituita utilizzando i quattro Osservatori CNR, di cui l'Osservatorio CNR "O. Vittori" di Monte Cimone è il solo rappresentante italiano della rete mondiale WMO, insieme a venticinque rifugi CAI, tutti già esistenti e localizzati nei punti di interesse. Tutto ciò ci ha permesso di costruire senza occupare nuovo spazio e senza cementare nulla.

In questo periodo si sono anche avviate le strategie necessarie per aiutare i Rifugi CAI a essere sempre più luogo di diffusione della cultura scientifica per sviluppare la consapevolezza di come l'uomo e i cambiamenti climatici influenzino le montagne.

Siamo riusciti ad avviare in molti rifugi/osservatori (14) anche buona parte degli studi e osservazioni scientifiche sull'ambiente grazie al lavoro e all'entusiasmo di molti Soci CAI (tra i quali anche molti ricercatori CNR, professori e tecnici universitari).

In questo periodo sono stati redatti un numero importante di articoli scientifici (22) inerenti questo progetto, tutti pubblicati sul Bollettino CSC-CAI e alcuni anche su riviste specializzate e ora anche corredati di codice DOI.

Si è informato e documentato, attraverso la loro federazione, tutti i Parchi in cui risiedono i rifugi/osservatori. Si sono regolarizzati molti accordi e altri sono in regolarizzazione con le università interessate al nostro progetto.

Anche da parte CNR vi sarà sicuramente un nuovo e grande apporto e diffusione con la costituzione, al loro interno, del Gruppo di Lavoro sulle Montagne del Dipartimento di Scienze del Sistema Terra e Tecnologie per l'Ambiente.

Questo è un grande progetto per oggi e per il futuro, dove molte nuove generazioni di soci CAI e di ricercatori del CNR potranno portare avanti quanto iniziato in questi primi sei anni.

Ringraziamenti

Hanno partecipato all'organizzazione, alla divulgazione e al funzionamento del progetto le seguenti persone:

- **CNR:** Angela Marinoni, Paolo Bonasoni, Guido Nigrelli, Luigi Mazari, Silvio Davolio, Stefania Gilardoni, Tony Christian Landi, Erica Matta, Francesco Petracchini, Renato Colucci, Alessandro Bracci, Mariantonia Ben-cardino, Francesco Meneguzzo, Luciano Massetti.
- **CAI SOROA:** Marcello Borrone, Massimo Lozzi, Francesco Abbruscato, Marco Avalis, Benedetta Bolognesi, Angelo Testa, Ivan Simonini e Massimo Caratelli.
- **CAI CSC:** Giovanni Margheritini, Giuliano Cervi, Luca Frezzini, Piero Carlesi, Luca Pelliccioli, Luigi Iozzoli, Giovanna Barbieri, Claudio Biondi, Edoardo Pinotti, Gioia Bossi, Gaetano Falcone, Benedetta Orsini, Alfredo Nicastri, Ivan Borroni, Franco Finelli, Marco Cabbai, Giuseppe Borziello, Valentina Olivieri, Antonino Gullotta.
- **CAI SCUOLA:** Giacomo Benedetti, Filippo Di Donato.

Tutte queste Sezioni CAI con le loro persone hanno reso possibile la formazione, l'organizzazione e la realizzazione di tutto il lavoro di *Citizen Science (studi, monitoraggi e osservazioni)* nei vari territori:

Sezione di Torino (Rifugi Quintino Sella, Gastaldi)

- Francesca Gava
- Sabrina Freddi
- Guido Nigrelli
- Luca Caviglia

Sezione UGET Torino (Rifugi Quintino Sella, Gastaldi)

- Fabio Di Gioia

Sezione UGET Torre Pellice (Rifugio Gastaldi)

- Debora Barolin
- Guido Teppa

Sezione di Volpiano (Rifugio Gastaldi)

- Dino Genovese

Sezione di Chivasso (Rifugio Pagari)

- Enrico Ferrero Varsino

Sezione di Pinerolo (Rifugio Gastaldi)

- Vanessa Bianchi

Sezione di Bordighera (Rifugio Pagari)

- Toja Margi

Sezione di Chiavari (Rifugio Chiarella)

- Arianna Prati
- Lorenzo Cabona
- Ivano Cabona
- Rino Valle

Sezione di Busto Arsizio (Rifugio Maria Luisa)

- Paolo Tagliabue
- Mario Lualdi
- Luigi Spaltini
- Laura Gallazzi
- Giovanni Bertuzzi
- Giovanni Colombo
- Emanuele Bossi
- Dorian Targa
- Salvatore Medau

Sezione di Bergamo (Rifugio Curò)

- Carolina Paglia
- Valter Airoldi
- Danilo Donadoni
- Emanuele Pezzotta
- Giuseppe Belotti
- Michele Leidi

Sezione di Brugherio (Rifugio Curò)

- Domenico Resmini

Sezione di Brescia (Rifugio Curò)

- Nicola Farella
- Luca Bonfà

Sezione di Bozzolo (Rifugi Curò e Telegrafo)

- Simona Natali

Sezione di Mantova (Rifugio Telegrafo)

- Renato Gandolfi
- Davide Cafarra
- Luca Pierotti

Sezione di Verona (Rifugio Telegrafo)

- Alessandro Tenca (gestore Rifugio)

Sezione di Domegge nel Cadore (Rifugio Città di Carpi)

- Gianfranco Valagussa
- Flora Fedon

Sezione di Udine (Rifugio Gilberti)

- Emanuele Rugo
- Silvia Rossi
- Livio De Marchi
- Daniele Scolleder

Sezione di Mestre (Rifugio Galassi)

- Giuseppe Borziello
- Silvio Zanatta (gestore rifugio)
- Elena Sartori
- Elena Patanè

Sezione di Piacenza (Rifugio Esperia - Area PC)

- Edoardo Pinotti
- Alessandro Daturi
- Michele Daturi

Sezione di Reggio Emilia (Rifugio Battisti)

- Stefano Ovi
- Miria Bellotti
- Paola Malavasi
- Giuseppe Torregiani
- Anna Pratisoli
- Angela Venturino

Sezione di Modena (Rifugio Esperia)

- Alessandro Boratto
- Giordano Cerè
- Gabriele Minelli
- Loretta Ferraguti

Sezione di Sassuolo (Rifugio Esperia)

- Giovanna Barbieri
- Antonio Gelati

Sezione di Lucca (Rifugio Rossi)

- Giulio Godi
- Simone Salotti (gestore rifugio)

Sezione Gualdo Tadino (Rifugio Monte Maggio)

- Franco Palazzoni

Sezione di Rieti (Rifugio Rinaldi)

- Francesco Battisti

Sezione di Roma (Rifugio Vincenzo Sebastiani)

- Eleonora Saggioro (gestore Rifugio)

Sezione di Foggia (Rifugio Casonetto)

- Nadia Fabris

Sezione di Gioia del Colle (Rifugio Casonetto)

- Umberto Spinelli
- Vito Lamacchia

Sezione di Avellino (Rifugio Cervati)

- Francesca Bellucci

Sezione di Napoli (Rifugio Cervati)

- Ivan Ciano
- Luigi Iozzoli
- Pellegrino Palumbo

Sezione di Salerno (Rifugio Cervati)

- Giandomenico Amoroso
- Giuseppe Catania
- Emilio Di Biase
- Francesco Galizia
- Agnese Mastromarino
- Walter Pecoraro
- Nanette Maron
- Giuseppe D'Amico (gestore Rifugio)
- Giuliano Bonanomi
- Adriano Stinca
- Alfredo Nicastrì

Sottosezione di Montano Antilia (Rifugio Cervati)

- Gaia Isoldi
- Carlo Forziati (gestore Rifugio)

Sottosezione di Monte Bulgheria (Rifugio Cervati)

- Beatrice Bigu
- Diego Errico

Sezione di Catania (Rifugio Citelli)

- Valentina Oliveri
- Elisa Musumeci
- Carmelo Buculo
- Simone Fontana
- Fabrizio Meli

Sezione di Giarre (Rifugio Citelli)

- Giuseppe De Giorgio
- Antonino Gullotta

Sezione di Pedara (Rifugio Citelli)

- Rosalda Punturo

Bibliografia articoli pubblicati sul Bollettino CSC-CAI

- Barbieri G., 2021 - *Monitoraggio botanico di alcune specie target, possibili indicatrici di cambiamento climatico, al Monte Cimone. Report primo anno del progetto* - Ottobre 2021 - pp 23-29
- Smiraglia C., Fugazza D., Diolaiuti G., 2021 - *Continua inesorabile il regresso dei ghiacciai italiani e alpini. Le evidenze dei recenti catasti* - Aprile 2021 - pp 7-21
- Nigrelli G., Chiarle M., 2022 - *Temperature in aumento nell'ambiente periglaciale alpino. Evoluzione nel periodo 1990-2020* - Aprile 2022 - pp 45-51
- Gobbi M., Ambrosini R., Casarotto C., Diolaiuti G., Ficeola G.F., Lencioni V., Seppi R., Smiraglia C., Tampucci D., Valle B., Caccianiga M., 2022 - *Ghiacciai in estinzione e crisi della biodiversità* - Aprile 2022 - pp 53-65
- Bonasoni P., Frezzini L., Davolio S., Nigrelli G., Filetto P.V., Verza G.P., 2022 - *Rifugi montani sentinelle del clima e dell'ambiente. Un progetto CAI-CNR che si estende dalle Alpi al Mediterraneo* - Aprile 2022 - pp 9-17
- Massetti L., Meneguzzo F., 2022 - *Il cielo naturale notturno* - Aprile 2022 - pp 123-129
- Barbieri G., 2022 - *Monitoraggio botanico di alcune specie target, possibili indicatrici di cambiamento climatico, al Monte Cimone. Report secondo anno del progetto* - Ottobre 2022 - pp 59-75
- Torroni A., Fabbri F., Barbieri G., 2022 - *Biodiversità in ambienti in quota - Analisi della comunità macrozoobentonica del lahetto del Giardino Esperia* - Ottobre 2022 - pp 111-137
- Barbieri G., Pinotti E., 2022 - *Monitoraggio botanico di alcune specie target, possibili indicatrici di cambiamento climatico, nelle aree di Groppo Rosso, Valle Tribolata e Ciapa Liscia. Report primo anno del progetto* - Ottobre 2022 - pp 77-83
- Barbieri G., 2023 - *Monitoraggio botanico di alcune specie target, possibili indicatrici di cambiamento climatico, al Monte Cimone. Report terzo anno del progetto* - Aprile 2023 - pp 45-61
- Smiraglia C., Mortara G., 2023 - *Cambiamenti climatici e cambiamenti degli itinerari in alta montagna. Un'introduzione al tema* - Ottobre 2023 - pp 11-27
- Bonanomi G., Allevato E., Amoroso G., Bellucci F., Nicastrì A., Idbella M. - 2024 - *Ricostruzione della storia della vegetazione di alta quota del Monte Cervati, del Gran Sasso e di Campi Imperatore mediante analisi pedoantropologica e del DNA antico - Rifugi Sentinella del clima e dell'ambiente* - Aprile 2024 - pp 23-35
- Barolin D., Teppa G., 2024 - *La vegetazione del bacino glaciale della Bessanese - Contributo alla conoscenza della colonizzazione vegetale di un'area glaciale delle Alpi Graie - Rifugio Gastaldi* - Aprile 2024 - pp 37-47
- Barbieri G., Pinotti E., 2024 - *Monitoraggio botanico di alcune specie target, possibili indicatrici di cambiamento climatico, nelle aree di Groppo Rosso, Valle Tribolata e Ciapa Liscia. Report secondo anno del progetto* - Aprile 2024 - pp 49-57
- Barbieri G., Marino E., 2024 - *Cambiamenti climatici e piante officinali. Il caso della coltivazione della salvia comune (Salvia officinalis) e della lavanda vera (Lavandula angustifolia)* - Aprile 2024 - pp 59-65
- Nigrelli G., Chiarle M., 2024 - *Il periodo climatologico normale 1991-2020 sulle Alpi - Un focus sull'ambiente in quota* - Aprile 2024 - pp 11-21
- Barbieri G., 2024 - *Linum capitatum subsp. serralatum - Specie di interesse conservazionistico - Monitoraggio presso i Rifugi Sentinella del clima e dell'ambiente* - Ottobre 2024 - pp 21-29
- Matta E., Nigrelli G., 2024 - *Rilievi fenologici presso il Rifugio Gastaldi - Estate 2024* - Aprile 2025 - pp 27-33
- Stinca A., Bonanomi G., Nicastrì A., Errico D., Bigu B., Ciano I., Bellucci F. - 2025 - *Rilievi botanici, faunistici e inquinamento luminoso - Primi studi presso il Rifugio Cervati* - Aprile 2025 - pp 39-57
- Bertolani R., Frigieri F., Guidetti R., 2025 - *I tardigradi della lettiera di faggio - Primi studi presso il Rifugio Esperia* - Aprile 2025 - pp 59-67
- Vanessa Bianchi, 2025 - *Variazione della vegetazione di pascolo nelle Alpi Marittime in un contesto di cambiamento climatico - Un monitoraggio ventennale (2003-2024)* - Ottobre 2025 - pp 45-55 - DOI: 10.82056/cai.2025.10.02
- Barbieri G., 2026 - *Monte Cimone - Sei anni di monitoraggi botanici nell'ambito del progetto Rifugi Sentinella del clima e dell'ambiente* - Aprile 2026 - pp 37-47



A



B



C

Figura 1 - A: *Astro alpino*, B: *Geranio argenteo*, C: *Armeria marginata* o *Spillone appenninico* - ph G. Barbieri

Monte Cimone

Sei anni di monitoraggi botanici nell'ambito del progetto Rifugi Sentinella del clima e dell'ambiente 2020-2025

di Giovanna Barbieri^(1, 2)

1. Responsabile dei progetti di monitoraggio botanico in Appennino settentrionale per il CSC
2. Club Alpino Italiano - Sezione di Sassuolo

Riassunto

A ottobre 2025 si è concluso il sesto anno del "Monitoraggio botanico di alcune specie target, possibili indicatori di cambiamento climatico, al Monte Cimone - Appennino settentrionale", nell'ambito del progetto CAI-CNR "Rifugi sentinella del clima e dell'ambiente". Il monitoraggio prevede l'analisi fenologica di tre specie di interesse conservazionistico (*Armeria arenaria* subsp. *marginata*, *Aster alpinus* subsp. *alpinus* e *Geranium argenteum*) e il loro confronto con i dati meteo-climatici.

I risultati dei primi sei anni di studio già mettono in evidenza alcuni differenti comportamenti da parte delle specie target con l'*Armeria arenaria* subsp. *marginata* protagonista nell'anticipazione delle fioriture.

Abstract: Monte Cimone - Six years of botanical monitoring as part of the climate and environmental Sentinel Refuges project 2020-2025

October 2025 marked the conclusion of the sixth year of the "Botanical monitoring of some target species, potential indicators of climate change, on Monte Cimone - Northern Apennines," part of the CAI-CNR project "Sentinel refuges for climate and the environment." The monitoring project involves the phenological analysis of three species of conservation interest (*Armeria arenaria* subsp. *marginata*, *Aster alpinus* subsp. *alpinus*, and *Geranium argenteum*) and their comparison with meteorological and climate data.

The results of the first six years of the study already highlight some different behaviors on the part of the target species, with *Armeria arenaria* subsp. *marginata* playing a key role in anticipating blooms.

Introduzione

Nell'area del Monte Cimone (MO), la vetta più alta dell'Appennino settentrionale, sono presenti due importanti "nodi" della rete "Rifugi Sentinella del clima e dell'ambiente": l'osservatorio CNR "O. Vittori", sulla vetta, a 2.165 m e il Rifugio Esperia a quota 1500 m, all'interno dell'omonimo Giardino Botanico, gestito dalla sezione CAI di Modena, grazie al supporto scientifico di UNIMORE e situato alle falde settentrionali del Monte.

Sulla vetta sono presenti inoltre i laboratori del C.A.M.M. Centro Aeronautica Militare di Montagna, le cui misurazioni di CO₂ (anidride carbonica), uno dei principali gas serra, costituiscono la serie storica con campionamento continuo più lunga in Europa.

La rappresentatività del Monte Cimone nei campi della meteorologia e della climatologia è data dalla sua altitudine e dalla sua posizione geografica, in quanto costituisce una cima isolata (all'incirca al centro dell'emisfero nord) e scoperta per tutti i 360°: la superficie visibile, in condizioni di cielo limpido, spazia dall'arco alpino al Monte Terminillo (Lazio), dal Tirreno all'Adriatico fino alle coste dell'Istria. Dunque, grazie a queste caratteristiche del Monte Cimone, i laboratori del CNR e del C.A.M.M., intercettano i flussi atmosferici provenienti da ogni direzione e producono dati rappresentativi delle caratteristiche chimico-fisiche di un'area vasta dell'atmosfera.

La rilevanza per le misure ambientali è inoltre data dalla sua quota al di sopra del cosiddetto Strato Limite Atmosferico (*Atmospheric Boundary Layer*) o strato di rimescolamento, ovvero la parte di atmosfera a diretto contatto con il suolo, dello spessore di circa 1500 m alle medie latitudini, nella quale restano "intrappolate" la maggior parte delle sostanze inquinanti: ciò rende il Monte Cimone particolarmente adatto alle misure di concentrazione di gas serra "di fondo", poiché non soggetto all'influenza di sorgenti "locali".

L'Osservatorio CNR "O. Vittori", grazie all'orizzonte completamente libero, alla sua quota e alla distanza da importanti fonti di inquinamento, rappresenta una piattaforma strategica per lo studio della variabilità della composizione dell'atmosfera nell'Europa meridionale e nella regione del Mediterraneo. Dal 1996, si svolgono in modo continuativo (365 giorni all'anno, 24 ore su 24) osservazioni inerenti i principali composti clima-alteranti e inquinanti (gas e aerosol).

L'osservatorio partecipa a progetti e programmi di ricerca per lo studio dell'atmosfera, fra i quali Agage e Actris. Esso è parte dell'unica stazione 'globale' del programma 'Global Atmosphere Watch' (GAW) dell'Organizzazione mondiale per la meteorologia (WMO) presente nel bacino del Mediterraneo.

Il monitoraggio botanico nell'ambito del progetto 'Rifugi Sentinella del clima e dell'ambiente'

Oltre alla misurazione dei parametri meteo-climatici, il progetto 'Rifugi sentinella' prevede lo svolgimento di numerose altre attività di studio-ricerca, tra le quali i monitoraggi botanici delle specie vegetali target, di interesse conservazionistico e/o possibili indicatrici di cambiamento climatico.

In particolare, dal 2020, al Monte Cimone viene effettuato, su tre specie rare, il rilievo della fioritura (analisi fenologica), un fenomeno strettamente correlato all'andamento delle temperature e che costituisce una "prova biologica" del clima e delle sue variazioni.

Il monitoraggio: metodo e funzionamento

La scelta di adottare, come metodo di monitoraggio, quello dell'analisi fenologica è legata al fatto che tra i fenomeni periodici della vita delle piante il più evidente è senza dubbio la fioritura: essa viene determinata dall'andamento delle temperature (oltre che dalla distribuzione della luminosità) e costituisce pertanto una "prova biologica" del clima e soprattutto degli effetti di esso sulle piante.

Il metodo utilizzato è quello proposto da Marcello (1954), applicato per molte rilevazioni fenologiche in Italia e all'estero, che prevede di indicare lo stadio di fioritura, attraverso la rilevazione della presenza di: fiori in boccio, fiori in antesi, fiori appassiti.

Lo stadio di fioritura è indicato da tre notazioni consecutive, relative ai tre fenomeni nell'ordine; se il fenomeno è presente viene indicato con +, in caso contrario con O.

Si hanno quindi le seguenti possibilità:

OOO - senza fiori

+OO - con solo fiori in boccio

++O - con fiori in boccio e in antesi

+++ - con fiori in boccio, in antesi e appassiti

O++ - solo fiori in antesi e appassiti

OO+ - solo fiori appassiti

Classi	Simbolo	Boccio	Fiori aperti	Fiori appassiti	Descrizione semplice
1	OOO	Assenti	Assenti	Assenti	non presenza
2	+OO	Presenti	Assenti	Assenti	inizio fioritura
3	++O	Presenti	Presenti	Assenti	progresso
4	+++	Presenti	Presenti	Presenti	piena fioritura
5	O++	Assenti	Presenti	Presenti	declino
6	OO+	Assenti	Assenti	Presenti	fine fioritura

Tabella 1 – Classi fenologiche utilizzate durante i monitoraggi - elaborazione G. Barbieri

Al Monte Cimone l'analisi fenologica è stata svolta, generalmente, con cadenza settimanale in tutti gli anni in esame a partire dal mese di maggio fino alla fine di settembre, utilizzando le schede appositamente create per la registrazione dei dati su campo [allegato 1].

Le specie oggetto di studio (Figura 1)

Il successo riproduttivo delle popolazioni isolate e frammentate di angiosperme entomofile localmente rare è compromesso da alcuni fattori quali la limitazione dell'impollinazione, la limitazione del flusso genico e la depressione da *inbreeding* (consanguineità). Queste popolazioni sono generalmente caratterizzate da una bassa produttività (frutti/fiori, semi/ovuli e semi vitali/semi totali). Tutto questo porta all'erosione genetica e a una possibile estinzione. Dopo ampia verifica sul territorio su tutte le specie presenti in base ai principi di ecologia riproduttiva degli esemplari rari e/o isolati, l'analisi fenologica viene effettuata sulle tre specie di interesse conservazionistico che meglio di altre esaminate potevano offrire caratteristiche idonee:

- **Armeria arenaria subsp. marginata**

Corotipo: specie endemica del territorio italiano (presente allo stato spontaneo solo nel territorio italiano).

Categoria IUCN assegnata per l'Emilia Romagna: VU/B = vulnerabile con distribuzione ristretta in declino.

- **Geranium argenteum**

Corotipo: specie subendemica (presente soprattutto nell'area italiana, ma con limitati sconfinamenti in territori vicini)

Categoria IUCN assegnata per l'Emilia Romagna: EN/B = in pericolo con distribuzione ristretta in declino.

- **Aster alpinus subsp. alpinus**

Corotipo: specie artico-alpina

Categoria IUCN assegnata per l'Emilia Romagna: VU/B = vulnerabile con distribuzione ristretta in declino.

Con l'idea di individuare almeno dieci stazioni per ogni specie, in modo da garantirsi una certa rappresentatività anche in caso di danneggiamento di alcune di esse (turismo, pascolo), sono state determinate 16 stazioni per armeria (piuttosto abbondante), 10 stazioni per astro alpino e solamente 5 stazioni per geranio argenteo.

Il quadro complessivo è riportato su carta topografica (Figura 2) e le caratteristiche indicative per ogni singola stazione sono riportate nella Tabella 2 [allegato 2].

Ogni stazione è segnalata dalla presenza di un paletto informativo che riporta la sigla della stazione (e quindi della specie) e alcune informazioni e avvertenze (per i curiosi). Le stazioni ricalcano sostanzialmente il percorso del sentiero CAI 449 (e in parte CAI 477 e CAI 441) denominato il "Sentiero dell'Atmosfera": si tratta di un itinerario didattico-ambientale dedicato alla scoperta dei segreti dell'atmosfera e del clima che cambia attraverso una serie di pannelli grafici descrittivi curati dal CNR, dal CAMM Centro Aeronautica Militare di Montagna del Monte Cimone e dall'Ente Parco per la biodiversità Emilia Centrale.

Il progetto prevede di correlare i dati del monitoraggio fenologico con i dati meteorologici dell'Osservatorio CNR "O. Vittori" e del C.A.M.M, posti entrambi a 2165 m sulla vetta del Monte Cimone, con i dati nivometrici del Servizio Meteomont dei Carabinieri Forestali relativi alla stazione di Pian Cavallaro a 1800 m. Viene inoltre

RIFUGIO ESPERIA – OSSERVATORIO CNR MONTE CIMONE

● *Aster alpinus*
 ● *Armeria arenaria subsp. marginata*
 ● *Geranium argenteum*
 ● DataLogger

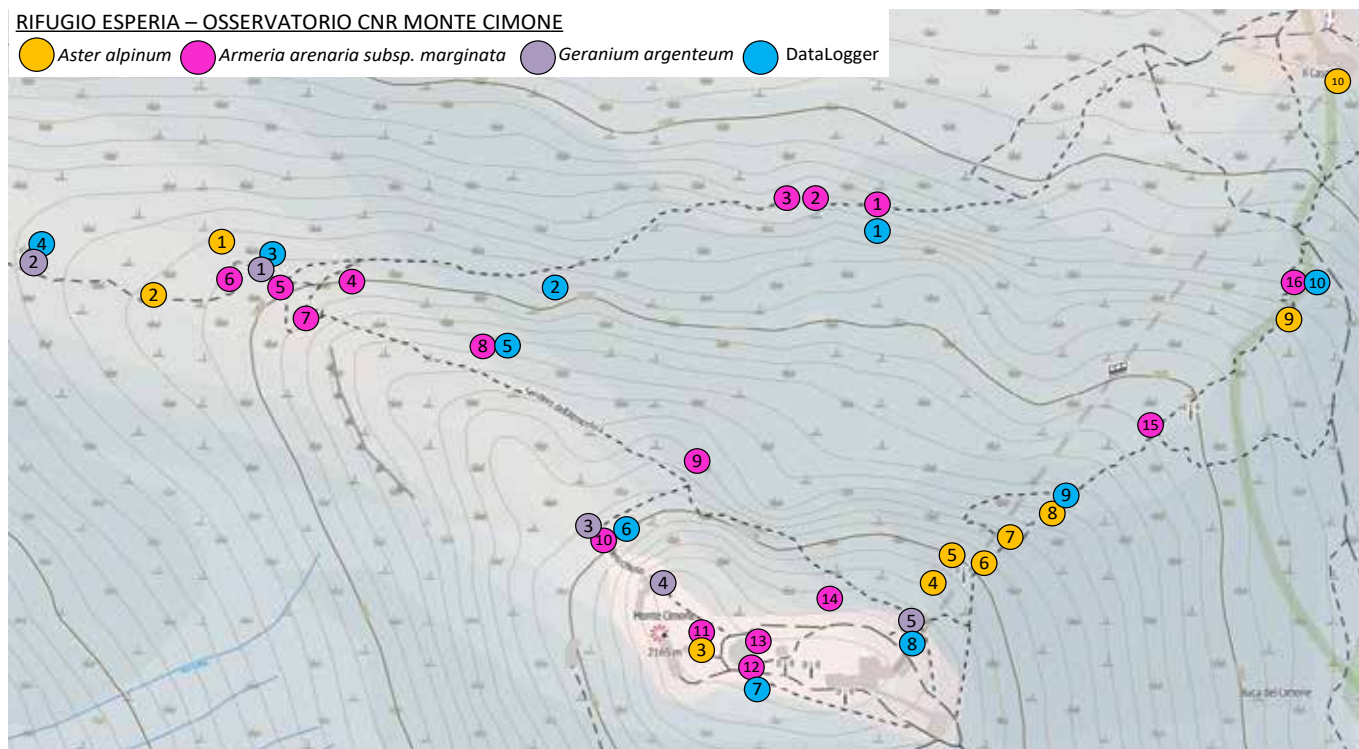


Figura 2 - Posizionamento delle stazioni delle specie in esame su carta topografica con scala 1:5.000 - elaborazione di E. Pinotti - 2025

<i>Armeria arenaria subsp. marginata</i>					
Stazione	Latitudine	Longitudine	Quota	Esposizione	Pendenza
	°	°	m		°
A01	44.196806N	10.700944E	1934	NE	45
A02	44.196778N	10.700444E	1947	NE	30
A03	44.196750N	10.700111E	1956	NE	10
A04	44.196111N	10.695972E	1965	NE	10
A05	44.196139N	10.695278E	2012	N	0
A06	44.196194N	10.694750E	2002	NE	5
A07	44.195889N	10.695541E	2028	NE	10
A08	44.195639N	10.697278E	2051	NE	5
A09	44.194833N	10.699139E	2092	NE	0
A10	44.194361N	10.698361E	2140	NO	5
A11	44.193611N	10.699194E	2163	SE	20
A12	44.193444N	10.699722E	2158	SO	40
A13	44.193611N	10.699750E	2161	S	0
A14	44.193861N	10.700472E	2148	N	10
A15	44.195306N	10.703361E	2016	N	5
A16	44.196250N	10.704833E	1956	N	45

<i>Aster alpinus subsp. alpinus</i>					
Stazione	Latitudine	Longitudine	Quota	Esposizione	Pendenza
	°	°	m		°
AS1	44.196417N	10.694778E	1999	NO	0
AS2	44.196111N	10.694083E	1990	NO	5
AS3	44.193528N	10.699389E	2160	S	5
AS4	44.193944N	10.701500E	2125	NO	20
AS5	44.194028N	10.701667E	2118	N	10
AS6	44.194167N	10.701917E	2109	NE	45
AS7	44.194389N	10.702167E	2096	N	5
AS8	44.194639N	10.702472E	2075	N	45
AS9	44.195833N	10.704917E	1975	N	40
AS10	44.197917N	10.705389E	1872	NE	0

<i>Geranium argenteum</i>					
Stazione	Latitudine	Longitudine	Quota	Esposizione	Pendenza
	°	°	m		°
G1	44.196278N	10.695139E	2005	NO	20
G2	44.196333N	10.692889E	1969	NE	10
G3	44.194417N	10.698222E	2134	O	30
G4	44.193972N	10.699000E	2158	NO	20
G5	44.193833N	10.701222E	2137	NE	40

Tabella 2 – Sono riportati i dati caratteristici per ogni stazione di ciascuna specie in esame: denominazione, posizione geografica GPS, quota, esposizione e inclinazione del terreno (pendenza). Ogni stazione è contrassegnata sul terreno da un paletto con le indicazioni del numero della stazione e alcune informazioni sulla ricerca in atto e il nome di chi sta conducendo lo studio, in questo caso il CAI e CNR con il progetto 'Rifugi Sentinella del clima e dell'ambiente' (Figura 3) - elaborazione E. Pinotti



Figura 3 - Esempio dei paletti indicatori delle stazioni lungo i percorsi tracciati - ph G. Barbieri

rilevata la temperatura al suolo attraverso dieci appositi *data logger* inseriti a 10 cm di profondità, dove sono ancora presenti i segnali dei forzanti atmosferici (radiazione solare/irraggiamento terrestre) e degli scambi di energia dovuti al contenuto di acqua. La posizione dei *data logger* è indicata sulla carta topografica con il colore blu (Figura 2).

Altre specie di interesse conservazionistico

La flora del Monte Cimone è descritta in numerose pubblicazioni (che ne sottolineano il grandissimo valore naturalistico), alcune delle quali sono state inserite nella bibliografia e alla quale si rimanda per ulteriori approfondimenti. In merito agli aspetti floristici, in questa sede ci si limita a ricordare come l'attuale assetto floristico sia il risultato di diverse "correnti floristiche", le prime di probabile origine prequaternaria, che hanno interessato l'Appennino settentrionale:

1. una corrente settentrionale, che ha portato gli elementi dei settori alpino medio-europeo, alpino-nord europeo e artico-alpino, quali *Aster alpinus* subsp. *alpinus* e *Soldanella pusilla* subsp. *alpicola*;
2. una corrente sud-occidentale proveniente dal settore iberico, che ha portato gli elementi del settore montano sudovest-europeo;
3. una corrente orientale, di provenienza illirico-balcanica, che ha arricchito la flora del Cimone di elementi del settore montano sudest-europeo, quali *Linum capitatum* subsp. *serrulatum*. In Italia la presenza di questi elementi è per lo più limitata a stazioni relitte in gran parte montane e spesso di modesta estensione,

più abbondanti nel settore appenninico centrale e che si irradiano a volte fino all'Appennino settentrionale.

- ***Soldanella pusilla* subsp. *alpicola*** (Figura 4)

Corotipo: specie orofita sudest-europea

Categoria IUCN assegnata per l'Emilia Romagna: DD = categoria nella quale rientrano le specie "per le quali non si hanno informazioni sufficienti e che sono meritevoli di particolare interesse. Infatti se le specie che rientrano in una categoria di minaccia sono una priorità di conservazione, le specie per le quali non è possibile valutare lo stato sono una priorità per la ricerca, e le aree dove queste si concentrano sono quelle dove sono più necessarie le indagini di campo per la raccolta di nuovi dati".

- ***Linum capitatum* subsp. *serrulatum*** (Figura 5)

Corotipo: specie orofita sudest-europea, con areale gravitante sui Balcani: manca sui Pirenei.

Categoria IUCN per l'ER: non valutata.

Nell'ambito delle campagne di rilevamento fenologico del 2023 e del 2024 sono state individuate due stazioni (sottounità) inedite di *Linum capitatum* subsp. *serrulatum*, specie di grande importanza fitogeografica e di grande interesse conservazionistico in Emilia Romagna, vista la sua rarità. Entrambe le stazioni sono state confermate in occasione della campagna 2025.



Figura 4 - *Soldanella pusilla* subsp. *alpicola* - ph G. Barbieri



Figura 5 - *Linum capitatum* subsp. *serrulatum* - ph G. Barbieri

Le informazioni meteorologiche

Tabella 3 - Monte Cimone - 2165 m (Fonte: ARPAE EMILIA ROMAGNA basati su dati ufficiali Aeronautica Militare)

TEMPERATURE MINIME - TN °C													
Anni	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
2020	-4,3	-4,1	-4,4	0,2	2,7	5,8	9,1	10,1	7,2	1,5	0,3	-4,7	0,8
2021	-6,5	-5,8	-5,4	-4,2	0,8	9,2	9,8	10,4	8,5	1,8	-1,8	-5,5	0,3
2022	-4,5	-3,6	-5,4	-1,8	5,4	9,8	12,8	11,4	6,2	6,0	0,8	-2,2	2,9
2023	-6,2	-5,4	-3,6	-1,8	3,4	8,2	12,2	13,4	11,0	8,6	0,2	-2,1	3,1
2024	-2,8	-1,6	-2,4	1,4	2,8	8,4	12,8	13,2	7,8	5,6	-1,2	-3,4	3,4
2025	-3,8	-2,6	-4,2	-0,2	3,8	7,8	11,4	10,8	6,8	4,4	-0,4	-3,2	2,5

TEMPERATURE MASSIME - TX °C													
Anni	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
2020	0,2	0,5	0,6	4,7	7,8	11,3	14,5	15,6	12,1	6,2	4,4	-0,4	6,0
2021	-2,5	-0,8	-0,2	0,2	5,4	15,0	15,0	15,8	13,3	6,0	1,6	-0,9	4,7
2022	0,3	2,1	-0,2	3,8	11,8	16,5	19,9	17,6	11,6	11,4	6,0	3,0	7,8
2023	-1,4	-0,2	2,0	3,8	8,2	13,8	18,2	19,8	17,2	14,0	5,0	3,1	7,8
2024	1,8	3,6	2,8	6,2	7,6	14,0	19,2	19,6	13,0	10,8	3,6	1,2	6,9
2025	1,4	2,4	0,6	4,4	9,0	13,8	17,0	16,8	11,6	8,6	4,0	1,6	5,9

TEMPERATURE MEDIE - TM °C													
Anni	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
2020	-2,1	-1,8	-1,9	2,4	5,2	8,5	11,7	12,8	9,5	3,8	2,3	-2,5	3,4
2021	-4,5	-3,3	-2,8	-2,0	3,1	12,1	12,4	13,1	10,9	3,9	-0,1	-3,2	2,5
2022	-2,1	-0,8	-2,8	1,0	8,6	13,2	16,4	14,5	8,9	8,7	3,4	0,4	4,1
2023	-3,8	-2,8	-0,8	1,0	5,8	11,0	15,2	16,6	14,1	11,3	2,6	0,5	4,2
2024	-0,5	1,0	0,2	3,8	5,2	11,2	16,0	16,4	10,4	8,2	1,2	-1,1	4,0
2025	-1,2	-0,1	-1,8	2,1	6,4	10,8	14,2	13,8	9,2	6,5	1,8	-0,8	4,2

PIOGGIA TOTALE - mm													
Anni	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Tot
2020	15,2	22,8	142,6	68,4	154,2	185,6	44,2	112,4	158,0	245,8	55,4	416,8	1621,4
2021	175,4	92,0	25,2	118,6	142,0	32,4	105,8	45,6	138,2	162,4	285,4	342,0	1665,0
2022	20,4	35,6	22,8	98,2	52,4	58,6	22,2	128,4	215,6	32,8	245,2	215,8	1148,0
2023	162,4	45,8	112,2	138,6	295,4	115,2	35,8	92,6	58,4	288,2	225,4	178,0	1748,0
2024	115,0	138,0	285,5	142,0	268,4	112,0	45,6	62,0	185,4	210,0	19,8	126,3	1710,0
2025	152,0	112,0	145,0	158,4	185,2	102,0	88,0	95,0	142,0	175,0	198,0	130,0	1682,0

GIORNI DI PIOGGIA (e/o NEVE) - n°													
Anni	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Tot
2020	3	4	13	8	14	16	6	11	12	15	6	23	131
2021	16	9	5	13	15	5	11	7	10	12	18	19	140
2022	3	5	4	11	7	8	4	12	13	5	14	15	101
2023	14	5	10	11	18	12	4	7	6	10	15	11	156
2024	12	13	19	15	20	12	7	9	14	17	4	13	155
2025	13	10	14	16	18	11	9	10	12	15	14	12	154

GIORNI DI GELO - n° (tutto il giorno con temperature minori di 0 °C)													
Anni	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Tot
2020	12	9	14	2	0	0	0	0	1	4	8	22	72
2021	22	12	15	10	3	0	0	0	0	6	11	18	97
2022	12	14	10	3	0	0	0	0	2	0	6	11	58
2023	19	14	8	4	0	0	0	0	0	0	5	12	62
2024	16	8	10	5	0	0	0	0	1	2	9	14	65
2025	22	18	12	6	2	0	0	0	1	5	15	20	101

GIORNI CON GELO - n° (parte del giorno con temperature inferiori a 0 °C)													
Anni	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Tot
2020	22	16	24	12	5	1	0	0	4	10	21	30	145
2021	31	22	28	24	12	1	0	0	2	14	24	29	187
2022	24	22	26	15	5	0	0	0	6	4	16	24	142
2023	29	24	21	16	6	1	0	0	0	3	18	26	144
2024	28	21	25	19	10	2	0	0	4	9	22	27	167
2025	29	26	23	18	9	2	0	0	5	14	24	28	178

GIORNI CON TM < 6 °C (giorni di stasi vegetativa)													
Anni	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Tot
2020	31	29	31	22	8	1	0	0	3	18	30	31	204
2021	31	28	31	30	18	0	0	0	3	18	30	31	220
2022	31	28	31	26	3	0	0	0	3	6	25	31	184
2023	31	28	31	24	14	0	0	0	0	6	24	31	189
2024	31	29	31	22	10	0	0	0	5	16	30	31	205
2025	31	28	31	24	12	2	0	0	6	18	30	31	213

SERIE STORICA VALORI NORMALI 1991-2020 - MONTE CIMONE (2165 m)														
Periodo	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno	
TN °C	-6,6	-6,7	-4,9	-1,8	2,3	6,4	8,7	8,9	5,4	2,3	-1,9	-5,4	-0,1	
TX °C	-2,1	-2,1	0,1	2,9	7,4	12,2	14,7	14,8	10,4	6,8	2,3	-1,1	5,5	
TM °C	-4,3	-4,4	-2,4	0,5	4,8	9,2	11,5	11,6	7,7	4,4	0,1	-3,2	2,5	
Precipitazioni - mm	145	120	118	135	160	95	70	82	128	155	182	115	1505	
Giorni di pioggia - n°	10	10	10	12	12	10	7	8	9	11	11	9	118	
Giorni di gelo - n°	23	21	16	8	2	0	0	0	0	4	11	20	105	
Giorni con gelo - n°	30	28	29	23	12	2	0	0	3	11	24	29	191	
Giorni con TM<6°C - n°	31	28	31	29	19	5	0	0	10	23	29	31	237	

Anomalie temperature

Le temperature medie annuali confermano un segnale di riscaldamento inequivocabile: tutti gli anni (tranne il 2021) dal 2020 al 2025 sono stati più caldi rispetto alla media del trentennio 1991-2020, con il 2023 e il 2025 che hanno registrato le anomalie più significative.

- 2020 anomalia +0,9 °C
- 2021 anomalia 0,0 °C
- 2022 anomalia +1,6 °C
- 2023 anomalia +1,7 °C
- 2024 anomalia +1,5 °C
- 2025 anomalia +1,7 °C

Tutto questo significa che si sta assistendo alla scomparsa del gelo medio in quanto nella serie normale 1991-2020 la temperatura minima media era ancora sotto lo zero (-0,1 °C), in tutti gli anni in esame (2020-2025) è diventata positiva, arrivando fino a + 3,4 °C nel 2024.

Il 2021 è stato l'unico anno a ricalcare perfettamente la media 1991-2020 grazie a una primavera (aprile-maggio) insolitamente fredda e nevosa che ha compensato una estate calda.

Il salto termico è avvenuto nel biennio 2022-2023 che ha stabilito il nuovo standard caldo della vetta del Cimone con medie annue superiori ai 4 °C, valori che storicamente appartenevano a quote più basse, circa 1800 m di Pian Cavallaro.

Nel 2024 e 2025 si è osservata la frequente presenza di temperature massime positive anche nei mesi di gennaio e febbraio, fenomeno che ha accelerato drasticamente la fusione del manto nevoso.

Anomalie regime pluviometrico

Nonostante il riscaldamento globale, la quantità di precipitazione totale in quota resta elevata, con una tendenza verso eventi più intensi concentrati in meno giorni (eccetto il 2022).

Gli anni 2023-2025 mostrano un numero di giorni perturbati nettamente superiore alla media storica (118 giorni), indicando una maggiore variabilità atmosferica.

Il contrasto tra il 2022 (anno più secco) con una anomalia di - 357 mm (siccatà severa) rispetto ai valori normali 1991-2020 e il 2023/2024 (anni tra i più piovosi) con anomalie positive di +243 mm (con maggio e ottobre estremi) e +205 mm (primavera molto piovosa) evidenzia l'estremizzazione climatica che sta interessando l'Appennino settentrionale. Anche il 2025 segna un'anomalia positiva di +177 mm.

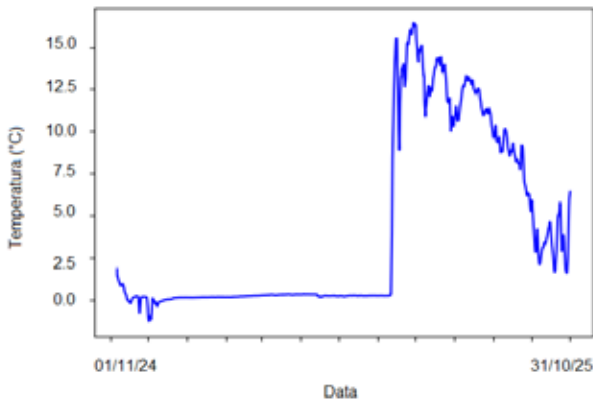
Le informazioni meteorologiche

Tabella 4 - Monte Cimone - Pian Cavallaro - 1800 m (Stazione Meteomont)

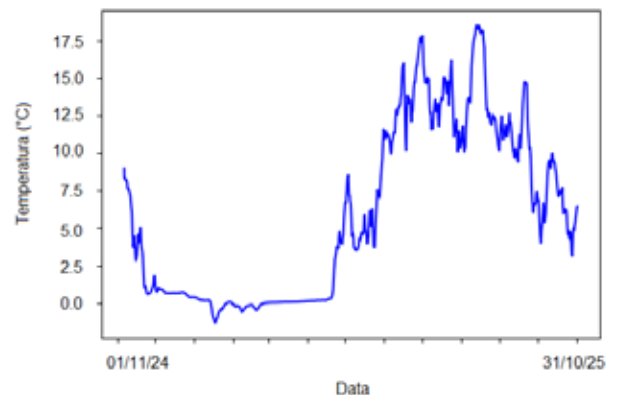
Inverno	Spessore medio manto nevoso cm	Inverno	Spessore medio manto nevoso cm
2014-2015	73	2020-2021	157
2015-2016	70	2021-2022	57
2016-2017	50	2022-2023	35
2017-2018	147	2023-2024	20
2018-2019	32	2024-2025	68
2019-2020	38	2025-2026*	75

Tabella 4 – Dati nivometrici misurati dalla Stazione Meteomont di Pian Cavallaro gestita dai Carabinieri Forestali di Modena

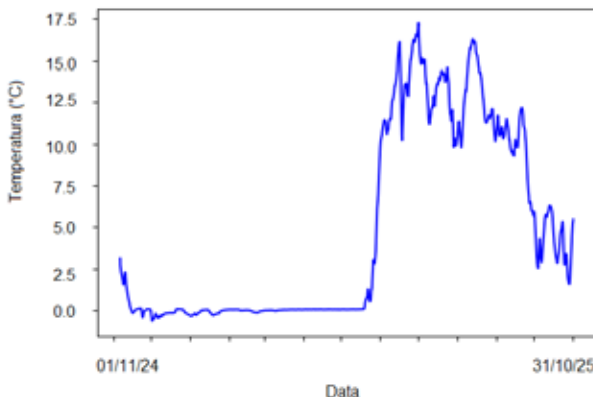
Grafici con le temperature rilevate da alcuni Data logger interrati di 10 cm sul suolo



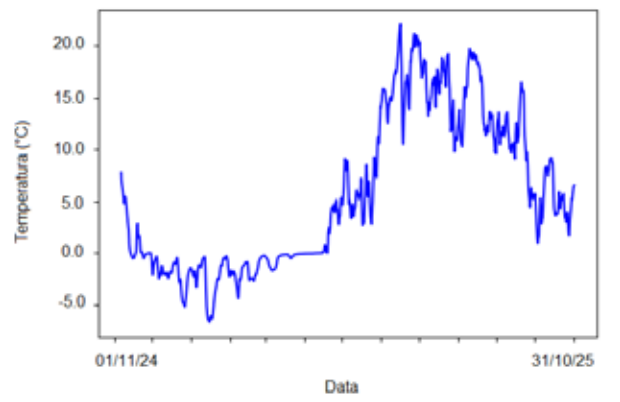
Datalogger 2 - su sentiero presso la valletta nivale



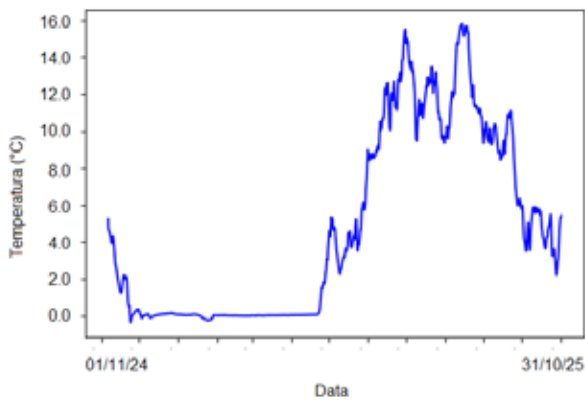
Datalogger 7 - presso stazioni A12 e A13



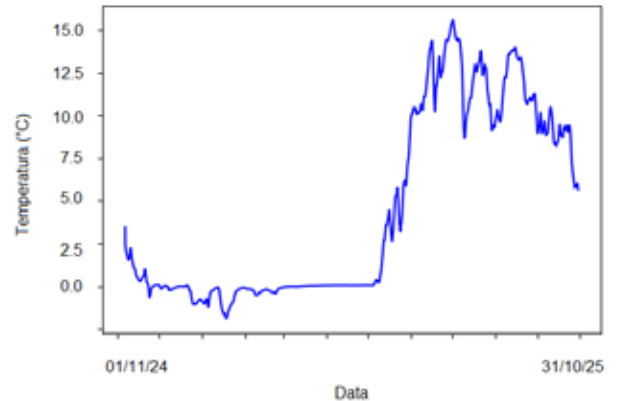
Datalogger 5 - presso stazione A8



Datalogger 9 - presso stazione AS8



Datalogger 6 - presso stazioni A10 e G3



Datalogger 10 - presso stazione A16

Risultati

Armeria arenaria subsp. *marginata*

Le stazioni di *Armeria* poste alle quote inferiori, quali A4 (1950 m, Figura 5) e A16 (1945 m, Figura 6), mostrano un anticipo di fioritura (fase fenologica ++O) negli ultimi due anni di monitoraggio (2024 e 2025), rispetto a quelli precedenti. In particolare si osserva un anticipo della fioritura, rispetto al 2020, primo anno di monitoraggio, di circa due settimane. Il 2024 rappresenta l'anno caratterizzato dal maggior anticipo di fioritura: questo dato è da mettere in relazione con quanto viene delineato dal rapporto "IdroMeteoClima" curato da ARPAE, secondo il quale il 2024 è stato l'anno più caldo in Emilia-Romagna

dal 1961, con un'anomalia di +1,6 °C rispetto alla media storica. Dal rapporto emerge, inoltre, come l'estate (intesa per convenzione come trimestre giugno-agosto) sia risultata, nel complesso, molto calda, con una temperatura media superiore di 1,54°C, rispetto alla serie storica 1991-2020. Anche al Monte Cimone l'estate è risultata essere molto calda: la tabella dei dati osservativi (Tabella 5) mostra, dal punto di vista della temperatura media, un valore di 13.5°C, significativamente superiore (+3.4°C) rispetto alla media storica, calcolata sul periodo 46-47/19-20, che è pari a 10.1°C.

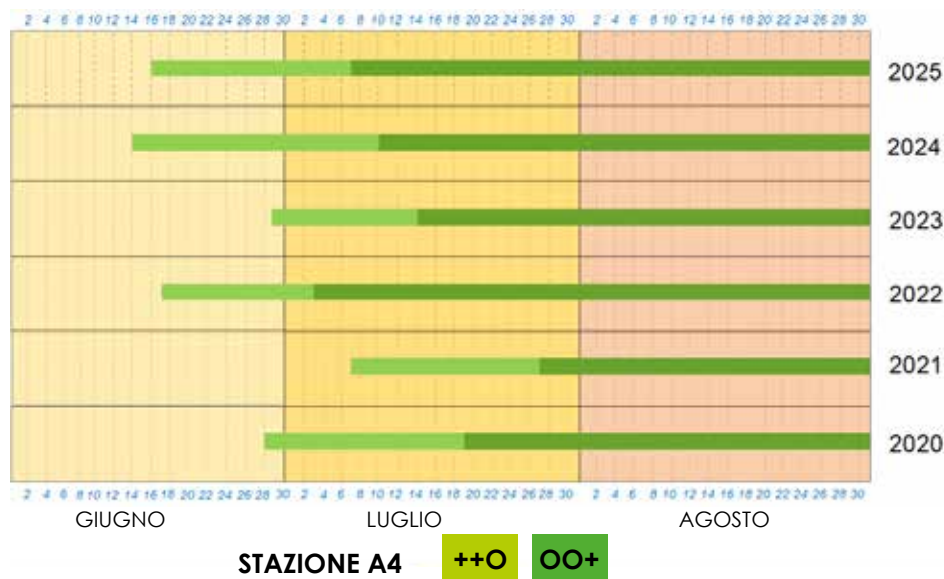


Figura 5 - *Armeria arenaria* subsp. *marginata* nella stazione A4 mostra un anticipo di fioritura - elaborazione E. Pinotti

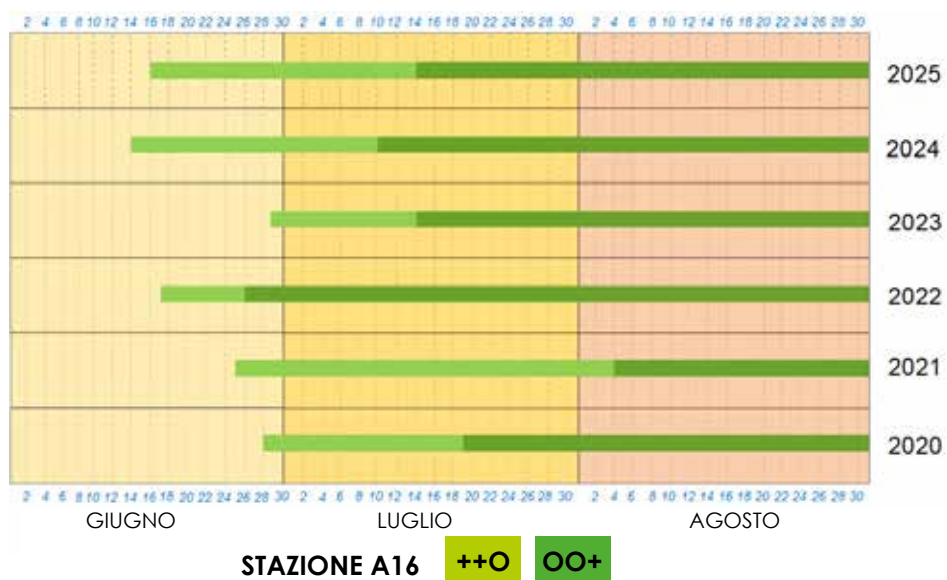


Figura 6 - *Armeria arenaria* subsp. *marginata* nella stazione A16 mostra un anticipo di fioritura - elaborazione E. Pinotti

Anno	TM °C	TM °C Giugno	TM °C Luglio	TM °C Agosto	TX °C	TX °C media	TN °C	TN °C media
2024	13,5	10,5	14,9	15,1	22,0	16,2	3,0	11,1
Serie storica 1946-2020	10,1	8,3	11,1	11,0	24,4	12,7	-4,6	7,7
Differenze	3,4	2,2	3,8	4,1		3,5		3,4

Tabella 5 – Dati climatici dell'estate 2024 relativi a Monte Cimone (cortesia CAMM Centro Aeronautica Militare di Montagna)

Periodo	T<m>	Dicembre <m>	Gennaio <m>	Febbraio <m>	T max	T max <m>	T min	T min <m>
2017 - 2018	-3,0	-2,7	-0,7	-5,7	7,0	-0,8	-20,0	-5,1
2018 - 2019	-2,3	-1,2	-5,4	-0,4	8,2	-0,5	-11,4	-4,4
2019 - 2020	-0,2	-0,8	-0,4	0,6	15,2	2,5	-9,8	-2,7
2020 - 2021	-1,1	-0,5	-2,9	0,2	10,4	1,3	-16,9	-3,5
2021 - 2022	-1,0	-0,1	-1,5	-1,3	11,8	1,6	-12,2	-2,1
2022 - 2023	-1,0	0,6	-2,7	-0,9	8,0	0,8	-14,0	-2,2
2023 - 2024	0,5	0,9	-0,7	1,4	11,0	2,3	-13,0	-1,0
2024 - 2025	-1,9	-2,0	-2,9	-0,9	6,0	-0,1	-13,0	-3,1
2025 - 2026	1,0	0,3	-2,6	-0,1	6,0	0,6	-12,0	-2,3
Serie storicas 46-47/19-20	3,7	-2,9	-4,1	-4,3	15,2	-1,5	-22,2	-5,8

Tabella 6 – Dati climatici degli inverni meteorologici relativi a Monte Cimone (cortesia CAMM Centro Aeronautica Militare di Montagna)

L'anticipo di fioritura registrato nel 2024 è da correlare, inoltre, all'andamento delle temperature dell'inverno meteorologico 2023-2024 (inteso per convenzione come trimestre dicembre 2023-febbraio 2024): secondo il rapporto "IdroMeteoClima" curato da ARPAE, l'inverno 2023-2024 è stato il più caldo mai registrato in Emilia-Romagna dal 1961, con una temperatura media di 6.6 °C (+2.7 °C rispetto alla media 1991-2020); febbraio, in particolare, è stato il mese più anomalo, con scostamenti superiori a 4 °C rispetto alle medie attese. Anche al Monte Cimone febbraio 2024 è risultato essere un mese "mite": la tabella dei dati osservativi (Tabella 6) mostra, dal punto di vista della temperatura media, un valore di 1.4 °C, significativamente superiore (+5.7 °C) rispetto alla media storica, calcolata sul periodo storico 46-47/19-20, che è pari a -4.3 °C. L'inverno al Monte Cimone è stato caratterizzato, inoltre, da scarse nevicate e quindi da un ridotto manto nevoso (Tabella 4). L'altezza dello zero termico, la quota a cui la temperatura dell'aria in libera atmosfera diventa negativa, si è mantenuta sempre altissima e quasi sempre superiore alla sommità delle cime appenniniche: la media invernale è stata, infatti, di 2307 m.

Il ritardo nella fioritura del 2021 è da attribuire ai numerosi episodi nevosi che hanno interessato il crinale emiliano tra dicembre 2020 e gennaio 2021 e che hanno portato ad accumuli di neve notevoli al Monte Cimone: in alcune stazioni interessate dal monitoraggio, la persistenza della copertura nevosa al suolo si è protratta fino a giugno 2021.

L'anticipo della fioritura del 2022 è da correlare con l'anticipo dell'estate meteorologica al Monte Cimone e in particolare con le temperature del mese di maggio (Tabella 9). Nel corso della prima metà di maggio le temperature, che nei due mesi precedenti si erano

mantenute su valori confrontabili alla variabilità climatica o addirittura a essa leggermente inferiori, sono aumentate velocemente, attestandosi su valori nettamente superiori alle medie del periodo.

La tabella (Tabella 7) dei dati osservativi relativa all'estate 2022 (intesa per convenzione come trimestre giugno-agosto) mostra, dal punto di vista della temperatura media, un valore di 13.7 °C, significativamente superiore (+3.6 °C) rispetto alla media storica, calcolata sul periodo 46-47/19-20.

Le stazioni di Armeria poste alle quote superiori, quali A13 (2165 m, Figura 8), mostrano una certa tendenza all'anticipo della fioritura (fase fenologica ++o) negli ultimi due anni di monitoraggio (soprattutto nel 2025), rispetto a quelli precedenti. In particolare si osserva un anticipo della fioritura, rispetto al 2020, primo anno di monitoraggio, di circa tre settimane. Nella Tabella 8 (dati osservativi relativa all'estate 2025) si può vedere, dal punto di vista della temperatura media, un valore di 12.4 °C, superiore di +2.3 °C rispetto alla media storica, calcolata sul periodo 46-47/19-20.

Da segnalare, per il 2025, l'intensa ondata di calore, che si è protratta dal 12 giugno al 6 luglio, superando per sei giorni i precedenti valori record giornalieri dal 1961.

Al Monte Cimone la temperatura media del mese di giugno ha raggiunto i 13.4 °C, superiore di 5.1 °C rispetto alla media storica.

Anno	TM °C	TM °C Giugno	TM °C Luglio	TM °C Agosto	TX °C	TX °C media	TN °C	TN °C media
2022	13,7	13,2	15,5	12,5	21,8	16,6	4,1	11,2
Serie storica 1946-2020	10,1	8,3	11,1	11,0	24,4	12,7	-4,6	7,7
Differenze	3,6	4,9	4,4	1,5		3,9		3,5

Tabella 7 – Dati climatici dell'estate 2022 relativi a Monte Cimone (cortesia CAMM Centro Aeronautica Militare di Montagna)

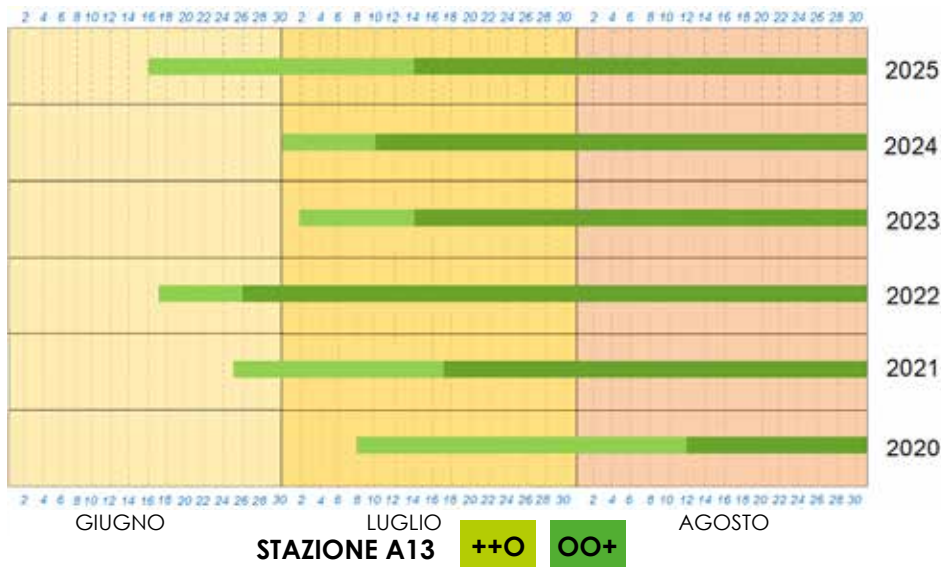


Figura 8 - *Armeria arenaria subsp. marginata* nella stazione A13 mostra un anticipo di fioritura - elaborazione E. Pinotti

Anno	TM °C	TM °C Giugno	TM °C Luglio	TM °C Agosto	TX °C	TX °C media	TN °C	TN °C media
2025	12,4	13,4	11,5	12,2	21,0	15,1	2,0	10,4
Serie storica 46-47/19-20	10,1	8,3	11,1	11,0	24,4	12,7	-4,6	7,7
Differenze	2,3	5,1	0,4	2,2		2,4		2,7

Tabella 8 – Dati climatici dell'estate 2025 relativi a Monte Cimone (cortesia CAMM Centro Aeronautica Militare di Montagna)

Aster alpinus subsp. alpinus

Le stazioni di *Aster* mostrano una certa tendenza all'anticipo di fioritura (fase fenologica ++o) solo nel 2025; in particolare si osserva un anticipo della fioritura, rispetto al 2020, primo anno di monitoraggio, di circa dieci giorni. Questo trend caratterizza gli esemplari posti sia alle quote inferiori, quali As10 (1822 m, Figura 9) sia alle quote superiori, quali As3 (2165 m, Figura 10). L'anticipo della fioritura del 2022 è da correlare con l'anticipo dell'estate meteorologica al Monte Cimone e in particolare con le temperature del mese di maggio (Tabella 7).

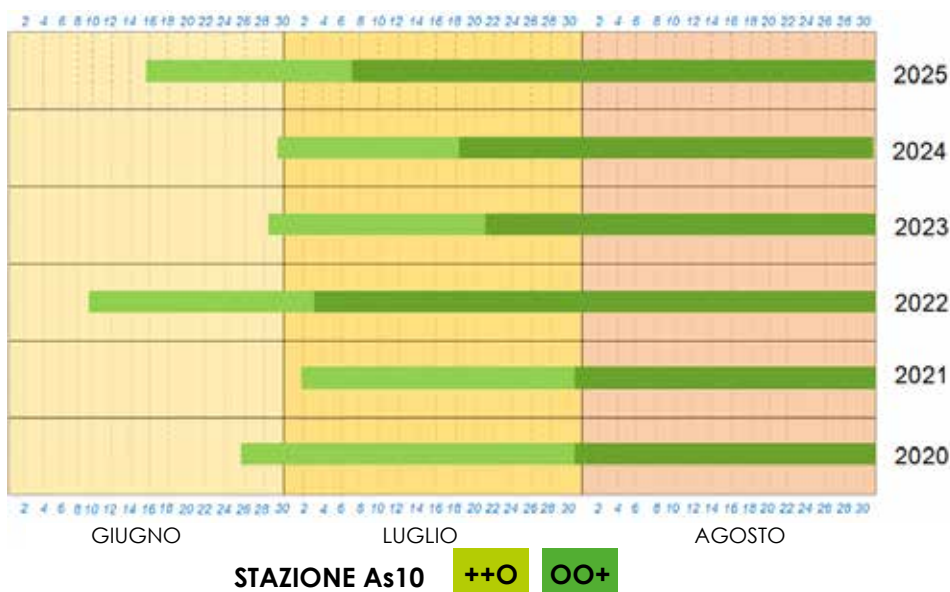


Figura 9 - *Aster Alpinus subsp. alpinus* - Analisi fenologica (fasi ++o e oo+) di As10 - elaborazione E. Pinotti

Mese di Maggio 2022			
GG	TM °C	TX °C	TN °C
1	0,5	1,9	-0,5
2	0,3	1,8	-0,9
3	1,9	7,8	-0,1
4	3,7	5,4	2,5
5	2,0	3,1	0,1
6	1,8	2,8	0,9
7	1,4	2,4	0,4
8	2,1	3,4	0,8
9	3,0	4,1	2,1
10	5,2	9,2	2,1
11	7,5	10,3	5,1
12	8,5	11,9	6,3
13	10,1	14,2	6,4
14	9,5	11,5	7,7
15	9,2	10,8	7,4
16	10,7	14,4	8,1
17	11,0	14,2	8,8
18	10,0	11,5	6,7
19	9,8	12,9	6,3
20	11,9	15,1	9,5
21	13,8	17,4	10,7
22	15,7	18,8	13,9
23	14,3	17,0	10,0
24	10,4	11,9	8,3
25	10,6	14,4	8,2
26	11,8	14,9	9,7
27	14,0	17,8	11,7
28	12,5	16,4	7,4
29	9,1	10,8	6,2
30	8,4	10,2	6,9
31	9,9	13,3	7,1
	8,1	18,8	-0,9
		10,7	5,8

Tabella 9 – La temperatura del mese di maggio 2022 a Monte Cimone (cortesia CAMM Centro Aeronautica Militare di Montagna)

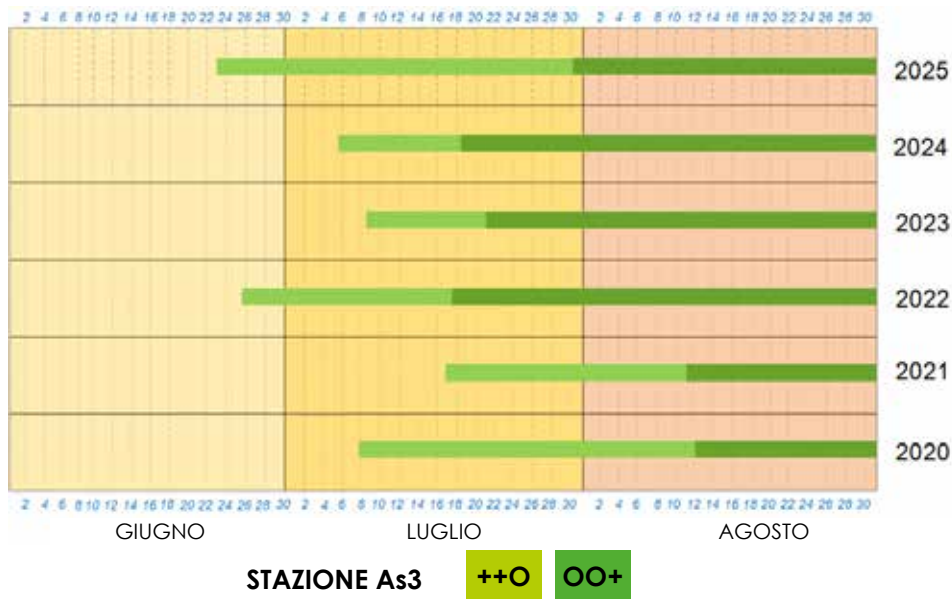


Figura 10 - *Aster Alpinus* subsp. *alpinus* - Analisi fenologica (fasi ++o e oo+) di As3 - elaborazione E. Pinotti

Geranium argenteum

Le stazioni di *Geranium* (Figura 11) non mostrano, sostanzialmente, anticipi di fioritura nei sei anni del monitoraggio, con l'eccezione del 2022, caratterizzato da un anticipo dell'estate meteorologica come già ricordato.

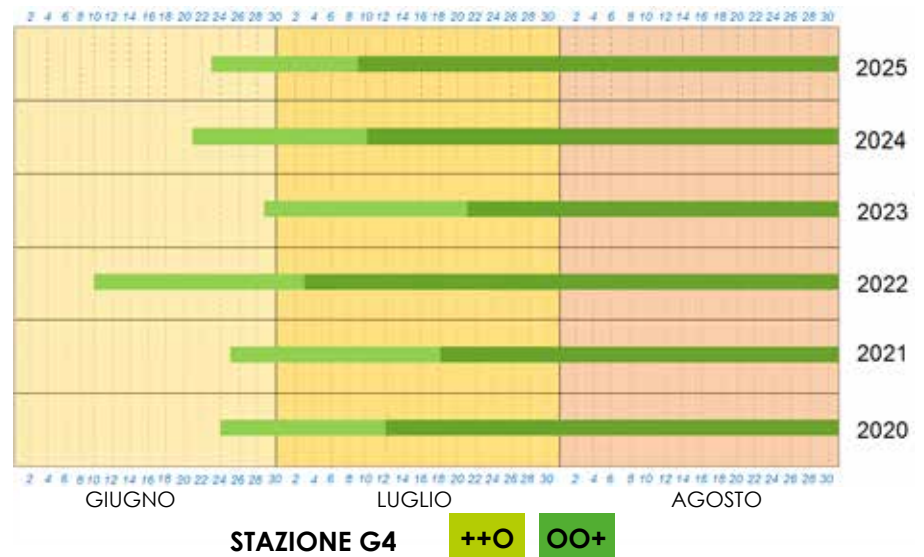


Figura 11 - *Geranium argenteum* - Analisi fenologica (fasi ++o e oo+) di G4 - elaborazione E. Pinotti

Conclusioni

Delle tre specie oggetto di indagine, *Armeria arenaria* subsp. *marginata* si è rivelata quella maggiormente indicatrice del cambiamento climatico in corso in quanto mostra una certa correlazione tra l'inizio della fioritura e l'andamento delle temperature estive al Monte Cimone. Tutte le stazioni mostrano, infatti, un anticipo di fioritura, anche di tre settimane rispetto al 2020, a fronte di un aumento della temperatura media estiva di 0,7 °C nei sei anni di progetto.

Aster alpinus subsp. *alpinus* mostra una certa tendenza all'anticipo di fioritura solo nel 2025 e questo trend caratterizza sostanzialmente tutte le stazioni. Allo stato attuale, dunque, risulta ancora prematuro trarre conclusioni in proposito. La minore correlazione con l'aumento della temperatura media di *Aster* rispetto ad *Armeria* potrebbe essere dovuta alla diversa stagionalità delle due specie, essendo quest'ultima più precoce (fioritura V-IX, fonte actaplantarum.org) e quindi maggiormente influenzata dalle temperature estive; la fioritura più tar-

diva di *Aster* (VI-VIII, fonte actaplantarum.org) potrebbe dunque "attenuare" l'effetto legato all'aumento di temperatura.

Come già ricordato, le stazioni di *Geranium argenteum* non mostrano, sostanzialmente, anticipi di fioritura nei sei anni del monitoraggio. Chiarugi indica una possibile spiegazione in proposito: "si ha la netta impressione che questa vecchia pianta terziaria mostri segni di esaurimento in confronto alla vigoria di un lontano passato"; la sua condizione di specie "in esaurimento" potrebbe rendere *Geranium* meno "sensibile", rispetto alle altre due specie.

Ringraziamenti

Si ringrazia il Centro Aeronautica Militare di Montagna per i dati meteorologici relativi al Monte Cimone e il supporto in tutte le fasi del monitoraggio botanico.

Il Ten. Col. Antonio Vocino dello Stato Maggiore dell'Aeronautica Militare (Roma) per l'elaborazione dei grafici dei data logger. Edoardo Pinotti per i grafici fenologici.



Figura 0 - Cirmolo (*Pinus cembra*) con evidenze di ruggine vescicolosa - ph Ciro Grandi

Nuove minacce per le foreste europee e italiane

Parassiti prioritari e non solo

di *Ciro Gardi*⁽¹⁻²⁾, *Andrea Battisti* ⁽³⁻⁴⁾

1. *Tecnico Scientifico - Autorità Europea per la Sicurezza Alimentare (EFSA), Plants Unit, Parma*
2. *Operatore Naturalistico e Culturale - Sezione CAI Bologna*
3. *Professore - Università degli Studi di Padova, Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse naturali e Ambiente*
4. *Socio della Sezione CAI 'Ettore Castiglioni' - Tregnago - Verona*

Riassunto

Gli ecosistemi forestali sono sottoposti, come mai prima d'ora, a una serie di pressioni che sono sostanzialmente riconducibili a fattori abiotici (effetti del cambiamento climatico), biotici (parassiti), antropici (deforestazione, incendi, frammentazione degli habitat ed erosione genetica) ed alle loro interazioni.

In questo articolo tratteremo i fattori biotici, concentrandoci in particolare sui parassiti che non sono ancora presenti sul territorio dell'Unione Europea, o che sono presenti in aree limitate. I *pests* prioritari sono parassiti o patogeni delle piante, valutati dalla *European Food Safety Authority (EFSA)* e dal *Joint Research Center (JRC)* della Commissione Europea, ritenuti di estrema rilevanza per l'Unione Europea. L'elenco dei *pest* prioritari comprende 46 *pests* e di questi 17 sono di potenziale rilevanza per specie o ecosistemi forestali. Oltre agli organismi di questo elenco, ne sono stati aggiunti altri, potenzialmente rilevanti per le nostre foreste.

Abstract: New threats to European and Italian forests - Priority pests and more

The Forest ecosystems are under unprecedented pressure from a series of factors that can be broadly categorized as abiotic (effects of climate change), biotic (pests), and anthropogenic (deforestation, fires, habitat fragmentation, and genetic erosion) and their interactions.

In this article, we will discuss biotic factors, focusing in particular on pests that are not yet present in the European Union or that are present in limited areas. Priority pests are plant pests or pathogens, assessed by EFSA and JRC, considered to be of extreme importance to the European Union. The list of priority pests includes 46 pests, 17 of which are of potential relevance to forest species or ecosystems. In addition to the organisms on this list, others have been added that are potentially relevant to our forests.

Introduzione

Quando pensiamo ai parassiti o alle malattie delle piante, oltre all'esperienza diretta che ciascuno di noi può aver avuto con afidi, cocciniglie o malattie fungine delle nostre piante d'appartamento, il caso più eclatante per il nostro paese negli ultimi anni è stato sicuramente la *Xylella fastidiosa* e gli ingentissimi danni sull'olivo (EFSA, 2019), oppure per la nostra categoria di frequentatori di montagne e boschi, il "bostrico" (*Ips typographus*).

Una delle più drammatiche emergenze fitosanitarie, tuttavia, si verificò a metà del XIX secolo, in forma di vera e propria peste delle piante che, come la peste nera, causò circa un milione di morti e l'emigrazione forzata di un numero analogo di persone in un unico paese. Siamo in Irlanda, dove la patata era divenuta, come in altre parti d'Europa, l'alimento base per gran parte della popolazione. La peronospora della patata (*Phytophthora infestans*) arrivata dalle Americhe ebbe gioco facile su piante con una bassissima diversità genetica (la patata è riprodotta agamicamente) e potendo contare su un clima umido favorevole al proprio ciclo biologico.

Pochi anni più tardi una serie di flagelli si abbatterono su una coltura fondamentale per l'Europa, la vite, causando un impatto economico enorme. Oltre all'oidio e alla peronospora, la fillossera della vite (un piccolo afide) causò la distruzione del 40% dei vigneti del Vecchio

Continente, mettendo in ginocchio un intero settore. Da queste due epidemie nascono la fitopatologia, come disciplina scientifica e la difesa fitosanitaria come metodo per la prevenzione e cura di malattie e parassiti delle piante. Il nostro paese è suo malgrado tra i pionieri.

Da allora nel mondo purtroppo si sono susseguite molte "epidemie" capaci di devastare colture, foreste, interi ecosistemi, mettendo in ginocchio più di un settore produttivo e alterando, come nel caso di *Xylella*, la fisionomia del paesaggio ed il patrimonio culturale di un territorio. Il cambiamento climatico contribuisce ad acuire gli effetti degli attacchi parassitari e a consentire l'insediamento di parassiti in aree in cui prima non avrebbero potuto sopravvivere (Rosace *et al.*, 2024).

L'Unione Europea, al fine di definire attività di monitoraggio e dotarsi di piani di emergenza nel caso di nuove epidemie vegetali, ha stilato una lista di "pests" prioritari (Schneider *et al.*, 2025), la maggior parte dei quali non ancora presenti sul territorio europeo, mentre alcuni sono già presenti, ma hanno ancora una distribuzione limitata.

In questo articolo saranno elencati e descritti brevemente quali tra questi "pests" rappresentano una potenziale minaccia per il patrimonio forestale del nostro paese. Inoltre, d'ora in avanti si utilizzerà il termine "parassiti" anziché "pests", per indicare tutti gli organismi in grado di

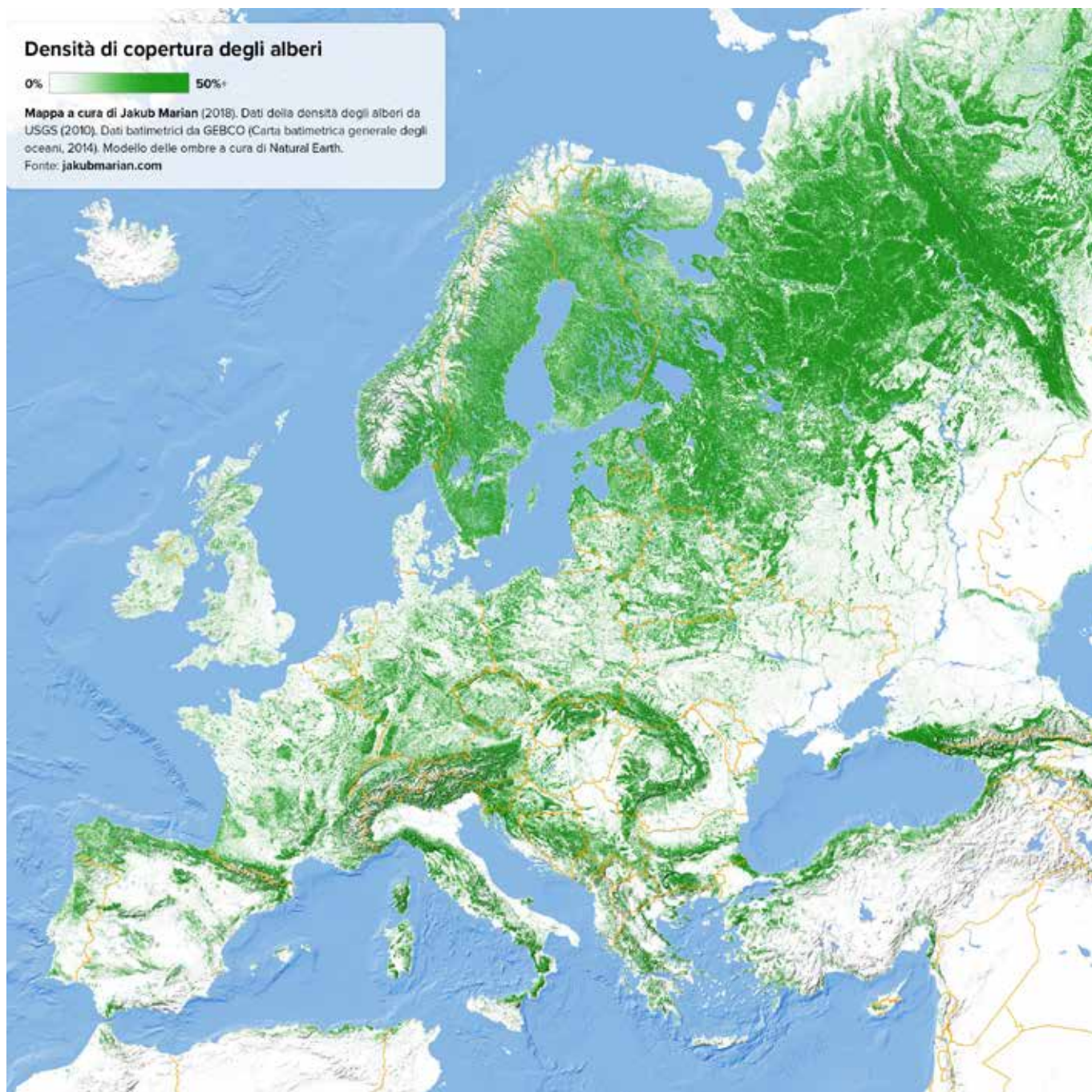


Figura 1 - Mappa della densità della copertura forestale in Europa - fonte: Wikimedia Commons

arrecare danno alle piante. Verranno descritti anche altri parassiti, non compresi nell'elenco di quelli prioritari, ma non ancora presenti nel territorio dell'Unione Europea. Al contrario non saranno inclusi in questa breve trattazione,

Parassiti prioritari per l'Unione Europea

Il processo di selezione dei parassiti prioritari è partito dall'analisi di circa 400 parassiti da quarantena per l'Unione Europea. Un parassita da quarantena è un organismo/entità nocivo (insetto, fungo, batterio, virus, ecc.) che non è ancora presente o ha una distribuzione limitata all'interno del territorio considerato (nel nostro caso l'Unione Europea), ma che ha il potenziale di insediarsi e causare gravi danni economici, ambientali e sociali ed è quindi è soggetto a misure di prevenzione, controllo ed eradicazione obbligatorie.

importanti agenti del deperimento delle foreste, quali per esempio diverse specie di Oomiceti appartenenti a genere *Phytophthora*, in quanto già ampiamente diffusi, o perlomeno presenti, nel territorio dell'Unione Europea.

La preselezione dei parassiti si è basata su una metodologia che combina solo due fattori:

1. l'invasività del parassita (che è funzione della sua capacità di dispersione);
2. l'area o il valore delle principali colture/piante che possano essere colpite dal parassita in questione.

Sono stati selezionati 46 parassiti, 23 dei quali già valutati in precedenza e altri 23 di nuova possibile introduzione nella lista dei parassiti prioritari.

I parassiti forestali prioritari

Sedici di questi parassiti sono considerati rilevanti per le specie forestali, mentre due (*Anoplophora chinensis* e *Aromia bungii*), annoverano tra le piante ospiti sia specie forestali, sia specie di interesse agrario o ornamentale.

Nella Tabella 1 sono elencati tali organismi (oltre ad altri parassiti non inclusi nell'elenco dei pests prioritari, ma potenzialmente rilevanti per le nostre foreste) con l'indicazione degli impatti potenziali basati su IPS2, un indice composito che tiene in considerazione l'ambito economico, sociale e ambientale.

La valutazione si riferisce al territorio dell'Unione Europea, e considera quindi una grande varietà di ambienti e tipi di vegetazione; più alto è il valore dell'indice, maggiore è l'impatto complessivo previsto. Ne deriva quindi che alcuni dei parassiti che si trovano ai vertici di questa classifica, sono potenzialmente estremamente rilevanti per le foreste di alcune regioni d'Europa, ma non per le foreste del nostro paese.

È il caso per esempio di *Dendrolimus sibiricus*, che ha tra le principali piante ospiti specie di conifere tipiche della Siberia (in prevalenza *Larix sibirica*), mentre come

piante ospite secondarie o potenziali, annovera anche specie presenti nei nostri boschi, quali il pino silvestre, il larice europeo, l'abete bianco e l'abete rosso.

Il ranking dei parassiti riportati nella Tabella 1 dovrebbe essere quindi rimodulato, se riferito alla vegetazione forestale e alle condizioni climatiche del nostro paese.

Senza addentrarci in tentativi di riclassificazione di tali organismi, possiamo indicare che i parassiti potenzialmente più rilevanti per l'Italia siano quelli riportati in grassetto (Tabella 1); oltre al sopracitato indice IPS2, sono riportati il numero di specie ospiti (indicando le principali) e viene indicato se questi parassiti siano già presenti in Europa o meno.

Nel capitolo successivo viene riportata una breve descrizione dei principali tra questi organismi. Nella mappa in Figura 1 viene riportata la densità della copertura forestale in Europa, mentre le mappe in Figura 2 indicano la distribuzione di quattro parassiti prioritari che sono già presenti nel territorio dell'Unione Europea: *Anoplophora chinensis*, *Anoplophora glabripennis*, *Aromia bungii*, *Bursaphelenchus xylophilus*.

Specie	Phylum	Ordine	N. ospiti	Ospiti principali	Prioritario	Presente in		IPS2
						Europa	Italia	
<i>Dendrolimus sibiricus</i>	Artropodi	Lepidotteri	26	Pinaceae	X	NO	NO	0,55
<i>Anoplophora chinensis</i>	Artropodi	Coleotteri	197	Acer spp, Betula spp, Fagus spp, etc	X	SI	SI	0,51
<i>Agrilus anxius</i>	Artropodi	Coleotteri	21	Betula spp.	X	NO	NO	0,40
<i>Aromia bungii</i>	Artropodi	Coleotteri	36	Prunus spp.	X	SI	SI	0,37
<i>Choristoneura fumiferana</i>	Artropodi	Lepidotteri	33	Abies spp., Picea spp.	X	NO	NO	0,27
<i>Polygraphus proximus</i>	Artropodi	Coleotteri	31	Abies spp.	X	NO	NO	0,25
<i>Anoplophora glabripennis</i>	Artropodi	Coleotteri	92	Acer spp., Betula spp., Populus spp., Salix spp., etc	X	SI	SI	0,24
<i>Pissodes strobi</i>	Artropodi	Coleotteri	29	Picea spp., Pinus spp.	X	NO	NO	0,22
<i>Agrilus planipennis</i>	Artropodi	Coleotteri	15	Fraxinus spp.	X	NO	NO	0,21
<i>Pissodes nemorensis</i>	Artropodi	Coleotteri	28	Pinaceae	X	NO	NO	0,19
<i>Bursaphelenchus xylophilus</i>	Nematodi	Rhabditidi	49	Pinus spp.	X	SI	NO	0,12
<i>Bretziella fagacearum</i>	Ascomiceti	Microascales	37	Quercus spp., Castanea spp.	X	NO	NO	0,10
<i>Pseudocercospora pini-densiflorae</i>	Ascomiceti	Mycophae-rellales	27	Pinus spp.	X	NO	NO	0,07
<i>Pissodes nitidus</i>	Artropodi	Coleotteri	10	Pinus spp.	X	NO	NO	0,07
<i>Arrhenodes minutus</i>	Artropodi	Coleotteri	14	Fagaceae	X	NO	NO	0,06
<i>Acleris semipurpurana</i>	Artropodi	Lepidotteri	7	Quercus spp.	X	NO	NO	0,06
<i>Pissodes terminalis</i>	Artropodi	Coleotteri	4	Pinus spp.	X	NO	NO	0,03
<i>Pissodes yunnanensis</i>	Artropodi	Coleotteri	1	Pinus yuannensis	X	NO	NO	0,01
<i>Atropellis pinicola</i>	Ascomiceti	Helyotales	8	Pinus spp.	-	NO	NO	n.d.
<i>Chrysomyxa arctostaphyli</i>	Basidiomiceti	Pucciniales	11	Picea spp.	-	NO	NO	n.d.
<i>Grosmannia wagneri</i>	Ascomiceti	Ophiostomatales	13	Pinus spp., Pseudotsuga menziesii	-	NO	NO	n.d.
<i>Cronartium spp. (non EU)</i>	Basidiomiceti	Pucciniales	n.d	Pinus spp.	-	NO	NO	n.d.

Tabella 1 - Caratteristiche dei parassiti prioritari (candidati alla lista dei "priority pests" per l'Unione Europea) di interesse forestale e di altri parassiti di rilevanza per gli ecosistemi forestali

Descrizione dei parassiti prioritari di interesse per le foreste italiane ed europee

Dendrolimus sibiricus - "falena siberiana", è un lepidottero appartenente alla famiglia dei Lasiocampidi, ed è il principale defoliatore delle foreste di conifere della Russia

asiatica (Figura 3 e 4). Originario del Nord-Est dell'Asia, è ampiamente distribuito negli Urali, in Siberia e in Estremo Oriente dove colpisce principalmente il larice, l'abete

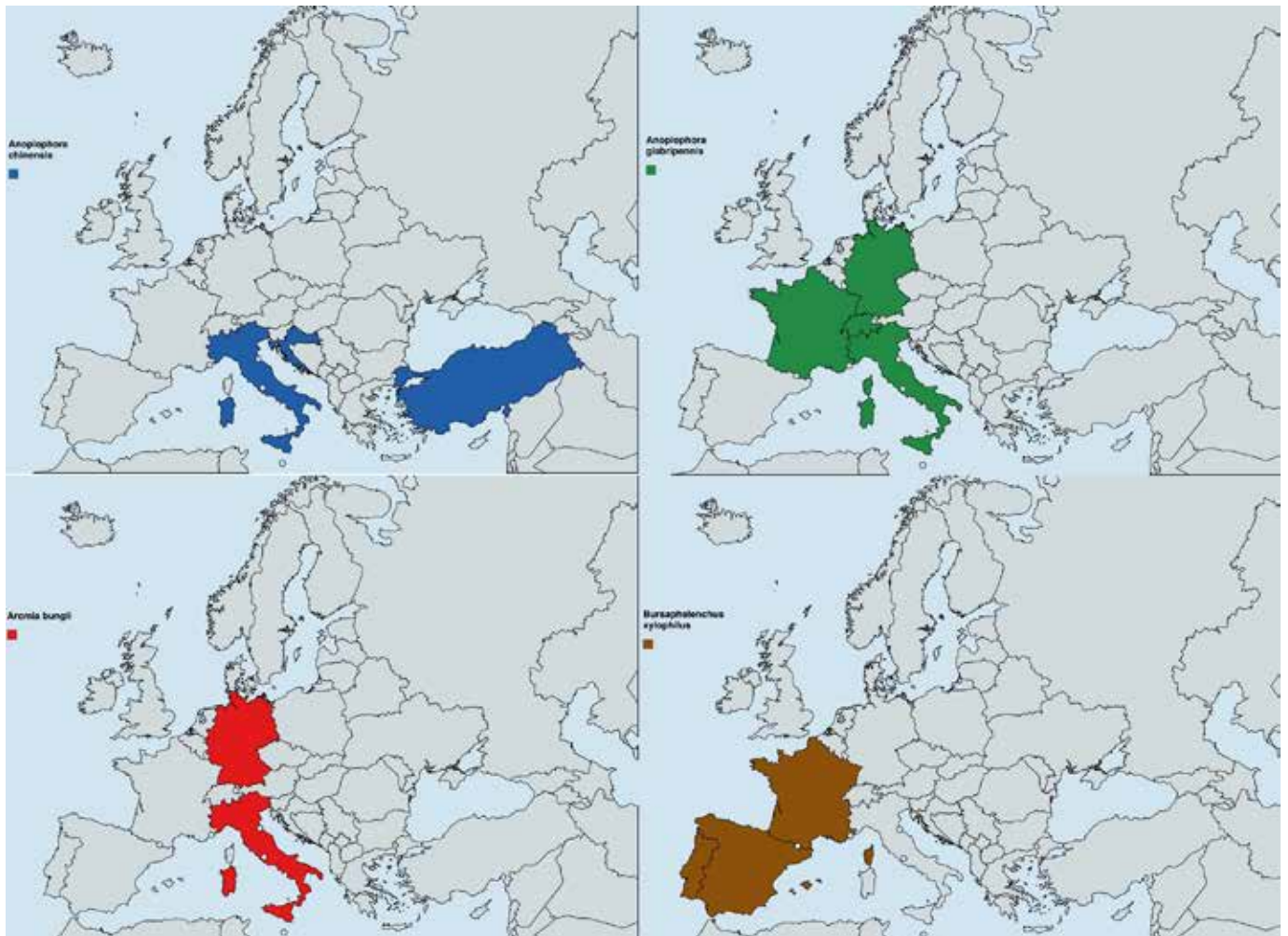


Figura 2 - Distribuzione di quattro parassiti prioritari già presenti in alcune stati Europei: *Anoplophora chinensis*, *Anoplophora glabripennis*, *Aromia bungii*, *Bursaphelenchus xylophilus*. Nelle mappe viene campito l'intero stato anche se la presenza del parassita può essere limitata ad alcune aree dello stesso e anche se siano in atto attività di eradicazione - elaborazione C. Gardi



Figura 3 - Larva di *Dendrolimus sibiricus* - ph John Ghent, Bugwood.org



Figura 4 - Impatto di *Dendrolimus sibiricus* su una foresta di conifere - ph John Ghent, Bugwood.org

siberiano e il pino siberiano (*Larix sibirica*, *Abies sibirica*, e *Pinus sibirica*), in ordine decrescente di preferenza da parte del parassita. Questo lepidottero non è attualmente presente nel territorio dell'Unione Europea, dove è regolamentato come organismo da quarantena. Tuttavia, secondo uno studio condotto da EFSA (EFSA, 2025), la maggior parte delle specie di conifere presenti in Europa, sono ospiti potenziali dell'insetto.

Dendrolimus sibiricus completa solitamente una generazione in due anni, ma è in grado di abbreviare o prolungare il tempo di sviluppo da uno a quattro anni, in funzione del clima dell'area. Ha un'ottima capacità di dispersione naturale, che può raggiungere 50 km/anno.

Agrilus anxius - (buprestide bronzo della betulla) è un coleottero, appartenente alla famiglia dei Buprestidi, originario del Nord America, che, come suggerisce il suo nome, colpisce sostanzialmente solo le betulle.

Il genere *Betula* comprende oltre 40 specie, e tra queste quelle asiatiche ed europee risultano essere maggiormente suscettibili rispetto alle specie nordamericane (EFSA, 2025b). Se l'impatto potenziale di questo insetto può essere considerato abbastanza modesto per gli ecosistemi forestali italiani, dove la presenza della betulla si limita ad alcune aree altomontane, altrettanto non si può dire per il Centro-Nord Europa soprattutto per i paesi scandinavi dove le betulle costituiscono una delle specie forestali prevalenti.

Il buprestide della betulla non risulta essere presente in Europa, e annualmente vengono attuate attività di sorveglianza per accertarne l'eventuale introduzione

(analogamente a ciò che accade per il buprestide del frassino e a molti altri parassiti prioritari). Il ciclo di vita può essere annuale o biennale, in funzione delle caratteristiche climatiche dell'area. Le uova vengono depositate sulla corteccia e in una decina di giorni, fuoriescono le larve, che cominciano a scavare gallerie all'interno della pianta, interessando sia il cambio, sia il legno. Sebbene in Nord America sia considerato un parassita secondario, che attacca piante già indebolite da stress abiotici, è in grado di attaccare anche piante sane, e portarle a morte nell'arco di poche stagioni.

Aromia bungii - questo coleottero, della famiglia dei Cerambycidae, è originario del Sud-Est dell'Asia, e la sua presenza è già stata registrata in due paesi dell'Unione Europea: Italia e Germania. In Italia la prima segnalazione risale al 2012, ma sebbene la sua distribuzione sia considerata ancora "limitata", si continuano a registrare nuovi focolai (EFSA, 2025c). Si tratta di una specie olifaga, ed annovera tra le piante ospiti principalmente specie di interesse agrario (*Prunus* spp.), ci sono indicazioni in letteratura di specie di pioppo e di quercia come ospiti potenziali. L'adulto presenta corpo nero lucente con pronoto rosso vivo; la lunghezza varia tipicamente tra 22-38 mm e le antenne, particolarmente lunghe nei maschi, raggiungono o superano la lunghezza del corpo. È una specie a ciclo poliennale (2-4 anni). Le femmine depongono le uova nelle fessure della corteccia, prevalentemente alla base del fusto, e le larve si sviluppano sotto la corteccia e nel legno (soprattutto floema e alburo). Gli adulti emergono tra la fine primavera e l'estate.

Choristoneura fumiferana - è un lepidottero appartenente alla famiglia dei Tortricidi, originario del Nord America. È considerato uno dei più importanti e distruttivi defogliatori delle foreste di conifere del Canada e degli Stati Uniti. Ha tra le piante ospiti principalmente specie dei generi *Abies* e *Picea*, ma sono comprese anche altre specie della famiglia delle Pinaceae. Attualmente questo insetto non è presente in Europa. Il ciclo biologico è annuale: le femmine depongono le uova sulle foglie o sulle ramificazioni delle piante ospiti e, dopo la schiusa, le giovani larve si nutrono degli aghi e dei germogli. Le forti infestazioni possono portare a massicce defogliazioni, riducendo la crescita e la vitalità degli alberi e, in caso di attacchi ripetuti, causare la morte delle piante colpite. Questo insetto mostra una notevole capacità di dispersione attraverso il volo degli adulti (20 km/anno come valore medio, ma può raggiungere i 450 km/anno), che può favorire la rapida colonizzazione di nuove aree (EFSA, 2025d). Il suo impatto economico, ambientale e sociale nei paesi di origine è molto elevato, con ingenti perdite nel settore forestale e conseguenze negative sugli ecosistemi naturali. Indicazioni analoghe valgono per le altre specie non Europee del genere *Choristoneura*.

Polygraphus proximus - è un coleottero appartenente alla famiglia dei Curculionidi, sottofamiglia Scolytinae, originario della Siberia e dell'Estremo Oriente russo, recentemente segnalato anche in alcune regioni della Cina, della Corea e del Giappone (EFSA, 2025e). Questo scolitide rappresenta una minaccia crescente per le foreste di abete (*Abies* spp.), in particolare per *Abies sibirica*, che costituisce una delle principali specie arboree delle foreste asiatiche boreali. L'attività delle larve, che scavano gallerie sotto la corteccia, può causare gravi deperimenti e la morte degli alberi. Sebbene non sia attualmente presente in Europa, il rischio di introduzione attraverso il commercio di legname e materiale da imballaggio richiede una costante attenzione a livello fitosanitario, in linea con le misure adottate per altri organismi di rilievo come i funghi *Atropellis pinicola* (su *Pinus sylvestris*) e *Atropellis piniphila* (su *Pinus nigra*).

Anoplophora chinensis e **Anoplophora glabripennis** - (tarli asiatici) sono coleotteri appartenenti alla famiglia dei Cerambycidae, originari dell'Estremo Oriente (EFSA, 2025e, 2025g). Entrambe le specie sono estremamente polifaghe. *Anoplophora chinensis* in Asia presenta una gamma di piante ospiti più ampia rispetto ad *Anoplophora glabripennis*. Le specie più vulnerabili in Europa sono aceri, betulle, carpini, platani, ippocastani, pioppi ma l'elenco delle piante ospiti è molto più esteso. Entrambe le specie sono presenti in Italia, sebbene con una distribuzione limitata e soggette a programmi di eradicazione. Il ciclo di sviluppo delle due specie si compie generalmente in due anni, ma si può ridurre a un solo anno in funzione dell'andamento climatico. Le femmine depongono le uova in prossimità del colletto (*A. chinensis*), o lungo il tronco e nelle branche principali (*A. glabripennis*). Dopo un paio di settimane si schiudono le uova e le larve si sviluppano al di sotto della corteccia e nel legno, dove iniziano a scavare gallerie. Il danno diretto

derivante dalle rosure dell'insetto all'interno della pianta e ai fori di sfarfallamento degli adulti può divenire poi fattore predisponente per l'insediamento di patogeni.

Pissodes nemorensis, Pissodes strobi, Pissodes nitidus e Pissodes terminalis - sebbene il genere *Pissodes* sia ben definito a livello tassonomico, per alcune specie (per esempio *Pissodes strobi*), ci troviamo di fronte a complessi di specie, con la presenza di specie criptiche.

Si tratta di coleotteri, appartenenti alla famiglia dei Curculionidi, le cui dimensioni vanno dai 4 agli 11 mm. Sono parassiti delle conifere, e in particolare delle Pinaceae. Le quattro specie (o complessi di specie) indicate, sono quelle elencate tra le specie prioritarie; in realtà vi sono altre specie, che comunque sono regolamentate come organismi da quarantena nell'Unione Europea. Nessuna di queste specie risulta essere presente in Europa.

Gli attacchi di questi insetti comportano una deformazione degli apici vegetativi, una riduzione della crescita delle piante, e in alcuni casi, anche la morte delle piante. Si sviluppano soprattutto nel floema e possono veicolare funghi patogeni, come per esempio *Fusarium circinatum*.

Agrilus planipennis - (buprestide smeraldino del frassino) è un coleottero, appartenente alla famiglia dei Buprestidi, originario dell'Asia, che colpisce i frassini (*Fraxinus* spp.). Tutte le specie di frassino europeo (*Fraxinus excelsior*, *Fraxinus angustifolia* o *Fraxinus oxycarpa* e *Fraxinus ornus*) sono state confermate come ospiti suscettibili (EPPO, 2023). Si tratta di un parassita da quarantena nell'Unione Europea (e in molti altri paesi), estremamente distruttivo, che ha devastato le riserve di frassino nelle foreste del Nord America. Attualmente si sta diffondendo nella Russia europea e in Ucraina, con il fronte di invasione che avanza verso ovest, ma a oggi la sua presenza nell'Unione Europea non è stata ancora riscontrata.

Questo insetto impiega un anno per completare una generazione, o due anni nei climi più freddi. Gli adulti si trovano in primavera e in estate; le larve si nutrono del floema dei frassini infestati causando un esteso deperimento e la morte degli alberi. Si diffonde sia attraverso il volo, con una capacità di dispersione di 1,5 km/anno, ma la dispersione, assistita dall'uomo (involontaria), può aumentare notevolmente il suo raggio di dispersione. Le condizioni climatiche del nostro paese sono idonee all'insediamento di *Agrilus planipennis*. La capacità di dispersione attiva di questi insetti è piuttosto limitata, nell'ordine di poche centinaia di metri.

Bursaphelenchus xylophilus - in questo caso si tratta di un nematode, appartenente alla famiglia degli Aphelenchoididae, originario del Nord America, e introdotto in Asia all'inizio del XX secolo. Questo pericoloso parassita, che colpisce prevalentemente i pini (particolarmente sensibili risultano essere *Pinus nigra*, *Pinus sylvestris* e *Pinus pinaster*), è ormai presente anche in Europa, dove è stato ufficialmente identificato nel 1999 in Portogallo, nel 2008 in Spagna e nel 2025 anche in Francia. La trasmissione di questo nematode avviene grazie ai coleotteri cerambycidi del genere *Monochamus*, che trasportano su una pianta sana gli stadi infettivi del nematode.

Sulla pianta appena colonizzata i nematodi si sviluppano in adulti, che cominciano a riprodursi nei canali resiniferi e nei tessuti cambiali della pianta. In condizioni ambientali favorevoli l'infezione evolve rapidamente e porta alla morte della pianta.

Bretziella fagacearum - o tracheomicosi delle querce, è un fungo, ascomicete, probabilmente originario del Nord America ed ampiamente diffuso nella parte orientale degli Stati Uniti, dove è considerato uno dei più importanti patogeni forestali. Colpisce numerose specie del genere *Quercus* e alcune del genere *Castanea*. Sebbene non sia presente in Europa, da sperimentazioni condotte negli Stati Uniti, anche le specie europee di querce e castagno sono suscettibili. Il fungo si diffonde rapidamente nello xilema, inducendo nella pianta la produzione di sostanze gommose, che occludono i vasi xilematici, e possono portare a morte la pianta nel giro di poche settimane.

Pseudocercospora pini-densiflorae - questa specie fungina asiatica, responsabile della malattia nota come "bruciatura degli aghi del pino", è particolarmente temuta per la sua capacità di causare defogliazioni significative e un progressivo deperimento delle piante colpite, in particolare tra le specie di pino più sensibili come *Pinus densiflora* e altre conifere. La diffusione avviene principalmente tramite le spore, favorite da condizioni di elevata umidità e temperature miti, che trovano facile veicolo attraverso il vento e gli schizzi d'acqua. Gli attacchi gravi possono compromettere la crescita degli alberi, rendendoli vulnerabili ad altri patogeni o a fattori ambientali avversi; per questo la sorveglianza fitosanitaria nei confronti di *Pseudocercospora pini-densiflorae* rappresenta un elemento essenziale nella gestione delle foreste e nella tutela della biodiversità dei nostri ecosistemi.

Arrhenodes minutus - noto anche come "punteruolo dello xilema", è un coleottero appartenente alla famiglia Brentidae, originario del Nord America. Questo insetto rappresenta una minaccia per diverse latifoglie, tra cui querce e castagni, poiché le sue larve scavano lunghe gallerie nel legno, indebolendo strutturalmente gli alberi e rendendoli più suscettibili ad agenti patogeni secondari e a danni meccanici. Sebbene non sia attualmente presente in Europa, la sua introduzione potrebbe avere impatti rilevanti sugli ecosistemi forestali, specialmente nelle zone dove le querce costituiscono una componente fondamentale della biodiversità arborea, in quanto possibile vettore del fungo *Bretziella fagacearum*. La sorveglianza e la prevenzione della diffusione di *Arrhenodes minutus* risultano quindi cruciali per tutelare la salute e la resilienza delle nostre foreste.

Acleris semipurpurana - è un lepidottero appartenente alla famiglia dei Tortricidi, originario del Nord America, noto per la sua capacità di causare danni significativi alle latifoglie, in particolare alle querce e agli aceri. Le larve di questa specie si nutrono delle foglie, provocando defogliazioni che possono indebolire gravemente gli alberi e ridurre la resistenza agli stress ambientali e ad altri patogeni. Sebbene non sia ancora presente in Europa, il rischio di introduzione rimane elevato, soprattutto in considerazione dei crescenti scambi commerciali e della mobilità internazionale di materiale vegetale.

In tale contesto, la sorveglianza fitosanitaria e la prontezza degli interventi di contenimento rappresentano strumenti indispensabili per la tutela delle foreste italiane ed europee, e per prevenire l'insediamento di nuovi parassiti potenzialmente dannosi, come dimostrano le esperienze maturate con altri organismi alloctoni.



Figura 5 - *Agrilus planipennis* - ph David Cappaert, Bugwood.org

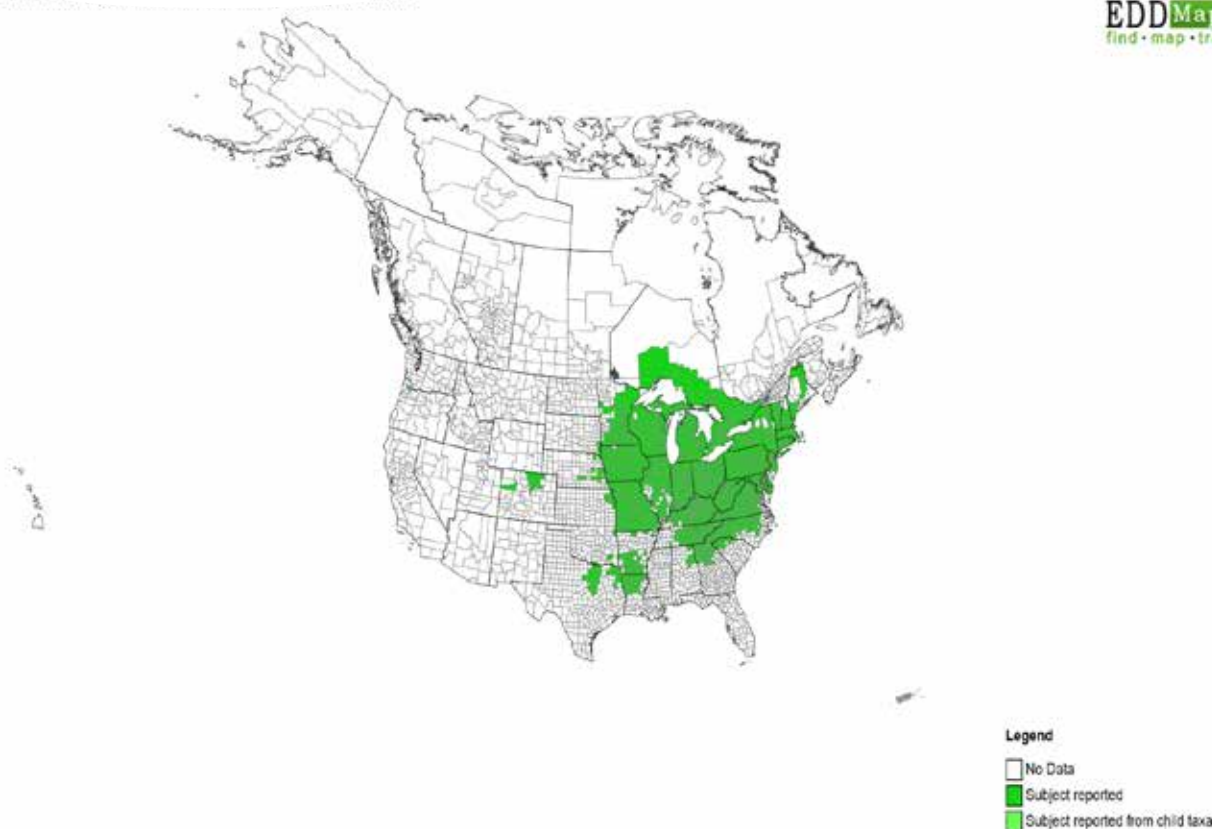


Figura 6 - Mappa di distribuzione di *Agrilus planipennis* in Nord America - (EDDMapS. 2026. Early Detection & Distribution Mapping System. The University of Georgia - Center for Invasive Species and Ecosystem Health. Available online at <http://www.eddmaps.org/>; last accessed February 10, 2026.)

Descrizione di altri parassiti non prioritari di interesse per le foreste italiane ed europee

L'elenco delle potenziali avversità biotiche per le foreste del Vecchio Continente potrebbe essere estremamente lungo. Ci limitiamo a riportare la descrizione di alcuni organismi (o gruppi di organismi), attualmente non presenti nel territorio dell'Unione Europea e non compresi tra i parassiti prioritari, ma che costituiscono comunque una potenziale minaccia per le nostre foreste.

Atropellis pinicola (Pinus sylvestris)* e *Atropellis piniphila (Pinus nigra) - tra i patogeni che destano particolare preoccupazione per la salute delle foreste italiane ed europee, sono da indicare queste due specie del genere *Atropellis*, regolamentate come organismi da quarantena nell'Unione Europea (analogamente ad altre specie dello stesso genere). Sono ascomiceti appartenenti all'ordine degli *Heliotales*, originari del Nord America e attualmente distribuiti nella parte occidentale del Canada e degli USA. Determinano la formazione di "cancri" che possono arrivare a cingere completamente il fusto ed essere letali, soprattutto per piante giovani o indebolite. *Atropellis pinicola* annovera tra le piante ospiti soprattutto specie di pino nordamericane, il pino silvestre e il pino nero tra le specie presenti in Europa e in Italia. *Atropellis piniphila* analogamente è associato prevalentemente a specie di pino nordamericane e al pino nero tra le specie presenti in Europa.

Chrysomyxa arctostaphyli - è un fungo appartenente all'ordine Pucciniales e alla famiglia Coleosporiaceae. Questo patogeno fungino rappresenta una seria minaccia per le foreste alpine, in particolare quelle dominate dall'abete

rosso (*Picea abies*). L'infezione provoca sintomi caratteristici che possono influenzare negativamente la vitalità degli alberi e ridurre la qualità del legname prodotto.

Cronartium spp. (non Europei) - un altro gruppo di patogeni di rilievo è rappresentato dal genere *Cronartium* (basidiomiceti appartenenti all'ordine Pucciniales), che comprende diverse specie fungine responsabili della ruggine vescicolare sui pini (*Pinus spp.*). Questi patogeni possono causare gravi danni alle foreste di conifere, compromettendo la crescita e la sopravvivenza degli alberi attraverso la formazione di vesciche e la necrosi dei tessuti. L'attenzione è sulle specie di questo genere che non sono presenti in Europa, e in particolare su quelle originarie presenti in Nord America, che annoverano tra le specie ospiti molti pini presenti in Europa (*Pinus cembra*, *Pinus halepensis*, *Pinus pinaster*, *Pinus pinea*, *Pinus sylvestris*, *Pinus nigra* e *Pinus mugo*).

Fusarium circinatum - è un patogeno fungino appartenente alla famiglia delle Nectriaceae, è responsabile della cosiddetta "pitch canker" o cancro resinoso del pino, una delle malattie più temute per le specie del genere *Pinus*. Originario delle Americhe e introdotto in ambiti circoscritti nella penisola iberica, negli ultimi decenni ha mostrato una significativa capacità di diffusione, soprattutto attraverso il commercio internazionale di materiale vegetale infetto. L'infezione provoca necrosi e cancri sui rami e sui fusti, con abbondante produzione di resina, che può compromettere gravemente la vitalità delle piante colpite.

Grosmania wagneri - è un fungo patogeno appartenente alla famiglia delle *Ophiostomataceae*, originario del Nord America, noto per la sua capacità di causare la malattia del marciume nero radicale su *Pseudotsuga menziesii* (Douglasia). Questo microrganismo invade il sistema vascolare degli alberi, provocando l'imbrunimento dei tessuti e la graduale perdita di vigore, con esiti che possono condurre alla morte delle piante colpite.

Monochamus spp. (non europei) - è un genere di coleotteri appartenente alla famiglia dei Cerambicidi, originario principalmente delle regioni extraeuropee, noto per il suo impatto sulle foreste di conifere. Gli adulti possono trasmettere il nematode del pino durante l'alimentazione di maturazione su piante sane o la deposizione di uova su alberi indeboliti o appena abbattuti, mentre le larve scavano gallerie nel legno.

Queste attività possono compromettere la salute degli alberi e ridurre il valore economico, soprattutto in aree forestali gestite per la produzione di legname. Anche se le specie non europee di *Monochamus* non sono attualmente diffuse nel nostro continente, il rischio di introduzione rimane elevato a causa del commercio internazionale di legno grezzo e da imballaggio.

Scolitynae spp. (non europei) - sono una sottofamiglia di coleotteri, comunemente noti come bostrici, molti dei quali hanno origine in regioni extraeuropee.

Sono considerati una delle principali minacce alle foreste di tutto il mondo (Marini et al, 2011). Questi insetti sono noti per la loro capacità di arrecare gravi danni alle foreste, in particolare scavando gallerie nella corteccia e nel legno degli alberi, attività che può compromettere il sistema vascolare e facilitare l'ingresso di patogeni. Le infestazioni spesso portano al deperimento e alla morte degli alberi, con conseguenze sia sull'equilibrio ecologico sia sul valore economico delle aree boschive.

Sebbene le specie di Scolitynae non europee non siano attualmente diffuse nel nostro continente, il rischio di introduzione rimane elevato a causa dell'aumento degli scambi internazionali di legname e materiali vegetali.

Conclusioni

Le foreste europee, e in particolare quelle italiane, si trovano oggi esposte a un numero crescente di pressioni, in cui parassiti e patogeni esotici ricoprono un ruolo rilevante. Le analisi condotte dall'EFSA e dal JRC evidenziano come la possibile introduzione di organismi nocivi, non ancora presenti nel territorio dell'Unione Europea, rappresenti una minaccia concreta sia per gli ecosistemi forestali europei. Il commercio globale di legname, piante ornamentali e materiali da imballaggio in legno rappresenta il principale fattore di rischio di introduzione dei parassiti alieni. Il cambiamento climatico con il suo correlato di stress abiotici, contribuisce ad aggravare la situazione. La protezione delle foreste europee richiede un approccio coordinato tra i diversi paesi, basato su prevenzione, sorveglianza e gestione attiva. L'Unione Europea interviene attivamente, attraverso il potenziamento della sorveglianza fitosanitaria, le attività monitoraggio mirato e la predisposizione di interventi tempestivi di eradicazione o contenimento.

Bibliografia

- EFSA Panel on Plant Health (PLH), BRAGARD, C., DEHNENSCHMUTZ, K., DI SERIO, F., GONTHIER, P., JACQUES, M. A., ... & PARNELL, S. (2019). *Update of the Scientific Opinion on the risks to plant health posed by Xylella fastidiosa in the EU territory*. EFSA Journal, 17(5), e05665
- EPPO (2023) PM7/154(1) *Agrilus planipennis*. EPPO Bulletin, 53, 285–308. Available from: <https://doi.org/10.1111/epp.12926>
- European Food Safety Authority (EFSA), NOUGA-DÈRE, A., MAKOWSKI, D., SCALA, M., SÁNCHEZ, B., BALDASSARRE, F., ... & PAOLI, F. (2025). *Dendrolimus sibiricus Pest Report to support the ranking of EU candidate priority pests* (Vol. 22, No. 2, p. 9243E)
- European Food Safety Authority (EFSA), NOUGA-DÈRE, A., PARNELL, S., SCALA, M., SÁNCHEZ, B., MAIORANO, A., ... & PAOLI, F. (2025d). *Choristoneura fumiferana and C. parallela Pest Report to support the ranking of EU candidate priority pests* (Vol. 22, No. 5, p. 9440E)
- European Food Safety Authority (EFSA), TRAMONTINI, S., ANTONIOU, A., GILIOLI, G., KRUSTEVA, R., RZEPECKA, D., ... & SABBATINI PEVERIERI, G. (2025c). *Aromia bungii Pest Report to support the ranking of EU candidate priority pests* (Vol. 22, No. 5, p. 9444E)
- European Food Safety Authority (EFSA), TRAMONTINI, S., ANTONIOU, A., GILIOLI, G., KRUSTEVA, R., RZEPECKA, D., ... & SABBATINI PEVERIERI, G. (2025f). *Anoplophora chinensis Pest Report to support the ranking of EU candidate priority pests* (Vol. 22, No. 5, p. 9445E)
- European Food Safety Authority (EFSA), TRAMONTINI, S., ANTONIOU, A., GILIOLI, G., KRUSTEVA, R., RZEPECKA, D., ... & SABBATINI PEVERIERI, G. (2025g). *Anoplophora glabripennis Pest Report to support the ranking of EU candidate priority pests* (Vol. 22, No. 5, p. 9446E)
- European Food Safety Authority (EFSA), TRAMONTINI, S., GILIOLI, G., ANTONIOU, A., RZEPECKA, D., KRUSTEVA, R., ... & BINAZZI, F. (2025b). *Agrilus anxius Pest Report to support the ranking of EU candidate priority pests* (Vol. 22, No. 4, p. 9433E)
- European Food Safety Authority (EFSA), Tramontini, S., Gilioli, G., Sánchez, B., Baldassarre, F., Scala, M., ... & Binazzi, F. (2025). *Polygraphus proximus Pest Report to support the ranking of EU candidate priority pests* (Vol. 22, No. 2, p. 9274E)
- LAKATOS AND MIRTICHEV, 2014; *Recent examples of invasive forest pests in Europe*, FAO, Rome. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/au056e>
- MARINI, L., HAACK, R. A., RABAGLIA, R. J., PETRUCO TOFFOLO, E., BATTISTI, A., & FACCOLI, M. (2011). *Exploring associations between international trade and environmental factors with establishment patterns of exotic Scolytinae*. *Biological Invasions*, 13(10), 2275-2288
- ROSACE, M. C., BJÖRKLUND, N., BOBERG, J., BRADSHAW, C. D., CAMAC, J., DAMUS, M., ... & GARDI, C. (2024). *Including climate change in pest risk assessment: current practices and perspectives for future implementation*. EPPO Bulletin, 54, 52-72



Ingresso della Grotta dell'Orso (Sgonico) nel Carso Triestino - ph Wikipedia

Le “grotte a orso” alpine

Archivi paleoecologici e luoghi di frequentazione umana sporadica nel Paleolitico

di Davide Delpiano⁽¹⁾, Marco Peresani^(1, 2, 3), Fabio Bona⁽⁴⁾

1. Department of Human Studies, Prehistoric and Anthropological Science Unit, University of Ferrara, Corso Ercole I d'Este 32, 44100 Ferrara, Italy
2. Institute of Environmental Geology and Geoengineering, National Research Council, Piazza della Scienza 1, 20126 Milano, Italy
3. Vice President Central Scientific Committee of Italian Alpine Club (CAI)
4. Department of Earth Sciences “A. Desio”, University of Milano, Via Mangiagalli 34, 20133 Milano, Italy

Riassunto

Le cosiddette “grotte a orso” alpine rappresentano contesti di particolare interesse paleontologico e archeologico, essendo caratterizzate da insiemi faunistici dominati da ursidi e, solitamente, da evidenze di occupazioni umane rare, frammentarie ed episodiche, concentrate specialmente nel Paleolitico medio. Attraverso l'analisi tecnologica e comparativa degli insiemi litici documentati in tali siti, con focus sul caso di Caverna Generosa (Prealpi Lombarde), emerge un *pattern* ricorrente di occupazioni effimere in ambienti d'alta quota, caratterizzate dall'introduzione di strumenti finiti, prevalentemente schegge e punte Levallois, e dall'assenza di sequenze di scheggiatura complete. Questi dati suggeriscono strategie di elevata mobilità e l'uso di equipaggiamenti portatili, inseriti in sistemi di sfruttamento stagionale del territorio alpino. Lo studio evidenzia il valore interpretativo di questi contesti marginali per comprendere le modalità di adattamento dei Neandertal agli ambienti montani del Pleistocene.

Abstract: The Alpine “bear caves”: palaeoecological archives and sites of sporadic human activity during the Paleolithic

The Alpine “bear caves” represent contexts of particular paleontological and archaeological interest, as they are characterized by faunal assemblages dominated by ursids and usually by evidence of rare, fragmentary, and episodic human occupations, especially during the Middle Paleolithic. Through the technological and comparative analysis of the lithic assemblages documented at these sites, with a focus on the case of Caverna Generosa (Lombard Prealps), a recurring pattern of ephemeral occupations in high-altitude environments emerges, characterized by the introduction of finished tools, mainly Levallois flakes and points, and by the absence of complete knapping sequences. These data suggest strategies of high mobility and the use of portable toolkits within systems of seasonal exploitation of the Alpine landscape. The study highlights the interpretative value of these marginal contexts for understanding Neanderthal adaptive strategies in Pleistocene mountain environments.

Introduzione

Durante le fasi climatiche oscillatorie del Pleistocene, i gruppi umani condividono diverse caratteristiche ecologiche con gli orsi, come la capacità di adattarsi a condizioni climatiche rigide facendo anche affidamento sulla frequentazione stagionale di cavità carsiche come rifugi (Gretzinger *et al.*, 2019; Ramírez-Pedraza *et al.*, 2019; Terlato, 2018).

Agli orsi, queste grotte servivano principalmente come tane per riparo e letargo, venendo occupate soprattutto dall'inverno alla tarda primavera (Torres *et al.*, 2007). L'uso prolungato o ripetuto di questi spazi da parte degli orsi poteva limitare, o addirittura impedire del tutto, la loro disponibilità per gruppi umani nomadi Neandertal e Sapiens.

Ciò è particolarmente ben documentato tra le specie speloidi (*Ursus spelaeus sensu lato*) e i Neandertal (*Homo neanderthalensis*), le cui interazioni diventano sempre più comuni nel corso del Paleolitico medio in Europa (Romandini *et al.*, 2018; Toniato *et al.*, 2024).

Tuttavia, le più antiche evidenze di sfruttamento di ursidi risalgono, in alcuni siti all'aperto, già al Paleolitico

inferiore, coinvolgendo specie più antiche come *Ursus deningeri* e *Homo heidelbergensis* (Stepanchuk and Moigne, 2016; Verheijen *et al.*, 2023). Di notevole interesse sono le cosiddette “grotte a orso” (Figura 1), particolarmente numerose in area Alpina ma presenti in diverse aree montane europee, caratterizzate da insiemi faunistici dominati da resti scheletrici di ursidi. Questi sono spesso accompagnati da indicatori caratteristici quali impronte, graffi sulle pareti, sedimenti ricchi di fosfati derivanti dalla decomposizione di carcasse di orso e intense tracce di calpestio e trasporto (Andrews and Turner, 1992; Marciszak *et al.*, 2024; Quiles, 2004). Tali processi producono abrasioni e sbrecciature non solo sulle ossa, ma anche sui manufatti litici, complicandone notevolmente l'analisi.

Di conseguenza, nonostante una lunga tradizione di ricerca su questi contesti, che affonda le sue radici nella metà del secolo scorso, gli studi dettagliati sulle evidenze antropiche all'interno delle “grotte a orso” rimangono relativamente scarsi (Jéquier, 1975; Koby, 1954; Spahni, 1954; Tillet, 1997). Le testimonianze archeologiche di tali

siti comprendono tipicamente pochi manufatti litici isolati e fortemente alterati, i quali riflettono una presenza umana sporadica ed episodica, influenzata dalla contemporanea presenza dei plantigradi o da altri fattori limitanti come l'altitudine e le dure condizioni climatiche. Tuttavia, anche questi resti limitati possono fornire informazioni significative. In effetti, sia gli orsi delle caverne (*Ursus spelaeus*) che l'orso bruno (*Ursus arctos*) potevano alle volte rappresentare una risorsa importante per i gruppi neandertaliani, che in diverse occasioni cacciavano

questi animali e ne lavoravano carne, midollo e pelliccia (Romandini *et al.*, 2018; Testa *et al.*, 2022; Toniato *et al.*, 2024). Pertanto, l'indagine multidisciplinare delle "grotte a orso", specialmente in area alpina, può fornire un contributo fondamentale alla comprensione delle dinamiche di coesistenza, competizione e sfruttamento delle risorse tra gruppi umani e ursidi, chiarendo il ruolo di questi contesti marginali nelle strategie di mobilità, adattamento ecologico e occupazione del territorio adottate dalle popolazioni umane del Pleistocene.

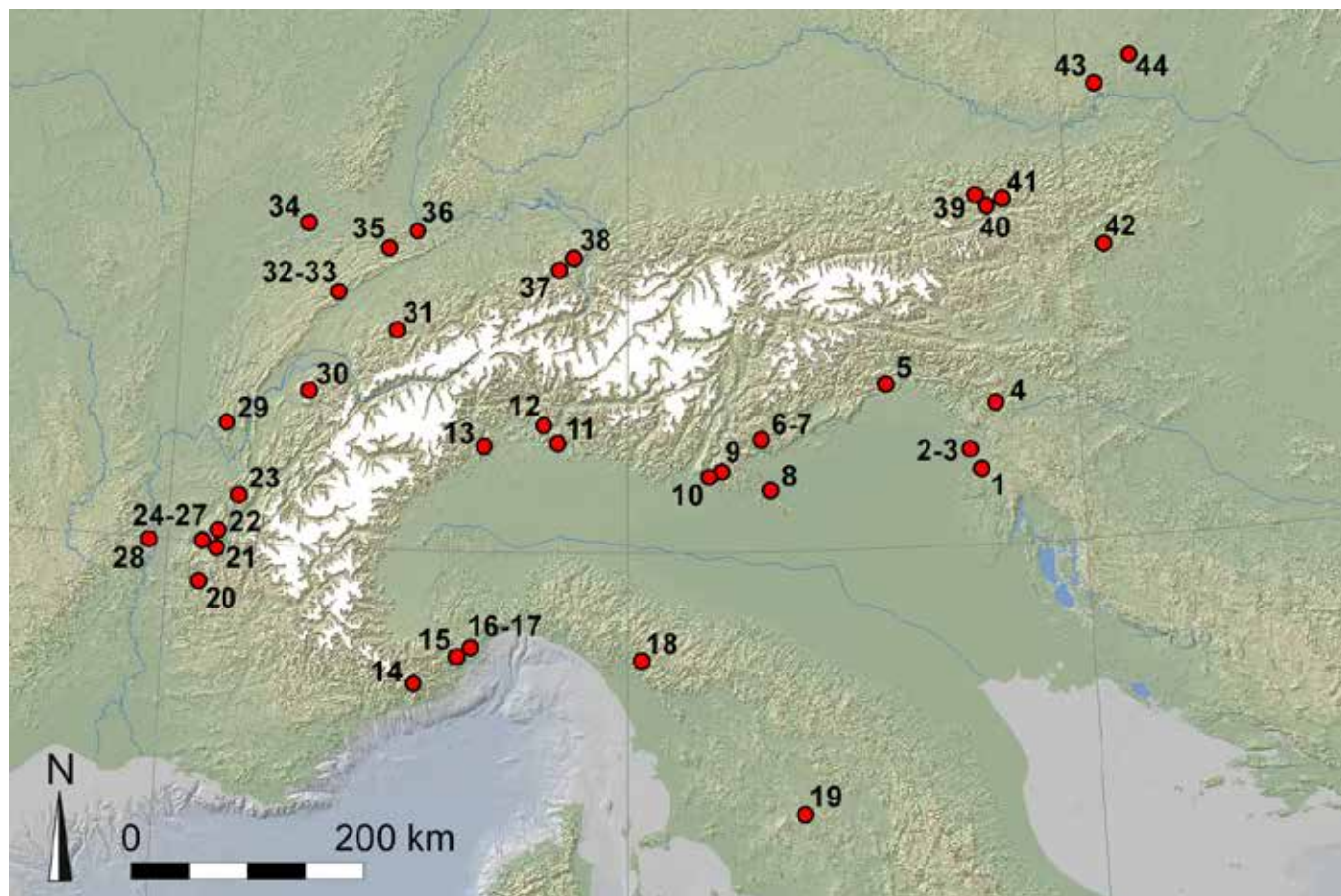


Figura 1 - Regione alpina e aree limitrofe con l'ubicazione delle grotte citate nel testo, tra le quali sono comprese sia le "grotte a orso" sia siti in cui è documentata l'interazione tra ursidi e Neanderthal.. La linea di costa e l'estensione dei ghiacci sono basate sullo Stadio Isotopico 3 - elaborazione di D. Margaritora

1) Grotta San Leonardo; 2) Grotta Pocala; 3) Caverna degli Orsi; 4) Divje Babe I; 5) Grotta del Rio Secco; 6) Obar de Leute; 7) Cava degli Orsi; 8) Grotta del Broion; 9) Covoli di Velo; 10) Grotta di Fumane; 11) Buco del Piombo; 12) Caverna Generosa; 13) Ciota Ciara; 14) Grotta di Badalucco; 15) Grotta di Santa Lucia Superiore; 16) Arma delle Manie; 17) Caverna de Le Fate; 18) Tecchia di Equi; 19) Grotta Lattaia; 20) Grotte du Fournet; 21) Grotte des Merveilleuses; 22) Grotte de la Passagère; 23) Grotte des Eugles; 24) Grotte Haute de Bury; 25) Grotte de Prêlétang; 26) Grotte de Balme Rousse; 27) Grotte de Marnat; 28) Grotte des ours de Chateaubourg; 29) Grotte de la Chenelaz; 30) Grotte du Baré; 31) Schnurenloch; 32) Grotte de Cotencher; 33) Grotte des Plaines; 34) Grotte de Gondenans-Les-Moulins; 35) Grotte de Saint Brais I - II; 36) Schalberg; 37) Wildenmannsloch; 38) Wildkirchli; 39) Salzofenhöhle; 40) Lieglloch; 41) Ramesch-Knochenhöhle; 42) Kugelsteinhöhle III; 43) Gudenushöhle; 44) Teufelsluchen - fonte: modificato da Delpiano *et al.*, 2026

Figure 1 - Alpine region and adjacent areas showing the location of the bear caves mentioned in the text. The coastline and ice extent are based on Marine Isotope Stage 3 - source: modified from Delpiano *et al.*, 2026

L'equipaggiamento tecnico dei neandertaliani delle grotte a orso: evidenza di incursioni episodiche

Le "grotte a orso" furono sede di occupazioni sporadiche dei Neanderthal in ambienti alpini ostici. Un chiaro esempio, di questa tipologia di frequentazione, è rappresentato da Caverna Generosa, una grotta situata a 1450 m s.l.m. nella Valle d'Intelvi (Centro Valle Intelvi, CO), nelle Prealpi Lombarde al confine con la Svizzera (Bona *et al.*, 2007). Sebbene quantitativamente esigui, i

manufatti litici rinvenuti a partire dagli anni Novanta del Novecento nelle campagne di scavo dirette dal Dipartimento di Scienze della Terra "A. Desio" dell'Università degli Studi di Milano, forniscono indicazioni di grande rilievo sul comportamento tecnologico dei Neanderthal nella prima parte dello Stadio Isotopico 3, indicativamente da oltre 50 ka BP, limite superiore del metodo

del radiocarbonio, fino alla scomparsa dei Neandertal dalle Alpi poco più di 40 ka BP. La catena operativa di produzione degli strumenti risulta infatti fortemente frazionata, con l'assenza nella grotta di diverse fasi della sequenza produttiva. Analogamente a quanto osservato nella maggior parte delle cosiddette "grotte a orso", i manufatti di Caverna Generosa sono caratterizzati dalla netta prevalenza di prodotti finiti, verosimilmente strumenti utilizzati e trasportati dai gruppi umani. Questo quadro suggerisce un elevato grado di pianificazione delle attività e una mobilità coerente con strategie di sussistenza proprie di gruppi di cacciatori-raccoglitori operanti in contesti ambientali estremi (Bousman, 1993; Kuhn, 1994). Inoltre, queste evidenze contribuiscono a un dibattito più ampio sullo strumentario neandertaliano e sui processi di adattamento agli habitat d'alta quota. Tuttavia, la natura sporadica ed episodica delle evidenze archeologiche nelle "grotte a orso" rende necessaria la loro integrazione con dati provenienti da siti a carattere più residenziale, al fine di ricostruire schemi coerenti e articolati di utilizzo del territorio.

Nel caso di Caverna Generosa, il progressivo avanzamento degli studi ha chiarito come l'insieme litico rifletta uno o più episodi sporadici di presenza neandertaliana, meglio interpretabili come incursioni isolate all'interno di una cavità che fungeva prevalentemente da tana di letargo per l'orso delle caverne (*Ursus spelaeus*), occupata dall'inverno alla tarda primavera (Bona, 2005). La grotta svolgeva inoltre una funzione di rifugio riproduttivo, utilizzato dalle femmine per il parto e l'allevamento dei cuccioli, beneficiando della protezione offerta dall'isolamento dell'ambiente in alta quota e della relativa sicurezza nei confronti dei predatori (Figura 2).

La densità estremamente bassa di manufatti litici supporta questa interpretazione. L'attività umana era probabilmente limitata all'area dell'ingresso, dove le condizioni ambientali dovevano essere relativamente più asciutte e l'illuminazione adeguata. Tuttavia, le caratteristiche geografiche e fisiche dell'ingresso, che si apre a galleria direttamente dal ripido versante, non suggeriscono la possibilità di permanenze prolungate o la presenza di grandi gruppi. I circa 15 manufatti litici rinvenuti durante gli scavi archeologici rappresentano quindi l'unica evidenza di attività umana, accompagnati soltanto dal riconoscimento di ossa animali combuste nel sedimento proveniente da una delle aree interne della cavità (la Sala Terminale) (Sessa et al., 2021).

Nonostante il numero ridotto di manufatti recuperati, l'insieme litico di questo sito fornisce però informazioni chiave per comprendere il comportamento dei Neandertal in contesti ancora poco studiati. Siti come questo, dove l'evidenza della presenza umana è labile e ampiamente superata dai resti paleontologici, sono cruciali per ricostruire i sistemi di insediamento e mobilità neandertaliani. Questi insiemi offrono una prospettiva complementare a quella dei siti più residenziali, sia in grotta sia all'aperto, documentando forme di uso del territorio e spostamento che altrimenti rimarrebbero invisibili (Bernard-Guelle, 2002; Brugal and Jaubert, 1991; Moncel et al., 2021). I manufatti di Caverna Generosa rivelano infatti modelli coerenti: come detto, l'insieme è composto principalmente da strumenti finiti e schegge utilizzabili, piuttosto che da scarti (Figura. 3). Questi strumenti sono associati a una strategia di scheggiatura ricorrente e coerente, il metodo Levallois, qui applicato principalmente nella sua variante di sfruttamento dei



Figura 2 - Sulla sinistra, vista da nord-ovest del versante di Monte Generoso dove si apre la grotta; sulla destra, viste dell'area di scavo nella Sala Terminale di Caverna Generosa - ph F. Bona

Figure 2 - On the left, view of the slope of Monte Generoso where the cave opens; on the right, views of the excavation area in the Sala Terminale of Caverna Generosa - ph F. Bona

nuclei ricorrente centripeta. Mancano dal sito i sottoprodotti tipici della produzione di schegge, come scarti, scheggioline e debris, nonostante il sistematico setacciamento del deposito asportato con il fine di recuperare le ossa di micromammiferi. Anche nuclei e schegge corticali sono assenti: ciò suggerisce che le attività primarie di scheggiatura non fossero svolte all'interno della grotta, così come le fasi di sbazzatura e gestione dei nuclei.

Più plausibilmente, le fugaci incursioni umane comportavano l'introduzione di strumenti finiti come parte di uno strumentario portatile e personale del cacciatore nomade. A supporto di questa ipotesi, tutti i manufatti completi documentati in grotta indicano una produzione ad uno stadio avanzato di riduzione del nucleo, ovvero prodotti di prima scelta facenti parte della fase di piena produzione: questi includono una scheggia

debordante (con dorso opposto al margine tagliente) probabilmente ritoccata, una punta Levallois, una scheggia laminare e altre due schegge Levallois, una dei quali trasformata in raschiatoio convesso semplice (Figura 3). Sono presenti anche due prodotti derivati dalla scheggiatura di nuclei organizzati per lo sfruttamento di superfici singole ma senza la preparazione sistematica del piano di percussione, come invece avviene nel metodo Levallois. I manufatti mostrano dimensioni decisamente simili e coerenti (in media 42,3 × 28,7 × 8,5 mm), con margini funzionali presumibilmente utilizzati. Tutti i prodotti completi sono eseguiti in radiolarite, materiale che affiora almeno a circa 4-6 km a Sud-Sudovest, nella prima fascia prealpina che si incontra partendo dalla pianura e salendo verso il sito (Bona *et al.*, 2007; Martino *et al.*, 2016).



Figura 3 - Selezione di manufatti litici da Caverna Generosa (CO). 1) Scheggia Levallois debordante ritoccata; 2) Punta Levallois; 3) Raschiatoio semplice convesso su scheggia Levallois; 4-5) Schegge da nucleo superficiale; 6) Scheggia Levallois corta - fonte: modificato da Delpiano *et al.*, 2026

Figure 3 - Selection of lithic artifacts from Caverna Generosa (CO, Italy). 1) Retouched débordant Levallois flake; 2) Levallois point; 3) simple convex scraper on Levallois flake. 4-5) Flakes issued from surface-type exploitation; 6) Short Levallois flake - source: modified from Delpiano *et al.*, 2026

Gli schemi tecnici ricorrenti del "Musteriano Alpino"

Nella regione alpina, le "grotte a orso" che conservano solo manufatti frammentari e isolati del Paleolitico medio mostrano situazioni molto simili a quelle osservate a Caverna Generosa (Figura 1). Esempi notevoli includono i Covoli di Velo (890 m, Monti Lessini), dove sono stati recuperati prodotti Levallois di alta qualità, come una lama e un raschiatoio convesso, tra abbondanti resti di orso delle caverne (Chelidonio, 1999). Ad altitudini simili nell'Altopiano di Asiago (870-900 m), le grotte Obar de Leute e Cava degli Orsi hanno restituito alcune decine di prodotti Levallois tra i resti di orso delle caverne, inclusi strumenti ritoccati e una punta Musteriana ben lavorata (Leonardi and Broglio, 1962).

Nelle Prealpi svizzere, Saint-Brais I (~1000 m) ha restituito sei manufatti, tra cui due raschiatoi convessi e schegge Levallois, prodotti su una varietà di materie prime indicative di *toolkit* portatili (Jéquier, 1975). Nelle Prealpi austriache si trova Ramesch-Knochenhöhle (1960 m), grotta caratterizzata da un piccolo insieme litico che include una grande punta Levallois e schegge non ritoccate ma di prima scelta con talloni faccettati, probabilmente realizzate con materie prime importate (Hille and Rabeder, 1986). Nel Vercors (Francia), la Grotte de Marignat (1060 m) conserva prodotti Levallois centripeti e una punta Musteriana isolata (Bernard-Guelle, 2002). Nel complesso, questi e molti altri siti evidenziano un

modello ricorrente nelle Alpi: insiemi litici di scarsa entità dominati da strumenti finiti, per lo più prodotti Levallois, con nuclei quasi sempre assenti e schegge corticali rare. Questi insiemi, un tempo associati al cosiddetto "Musteriano alpino", suggeriscono una presenza umana episodica in ambienti ad alta quota, probabilmente legata a brevi visite in grotte principalmente occupate da orsi delle caverne (Tillet, 2003). La tecnologia Levallois emerge quindi come componente predominante e ricorrente dei *toolkit* neandertaliani nelle "grotte a orso" alpine (Figura 4). Concentrandosi su siti ad alta quota sopra i 1000 m che preservano solo reperti isolati, altri esempi includono Wildenmannsloch (1628 m, Svizzera) e diverse grotte francesi: Grotte du Barè (1190 m), Grotte Haute de Bury (1255 m), Grotte des Merveilleuses (1300 m), Grotte de la Passagère (1050 m), e Grotte du Fournet (1200 m) (Bernard-Guelle, 2002; Jéquier, 1975).

In questi contesti, il metodo Levallois centripeto è particolarmente ben documentato, testimoniato da schegge funzionali di alta qualità come le schegge debordanti. I nuclei e gli scarti della scheggiatura risultano ancora assenti o estremamente rari, occasionalmente rappresentati da schegge riciclate come nuclei, come nella Grotte de la Passagère. Schemi simili si osservano in "grotte a orso" ad alta quota con maggiore intensità di frequentazione umana: nelle Alpi francesi, la Grotte de la Chenelaz (900 m) conserva circa cento manufatti, mentre la Grotte de Préletang (1225 m) oltre 300 pezzi (Bernard-Guelle, 2002; Brugal and Jaubert, 1991; Carbonnet and Combier, 2018). In entrambi gli insiemi, i prodotti ritoccati e semilavorati costituiscono la maggioranza, con i raschiatoi predominanti a Chenelaz, dove è presente anche un tipo "demi-Quina" assottigliato.

I nuclei sono assenti a Chenelaz, mentre a Préletang nuclei e nuclei su schegge appaiono accanto a diversi prodotti finiti. Una parte del materiale litico di Préletang deriva da selci sub-locali entro 7-20 km, mentre le attività di scheggiatura sul posto, di natura occasionale, riguardano selci locali, sfruttate con strategie Levallois centripete e di tipo Kombewa (riduzione di nuclei su scheggia).

Sebbene la tecnologia Levallois rimanga la caratteristica più comune nelle "grotte a orso" ad alta quota, altre strategie di scheggiatura, in particolare la tecnologia Discoide, sono documentate, sebbene molto più raramente (Figura 4). Il metodo Discoide appare sporadicamente in siti come la Grotte des Plaints in Svizzera (1120 m), con un insieme limitato principalmente realizzato in selce locale di bassa qualità, comprendente un raschiatoio demi-Quina (Jéquier, 1975). Analogamente, a quote inferiori, come a Caverna degli Orsi sul Carso triestino (367 m), un piccolo insieme di circa trenta manufatti riflette un diverso approvvigionamento di materie prime locali e una chiara sequenza fabbricata con metodo Discoide, con pochi strumenti ritoccati (Boschian, 2003). All'aumentare della quantità di materiale litico e dell'intensità di frequentazione umana, spesso in grotte a quote più basse e più adatte a insediamenti prolungati, le sequenze operative tendono a diventare meno frazionate. Questo pattern riflette probabilmente attività più varie e prolungate, svolte da gruppi più numerosi. Esempi includono la Grotta del Broion nei Colli

Berici (150 m), una "grotta a orso" con crescente presenza di ungulati, dove i Neanderthal hanno introdotto sporadicamente manufatti, forse legati alla vicinanza di un riparo roccioso usato come base più residenziale (Romandini *et al.*, 2023). Il sito ha restituito oltre 500 manufatti distribuiti su più metri di deposito, accumulati tra MIS 5 e MIS 3. Metà dell'insieme consiste in strumenti ritoccati, principalmente raschiatoi su schegge Levallois, mentre nuclei e schegge corticali sono estremamente rari. La composizione delle materie prime indica ampia mobilità, con contatti fino a 20-40 km nell'area dei Monti Lessini (Peresani and Porraz, 2004). Una tendenza sempre più "residenziale" e meno episodica si osserva a Grotta del Rio Secco nelle Prealpi Friulane (580 m), con oltre 520 manufatti in due livelli principali, includendo sia strumenti ritoccati sia una notevole presenza di schegge corticali e nuclei, che documentano sia il metodo Discoide sia quello Levallois (Peresani *et al.*, 2014).

Gli insiemi faunistici sono riconducibili a un intenso sfruttamento sia dell'orso delle caverne sia dell'orso bruno, cacciati anche durante il letargo, con evidenze di processamento delle carcasse al fine di recuperare pelli, carne e ossa (Romandini *et al.*, 2018).

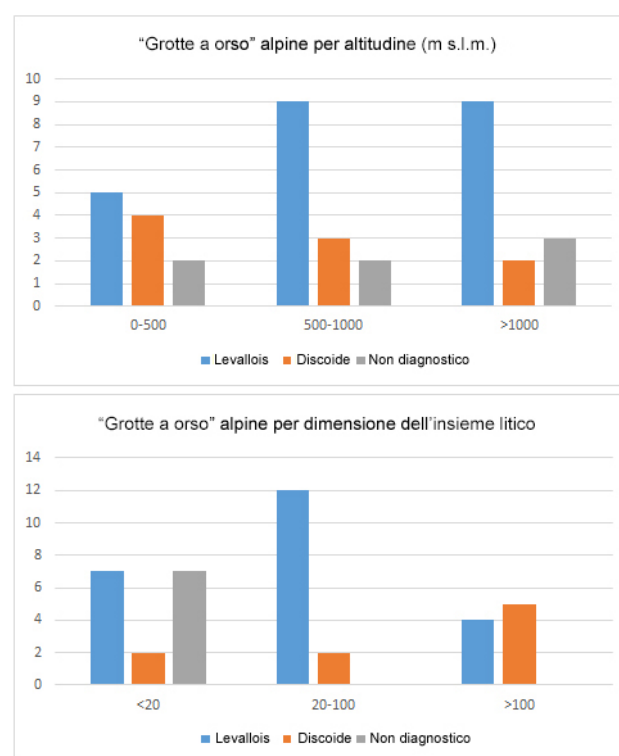


Figura 4 - Substrato tecnologico degli insiemi litici delle "grotte a orso" alpine mostrato per altitudine del sito e per dimensione dell'insieme litico (n° di manufatti)

Figure 4 - Technological background of the lithic assemblages from Alpine bear caves, shown by site altitude and assemblage size (number of artifacts)

L'aumento dell'intensità di frequentazione è spesso accompagnato da maggiore variabilità tecnologica, inclusa una maggiore incidenza del metodo Discoide, soprattutto in contesti con accesso limitato a materie prime di alta qualità (Figura 4). Accanto ai siti già citati, Grotta di Santa Lucia Superiore e Arma delle Manie

in Liguria mostrano produzioni di tipo Discoide e Kombewa su quarzite, calcare e quarzo (Cauche, 2002).

Analogamente, Cotencher in Svizzera ha restituito un'industria Discoide ben sviluppata su selci locali, lydite e quarzite, con sequenze di riduzione quasi complete e resti neandertaliani associati (Deák *et al.*, 2019). Divje Babe I in Slovenia mostra combinazioni di rari nuclei Levallois e più comuni Discoidi nello stesso insieme (Turk, 2014).

Altri siti, come Ciota Ciara (670 m) o Wildkirchli, pur ad altitudini elevate (circa 1500 m), mostrano attività umana crescente associata principalmente a tecnologia Discoide (Daffara *et al.*, 2021; Jéquier, 1975). Secondo alcuni autori, l'uso di procedure complesse come Levallois è generalmente associato a occupazioni effimere e altamente mobili, in contrasto con metodi più "immediati" come il Discoide, osservati più comunemente in contesti residenziali più prolungati (Riel-Salvatore *and* Barton, 2004). La maggiore presenza di tecnologia Discoide in contesti più residenziali può anche essere legata alla sua flessibilità funzionale ed efficienza strategica. Questa strategia di scheggiatura minimizza gli scarti, massimizzando la produzione di schegge utilizzabili rispetto ai sottoprodotti non funzionali, risultando

Frequenza in alta quota e cronologia

La presenza di resti e manufatti neandertaliani in grotte situate ad alta quota solleva interrogativi sulle motivazioni che hanno spinto i gruppi umani a frequentare questi ambienti. I siti alpini oltre i 1000 m di quota sono raramente associati a occupazioni stabili o di lunga durata, ma piuttosto ad attività specializzate e di breve periodo, spesso legate allo sfruttamento mirato di risorse specifiche, faunistiche o litiche. In diversi casi, tali frequentazioni sembrano inserirsi all'interno di strategie di mobilità pianificate, che includevano spedizioni dedicate all'approvvigionamento di materie prime, come documentato a Campon di Monte Avena (1450 m, Prealpi Venete), importante sito di estrazione di selci di alta qualità utilizzato dal Paleolitico medio e intensamente sfruttato nell'Aurignaziano (De Caro *et al.*, 2021), o a Ronco del Gatto, nell'Appennino settentrionale, su un affioramento di diaspro a 1150 m di quota (Negri *et al.*, 2017). Diverse "grotte a orso" come Caverna Generosa non si collocano in prossimità di affioramenti significativi di materie prime litiche di alta qualità, ma al contrario i manufatti vengono prodotti con litologie importate da affioramenti primari e secondari situati a una distanza critica. Questo dato suggerisce che l'obiettivo principale della frequentazione della grotta non fosse l'approvvigionamento di materie prime, bensì che gli strumenti finiti facessero parte di un equipaggiamento mobile trasportato durante spostamenti pianificati. Un'ulteriore motivazione per la frequentazione di ambienti d'alta quota è rappresentata dalla caccia specializzata a specie alpine, come camoscio (*Rupicapra rupicapra*), stambecco (*Capra ibex*) e, in alcuni casi, lo stesso orso delle caverne (*Ursus spelaeus*). In molti siti, le visite umane appaiono legate a spedizioni di caccia stagionali, con le grotte utilizzate come ripari

adatta a situazioni con materie prime scarse o di qualità inferiore (Daffara *et al.*, 2019; Delpiano *et al.*, 2021).

Al contrario, le schegge, lame e punte Levallois ritrovate all'interno delle "grotte a orso", spesso associate a toolkit portatili, rappresentano prodotti curati ad alto investimento funzionale. Analisi che integrano studi sull'utilizzo, provenienza delle materie prime e studi tecnologici, confermano il ruolo dei prodotti Levallois come componenti del personal gear (equipaggiamento personale) (Berruti *et al.*, 2023), accanto a strumenti raffinati e duraturi fabbricati con altre strategie, come alcuni strumenti bifacciali, i raschiatoi Quina e le schegge a dorso discoidi (Delpiano *et al.*, 2019; Soressi, 2002).

Per quanto riguarda la generale assenza di nuclei in questi insiemi, si può dedurre, anche dallo studio dei depositi di scarto in siti residenziali, che le schegge non venivano prodotte singolarmente in risposta a bisogni immediati. Una parte sostanziale del nucleo veniva ridotta in un'unica sessione di scheggiatura, producendo schegge già conformate e pronte all'uso o al ritocco secondo necessità (Clark, 2019). Tali prodotti erano particolarmente adatti a essere incorporati nei personal gear dei gruppi neandertaliani ed utilizzati in un secondo momento quando se ne presentava l'occasione.

temporanei, uno scenario plausibile anche per Caverna Generosa. In questo sito, tuttavia, l'assenza di chiare modificazioni antropiche sulle ossa e i profili demografici dominati da individui giovani o subadulti di orso e marmotta indicano un'origine prevalentemente naturale dell'insieme faunistico, coerente con la mortalità durante il letargo (Bona, 2005; Vincenzi *and* Bona, 2025). Eventuali attività di caccia o sfruttamento delle carcasse appaiono sporadiche e a bassa intensità, compatibili con l'esiguità dell'insieme litico. È inoltre possibile che i Neanderthal abbiano frequentato la grotta in momenti stagionali successivi all'abbandono da parte degli orsi, per esempio in tarda primavera, come documentato in altri contesti europei (Torres *et al.*, 2007). Questo quadro si differenzia nettamente da siti come Grotta del Rio Secco, dove le evidenze indicano uno sfruttamento di orso delle caverne, documentato da abbondanti tracce di macellazione e da carcasse complete riferibili a individui di tutte le classi d'età (Romandini *et al.*, 2018). Al contrario, siti come Grotta Pocala o Badalucco mostrano modalità di interazione più simili a quelle di Caverna Generosa, con presenze umane sporadiche e possibili episodi di caccia occasionale o di sfruttamento opportunistico di carcasse (Quiles, 2004; Testa *et al.*, 2022).

La cronologia disponibile riguardante le "grotte a orso" in alta quota, basata su datazioni radiometriche e inquadramenti paleoambientali e stratigrafici, colloca gli episodi di frequentazione umana a partire dallo stadio isotopico 5 (da 130 a 70 ka BP), ma soprattutto negli stadi isotopici 4 e 3 iniziale (da 70 a 40 ka BP), corrispondenti a periodi climatici oscillatori inclusi picchi freddi e ad alta copertura glaciale delle Alpi (Delpiano *et al.*, 2026; Rabeder, 1985). Le date disponibili da Caverna

Generosa, principalmente ottenute su resti di orso delle caverne, confermano cronologie tra i 42 e i 50 ka BP, sebbene si presume che parte della stratigrafia sia più antica e cada oltre il limite del radiocarbonio. Questo suggerisce che i Neandertal penetrassero in ambienti ad alta quota principalmente nelle stagioni miti, probabilmente durante la transizione tra la fine dell'inverno e l'inizio dell'estate, per l'approvvigionamento di materie prime o per lo sfruttamento delle risorse animali.

Conclusioni

Il carattere peculiare delle cosiddette "grotte a orso" alpine e prealpine come contesti archeologici è definito da evidenze archeologiche che indicano frequenziazioni umane sporadiche e di breve durata, all'interno di ambienti prevalentemente dominati dall'orso delle caverne. La densità estremamente ridotta dei manufatti, il loro frequente stato di alterazione tafonomica e l'assenza di scarti di scheggiatura in giacitura primaria suggeriscono che questi siti non svolgessero la funzione di insediamenti residenziali, ma piuttosto di luoghi di passaggio episodico. In tali contesti, gli strumenti finiti, spesso rappresentati da prodotti Levallois, venivano introdotti come parte di equipaggiamenti mobili e portatili, coerenti con strategie di elevata mobilità, tipiche di ambienti d'alta quota caratterizzati da forti vincoli logistici. I dati comparativi provenienti dall'intero arco alpino mostrano come piccoli insiemi litici dominati da prodotti Levallois, associati a una scarsa o nulla evidenza di produzione in loco, costituiscono un pattern ricorrente. In passato, tali insiemi erano stati riuniti sotto l'etichetta di "Musteriano alpino", ma sono oggi interpretati più correttamente come il risultato archeologico di occupazioni effimere, legate allo sfruttamento mirato delle risorse, a spedizioni di caccia o a forme di alternanza stagionale con l'orso delle caverne. La predominanza di prodotti Levallois indica pratiche di approvvigionamento pianificate e il trasporto di equipaggiamento personale versatile, in netto contrasto con quanto osservato in siti a carattere più residenziale, situati a quote inferiori o, in alcuni casi, comparabili, nei quali è documentata una maggiore variabilità tecnologica (inclusa la tecnologia Discoide) così come sequenze operative più complete. Questi contesti mettono in evidenza le difficoltà interpretative legate all'analisi di tracce effimere di presenza umana in ambienti di grotta fortemente disturbati, ma ne sottolineano al contempo il valore informativo. Anche siti apparentemente marginali, se analizzati all'interno di un quadro integrato e comparativo, possono contribuire in modo significativo alla ricostruzione della complessità delle strategie di uso del territorio dei Neandertal e delle loro flessibili capacità di adattamento ai paesaggi ecologici alpini.

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano il Comune di Centro Valle Intelvi (CO), nel cui territorio è situata la grotta, per la collaborazione, e i proprietari della "Baita di Orimento" per la disponibilità e la gentilezza con cui ogni anno accolgono i ricercatori. Si ringraziano inoltre SUPSI, Mendrisiotto Turismo e la Comunità Montana Lario-Intelvese.

Un ringraziamento va anche alla Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le province di Como, Lecco, Sondrio e Varese e alla Regione Lombardia per il supporto fornito. Lo studio è stato reso possibile grazie al sostegno finanziario del Fondo Scavi Archeologici "Maria Teresa Grassi" (UniMi) e del Fondo di Ateneo per la Ricerca Scientifica (FAR – 2024) dell'Università di Ferrara.

Bibliografia.

- ANDREWS, P., TURNER, A., 1992. *Life and death of the Westbury bears*. Ann. Zool. Fennici 28, 139–149
- BERNARD-GUELLE, S., 2002. *Le Paléolithique moyen du massif du Vercors (Préalpes du Nord). Etude des systèmes techniques en milieu de moyenne montagne*. BAR International Series, 1033
- BERRUTI, G.L.F., DAFFARA, S., FUSELLI, P., ARZARELLO, M., 2023. *Planning a trip during Middle Palaeolithic. The mobile toolkit debate and some considerations about expedient vs curated technologies in the light of new data from the Ciota Ciara cave (NW Italy)*. J. Archaeol. Sci. Reports 49. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2023.103939>
- BONA, F., 2005. *I depositi del Pleistocene Superiore della Caverna Generosa (Lo Co 2694). Analisi Paleontologica ed interpretazioni Paleoambientali*. Università Statale di Milano
- BONA, F., PERESANI, M., TINTORI, A., 2007. *Indices de fréquentation humaine dans les grottes à ours au Paléolithique moyen final. L'exemple de la Caverna Generosa dans les Préalpes lombardes, Italie*. L'Anthropologie 111, 290–320. <https://doi.org/10.1016/j.anthro.2007.05.003>
- BOSCHIAN, G., 2003. *Environment and Hunters-Gatherers Mobility in the Northern Adriatic Region*. Preist. Alp. 39, 91–102
- BOUSMAN, C.B., 1993. *Hunter-gatherer adaptations, economic risk and tool design*. Lithic Technol. 18, 59–86. <https://doi.org/10.1080/01977261.1993.11720897>
- BRUGAL, J.-P., JAUBERT, J., 1991. *Les gisements paléontologiques pléistocènes à indices de fréquentation humaine : un nouveau type de comportement de prédation ?* Paléo 3, 15–41. <https://doi.org/10.3406/pal.1991.1034>
- CARTONNET, M., COMBIER, J., 2018. *Une halte de chasse moustérienne en grotte dans le Jura méridional (Ain)*. Anthropologie. 122, 610–625. <https://doi.org/10.1016/j.anthro.2018.10.002>
- CAUCHE, D., 2002. *Les cultures moustériennes en Ligurie italienne : études des industries lithiques des grottes de la Madonna dell'Arma, d'Arma delle Manie et de Santa Lucia Superiore*. 1. D. Cauche, "Les cultures moustériennes en Ligurie italienne : études des industries lithiques des grottes de la Madonna dell'Arma, d'Arma delle Manie et de Santa Lucia Superiore," (2002)
- CHELIDONIO, G., 1999. *Tracce di frequentazioni preistoriche dei Covoli di Velo (VR)*, in: Atti Tavola Rotonda "Un Importante Sistema Carsico Dei Monti Lessini (VR): I Covoli Di Velo." pp. 81–86
- CLARK, A.E., 2019. *Using spatial context to identify lithic selection behaviors*. J. Archaeol. Sci. Reports 24, 1014–1022. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.03.011>

- DAFFARA, S., BERRUTI, G.L.F., ARZARELLO, M., 2021. Expedient behaviour and predetermination at the Ciota Ciara cave (north-western Italy) during Middle Palaeolithic. *Quat. Int.* 577, 71–92. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2021.01.001>
- DAFFARA, S., BOREL, A., MONCEL, M.-H., 2019. Conditioning of the raw materials on discoid exploitation strategies during the Early Middle Palaeolithic: the example of Payre level D (South-East France). *Archaeol. Anthropol. Sci.* <https://doi.org/10.1007/s12520-019-00823-6>
- DE CARO, D., DELPIANO, D., PERESANI, M., 2021. Analisi tecnologica di una concentrazione litica nel sito aurignaziano di Campon di Monte Avena (BL). *Preist. Alp.* 51, 53–63
- DEÁK, J., PREUSSER, F., CATTIN, M.I., CASTEL, J.C., CHAUVIÈRE, F.X., 2019. New data from the Middle Palaeolithic Cotencher cave (Swiss Jura): site formation, environment, and chronology. *E G Quat. Sci. J.* 67, 41–72. <https://doi.org/10.5194/egqsj-67-41-2019>
- DELPIANO, D., ANGIOLINI, L., PERESANI, M., BONA, F., 2026. Neanderthal incursions at a high-altitude “bear cave”: reassessing *Caverna Generosa* in the southern Alps. *J. Quat. Sci.* 1–20. <https://doi.org/10.1010002/jqs.70048>
- DELPIANO, D., GENNAI, J., PERESANI, M., 2021. Techno-Functional Implication on the Production of Discoid and Levallois Backed Implements. *Lithic Technol.* 46, 171–191. <https://doi.org/10.1080/01977261.2021.1886487>
- DELPIANO, D., ZUPANCICH, A., PERESANI, M., 2019. Innovative Neanderthals: Results from an integrated analytical approach applied to backed stone tools. *J. Archaeol. Sci.* 110. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2019.105011>
- GRETZINGER, J., MOLAK, M., REITER, E., PFRENGLE, S., URBAN, C., NEUKAMM, J., BLANT, M., CONARD, N.J., CUPILLARD, C., DIMITRIJEVIĆ, V., DRUCKER, D.G., HOFMAN-KAMINSKA, E., KOWALCZYK, R., KRAJCARZ, M.T., KRAJCARZ, M., MÜNZEL, S.C., PERESANI, M., ROMANDINI, M., RUFÍ, I., SOLER, J., TERLATO, G., KRAUSE, J., BOCHERENS, H., SCHUENEMANN, V.J., 2019. Large-scale mitogenomic analysis of the phylogeography of the Late Pleistocene cave bear. *Sci. Rep.* 9. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47073-z>
- HILLE, P., RABEDER, G., 1986. Die Ramesch-Knochenhöhle im Toten Gebirge. *Mitteilungen der Kommission für Quartärforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften*
- JÉQUIER, J.P., 1975. *Le Moustérien Alpin. Révision Critique.* Institut d'archéologie yverdonnoise, Yverdon, Eburodunum. <https://doi.org/https://doi.org/10.5169/seals-835625>
- KOBAYASHI, F.E., 1954. Les paléolithiques ont-ils chassé les ours des cavernes ? *Actes Société Jurassienne d'émulation* 61, 1–48
- KUHN, S.L., 1994. A Formal Approach to the Design and Assembly of Mobile Toolkits. *Am. Antiq.* 59, 426–442. <https://doi.org/10.2307/282456>
- LEONARDI, P., BROGLIO, A., 1962. *Le paléolithique de la Vénétie.* Università degli Studi di Ferrara
- MARCISZAK, A., MACKIEWICZ, P., BORÓWKA, R.K., CAPALBO, C., CHIBOWSKI, P., GAŚIÓROWSKI, M., HERCMAN, H., CEDRO, B., KROPCZYK, A., GORNIG, W., MOSKA, P., NOWAKOWSKI, D., RATAJCZAK-SKRZATEK, U., SOBCZYK, A., SYKUT, M.T., ZARZECKA-SZUBIŃSKA, K., KOVALCHUK, O., BARKASZI, Z., STEFANIAK, K., MAZZA, P.P.A., 2024. Fate and preservation of the late pleistocene cave bears from Niedzwiedzia Cave in Poland, through taphonomy, pathology, and geochemistry. *Sci. Rep.* 14, 1–15. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-60222-3>
- MARTINO, G., LO VETRO, D., LIVIO, F., TRENTI, F., PALLECCHI, P., RIGAMONTI, I., BANCHERI, D.G., 2016. Premières notions de gîtologie et caractérisation des ressources lithiques de Lombardie occidentale, in: *Ressources Lithiques, Productions et Transferts Entre Alpes et Méditerranée. Actes de La Journée de La Société Préhistorique Française de Nice*, 28-29 Mars 2013. pp. 77–96
- MONCEL, M., CHACÓN, M.G., VETTESSE, D., COURTY, M., DAUJEARD, C., 2021. Late Neanderthal short-term and specialized occupations at the Abri. *Archaeol. Anthropol. Sci.* 5, 2–28
- NEGRINO, F., COLOMBO, M., CREMASCHI, M., SERRADIMIGNI, M., TOZZI, C., GHIRETTI, A., 2017. Estese officine litiche del Paleolitico medio-superiore sui rilievi appenninici di Monte Lama-Castellaccio-Pràrb-bera (Bardi, Parma), in: *Studi Di Preistoria e Protostoria -3- Preistoria e Protostoria Dell'Emilia-Romagna.* pp. 59–68
- PERESANI, M., PORRAZ, G., 2004. Ré-interprétation et mise en valeur des niveaux moustériens de la Grotte du Broion (Monti Berici, Vénétie). *Etude techno-économique des industries lithiques. Riv. di Sci. Preist.* LIV, 181–247
- PERESANI, M., ROMANDINI, M., DUCHES, R., JE, C., NANNINI, N., PASTOORS, A., PICIN, A., SCHMIDT, I., VAQUERO, M., WENIGER, G., 2014. New evidence for the Mousterian and Gravettian at Rio Secco Cave, Italy 401–416. <https://doi.org/10.1179/0093469014Z.00000000098>
- QUILES, J., 2004. Tanières d'ours des cavernes (Carnivora, Ursidae) du pourtour méditerranéen : Étude taphonomique et paléobiologique de huit assemblages du Pléistocène supérieur. *PALEO. Rev. d'archéologie préhistorique* 16, 171–192
- RABEDER, G., 1985. Die grabungen des Oberösterreichischen landes-museums in der Ramesch-Knochenhöhle (Totes Gebirge, Warscheneck-gruppe). *Jahrb. des Oberösterreichischen Musealvereines* 130, 161–181
- RAMÍREZ-PEDRAZA, I., TORNERO, C., PAPPÀ, S., TALAMO, S., SALAZAR-GARCÍA, D.C., BLASCO, R., ROSELL, J., RIVALS, F., 2019. Microwear and isotopic analyses on cave bear remains from Toll Cave reveal both short-term and long-term dietary habits. *Sci. Rep.* 9, 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-42152-7>
- RIEL-SALVATORE, J., BARTON, C.M., 2004. Late Pleistocene technology, economic behavior, and land-use dynamics in Southern Italy. *Am. Antiq.* 69, 257–274
- ROMANDINI, M., SILVESTRINI, S., REAL, C., LUGLI, F., TASSONI, L., CARRERA, L., BADINO, F., BORTOLINI, E., MARCIANI, G., DELPIANO, D., PIPERNO, M., COLLINA, C., PERESANI, M., BENAZZI, S., 2023. Late Neanderthal “ menu ” from northern to southern Italy : freshwater and terrestrial animal resources. *Quat. Sci. Rev.* 315, 108233. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2023.108233>

- ROMANDINI, M., TERLATO, G., NANNINI, N., TAGLIA-COZZO, A., BENAZZI, S., PERESANI, M., 2018. Bears and humans, a Neanderthal tale. Reconstructing uncommon behaviors from zooarchaeological evidence in southern Europe. *J. Archaeol. Sci.* 90, 71–91. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2017.12.004>
- SESSA, E., BONA, F., ANGIOLINI, L., 2021. Frost action and human occupation during the Late Pleistocene in the Italian Southern Alps: Micromorphological evidences from the Caverna Generosa cave. *Ital. J. Geosci.* 140. <https://doi.org/10.3301/IJG.2020.28>
- SORESSI, M., 2002. *Le Moustérien de tradition acheuléenne du sud-ouest de la France*. Doctoral Thesis, Université de Bordeaux
- SPAHNI, J.-C., 1954. Les gisements à *Ursus spelaeus* de l'Autriche et leurs problèmes. *Bull. la Société préhistorique Fr.* 51, 346–367. <https://doi.org/10.3406/bspf.1954.3109>
- STEPANCHUK, V.N., MOIGNE, A.M., 2016. MIS 11-locality of Medzhibozh, Ukraine: Archaeological and paleozoological evidence. *Quat. Int.* 409, 241–254. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.09.050>
- TERLATO, G., 2018. Fate of cave bear in northeastern Italy: anthropic impact, extinction chronology, stable isotope and genetic evidence 114
- TESTA, A., ROMANDINI, M., ARBULLA, D., BENAZZI, S., 2022. Analisi tafonomica preliminare di un campione di resti di orso delle caverne della Caverna Po-cala (Duino-Aurisina, TS) nel Carso Triestino. *Atti del Mus. Civ. di Stor. Nat. di Trieste* 63, 5–28
- TILLET, T., 2003. Il Paleolitico medio e inferiore nelle Alpi e dintorni. *Le Alpi Ambient. e mobilità*. Tavola rotonda, Trento, 25-27 ottobre 2001 39, 48–58
- TILLET, T., 1997. Les grottes à ours et les occupations néandertaliennes dans les Alpes., in: Tillet, T., Binford, L. (Eds.), *L'Homme et l'Ours, Actes Du Colloque International d'Auverives-En-Royans, Ise`re*
- TONIATO, G., RUSSO, G., VERHEIJEN, I., SERANGELI, J., CONARD, N.J., LEDER, D., TERBERGER, T., STARKOVICH, B.M., MÜNZEL, S.C., 2024. A diachronic study of human-bear interactions: An overview of ursid exploitation during the Paleolithic of Germany. *Quat. Sci. Rev.* 333, 108601. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2024.108601>
- TORRES, T., ORTIZ, J.E., COBO, R., DE HOZ, P., GARCÍA-REDONDO, A., GRÜN, R., 2007. Hominid exploitation of the environment and cave bear populations. The case of *Ursus spelaeus* Rosenmüller-Heinroth in Amutxate cave (Aralar, Navarra-Spain). *J. Hum. Evol.* 52, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2006.07.013>
- TURK, I., 2014. *Divje babe I. Upper Pleistocene Palaeolithic site in Slovenia. Part II: Archaeology*. OPERA INSTITUTI ARCHAEOLOGICI SLOVENIAE 29, Ljubljana
- VERHEIJEN, I., STARKOVICH, B.M., SERANGELI, J., VAN KOLFSCHOTEN, T., CONARD, N.J., 2023. Early evidence for bear exploitation during MIS 9 from the site of Schöningen 12 (Germany). *J. Hum. Evol.* 177, 103294. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2022.103294>
- VINCENZI, M., BONA, F., 2025. Some thoughts regarding MIS3 marmots (*Marmota marmota*) of north-western Italy with particular reference to those from Caverna Generosa (Centro Valle Intelvi). *Hystrix, Ital. J. Mammal*



Figura 0 - Vallone di Pre de Bar - ph Marco Bonelli

Citizen Science, monitoraggio delle acque di fusione e dimensione emotiva del cambiamento climatico sul ghiacciaio del Pré de Bar (Val Ferret, Valle d'Aosta)

di Laura Grassi⁽¹⁾, Sofia Farina⁽¹⁾

1. Source International ETS in collaborazione con Club Alpino Italiano – Sezione della Valle d'Aosta

Riassunto

I ghiacciai alpini stanno subendo una rapida e diffusa regressione a causa dell'aumento delle temperature globali, con impatti significativi sugli ecosistemi montani, sulla disponibilità idrica e sul paesaggio. In questo contesto si inserisce il progetto "Testimonianze dal ghiacciaio per l'azione climatica", un'iniziativa di *citizen science* realizzata da Source International in collaborazione con il Club Alpino Italiano – Valle d'Aosta, nell'ambito del progetto europeo IMPETUS.

Il progetto si è svolto tra giugno e settembre 2025 sul ghiacciaio del Pré de Bar, in Val Ferret (massiccio del Monte Bianco) e ha coinvolto 88 partecipanti tra residenti e visitatori. L'obiettivo è stato duplice: da un lato, condurre un monitoraggio partecipativo delle acque di fusione del ghiacciaio attraverso la raccolta di parametri chimico-fisici (temperatura, pH, conducibilità elettrica, ossigeno disciolto, solidi totali disciolti e torbidità); dall'altro, indagare la dimensione emotiva e percettiva associata all'osservazione diretta di un ghiacciaio in rapido ritiro.

I risultati mostrano una fusione glaciale precoce e intensa all'inizio della stagione estiva 2025, coerente con un'ondata di calore eccezionale registrata a fine giugno, seguita da una fase di relativa stabilizzazione idrologica nei mesi successivi. Parallelamente, l'analisi dei dati emotivi evidenzia un forte coinvolgimento psicologico dei partecipanti: oltre l'85% dichiara di sentirsi direttamente coinvolto nei cambiamenti osservati e più del 75% afferma di sentirsi motivato ad agire per contrastare o mitigare gli effetti del cambiamento climatico.

Il progetto conferma il potenziale della *citizen science* come strumento capace di integrare produzione di dati scientifici, consapevolezza ambientale e partecipazione attiva, rafforzando il legame tra frequentatori della montagna e territori glaciali in trasformazione.

Abstract: Pré de Bar Glacier - Citizen Science, Meltwater Monitoring, and the Emotional Dimension of Climate Change

The Alpine glaciers are undergoing rapid and widespread retreat due to rising global temperatures, with significant impacts on mountain ecosystems, water availability, and landscapes. Within this context, the project "Glacier Voices for Climate Action" was developed as a citizen science initiative by Source International in collaboration with the Italian Alpine Club – Aosta Valley, within the framework of the European project IMPETUS.

The project was carried out between June and September 2025 on the Pré de Bar glacier, located in Val Ferret (Mont Blanc massif), and involved 88 participants, including local residents and visitors. The project pursued a dual objective: on the one hand, to conduct participatory monitoring of glacier meltwater by collecting key physicochemical parameters (temperature, pH, electrical conductivity, dissolved oxygen, total dissolved solids, and turbidity); on the other hand, to investigate the emotional and perceptual dimension associated with the direct observation of a rapidly retreating glacier.

Results indicate an early and intense phase of glacier melting at the beginning of the 2025 summer season, consistent with an exceptional heatwave recorded in late June, followed by a phase of relative hydrological stabilization during the subsequent months. In parallel, the analysis of emotional data reveals a strong psychological involvement of participants: over 85% reported feeling personally affected by the observed environmental changes, and more than 75% expressed a willingness to take action to mitigate or address climate change impacts.

The project highlights the potential of citizen science as a tool capable of integrating scientific data collection, environmental awareness, and active participation, strengthening the relationship between mountain users and rapidly changing glacial environments.

Introduzione

I ghiacciai rappresentano una delle componenti più sensibili del sistema climatico terrestre e costituiscono indicatori chiave del riscaldamento globale in atto.

Su scala globale, essi immagazzinano circa il 70% dell'acqua dolce del pianeta e svolgono un ruolo fondamentale nella regolazione dei cicli idrologici, climatici ed ecologici. In ambiente alpino, i ghiacciai contribuiscono alla stabilità geomorfologica, alla disponibilità idrica estiva e alla costruzione dell'identità culturale e

paesaggistica delle comunità montane. Negli ultimi decenni, l'arretramento dei ghiacciai alpini ha subito una forte accelerazione.

In Italia, le perdite di superficie glaciale negli ultimi vent'anni sono stimate tra il 30% e il 60%, con una particolare vulnerabilità dei ghiacciai di piccole e medie dimensioni. In Valle d'Aosta, regione che ospita il maggior numero di ghiacciai italiani, il fenomeno è particolarmente evidente.

In questo contesto si colloca il progetto Testimonianze dal ghiacciaio per l'azione climatica, che nasce con l'intento di coniugare il monitoraggio scientifico del cambiamento ambientale con il coinvolgimento diretto dei frequentatori della montagna, valorizzando la *Citizen Science* come strumento di osservazione, consapevolezza e azione.

Metodi utilizzati e procedure eseguite

Il progetto si è articolato in quattro uscite di campo, svolte tra giugno e settembre 2025, sotto forma di trekking scientifici aperti al pubblico. Sono stati individuati due punti di campionamento lungo la Dora di Ferret, rispettivamente a circa 1 km e 1,5 km dal fronte del ghiacciaio del Pré de Bar (Figura 1).

In ciascun punto sono state effettuate misure puntuali dei seguenti parametri:

- temperatura dell'acqua
- pH
- conducibilità elettrica
- ossigeno disciolto
- solidi totali disciolti (TDS)
- torbidità

Le misurazioni sono state realizzate mediante una sonda multiparametrica portatile e un tubo di torbidità, seguendo protocolli standardizzati adattati a un contesto di citizen science.

I dati sono stati successivamente digitalizzati, analizzati

e interpretati. Parallelamente al monitoraggio ambientale, è stata condotta un'indagine esplorativa sulla dimensione psicologica dell'esperienza, attraverso la somministrazione di un questionario anonimo a tutti gli 88 partecipanti alle quattro uscite di campo.

Il questionario era composto da domande chiuse a risposta singola e multipla, finalizzate a rilevare: precedente familiarità con il ghiacciaio, emozioni prevalenti suscitate dall'osservazione diretta; grado di coinvolgimento personale percepito rispetto al cambiamento climatico, motivazione all'azione dopo l'esperienza, presenza di disagio o malessere legati alla crisi climatica e intenzioni comportamentali (mobilità, dieta, cittadinanza attiva); e domande aperte qualitative, volte a raccogliere ricordi e percezioni del ghiacciaio nel tempo, un messaggio alle generazioni future, riflessioni sull'esperienza collettiva, e una parola sintetica per descrivere l'esperienza vissuta.

Le risposte chiuse sono state analizzate tramite distribuzioni percentuali; le risposte aperte sono state sottoposte a una codifica tematica qualitativa, individuando nuclei semantici ricorrenti (perdita, responsabilità, speranza, impotenza, meraviglia, colpa, azione collettiva).

La domanda finale ("Una parola per descrivere la tua esperienza oggi davanti al ghiacciaio") è stata elaborata graficamente in forma di *word cloud* (Figura 6), in cui la dimensione delle parole riflette la frequenza di ricorrenza.

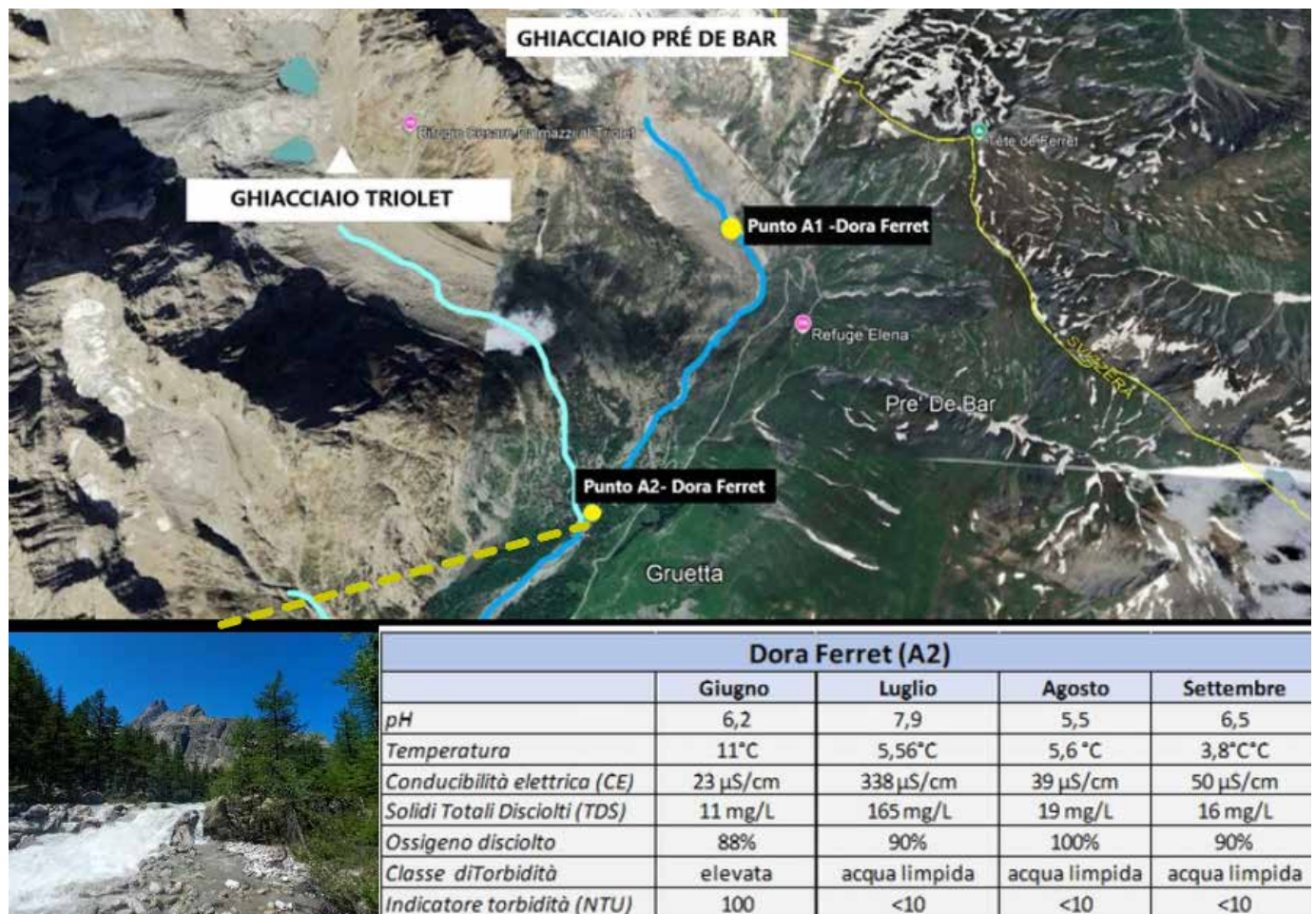


Figura 1 - Localizzazione dei punti di campionamento A1 e A2 e dati raccolti nel punto A2 nel corso delle 4 uscite

Risultati e analisi dei dati

Osservazioni geomorfologiche e dinamica del paesaggio

Le osservazioni geomorfologiche condotte nella conca del ghiacciaio del Pré de Bar confermano un paesaggio fortemente modellato dall'azione glaciale passata e oggi in rapida trasformazione. La presenza di morene laterali ben conservate, superfici rocciose levigate e striature glaciali testimonia l'estensione storica del ghiacciaio, mentre l'attuale arretramento del fronte, stimato in circa un chilometro rispetto alla fine del XIX secolo, indica una perdita significativa di massa glaciale.

La progressiva ricolonizzazione biologica delle aree liberate dal ghiaccio rappresenta un ulteriore indicatore della rapidità del ritiro: muschi e licheni colonizzano le superfici rocciose più recenti, seguiti da specie erbacee e giovani arbusti, configurando una vegetazione pioniera tipica dei paesaggi post-glaciali. Questo processo, sebbene naturale, avviene oggi su scale temporali accelerate rispetto ai ritmi storici, riflettendo l'intensità del cambiamento climatico in atto.

Analisi chimico-fisiche delle acque di fusione

I dati raccolti nei due punti di campionamento lungo la Dora di Ferret (A1 e A2 nella Figura 1) mostrano una dinamica stagionale complessa, in parte coerente con i processi tipici dei torrenti glaciali, ma caratterizzata da alcune anomalie significative.

Nel monitoraggio di fine giugno 2025, i valori di temperatura dell'acqua risultano insolitamente elevati per la quota e il periodo (circa 7-8 °C in prossimità del fronte glaciale), in concomitanza con un'ondata di calore eccezionale che ha portato lo zero termico oltre i 5000 m. A questi valori si associano livelli di torbidità medio-alti, indicativi di una fusione precoce e intensa del ghiacciaio e di un forte apporto di sedimenti fini, comunemente definiti "farina glaciale". Questa combinazione suggerisce un'anticipazione delle fasi di massima fusione rispetto alla stagionalità classica, che solitamente vede i picchi di torbidità nella seconda metà dell'estate.

L'elevata torbidità osservata all'inizio della stagione implica una maggiore mobilitazione di particelle sospese,

con potenziali effetti sull'ecosistema acquatico, tra cui riduzione della penetrazione della luce e possibili variazioni dell'ossigenazione locale. Nel mese di luglio, l'aumento marcato della conducibilità elettrica e dei solidi totali disciolti, soprattutto nel punto A2, è interpretabile come effetto combinato di precipitazioni intense e dilavamento dei suoli e dei depositi morenici. Questo fenomeno evidenzia il ruolo delle piogge estive nel modificare temporaneamente la composizione chimica delle acque glaciali, incrementando la concentrazione di ioni e sali minerali.

Nei mesi di agosto e settembre, i parametri misurati indicano una progressiva stabilizzazione del sistema: le acque risultano più fredde, limpide, ben ossigenate e caratterizzate da bassa mineralizzazione. Questa fase suggerisce un ritorno a una fusione più regolare e moderata, probabilmente favorita da un andamento termico più vicino alle medie stagionali e da una riduzione della disponibilità di sedimenti facilmente mobilizzabili.

Interpretazione complessiva delle dinamiche idrologiche

Nel loro insieme, i dati evidenziano una dinamica definibile come "inversa" rispetto al modello stagionale tradizionale dei torrenti glaciali. L'intensa fusione precoce osservata a inizio estate, seguita da una fase di relativa stabilità, suggerisce che eventi estremi di temperatura possano anticipare e concentrare i processi di ablazione glaciale, con effetti immediati sulla qualità delle acque.

È importante sottolineare che i dati raccolti sono di tipo puntuale e fortemente dipendenti dalle condizioni meteorologiche del giorno di campionamento. Tuttavia, la coerenza delle osservazioni tra i diversi parametri e la loro concordanza con i dati climatici regionali rafforzano l'interpretazione di una risposta diretta del sistema glaciale a condizioni di riscaldamento anomalo. Questi risultati indicano la necessità di affiancare al monitoraggio puntuale campagne di misurazione più frequenti o continue, al fine di cogliere con maggiore precisione la variabilità intra-stagionale e gli effetti cumulativi degli eventi estremi.



Figura 2 - Alto bacino del ghiacciaio del Pré de Bar diviso in due rami per effetto della fusione - ph M. Bonelli



Figura 3 - Alcuni partecipanti in azione per i monitoraggi sulle acque di fusione - ph L. Grassi



Figura 4 - Gruppo di osservazione ai piedi del vallone durante le rilevazioni di Citizen Science - ph L. Grassi

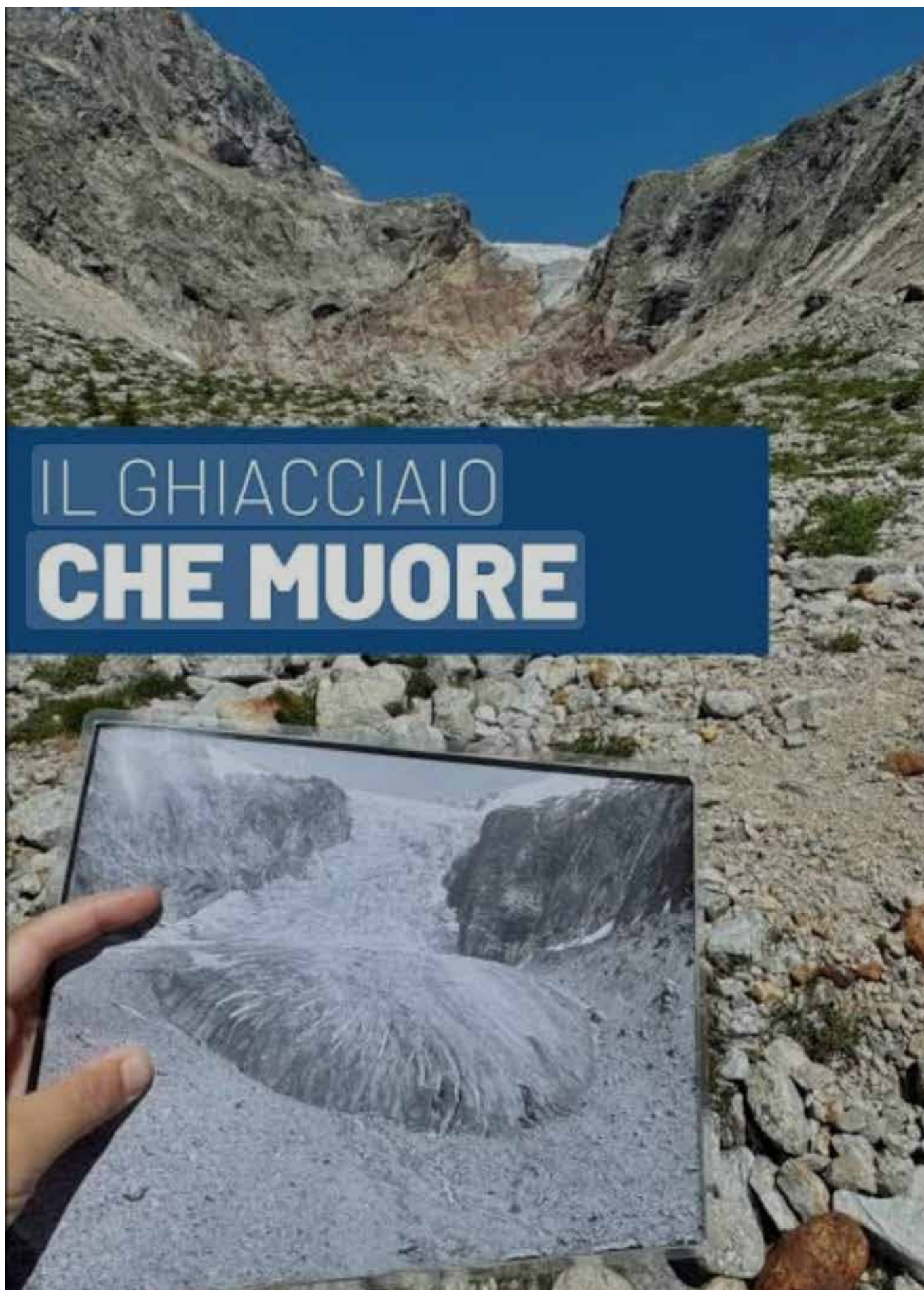


Figura 5 - Una foto impietosa che mostra l'attuale stato del ghiacciaio Pré de Bar con una foto storica di inizio del secolo scorso - ph CAI Valle d'Aosta

Una parola per descrivere la tua esperienza oggi davanti al ghiacciaio



Figura 6 - Word cloud delle risposte alla domanda "Una parola per descrivere la tua esperienza oggi davanti al ghiacciaio"

Analisi dei dati emotivi e integrazione con i risultati ambientali

L'analisi dei questionari evidenzia una risposta emotiva intensa e articolata, strettamente connessa all'osservazione diretta del ghiacciaio in ritiro.

Coinvolgimento e percezione della perdita

Oltre l'85% dei partecipanti dichiara di sentirsi molto o abbastanza coinvolto nei cambiamenti ambientali osservati. Questo dato indica un'elevata interiorizzazione del fenomeno climatico. Il ritiro del ghiacciaio viene percepito non solo come trasformazione fisica del paesaggio, ma come perdita simbolica e identitaria. Le risposte aperte richiamano frequentemente:

- "maestosità perduta"
- "ferita nel paesaggio"
- "desertificazione"
- "fragilità"

La memoria del ghiacciaio "com'era", ovvero più grande, più bianco, più presente, accentua la dimensione del lutto ambientale.

Ecoansia: disagio, impotenza, responsabilità

L'81% dei partecipanti afferma di provare un forte disagio nell'osservare gli effetti della crisi climatica; solo il 2% dichiara di riuscire a mantenere un atteggiamento distaccato.

Le emozioni più frequentemente selezionate tra le opzioni multiple sono: tristezza, inquietudine, rabbia e nostalgia. La word cloud rafforza questa lettura: tra le parole più ricorrenti compaiono "tristezza", "impotenza", "cambiamento", "consapevolezza", "inquietudine", accanto a termini come "privilegio" e "arricchimento".

La coesistenza di emozioni negative (impotenza, delusione, devastazione) e positive (stupore, privilegio, consapevolezza) suggerisce una forma di ecoansia non paralizzante, ma oscillante tra sofferenza e attivazione.

L'ecoansia emersa nel progetto si configura quindi come risposta emotiva coerente alla percezione di perdita; consapevolezza della crisi sistemica; e tensione tra senso di responsabilità e percezione di insufficienza individuale.

Dall'emozione all'intenzione di azione

Il 77% dei partecipanti dichiara di sentirsi motivato ad agire dopo l'esperienza. Le azioni percepite come più accessibili riguardano la mobilità sostenibile, una dieta

a minor impatto ambientale e la partecipazione civica. Tuttavia, alcune risposte qualitative mostrano una difficoltà nel tradurre l'emozione in strumenti concreti, segnalando la necessità di percorsi strutturati di accompagnamento all'azione.

Dimensione collettiva e mitigazione dell'impotenza

Le risposte alla domanda sull'esperienza condivisa evidenziano un elemento chiave: la dimensione collettiva riduce il senso di isolamento.

Fra frasi come: "La conoscenza condivisa è il primo passo per cambiare le cose" oppure "Connetterci tra noi ci dà forza" mostrano come l'esperienza partecipativa abbia trasformato un'emozione individuale di impotenza in una percezione di possibile efficacia collettiva.

Integrazione con i dati ambientali

Un elemento metodologicamente rilevante è la coincidenza temporale tra misurazioni di torbidità elevate e fusione precoce (giugno) e consapevolezza emotiva della "accelerazione" del fenomeno.

L'esperienza diretta della misura scientifica (lettura della sonda, conversione NTU, confronto con valori guida) ha contribuito a trasformare un concetto astratto (quello della crisi climatica) in un dato tangibile.

Questa integrazione tra dato ambientale e vissuto emotivo rappresenta uno degli esiti più significativi del progetto: la Citizen Science non si limita a produrre dati, ma costruisce alfabetizzazione scientifica emotivamente mediata.

Conclusioni

Il progetto Testimonianze dal ghiacciaio per l'azione climatica dimostra come la citizen science possa rappresentare uno strumento efficace per integrare monitoraggio ambientale, partecipazione attiva e consapevolezza emotiva. L'osservazione diretta del ghiacciaio del Pré de Bar ha permesso di documentare segnali chiari di fusione precoce legati a condizioni climatiche estreme e, al contempo, di evidenziare l'impatto psicologico del cambiamento climatico sui frequentatori della montagna.

Il coinvolgimento del Club Alpino Italiano risulta centrale nel promuovere una frequentazione della montagna sempre più consapevole, capace di trasformare l'esperienza escursionistica in un'occasione di responsabilità ambientale e azione collettiva.



Bibliografia

- GREENPEACE ITALIA (2025). *Ghiacciai italiani, addio*
- LEGAMBIENTE (2022). *Carovana dei Ghiacciai in Valle d'Aosta sui ghiacciai del Miage e del Pré de Bar (Monte Bianco)*. Legambiente
- UN GLACIERS (2025). *The Importance of Preserving Glaciers: A Challenge for the Future of the Planet*. United Nations
- UNESCO (2025). *2025 - International Year of Glaciers' Preservation*. UNESCO
- Source International ETS. (2025). *Testimonianze dal ghiacciaio per l'azione climatica. Monitoraggio ambientale delle acque di fusione del ghiacciaio del Pré de Bar e raccolta dei dati emotivi*. Report di progetto
- REGIONE VALLE D'AOSTA (2025) *Anno Internazionale per la Protezione dei ghiacciai*
- GREENPEACE E COMITATO GLACIOLOGICO ITALIANO (2024) - *CS di Greenpeace sul Lys, Monte Rosa: "Perso il 30% della superficie dei ghiacciai alpini in 30 anni. A rischio la risorsa idrica, sempre più scarsa e contaminata"*
- NIMBUS (2025) - *Fine giugno 2025: grande episodio caldo, zero termico sopra i 5000 m in tutta Italia*
- PEANO et al., (2014) "Glacier dynamics in the Western Italian Alps: a minimal model approach"

Figura 7 - Una foto impietosa che mostra l'attuale stato del ghiacciaio Pré de Bar - ph CAI Valle d'Aosta



Figura 1 - Il masso erratico Pietra Pendula presso Montepiatto nella provincia di Como, è un monolito in gneiss ghiandone di circa 50 metri cubi che poggia in equilibrio su un basamento di calcare. Il masso è stato trasportato dal ghiacciaio che percorreva la Val Masino - ph Wikimedia Commons

Massi erratici

Elementi del paesaggio glaciale precursori dello studio dei ghiacciai

di Marco Bastogi⁽¹⁻²⁾

1. Socio CAI Sezione di Firenze
2. Socio Società Geologica Italiana

Riassunto

Fin dalla fine del settecento gli Scienziati discutevano con fervore sulla possibile origine di grandi massi definiti "erratici" che si ritrovavano sparsi in aree montane e pedemontane senza un evidente legame con il territorio. Qualcuno ipotizzò che fossero stati trasportati dai ghiacciai. Questa idea, molto osteggiata nella società scientifica dell'Ottocento, successivamente approfondita da tanti scienziati, farà nascere una nuova scienza: la glaciologia. Nell'Italia della seconda metà dell'Ottocento questi studi furono portati avanti dal geologo Bartolomeo Gastaldi e apriranno un orizzonte nuovo alla scienza della Montagna: questi grandi massi sono stati e sono tutelati come testimoni della evoluzione geologica di un territorio perché riescono a evocare paesaggi che si sono persi nel tempo. In occasione del XXVI Congresso degli Alpinisti Italiani organizzato dal CAI nel 1894 a Torino, fu deciso di promuovere le ricerche nel settore della glaciologia così che l'anno seguente l'esecutivo del CAI decretò la nascita della "Commissione per lo studio dei ghiacciai" che nel 1914 diventerà il "Comitato Glaciologico Italiano", un organismo autonomo con il sostegno del CNR e di altri enti interessati alla ricerca glaciologica.

Abstract: Erratic boulders, elements of the glacial landscape, precursors to the study of glaciers

Since the late eighteenth century, scientists have fervently debated the possible origin of large boulders called "erratics" found scattered across mountain and foothill areas with no apparent connection to the surrounding landscape. Someone hypothesized that they were transported by glaciers. This idea was widely contested in nineteenth-century scientific society, but later was explored by many scientists and gave rise to a new science: glaciology. In Italy in the second half of the nineteenth century, these studies were carried out by geologist Bartolomeo Gastaldi. These early nineteenth-century studies opened a new horizon to mountain science. These large boulders have been, and still, protected as witnesses of the geological evolution of an area, because they evoke landscapes lost in past time. On the occasion of the XXVI Congress of Italian Mountaineers organized by the CAI in 1894 in Turin, it was decided to promote research in the field of glaciology, so that in the following year the executive of CAI decreed the creation of the "Commission for the study of glaciers" which in 1914 would become the "Italian Glaciological Committee", an autonomous body with the support of the CNR and other bodies interested in glaciological research.

Cronaca

L'interesse per i ghiacciai e le loro variazioni volumetriche è sempre stato un argomento che ha stimolato l'attenzione fin dalla fine del secolo XVIII, e anche nei primi anni di vita del Club Alpino è stato argomento di grande e acceso dibattito e ancora oggi è un campo di grande attualità e al centro dell'attenzione per il repentino cambiamento climatico che caratterizza il nostro tempo e che porta alla rapida scomparsa delle masse glaciali.

Agli inizi dell'Ottocento uno degli aspetti più discussi tra scienziati fu la singolare disquisizione sulla origine di grandi massi spesso isolati che si osservavano nelle aree montane e in quelle pedemontane, talvolta localizzati nei luoghi più improbabili come all'interno della bosaglia oppure isolati su ampi pianori e perfino nell'estrema periferia dei fondovalle. Massi enormi e inamovibili se non invocando intercessioni soprannaturali, di composizione molto diversa rispetto a quella delle rocce presenti nel loro intorno e dei quali non si comprendeva come fossero arrivati. Si trattava di qualcosa di estraneo per il buonsenso del montanaro come anche per la saggezza dell'uomo di scienza che meritava certamente un approfondimento sulla sua origine.

Gli scienziati ottocenteschi disquisivano su quale fosse stato l'agente responsabile del loro trasporto, una controversia che per molti anni ha infervorato gli animi e che a noi oggi può far sorridere data l'apparente limitata utilità scientifica, tuttavia per quei tempi l'argomento aveva una sua ragione di esistere poiché ci si avvicinava a una nuova frontiera della scienza che coinvolgeva un ambiente (quello montano) ancora poco conosciuto per la sua difficoltà di raggiungerlo e poterlo frequentare.

Nei primi anni dell'Ottocento, quando fu chiaro che non appartenevano al substrato roccioso locale poiché costituiti da rocce presenti talvolta a distanze notevoli, furono denominati "massi erratici" e si capiva bene che questi grandi corpi rocciosi dovevano avere errato per molto tempo prima di raggiungere le attuali posizioni. C'era chi sosteneva un trasporto da parte dei torrenti invocando le teorie diluvialiste e chi, timidamente, cominciava a sostenere un loro possibile trasporto per opera dei ghiacci. Si parla di massi rocciosi di dimensioni enormi, non inferiori al metro di diametro e quindi anche dotati di una massa significativa non conciliabile con il trasporto da parte di un corso d'acqua anche nelle condizioni di piena (Figura 1).

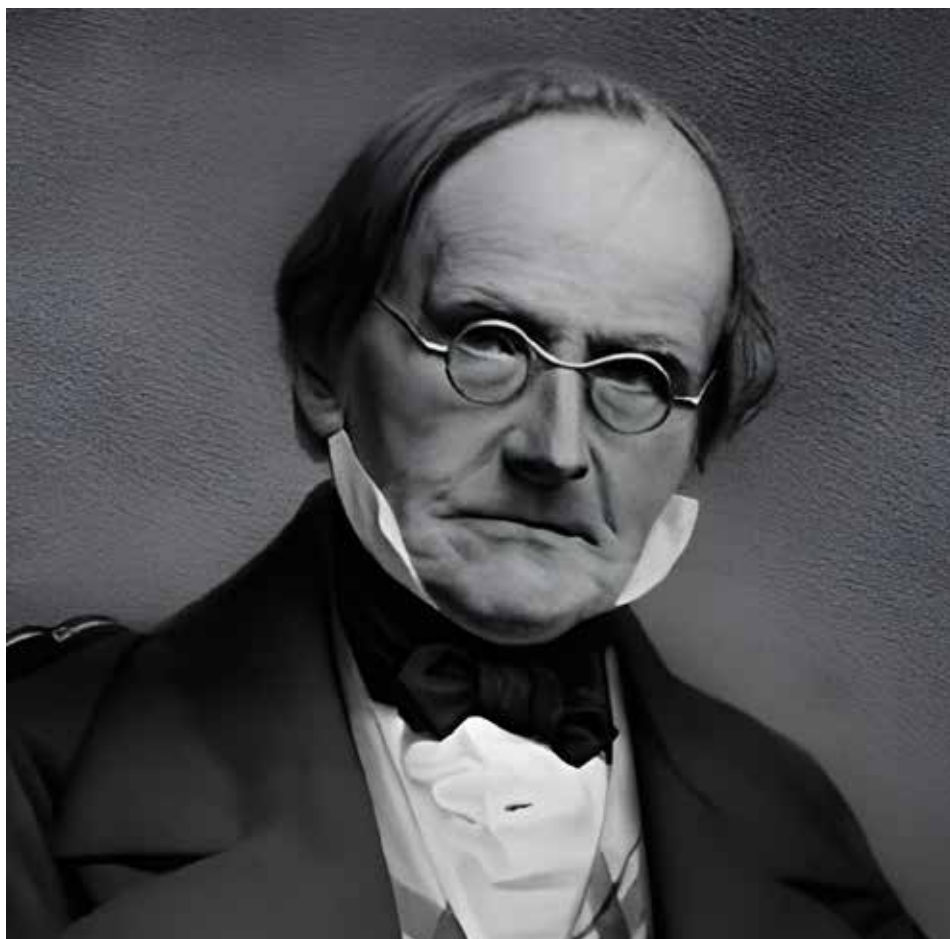


Figura 2 - Jean De Charpentier, l'ingegnere minerario che ipotizzò che i ghiacciai svizzeri un tempo fossero stati molto più ampi. - ph Wikimedia Commons

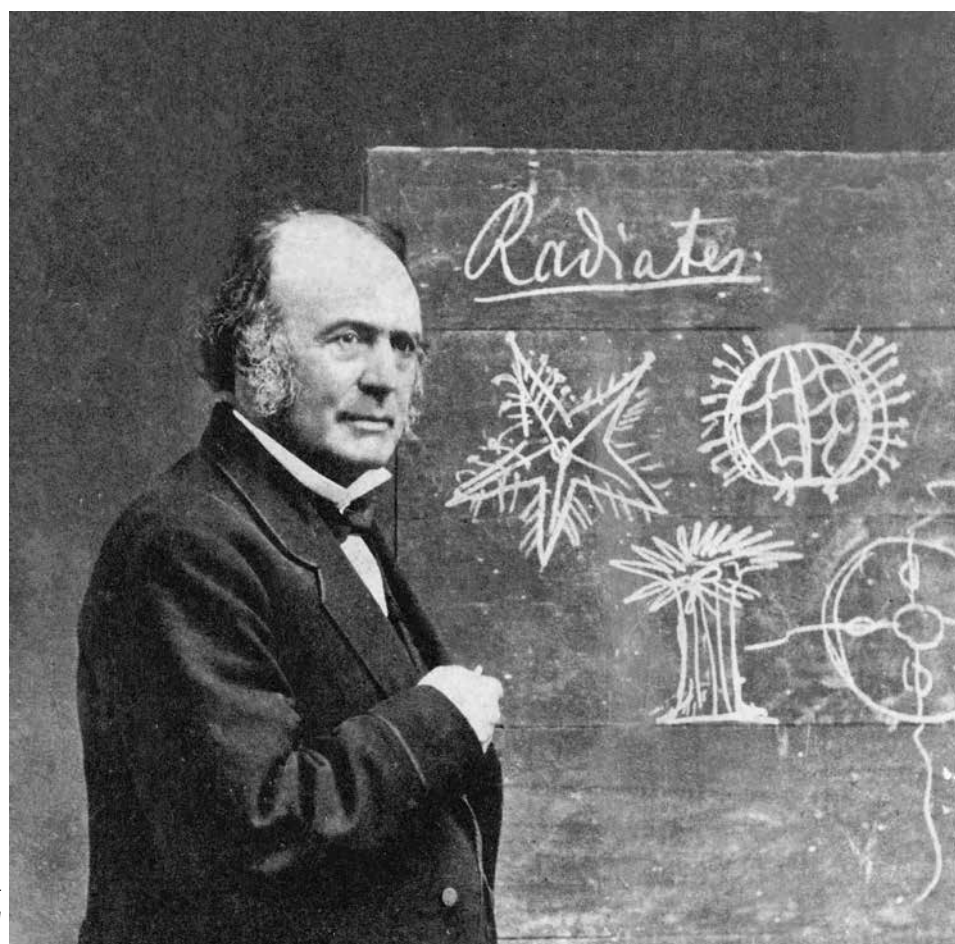


Figura 3 - Jean Louis Agassiz, il naturalista e alpinista svizzero che promosse la glaciologia - ph Wikimedia Commons

Le prime spiegazioni sulle loro origini sono legate alle leggende giunte fino ai giorni nostri che spiegano la loro posizione isolata, le spropositate dimensioni e la loro estraneità con le rocce circostanti.

La prima ipotesi fu che si trattasse di manufatti umani trasportati sui monti da antiche popolazioni e utilizzati da sacerdoti per chi sa quali riti ed è molto probabile che in alcuni casi questo uso religioso sia stato effettivamente svolto.

Nella seconda metà del Settecento lo scienziato ginevrino Horace-Bénédict de Saussure, sul massiccio calcareo del Giura aveva osservato diversi massi di composizione granitica analoga a quella del Monte Bianco, tuttavia, per la grande distanza che separa le due zone montane, non sapeva come spiegare questa circostanza così che si limitò alla sola descrizione chiedendosi per primo quale fosse la loro provenienza.

Nel 1787 lo svizzero Bernard Kuhn, ipotizzò che questi massi fossero stati trasportati dai ghiacciai prima di ritirarsi. Opinione fortemente contrastante con quella accettata da tutti in un'epoca nella quale questi fenomeni venivano ricondotti agli effetti del diluvio biblico, fu anche un'ipotesi molto audace se si pensa che Kuhn era un uomo di chiesa.

Gli scienziati del Settecento imputavano al "diluvio universale" la formazione delle montagne e i massi erano ciò che rimaneva dei detriti lasciati da questa enorme catastrofe biblica. Verso la fine del XVIII secolo si affiancarono le teorie plutoniste ovvero che le montagne e le pianure derivassero da esplosioni vulcaniche. Con l'Illuminismo si cominciò a rifiutare l'esistenza del diluvio universale limitandolo a una delle tante calamità locali che si sono succedute nei tempi, così che i massi erratici e gli altri depositi facevano parte del ripetersi di questi eventi.

Con il principio dell'attualismo espresso dallo scienziato Charles Lyell (*Principles of Geology*) nella prima metà dell'Ottocento, si affermava che la chiave per capire gli eventi geologici e fisici del passato risiede nei fenomeni che operano anche nell'attuale; i massi erratici tuttavia, con questa concezione, ricadevano nuovamente nell'oscurità poiché mancavano prove dirette di un loro trasporto anche da parte dei grandi fiumi così come per un'eventuale relazione con eventi vulcanici e non era possibile invocare altri agenti naturali come artefici di queste singolari entità. Per Lyell, quei massi erano stati effettivamente trasportati non dai ghiacciai, ma come inclusi in grossi icebergs.

Alcuni scienziati della prima metà dell'Ottocento interessati alla questione, ascoltarono quanto osservato dai montanari. Secondo alcuni alpigiani, infatti, i blocchi di roccia erano stati trasportati in passato da grandi ghiacciai poi scomparsi.

Nell'estate 1815, l'ingegnere Jean De Charpentier (Figura 2), direttore di miniere nel cantone di Vaud, ospitato per la notte nella baita di un montanaro (Jean Pierre Perraudin) presso l'Ospizio del Gran San Bernardo, seppe da questi che durante le sue uscite per la caccia tra le montagne, aveva maturato l'idea che i grandi blocchi di roccia sparsi nella sua valle fossero stati trasportati dagli antichi ghiacciai, osservava infatti che massi molto duri per sgretolarsi, erano incisi in profondità per una forte pressione di sfregamento esercitata dai frammenti di roccia trasportati dai ghiacciai, un pensiero questo, condiviso anche da altri abitanti della montagna. De Charpentier trovò l'idea troppo curiosa per essere

accettata, tuttavia il racconto del montanaro accese l'interesse dello studioso che nel 1834 comunicò questa considerazione, che poi lui stesso condivise, all'adunanza della Società Elvetica di Scienze Naturali a Lucerna come "*Notice sur la cause probable du transport des blocs erratiques de la Suisse*".

Poco dopo si scoprì che questa tesi era stata già anticipata anche da altri tra i quali l'ingegnere cantonale Ignace Venetz che l'aveva pubblicata l'anno prima (1833), tuttavia Charpentier ha avuto il merito di aver portato per primo valide prove sui massi erratici.

Fu il naturalista svizzero Jean Louis Rodolphe Agassiz (Figura 3) a volere approfondire queste affermazioni che lui stesso all'inizio riteneva poco probabili. Dopo aver frequentato per molto tempo ghiacciai e morene della valle del Rodano e di altre regioni alpine in compagnia di Charpentier, si convinse che le affermazioni erano giuste e i numerosissimi massi erratici sparsi sulle pianure svizzere e ai bordi del Giura erano stati trasportati dai ghiacciai; la scienza glaciale aveva mosso i suoi primi passi.

Agassiz trascorse molto tempo sui ghiacciai e morene della valle del Rodano e osservò rocce levigate e striate dall'azione del ghiaccio che evidentemente si muoveva, elementi questi che si ritrovavano anche negli attuali ghiacciai in formazione; infatti grandi accumuli morenici localizzati in zone prive di ghiaccio, facevano percepire una passata attività glaciale molto più vasta di quanto si credesse.

Nel 1837 Agassiz, a Neuchâtel, davanti alla Società Elvetica di Scienze Naturali affermò che in passato il pianeta era stato soggetto a una grande era glaciale, proponendo per la prima volta il termine "*eiszeit*" ovvero "era glaciale". Molti scienziati anche di nota fama (Von Buch, Humboldt) si mostrarono tuttavia scettici nei confronti di questa tesi e in taluni casi anche indignati.

Gli studi per Agassiz proseguirono seguendo le tracce dei ghiacciai dei monti Rosa e Cervino, quindi la Jungfrau con il suo ghiacciaio dell'Aletsch. Lo scopo per lui era ora quello di studiare i movimenti dei ghiacci. Sul ghiacciaio dell'Aar impiantò una stazione per osservazioni e mediante l'inserimento di paletti nel ghiaccio misurò il movimento, osservando che è maggiore al centro rispetto che ai lati. Le sue esplorazioni lo portarono anche nel territorio nordamericano dove poté confermare le proprie opinioni riscuotendo un fortissimo interesse da parte della comunità scientifica locale.

Le prove che raccolse erano tanto precise e dettagliate che molti scienziati dovettero arrendersi. Il riconoscimento ufficiale delle idee di Agassiz giunse con due riunioni della *Geological Society* a Londra il 18 novembre e il 2 dicembre 1840, anche se dovettero trascorrere altri vent'anni prima che fossero pienamente accettate.

Questi nuovi concetti oltrepassarono la catena alpina e in Italia furono portati avanti dal geologo alpinista Bartolomeo Gastaldi (Figura 4) che fu anche Presidente generale del CAI tra il 1864 e il 1873. Anche i geologi Omboni e Stoppani portarono avanti le idee glaciali e in particolare Antonio Stoppani le divulgò per primo anche a livello popolare.

Tra il 1849 e il 1850 Gastaldi insieme a M.M.C.H. Martins pubblicò il primo studio sul glaciale alpino, descrivendo correttamente per la prima volta, gli anfiteatri morenici della Pianura Padana (Bull. Soc. Geol. France. 2a Ser. Vol. VIII). I massi erratici dunque rappresentavano importanti testimoni dell'attività glaciale e sono stati gli elementi



Figura 4 - Bartolomeo Gastaldi, il geologo che portò in Italia lo studio dei massi erratici. Da una stampa dell'epoca

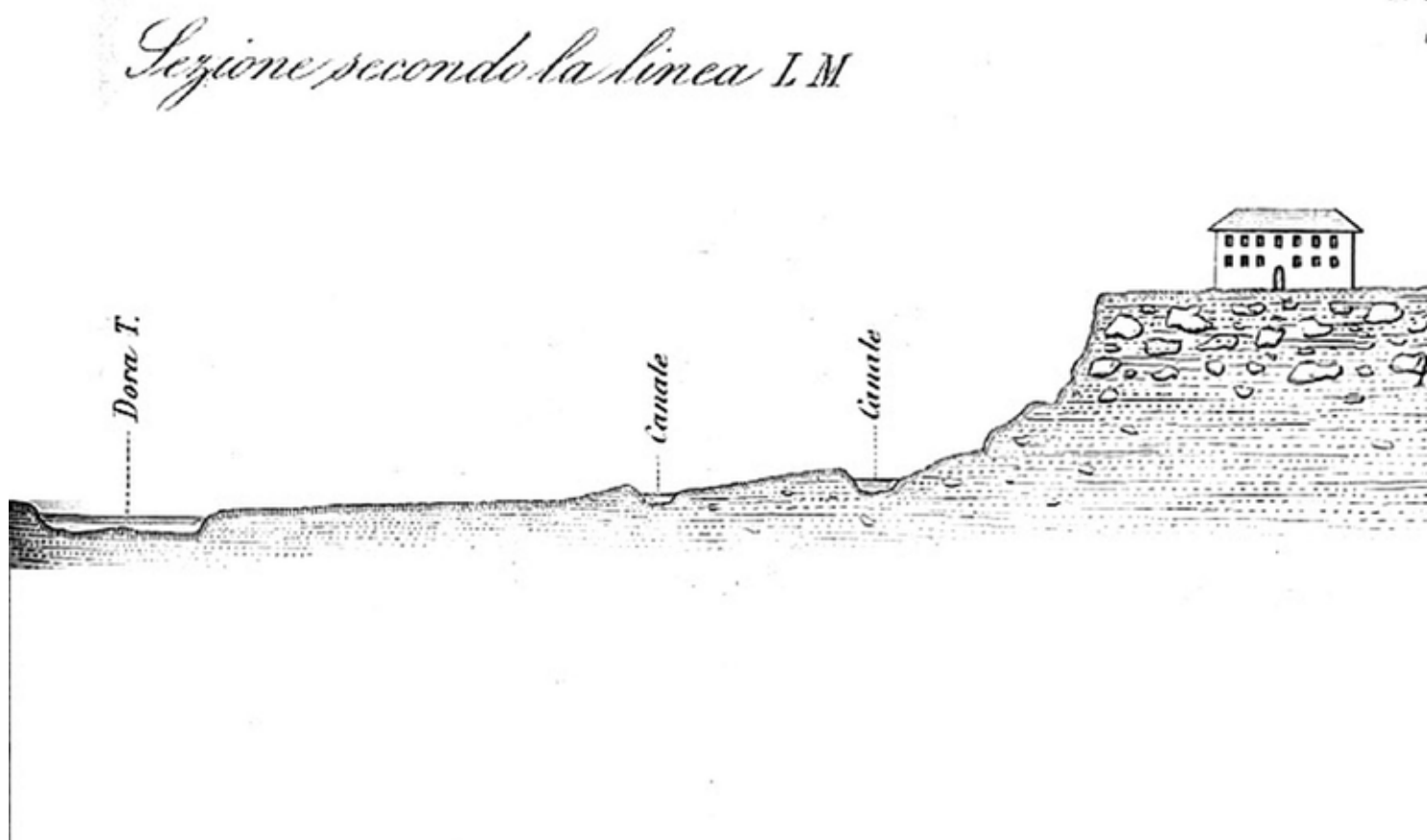
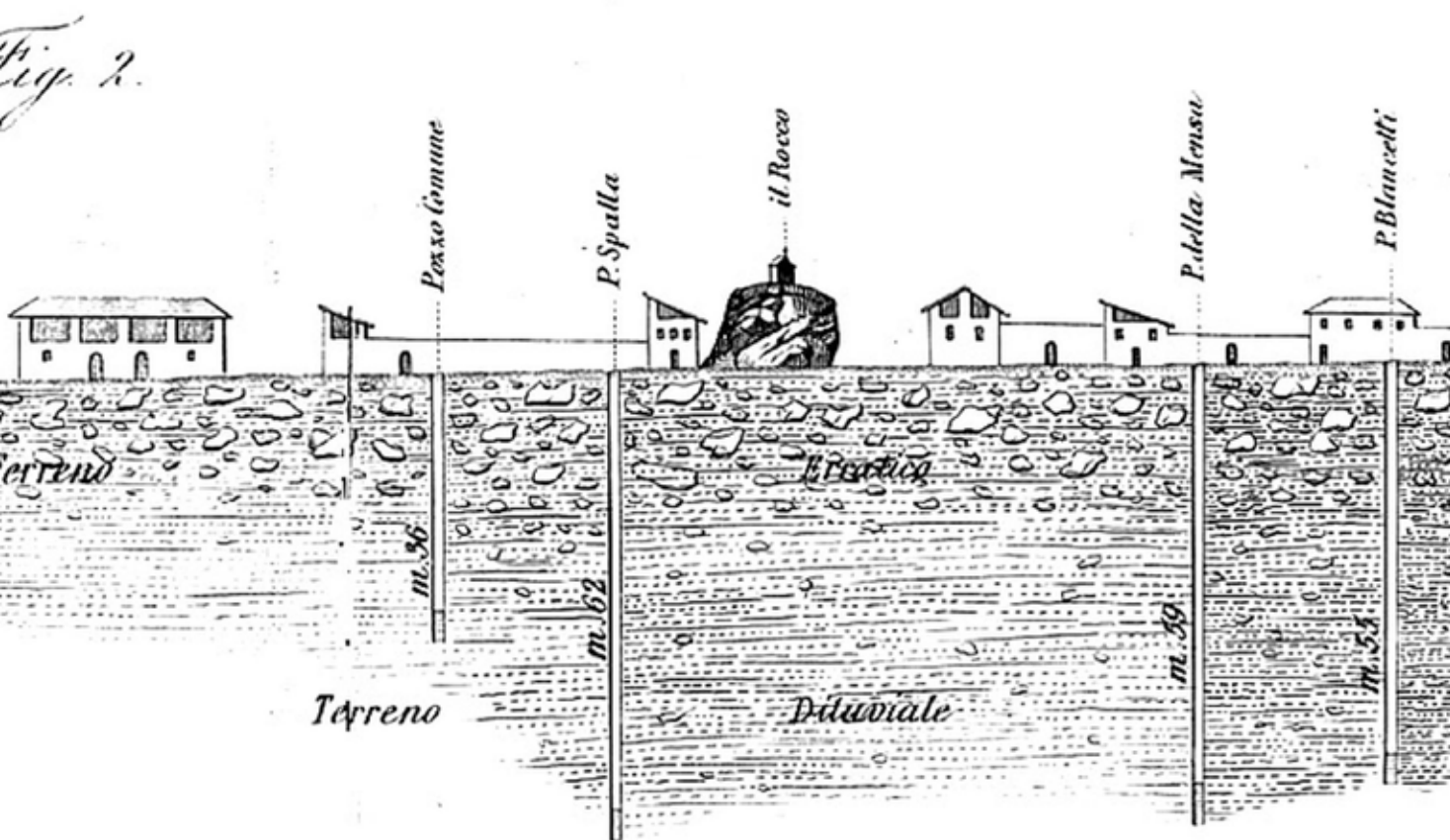


Figura 6 - Sezione geologica disegnata da Bartolomeo Gastaldi - fonte: Motta M. e Motta L. - 2009



Figura 5 - Il masso Gastaldi in Val di Susa - ph Wikimedia Commons



precursori degli studi glaciali, ma non tutti gli scienziati in Italia sostenevano la teoria di Gastaldi. Il grande geologo Angelo Sismonda, per esempio, continuava a definire i depositi morenici del Piemonte come facenti parte del "terreno diluviale" e quindi dovuti a grandi eventi alluvionali. La controversia in quegli anni fu lunga e molto accesa.

L'antico ghiacciaio che in passato occupava la Val di Susa, trasportò un masso di enormi dimensioni nella pianura allo sbocco della valle presso il Comune di Pianezza, alle porte di Torino. Il monolite lungo 26 metri ed alto circa 12, oggi inglobato nel tessuto urbano tra le abitazioni, è considerato un monumento geologico e fu chiamato "Masso Gastaldi" in onore del geologo torinese che lo studiò e lo descrisse alla metà dell'Ottocento (Figura 5).

Gastaldi era certo che questo masso non poteva che essere un grande frammento roccioso trasportato dal ghiacciaio, sia per la sua posizione sia per il suo isolamento dal substrato, comprovato dalle stratigrafie degli adiacenti pozzi di captazione delle acque (Figura 6). Secondo Angelo Sismonda, tuttavia, il "Roc" (così era chiamato dai locali prima che fosse dedicato a Gastaldi), rappresentava una propaggine del substrato roccioso che l'erosione del Fiume Dora aveva portato alla luce e parzialmente sepolto dalle sue alluvioni; si deve ammettere che altri simili affioramenti vicini che portava come esempio in effetti erano di questo tipo.

Il Club Alpino Italiano in memoria di Gastaldi, il 26 settembre 1884 dotò il grande masso di una lapide ricordo.

Oggi sappiamo che questi grandi massi si originano per il crollo delle pareti rocciose che sovrastano una massa glaciale in movimento, oppure per lo "strappo" per opera della massa glaciale in movimento, di frammenti rocciosi dalle pareti del canale glaciale, ma in questo ultimo caso le dimensioni dei massi risultano generalmente minori.

I massi erratici presentano forma irregolare e spigoli vivi, una parte del masso tuttavia risulta più levigata rispetto alle altre. Le rocce che li costituiscono sono sempre molto consistenti e massicce; massi costituiti da rocce facilmente sfaldabili come i calcescisti ben rappresentati nelle nostre Alpi, sono molto rari. Anche la diffusa presenza di strie prodotte durante il trasporto glaciale e di alcuni spigoli arrotondati ben contraddistinguono questi massi.

Verso la fine del XIX secolo, molti di questi massi, grazie alle più efficienti tecnologie di escavazione, erano divenuti di interesse come materiale da costruzione e tanti di questi sono scomparsi o fortemente ridotti nelle loro dimensioni; in passato i primi massi cavati sono serviti molto probabilmente per realizzare macine da grano. I massi hanno anche rappresentato un intralcio all'agricoltura meccanizzata e allo sviluppo edilizio nel periodo del boom economico.

Nelle Alpi Apuane i massi erratici di marmo sono stati oggetto di attività estrattiva, se ne trovano di marmo chiaro e di notevoli dimensioni nella valle dell'Edron a distanza di 2-3 chilometri dalla loro zona di origine e nella valle di Gramolazzo. In quest'ultima area, in Comune di Vagli di Sotto, è noto un blocco di marmo grigio che ha l'aspetto di una metabreccia nota con il nome di "masso della Rondinella". Il blocco mostra caratteristiche meso e microstrutturali simili a quelle delle rocce che si osservano nella zona glaciale di Campocatino presso il versante orientale del Monte Roccandaglia.

Nel 1914 tre soci del Club Alpino di Milano, (Reposi, Codara e Mauro) pubblicarono un opuscolo dal titolo: "I Massi Erratici", il quale conteneva una proposta di legge per proteggere queste testimonianze del tempo, proposero anche la realizzazione di un inventario che il Comitato Scientifico della Sezione milanese predispose.

Per il geologo Federico Sacco gli erratici rappresentavano testimonianze geologiche e veri e propri monumenti naturali che permettevano di riconoscere la posizione dei ghiacciai del passato e servivano per confermare l'origine glaciale dei depositi in cui si trovano. Lo scienziato si mobilitò così per salvare quanto restava almeno dei massi maggiori dell'anfiteatro di Rivoli - Avigliana, mediante il censimento, articoli scientifici e divulgativi, escursioni organizzate e anche accordi con i proprietari dei terreni nei quali si trovavano. Per evitare la loro scomparsa, in considerazione del loro utilizzo ai fini costruttivi, Sacco riuscì a fare promulgare una legge per la tutela delle bellezze naturali e degli immobili di particolare interesse storico (Legge n.778/1922), una delle prime leggi che tutelava il patrimonio naturale e che vedeva i massi erratici inclusi fra i beni ambientali protetti con sanzioni per chi li distruggeva.

In tempi più recenti i massi erratici hanno avuto e ancora hanno, un interesse legato all'arrampicata sportiva, una ragione in più per promuoverne la conservazione.

La disciplina detta *bouldering* (da Boulder, città del Colorado, USA dove è nata) divenne famosa in Europa grazie a un gruppo di rocciatori francesi che frequentava i massi della foresta di Fontainebleau vicino a Parigi. In Italia, negli anni Settanta si sviluppò in Lombardia (Val Masino) e nell'anfiteatro morenico piemontese della Val di Susa. In Piemonte già nel Dopoguerra, per la vicinanza della Val di Susa con Torino e a causa della mancanza di mezzi di trasporto per poter raggiungere le montagne, per allenamento ci si arrampicava sugli erratici.

Tra gli aspetti legati al glacialismo, i massi erratici rappresentano probabilmente le testimonianze più riconoscibili della evoluzione geologica e della storia fisica di un territorio; testimonianze che più facilmente di altre riescono a evocare paesaggi che si sono persi nel tempo. Si dovette attendere molto prima che la scienza riuscisse a interpretare con chiarezza la causa che aveva portato questi grandi massi nelle attuali posizioni.

Quanto ai nostri giorni è acquisito sui ghiacciai e appare ai nostri occhi inequivocabile, fa sembrare i tanti accessi dibattiti del passato sull'origine di questi grandi massi esotici inconcepibili, tuttavia si è trattato di un passo molto importante e necessario per aprire un orizzonte nuovo alla scienza della montagna. La linea di confine tra l'utile e il futile è una questione di sguardi sulle cose che comunque mutano con il tempo con l'acquisizione di nuove conoscenze e l'evoluzione del pensiero scientifico che è guidato dalla curiosità e si muove a "piccoli passi".

Gli studi ottocenteschi sui massi erratici hanno dato inizio ad una scienza nuova: la glaciologia. Il prof. Francesco Porro, membro della sezione di Cremona del Club Alpino Italiano, in occasione del "XXVI Congresso degli Alpinisti Italiani" che si tenne a Torino presso il Castello del Valentino il 2 settembre 1894, propose assieme a Federico Sacco, anch'esso socio del Club, di iniziare lo studio dei movimenti dei ghiacciai. La proposta fu subito accolta e nel 1895 l'esecutivo del CAI decretò la nascita della "Commissione per lo studio dei ghiacciai".

Il primo atto della commissione fu quello di predisporre un questionario da distribuire alle guide, agli alpinisti e in generale a tutti coloro che frequentavano le aree coperte da ghiacci e morene.

È l'essere umano che stabilisce ciò che è utile o inutile ed è il tempo che decide poi se ciò che poteva sembrare privo di importanza, oggi sia un utile passo avanti per la scienza. Oggi possiamo senza dubbio affermare che per lo studio delle montagne e del loro ambiente, le prolungate discussioni sul significato dei massi erratici portate avanti dai primi precursori sono state essenziali per il progresso scientifico perché hanno segnato l'inizio della scienza glaciologica.

Bibliografia

- AUTORI VARI, 2018 - *I nostri massi* - I quaderni de La Tsapletta, Periodico trimestrale d'informazione culturale della biblioteca di Courmayeur n.115 pp. 40, dicembre 2018
- BASTOGI MARCO, 2015 - *L'apporto scientifico del Club Alpino Italiano dalle sue origini ai nostri giorni* - Alpinismo Fiorentino, Annuario Sez. CAI Firenze pp. 46-52
- BASTOGI MARCO, 2022 - *Glacialismo nelle Alpi Apuane e nell'Appennino settentrionale. Le testimonianze* - Bollettino del Comitato Scientifico Centrale CAI, Ottobre 2022, pp. 85-101
- CAI 1964 - *Intenti e contributi scientifici del CAI nei primi cento anni di vita* - I cento anni del Club Alpino Italiano 1863-1963 Seconda edizione Milano
- CODARA G., MAURO F., REPOSSI E., 1914 - *I massi erratici nella regione dei tre laghi* - CAI Sezione di Milano Vol. XXXIII - Fratelli Fusi, pp.36, Pavia
- DE MICHELI C. 1927 - *Massi erratici* - Rivista CAI Vol. XLVI pp. 202-205
- GASTALDI B., 1868 - *Conservazione dei massi erratici* - In varietà Boll. Club Alpino n.13 pp 385
- GASTALDI B., 1871- *Studi geologici sulle Alpi occidentali* - Mem. R. Com. Geol. It., 1, pp.1-48.
- GRIBBIN J., 2004 - *L'avventura della scienza moderna: i protagonisti, le loro scoperte, le loro vite spesso straordinarie* - Longanesi & c. pp. 655, Milano
- MASINI R., 1970 - *I massi erratici della valle dell'Edron e il glacialismo nelle Alpi Apuane* - Bollettino Società Geologica Italiana, LXXXIX, pp. 45-56.
- MARTINIS CH. & GASTALDI B., 1850 - *Essai sur les terrains superficiels de la Vallée du Po, aux environs de Turin, comparés à ceux de la plaine Suisse / du Bassin Helvétique* - Bulletin Societé Géologique de France, 2a serie, volume VIII (1849-1950), pp. 554-605
- MOORE RUTH, 1958 - *L'avventura della Terra nel tempo* - Ed. Aldo Martello pp. 396 Milano
- MOTTA M. E MOTTA L., 2009 - *Il ruolo dei massi erratici nella nascita della geomorfologia - Le rocce della scoperta. Momenti e problemi di storia della scienza nelle Alpi Occidentali* - Club Alpino Italiano Comitato Scientifico Ligure Piemontese - Convegno di studi Monte dei Cappuccini Torino 25-26 ottobre 2008 - Briganti Glauco pp. 95-108, Genova
- NANGERONI G. & MAURO F., 1949 - *I "trovanti" nella regione dei tre laghi* - pp. 80, Milano
- SACCO F., 1922 - *I principali massi erratici dell'anfiteatro morenico di Rivoli* - Boll. Soc. Geol. It., 41, pp. 161-174
- SACCO F., 1928 - *I grandi laghi postglaciali di Rivoli e Ivrea* - L'Universo n.9

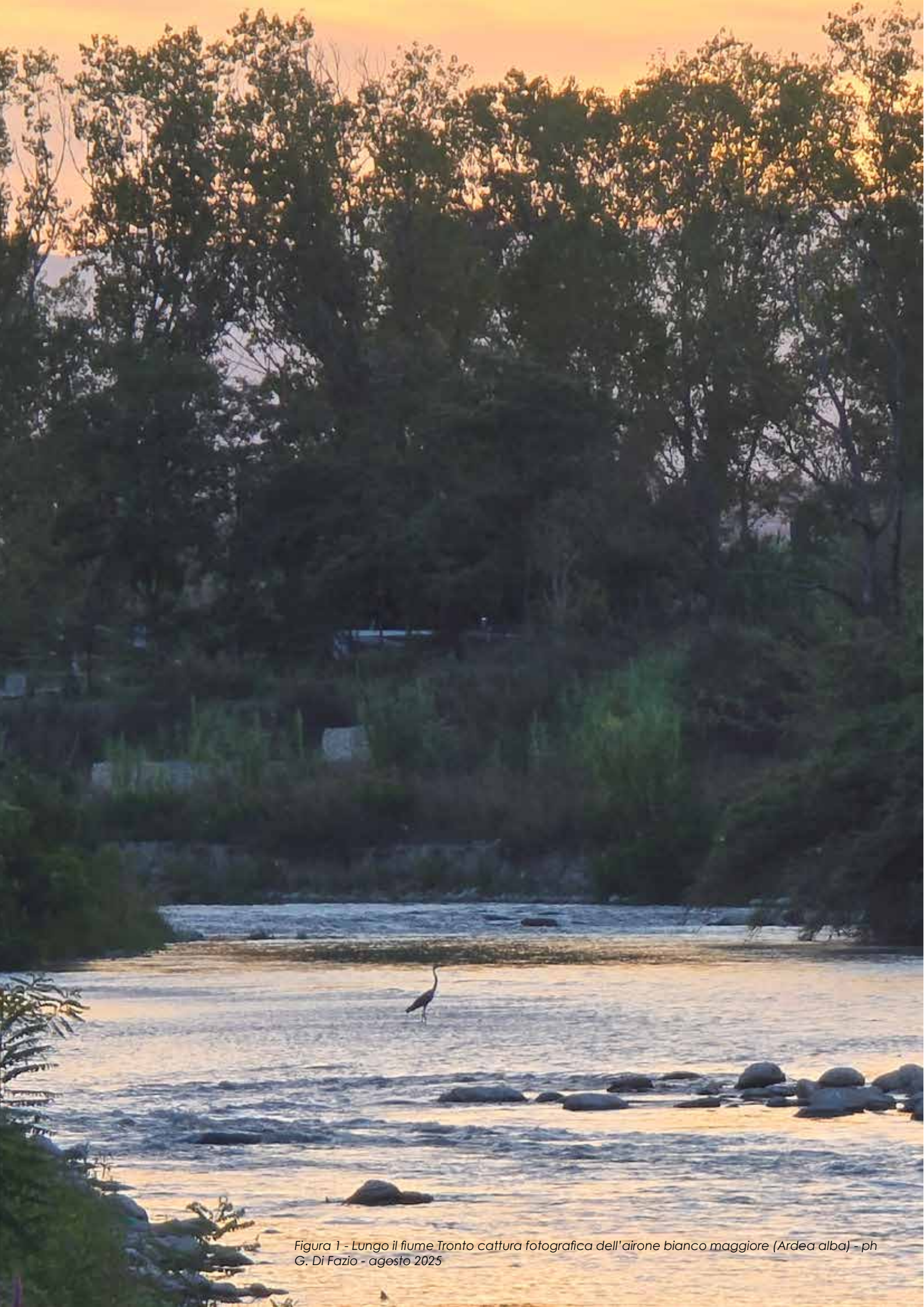


Figura 1 - Lungo il fiume Tronto cattura fotografica dell'airone bianco maggiore (*Ardea alba*) - ph G. Di Fazio - agosto 2025

Il fiume Tronto: un corridoio ecologico (in)visibile

Studio di un tratto fluviale per la scoperta ecologica tramite fototrappole

di Giuseppe Di Fazio⁽¹⁻²⁾

1. Operatore Naturalistico e Culturale della Sezione CAI Val Vibrata Monti Gemelli
2. Comitato Scientifico Regionale Abruzzo

Riassunto

Negli ultimi decenni il lupo (*Canis lupus*) ha mostrato una significativa espansione areale in Italia, ricolonizzando ambienti planiziali e periurbani precedentemente abbandonati. In tale contesto, i corridoi fluviali possono svolgere un ruolo chiave nel facilitare la dispersione e la connettività ecologica tra popolazioni. Il presente studio analizza il ruolo del fiume Tronto (Italia centrale) come potenziale corridoio ecologico per il lupo, valutandone la frequentazione attraverso un monitoraggio mediante fototrappolaggio. Lo studio contribuisce alla comprensione del ruolo dei sistemi fluviali come infrastrutture ecologiche in paesaggi frammentati, evidenziando l'importanza della gestione ripariale per la conservazione e la connettività del lupo nell'Italia centrale.

Abstract: The Tronto River: an (in)visible ecological corridor - Study of a river stretch for ecological discovery through camera traps

In recent decades, the wolf (Canis lupus) has shown significant range expansion in Italy, recolonizing previously abandoned lowland and periurban environments. In this context, river corridors can play a key role in facilitating dispersal and ecological connectivity between populations. This study analyzes the role of the Tronto River (central Italy) as a potential ecological corridor for the wolf, assessing its frequency through camera trapping monitoring. The study contributes to the understanding of the role of river systems as ecological infrastructures in fragmented landscapes, highlighting the importance of riparian management for wolf conservation and connectivity in central Italy.

Introduzione

Perché uno studio su un corridoio fluviale? Nell'estate del 2022 è stata segnalata la presenza di un giovane lupo (*Canis lupus*) nell'area della Sentina, nei pressi di San Benedetto del Tronto, in un contesto fortemente antropizzato e distante dalle aree montane tradizionalmente associate alla specie nell'immaginario collettivo. Dopo iniziali dubbi sull'identificazione, la documentazione fotografica ha confermato la presenza di un individuo in dispersione, osservato ripetutamente nei mesi successivi all'interno dell'area protetta costiera (Figura 2).

Nello stesso periodo sono stati registrati avvistamenti di unghiate e lupi anche in prossimità delle foci dei fiumi Albula e Tesino, in settori urbanizzati della fascia costiera adriatica. Tali siti, pur caratterizzati da elevata antropizzazione e significativa distanza dalle aree appenniniche, risultano accomunati dalla presenza di corsi d'acqua che attraversano senza soluzione di continuità vallate industriali e territori intensamente modificati.

La presenza del lupo in contesti planiziali e costieri si inserisce in un quadro più ampio di espansione numerica e territoriale della fauna di media e grossa taglia in Italia, ampiamente documentato dai monitoraggi ISPRA e dalla letteratura scientifica. A partire dagli anni Settanta, la specie – sopravvissuta in pochi nuclei relitti lungo l'Appennino centro-meridionale – ha progressivamente ricolonizzato la penisola, espandendosi verso nord e occupando nuovi territori anche a considerevole distanza dai nuclei originari (Figura 3).

Il censimento nazionale del 2012 (Randi *et al.*) e quello del 2015 (ISPRA) hanno attestato una presenza ormai continua lungo l'intero Appennino e l'arco alpino occidentale.

Il monitoraggio nazionale ISPRA del 2022, primo censimento capillare su scala nazionale, ha inoltre evidenziato la presenza stabile della specie anche in contesti collinari e di pianura, comprese aree agricole e zone umide dell'Italia settentrionale.

In ambienti planiziali, studi condotti nella pianura emiliana (Curtis *et al.*, 2021) hanno documentato una dieta che include frequentemente la nutria (*Myocastor coypus*), specie alloctona ampiamente diffusa nei sistemi fluviali e nelle aree umide sub-collinari. Analoghe ricerche svolte dall'Ente Parco Delta del Po nelle Valli di Comacchio (Gavioli *et al.*, 2023) confermano la capacità del lupo di adattarsi a ecosistemi fortemente antropizzati e di sfruttare risorse trofiche disponibili in ambienti di pianura.

Queste evidenze suggeriscono che i corridoi ripariali possano svolgere un ruolo funzionale nella dispersione degli individui giovani, agendo come arterie ecologiche in grado di connettere habitat frammentati e facilitare l'espansione dell'areale.

Gli ecosistemi fluviali costituiscono infatti sistemi ecologici lineari che attraversano gradienti altitudinali, climatici e paesaggistici, mettendo in connessione ambienti differenti e garantendo continuità ecologica in territori altrimenti frammentati. Le aree ripariali – storicamente caratterizzate da greti, lanche, boschi umidi e canneti – sono state negli ultimi decenni oggetto di significativa riduzione e semplificazione a causa dell'espansione urbana, dell'agricoltura intensiva e della realizzazione di infrastrutture. Nonostante tali pressioni, le fasce residuali di vegetazione perifluviale, pur spesso artificializzate e ristrette, continuano a ospitare una biodiversità rilevante e a fornire



Figura 2 - Lupo che si abbevera nel laghetto della sentina - ph N. Contiero - luglio 2022

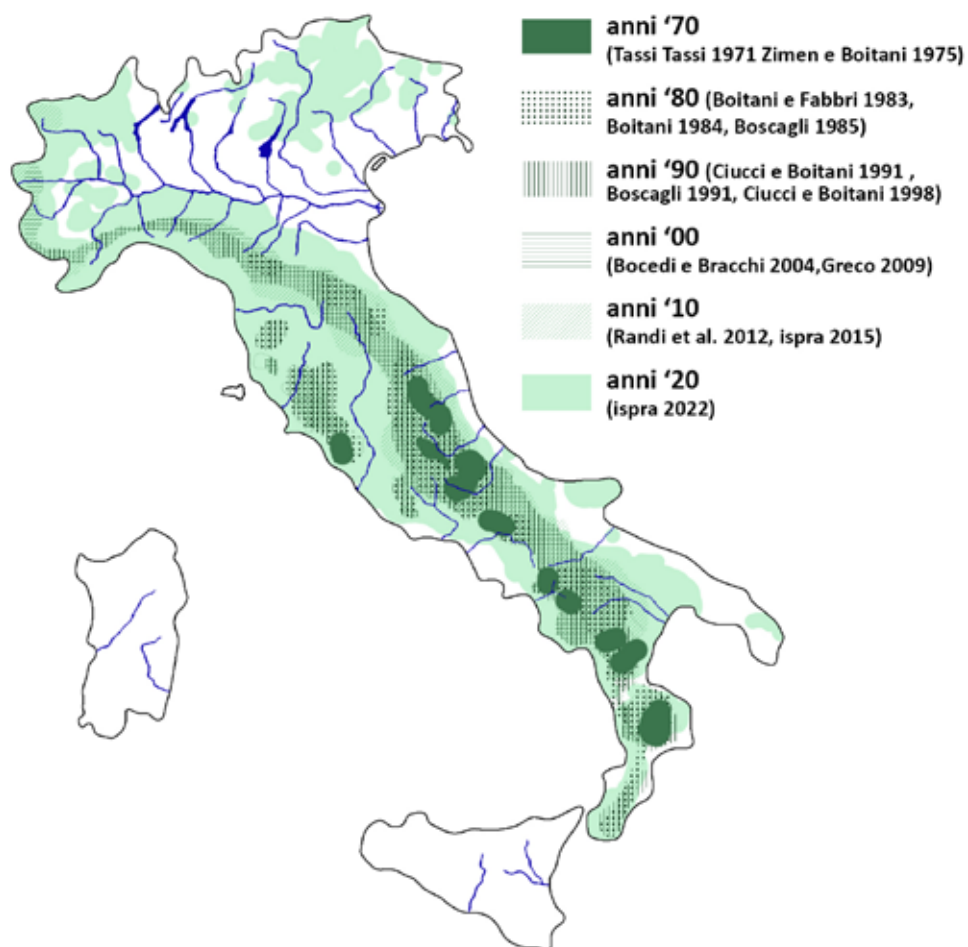


Figura 3 - Espansione territoriale del lupo sovrapposta alla mappa idrografica italiana. Carte originali nel documento "Il lupo nelle Marche, ieri, oggi, domani?" - rielaborazione di G. Di Fazio

copertura, disponibilità trofica e continuità spaziale per numerose specie.

In ecologia del paesaggio, il concetto di corridoio ecologico identifica elementi lineari del territorio che favoriscono lo spostamento, la dispersione e il flusso genetico tra popolazioni isolate. Nel caso dei sistemi fluviali, argini, canneti e boschi ripariali possono assumere la funzione di infrastrutture biologiche utilizzate da anfibi, uccelli, roditori, carnivori e ungulati per muoversi lungo una matrice antropizzata riducendo l'esposizione al disturbo umano.

Il fiume rappresenta pertanto un sistema dinamico in cui componenti fisiche (regime idrico, sedimentazione), biologiche (vegetazione e fauna) e pressioni antropiche interagiscono costantemente, determinando equilibri variabili ma funzionali alla connettività ecologica.

Alla luce di tali considerazioni, il presente lavoro si propone di analizzare il tratto medio-basso del fiume Tronto al fine di valutarne la funzionalità come corridoio ecologico, con particolare riferimento al potenziale ruolo nella dispersione del lupo in ambiente planiziale costiero.

L'indagine è stata condotta mediante analisi cartografica preliminare, rilievi sul campo, osservazioni dirette e monitoraggio tramite fototrappole, con l'obiettivo di descrivere le dinamiche ecologiche attualmente in atto lungo l'asta fluviale e di contribuire alla comprensione dei processi di espansione della specie in contesti a elevata antropizzazione.

Il fiume Tronto

Nasce nei Monti della Laga, nel territorio di Amatrice, e dopo aver raccolto le acque di numerosi affluenti scende verso Est, attraversando una valle ampia e articolata che segna il confine naturale tra Marche e Abruzzo. Lungo i suoi circa 93 km, il fiume cambia volto più volte: dalle acque fredde e limpide del tratto montano ai meandri lenti del basso corso, fino alla foce che si apre tra Porto d'Ascoli e Martinsicuro.

Il suo bacino, di circa 1.200 km², racchiude ambienti estremamente vari: boschi appenninici, calanchi, zone agricole e aree industriali. Questa varietà geomorfologica fa del Tronto un asse ecologico potenziale di enorme importanza, ma anche un sistema sottoposto a forti pressioni. La storia recente ne testimonia la trasformazione: un tempo il fiume scorreva libero in un alveo ampio e intrecciato, con lanche e zone umide che ospitavano una ricca vegetazione ripariale; oggi, gran parte del suo corso è arginato e rettificato, e la larghezza della gola si è ridotta a meno della metà rispetto all'Ottocento.

Nonostante ciò, il Tronto conserva una vitalità sorprendente. Nei tratti bassi, tra Spinetoli, Monsampolo e la foce, la fascia ripariale si restringe e si allarga seguendo l'evoluzione lenta e inesorabile del corso d'acqua.

- Tra urbanizzazione e frammentazione ecologica

Per poter analizzare l'ecologia ripariale del Tronto è necessario analizzarne la storia. In epoche passate, la vallata del Tronto si presentava come un sistema fluviale ampio e complesso, con il fiume che scorreva tra rami intrecciati, ghiaie e lanche. Le aree golenali raggiungevano una larghezza media di circa 300 m, quasi il triplo di quella attuale (Giacopetti *et al.*, 2015).

Il Tronto costituiva un evidente limite naturale tra la sponda Nord e quella a Sud, gli animali si spostavano prevalentemente lungo l'asse monte-mare, seguendo la fascia vegetata e le zone umide laterali, ma la maggiore ampiezza dell'alveo, offriva zone di guado più diffuse e variegata, aumentando la potenziale attraversabilità ecologica del fiume rispetto a oggi. Gli spostamenti della fauna dovevano seguire la stagionalità delle piene e l'alternanza di ambienti ghiaiosi, boschivi e palustri.

Dopo le alluvioni del 1897-1898 iniziarono le prime sistemazioni idrauliche: argini, rettifiche e difese spondali. Nel Novecento la costruzione della ferrovia, della superstrada Ascoli-Mare e della Strada della Bonifica ridusse ulteriormente la sezione attiva del fiume, passata da circa 285-300 m a 150-190 m (Giacopetti *et al.*, 2015).

Gli interventi recenti, successivi anche alle piene del 2023, hanno privilegiato opere drenanti e permeabili (cassoni in rete, scogliere di ciottoli) che, pur contenendo il fiume, ne mantengono una certa morfodinamica e la formazione di microhabitat ripariali (Figura 4).

Oggi la vallata è delimitata da filtri antropici paralleli e trasversali che condizionano la funzionalità ecologica del fiume (Figure 4 e 5).

- Filtri paralleli

Lungo la sponda marchigiana, la ferrovia Ascoli Piceano-San Benedetto del Tronto, costruita tra il 1883 e il 1886, costituisce un segno infrastrutturale continuo e recintato, che corre quasi senza interruzioni per decine di chilometri. Questo tracciato rappresenta una barriera lineare significativa per gli animali di medie e grandi dimensioni, che raramente riescono ad attraversarla. A poca distanza corre l'autostrada sopraelevata "Ascoli-Mare", anch'essa un elemento fortemente selettivo per la fauna: il traffico costante e la scarsità di sottopassi o varchi naturali rendono gli attraversamenti estremamente difficili.

Sempre sulla sponda marchigiana, i campi coltivati tra gli argini e i centri abitati sono spesso suddivisi in piccoli appezzamenti recintati o delimitati da reti, frammentando ulteriormente la fascia ecologica residua.

Sul lato opposto, la Strada della Bonifica è meno trafficata e più permeabile, ma in alcuni tratti è affiancata da una fascia industriale compatta, che limita gli accessi al fiume e riduce la profondità della fascia vegetata. Tuttavia, rispetto alla sponda marchigiana, il paesaggio resta più continuo e meno recintato, favorendo il passaggio della fauna dall'asse fluviale alla zona collinare subito a Sud.

- Filtri trasversali

I ponti carrabili che attraversano il fiume – pur non costituendo vere e proprie barriere grazie alla continuità della vegetazione sotto di essi – sono accompagnati da una rete di strade di collegamento e centri abitati lineari che nascono in prossimità degli accessi agli svincoli autostradali. Questi insediamenti formano zone di disturbo antropico che tendono ancor di più a isolare localmente la fascia del corridoio fluviale.

Nonostante la presenza di numerosi ostacoli antropici il Tronto mantiene un corridoio longitudinale funzionale, ma inserito in una matrice territoriale sempre più



Figura 4 - Prospettiva aerea della vallata del Tronto e barriere antropiche - ph G. di Fazio - 2025



Figura 5 - Prospettiva aerea inversa della vallata del Tronto e barriere antropiche - ph G. di Fazio - 2025

frammentata e attraversata da barriere infrastrutturali multiple. La fauna continua a percorrerlo, ma in modo fortemente canalizzato. Nonostante la contrazione della gola, infatti, la fitta vegetazione ripariale, l'inestricabile canneto lungo la ciclabile marchigiana e la fascia verde ancor più ampia della sponda abruzzese garantiscono ancora oggi continuità ecologica quasi ininterrotta tra le montagne della zona di Arquata del Tronto e la costa.

Ungulati e carnivori, come cinghiale e lupo, percorrono la fascia golenale (in alcuni punti larga solo 4-5 metri) riuscendo, grazie alla copertura vegetale che agisce come filtro visivo ed acustico, ad avere interazioni antropiche praticamente nulle.

Il recupero e la gestione attiva di tali aree possono rafforzare il ruolo del Tronto come asse ecologico tra montagna e mare, in linea con gli obiettivi di continuità ambientale previsti dalle direttive europee (Direttiva Habitat 92/43/CEE).

- Come barriera, corridoio e organismo vivo

Il Tronto agisce contemporaneamente come barriera e come corridoio ecologico, a seconda delle specie e delle condizioni morfologiche locali. Tratti con sponde alte, canali profondi o arginature limitano la mobilità di anfibi e piccoli mammiferi, mentre la vegetazione ripariale offre copertura e orientamento per i predatori e gli ungulati.

Il fiume, pur incanalato, conserva una dinamica propria:

La rete nascosta del Tronto: sentieri e insediamenti animali

- **Area di studio:** l'indagine si è concentrata su un tratto rappresentativo del medio corso del Tronto, compreso tra il ponte di Spinetoli e quello di Monsampolo del Tronto.

Questa porzione di fiume presenta una fascia golenale relativamente continua e caratterizzata da un mosaico di vegetazione ripariale, coltivi marginali e tratti di canneto compatto, che separano il corso d'acqua dalla pista ciclabile marchigiana a nord e dalla strada della Bonifica abruzzese a Sud.

Queste osservazioni hanno permesso di delineare una rete di percorsi non antropici, veri e propri "sentieri animali" che seguono logiche ecologiche proprie e si sviluppano lungo le linee di minima resistenza del paesaggio.

- **I sentieri animali: geografia nascosta della fauna e vegetazione zoocora nella fascia golenale:** all'interno della fascia golenale, sotto la copertura del canneto e tra gli argini, si sviluppa una rete intricata di piste parallele e trasversali, spesso invisibili dall'esterno.

Questi sentieri sono tracciati da animali stanziali o di passaggio, che percorrono il fiume seguendo una logica costante di protezione e accesso all'acqua. Molti di questi percorsi corrono a pochi metri dal corso principale o lungo i canali secondari, e la loro presenza è riconoscibile grazie a tracce di passaggio, impronte e vegetazione piegata, e sboccano a volte sulla ciclabile marchigiana. Nei punti in cui la gola si restringe o le barriere antropiche si avvicinano (ponti, recinzioni, scarpate), la frequenza dei segni di passaggio aumenta, segnalando veri e propri colli di bottiglia ecologici. È in corrispondenza di questi tratti che è stato posizionato il

erosione e deposizione mantengono una varietà di microhabitat, anche se la rigidità imposta da argini e infrastrutture riduce la sua capacità di adattarsi ai cambiamenti ambientali (Forman & Alexander, 1998; Fletcher *et al.*, 2018).

Nella Figura 6 si osserva un esempio significativo sul fianco meridionale del tratto medio-basso del fiume.

Nel 2007 l'alveo appare prevalentemente rettilineo; dal 2013 emergono anse marcate, espressione di una riattivazione della dinamica laterale, con progressiva formazione di spiagge e anfratti riparati.

La piena del maggio 2023 determina erosione dell'argine sud fino a coinvolgere la strada di bonifica. I successivi interventi di ripristino favoriscono la formazione di due risacche lungo il margine meridionale, caratterizzate da ridotta energia idraulica, rapida sedimentazione fine e colonizzazione vegetazionale.

Questi ambienti sono stati rapidamente colonizzati da nutrie, anatidi e garzette (*Egretta garzetta*), dando origine a una garzaia temporanea sulla sponda sud.

L'episodio mostra la capacità del Tronto di auto-organizzarsi e generare nuovi habitat, nonostante le pressioni antropiche (i lavori sulla sponda sono ri-iniziati anche questo inverno): un sistema ancora vivo, capace di ridefinire la propria morfologia e ospitare forme di vita adattate ai cambiamenti.

fototrappolaggio, rivelando una regolare frequentazione da parte della fauna maggiore stanziale in particolare volpi, tassi, istrici, ma anche la presenza di visitatori meno assidui come uccelli acquatici, nutrie, cinghiali e lupi, faine e domestici.

- **Le piante zoocore a dispersione esterna: la vegetazione che si muove con gli animali:** lungo i sentieri nella fascia golenale del Tronto, la vegetazione rivela un *pattern* ricorrente: la presenza costante di piante zoocore a dispersione epizoochorica, ossia specie che affidano la propagazione dei propri semi al trasporto meccanico sul corpo dei mammiferi. Si tratta di erbe e arbusti dotati di semi provvisti di uncini, setole o strutture adesive, capaci di ancorarsi al pelo degli animali che attraversano la vegetazione. Tra le specie più diffuse lungo i tracciati studiati compaiono: *Bidens frondosa* (Forbicina pedunculata), *Xanthium strumarium* (Nappola minore), *Arctium minus* (Bardana minore). Queste piante, spesso considerate infestanti nei campi coltivati, sono in realtà indicatori ecologici preziosi; la loro distribuzione segue fedelmente i percorsi faunistici, segnalando i tratti più utilizzati dai mammiferi di taglia medio-grande, come cinghiali, volpi, istrici e tassi.

La ricorrenza di queste specie lungo le stesse direttrici evidenzia un fenomeno di co-mobilità biologica: gli animali favoriscono la dispersione delle piante, e le piante, a loro volta, "rimappano" nel paesaggio i sentieri della fauna, rafforzando la continuità vegetale e strutturale del corridoio. Lungo i percorsi più frequentati, la vegetazione epizoochora forma fasce compatte di specie erbacee alte con frutti provvisti di appendici uncinatate, che si intrecciano con le graminacee, i rovi e canne,



Figura 6 - Selezione di immagini Google earth che mostra l'evoluzione del Tronto negli ultimi 18 anni - elaborato da G. Di Fazio

creando vere e proprie gallerie vegetali. In questi punti, il passaggio animale mantiene la fascia aperta, impedendo la chiusura totale del canneto e garantendo la permeabilità del corridoio anche nei tratti più fitti.

In questo modo la dispersione dei semi è un vero processo biologico: le piante si spostano con chi attraversa, marcando i margini, si attaccano e si diffondono lungo le piste, rendendo tangibile il legame reciproco tra fauna in movimento e vegetazione dinamica.

Materiali e metodi

- **Area di studio:** lo studio è stato condotto per un periodo di circa sei mesi e mezzo nel tratto del fiume Tronto compreso tra il ponte di Spinetoli e quello di Monsampolo. L'ampiezza della fascia ripariale varia dai circa 5 m della strettoia in cui sono state posizionate le fototrappole 1 e 3 fino a circa 200 m nell'ansa situata più a Ovest. Le postazioni di monitoraggio sono localizzate a quote comprese tra 16 m e 26 m s.l.m., a circa 6,5 km dalla foce della Sentina.

- **Analisi preliminare cartografica:** in una prima fase è stata redatta un'analisi preliminare su immagini aeree recenti ad alta risoluzione, individuando spiagge, eventuali guadi e analizzando la morfologia della fascia vegetata, le interruzioni e i potenziali varchi di attraversamento interni alla zona ripariale (Figura 7), con l'obiettivo di identificare aree di restringimento e possibili punti di transito obbligato della fauna.

- **Sopralluoghi e rilievi sul campo:** in una seconda fase sono stati effettuati sopralluoghi diretti e rilievi georeferenziati. Attraverso l'analisi delle immagini aeree e la verifica *in situ* si è proceduto al censimento e alla mappatura degli sbocchi dei sentieri animali sulla pista ciclabile (sponda marchigiana) e sulla strada di bonifica (sponda abruzzese), individuando i tratti a maggiore complessità ecologica. Per circa dieci giorni è stata inoltre verificata la percorribilità della cortina vegetale, partendo dalle intersezioni precedentemente segnalate, per accertare la continuità dei sentieri interni alla zona golenale e ricercare tracce e segni di passaggio utili all'individuazione delle postazioni più idonee al monitoraggio strumentale.

- Protocolli di fototrappolaggio: dispositivi e impostazioni:

la fase di monitoraggio è stata condotta mediante fototrappole GardenPro E5s, dotate di schede SD da 16 GB.

In una prima fase il dispositivo è stato impostato per registrare una fotografia e un video di 20 secondi a ogni attivazione. Il breve tempo di *trigger* ha consentito di intercettare la maggior parte dei passaggi; tuttavia, esemplari particolarmente elusivi o in rapido movimento risultavano talvolta solo parzialmente visibili. Per tale motivo, da novembre si è optato per la registrazione esclusiva di video della durata di 30 secondi, al fine di ridurre la latenza tra attivazione e inizio ripresa.

- **Sforzo di campionamento:** lo sforzo complessivo di monitoraggio è pari a 204 *trap-night*, così suddivise:

- Fototrappola 1: 172 giorni effettivi di funzionamento
- Fototrappola 2: 0 giorni effettivi (guasto precoce)
- Fototrappola 3: 32 giorni effettivi

Per *trap-night* si intende una fototrappola attiva per un periodo di 24 ore. Sono stati esclusi dal conteggio i periodi di inattività dovuti a guasti o malfunzionamenti (in particolare dal 6/11/25 al 20/11/25 per guasto alla scheda SD della fototrappola 1).

- **Definizione operativa di "passaggio":** è stato definito "passaggio" il transito di un singolo animale o di un gruppo di animali davanti al dispositivo. Le fototrappole 1 e 3, impostate in modo sincrono e orientate l'una verso l'altra, consentivano la registrazione dello stesso evento da angolazioni opposte; in tali casi l'evento è stato conteggiato come singolo passaggio. Per i gruppi di animali, riprese successive distanti meno di 5 minuti sono state considerate parte dello stesso evento.

- **Scelta delle postazioni:** sulla sponda marchigiana è stato individuato un collo di bottiglia ecologico – area di passaggio obbligato larga non più di 5 m – caratterizzato da accessibilità favorevole, presenza di canneto denso e scarpata ripida che separa la zona dalla pista ciclabile, nonché dalla prossimità di un canale di scolo confluyente nel fiume.

La presenza di una latrina di tasso (*Meles meles*) e numerose tracce di altri mammiferi ha confermato l'uso regolare del sito.

Si precisa che la scelta di un punto di passaggio obbligato comporta una potenziale sovrastima delle frequenze di transito rispetto alla reale densità delle specie nell'area; i dati ottenuti devono pertanto essere interpretati come indicativi dell'intensità d'uso del corridoio e non come stima di abbondanza.



Figura 7 - Evidenziazione dei sentieri non antropici nell'area in esame - elaborato da G. Di Fazio

Sulla sponda abruzzese le condizioni morfologiche e ambientali (argini ripidi, vegetazione impenetrabile, ristagni idrici) hanno limitato l'efficacia del monitoraggio strumentale. La fototrappola 2 ha cessato di funzionare dopo circa una settimana a causa dell'innalzamento del livello del fiume.

Pertanto, la totalità dei filmati analizzati è riferibile alla sponda marchigiana; sulla sponda abruzzese sono state effettuate esclusivamente documentazioni fotografiche di tracce.

- Localizzazione delle postazioni

Fototrappola 1			
Latitudine	Longitudine	Orientamento	Quota
42°52'46" N	13°49'09" E	Est	16 m s.l.m.
Posizionata in un collo di bottiglia ecologico largo circa 5 m			
Fototrappola 2			
Latitudine	Longitudine	Orientamento	Quota
42°51'56" N	13°47'49" E	Sud-Est	26 m s.l.m.
Installata in prossimità di una pozza di abbeveramento con presenza di tracce di ungulati			
Fototrappola 3			
Latitudine	Longitudine	Orientamento	Quota
42°52'46" N	13°49'10" E	Ovest	16 m s.l.m.
Posizionata in direzione opposta rispetto alla fototrappola 1, al fine di monitorare l'accesso al sentiero verso la pista ciclabile			

Tabella 1 - Sintesi delle posizioni delle fototrappole

Considerazioni operative

Il monitoraggio in ambiente fluviale ha evidenziato criticità legate a microvariazioni idriche, elevata umidità e dinamica vegetazionale. L'accumulo di vegetazione davanti ai sensori ha generato attivazioni spurie o ridotto la sensibilità del rilevamento; l'ancoraggio su piante giovani ha reso i dispositivi sensibili al vento, incrementando i falsi positivi. Durante le operazioni di manutenzione si è evitato l'uso di detergenti profumati per limitare possibili interferenze olfattive sul comportamento animale.

Lo studio è stato condotto in un periodo di circa sei mesi e mezzo e si è articolato nelle seguenti fasi:

- In primis si è redatta a un'analisi preliminare su immagini aeree recenti, ad alta risoluzione, individuando spiagge, eventuali guadi e cercando di identificare la morfologia della fascia vegetata, le interruzioni e i potenziali varchi di attraversamento interni alla zona ripariale (Figura 7).
- In seconda fase ci si è recati sul posto per sopralluoghi diretti e rilievi georeferenziati, dalle foto aeree e tramite esame sul campo si è cercato di censire e annotare la posizione degli sbocchi dei "sentieri animali" sulla pista ciclabile (zona marchigiana) e sulla strada di bonifica (zona abruzzese) cercando di individuare i tratti di maggiore complessità ecologica; in seguito, per circa 10 giorni si è tentato di

penetrare e controllare la cortina vegetale, la percorribilità della fascia ripariale e la consistenza dei sentieri identificati sulle foto aeree per esplorare la possibilità dei passaggi nel reticolo interni alle zone golenale e in cerca di tracce e segni di passaggio così da individuare le postazioni più utili al vero e proprio monitoraggio strumentale.

- In ultimo si è iniziata la fase di fototrappolaggio mirato con fototrappole GardenPro e5S (provviste di memorie interne SD da 16GB) nei punti di passaggio più stretti e segnati da tracce evidenti di fauna (impronte, escrementi, tane, sentieri battuti) (Figura 8).

La scelta dei punti di installazione delle fototrappole è stata preceduta da un'attenta analisi dei percorsi di fauna selvatica lungo entrambe le sponde del fiume Tronto (Figura 10). Pur essendo presenti altri punti potenzialmente idonei, la conformazione del terreno e l'elevata evidenza di passaggi faunistici hanno reso questo sito il più rappresentativo.

L'individuazione di un punto adatto sulla sponda abruzzese si è rivelata più complessa. In questo tratto, infatti, l'assenza di una pista ciclabile, la presenza di argini alti e ripidi, una vegetazione fittissima e impenetrabile e numerose zone di acqua stagnante hanno limitato l'accessibilità e la sicurezza dei sopralluoghi. In una delle rare aree di accesso, generate dai lavori di rifacimento e consolidamento della strada di bonifica, sono state rinvenute tracce di ungulati che utilizzavano regolarmente una delle pozze d'acqua residuali create dai medesimi interventi (Figure 11-12). In questo punto è stata installata la seconda fototrappola, posizionata sulla sponda della pozza. Tuttavia, la vegetazione prevalentemente erbacea ha ostacolato il corretto funzionamento dei sensori di movimento, riducendo la qualità e la quantità dei rilevamenti. Dopo circa una settimana di utilizzo, la fototrappola ha smesso di funzionare a causa dell'innalzamento, seppur minimo, del livello del fiume in seguito a eventi temporaleschi, che hanno parzialmente sommerso la fototrappola rendendola inservibile.

Dal 6/11/25 al 20/11/25 un guasto alla scheda SD della fototrappola 1 ha impedito la lettura delle registrazioni in tutto il periodo. Nel mese di dicembre si è deciso di installare la "fototrappola 3" che potesse dare informazioni sul percorso degli animali monitorati dalla fototrappola 1 ma con orientamento opposto (cioè Ovest), e anche all'accesso al sentiero che porta alla ciclabile sulla sponda marchigiana.

Note metodologiche

Viste le problematiche riscontrate e già descritte sono da considerarsi imprescindibili un posizionamento accurato e un monitoraggio regolare delle apparecchiature, preferibilmente associato a sistemi di ancoraggio rialzati o removibili e a periodi di controllo regolari, in modo da garantire continuità nella raccolta dei dati anche in condizioni ambientali variabili.

Durante le operazioni di controllo delle batterie e di sostituzione delle schede SD, è opportuno evitare l'uso di disinfettanti, profumi o saponi profumati, poiché l'odore umano residuo può rendere gli animali diffidenti o alterarne



Figura 8 - Latrina del tasso (*Meles meles*) presso il lungo Tronto - ph G. Di Fazio - agosto 2025



Figura 9 - *Xanthium strumarium* (Nappola minore) lungo Tronto. - ph G. Di Fazio - ottobre 2025

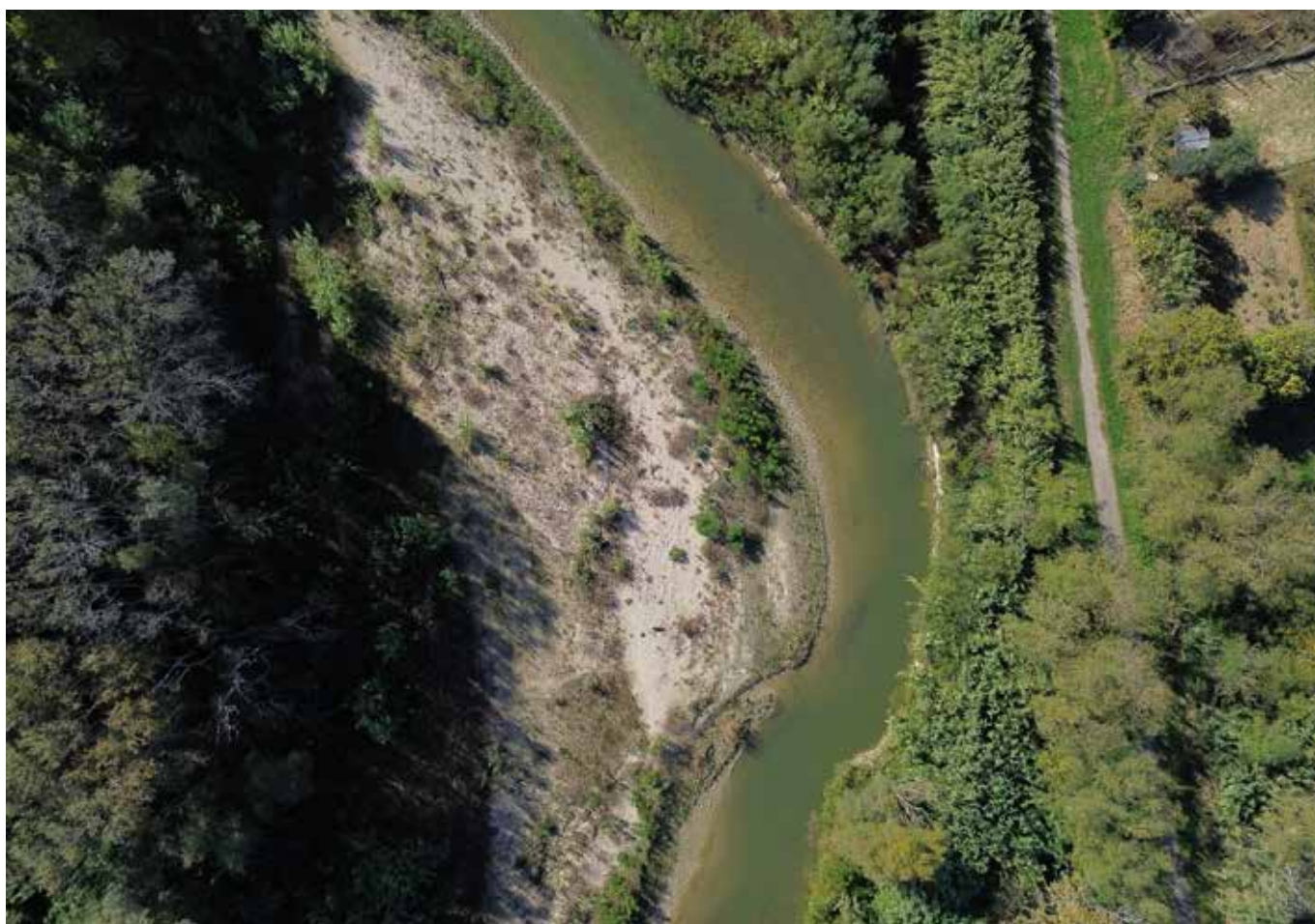


Figura 10 - Foto aerea del collo di bottiglia ecologico in cui è stata posizionata la fototrappola - ph. G. Di Fazio - ottobre 2025



Figura 11 - Tracce di ungulati nei pressi della strada di bonifica se Tronto - ph. Giuseppe Di Fazio - agosto 2025



Figura 12 - Tracce di ungulati nei pressi della strada di bonifica se Tronto - ph. Giuseppe Di Fazio - agosto 2025



Figura 13 - Specchio d'acqua sulla riva abruzzese che offre riparo a nutrie e uccelli acquatici - ph Giuseppe Di Fazio - agosto 2025

i comportamenti di passaggio nelle aree monitorate, per lo stesso motivo si è cercato di evitare controlli eccessivamente frequenti.

Si raccomanda inoltre un fissaggio robusto e sicuro delle fototrappole, sia per ridurre il rischio di furto o manomissione da parte di persone, sia per evitare che animali incuriositi (in particolare volpi, tassi o nutrie) possano interagire fisicamente con il dispositivo, modificando l'inquadratura o compromettendo l'efficacia del rilevamento.

Risultati

- **Osservazioni faunistiche:** durante i sopralluoghi nell'area compresa tra il ponte di Spinetoli e quello di Monsampolo è stata individuata una *nursery* naturale di nutrie (*Myocastor coypus*) e di uccelli acquatici, testimonianza di un habitat umido idoneo alla riproduzione (Figura 13). Poco distante, sulla sponda sud, è stata individuata una garzaia attiva con numerosi individui di garzetta (*Egretta garzetta*) e alcuni sporadici cinerini (*Ardea cinerea*), rimasta occupata fino al completo sviluppo dei pulli. Nelle anse dove le acque del fiume rallentano fino a diventare quasi stagnanti sono state osservate diverse specie di anatre, tra cui germani reali (*Anas platyrhynchos*) e individui non identificati di anatidi di passo, aironi cenerini (*Ardea cinerea*) e aironi bianchi maggiori (*Ardea alba*) (Figura 1), regolarmente presenti lungo le risacche e le pozze d'acqua sta-

gnante; una poiana (*Buteo buteo*), osservata più volte in caccia e in sorvolo del tratto centrale. Sulla sponda alta, nelle pareti sabbiose, erano invece visibili diversi nidi di gruccione (*Merops apiaster*), apparentemente abbandonati: la forma irregolare e l'erosione delle entrate suggeriscono la conclusione della stagione riproduttiva. Nel periodo autunnale, circa cento metri a monte della fototrappola principale, un pioppo secco (*Populus* sp.) accanto a un grande albero morto è stato utilizzato come punto di numerosi corvidi, a conferma della funzione della vegetazione ripariale come supporto trofico e rifugio per l'avifauna locale.

- Dati da fototrappolaggio:

	FOTOTRAPPOLE			TOTALE
	F 1	F2	F3	
<i>Trap-Night</i>	172	-	32	204
Video Ok	530		132	662
- con 1 soggetto	474	-	118	592
- con più soggetti	56		14	70
Fauna nei video				
- Totale esemplari	620	-	154	774
- Totale tipologie	17		13	17

Tabella 2 - Sintesi del lavoro svolto dalle fototrappole

Nel corso di 204 *trap-night* interamente riferibili alla sponda marchigiana, sono stati registrati complessivamente i seguenti eventi di passaggio:



Figura 14 - Nidi di gruccione in abbandono sulla sponda marchigiana del Tronto - ph G. Di Fazio - agosto 2025

Video con	Lupo	Cinghiale	Volpe	Tasso	Istrice	Nutria	Taccola	Porciglione	Merlo	Ghiandaia	Usignolo	Cinciallegra	Pettrosso	Gazza	Gatto dom.	Cane dom.	Faina
1 soggetto	18	29	312	119	24	5	17	8	8	15	10	4	1	1	18	1	2
2 soggetti	5	4	8	29	6					1							
3 soggetti		5															
4 soggetti		6															
5 soggetti	1	4															
6 soggetti		1															
7 soggetti																	
8 soggetti		1															
Tot. video	25	50	320	148	30	5	17	8	8	16	10	4	1	1	18	1	2
Tot. soggetti	33	110	328	177	36	5	17	8	8	17	10	4	1	1	18	1	2

Tabella 3 - Dettaglio dei soggetti ripresi dalle fototrappole

• **Volpe (*Vulpes vulpes*)**

Sono stati documentati 320 passaggi, per un totale di 328 individui (1,05 eventi per *trap-night*). L'attività è risultata quasi esclusivamente notturna, con soli tre transiti in fascia diurna. La frequenza costante dei passaggi lungo tutto il periodo di monitoraggio suggerisce un uso regolare del corridoio ripariale. Numerosi individui hanno mostrato comportamenti esplorativi nei confronti del dispositivo, avvicinandosi, annusando l'obiettivo e, in un caso durante la quinta settimana di osservazione, interagendo fisicamente con l'apparecchio fino a modificarne l'orientamento. La fototrappola 3 ha evidenziato una certa mobilità anche in direzione nord, verso la pista ciclabile, indicando occasionali incursioni verso aree marginalmente più antropizzate.

• **Tasso (*Meles meles*)**

Sono stati registrati 148 passaggi, per un totale di 177 individui (0,72 eventi per *trap-night*). L'attività è risultata prevalentemente notturna, con un'intensità particolarmente elevata fino a inizio ottobre e un picco tra metà e fine settembre. Successivamente si è osservata una marcata riduzione delle presenze fino a fine dicembre, con una ripresa meno intensa nelle settimane successive. La presenza di numerose latrine in prossimità della postazione conferma un uso territoriale consolidato dell'area. In diversi filmati gli individui annusano ripetutamente la fotocamera, mostrando comportamento investigativo ma non aggressivo. Alcuni soggetti hanno percorso il sentiero in direzione della pista ciclabile per poi ritornare sull'argine parallelo al fiume, suggerendo una preferenza per il corridoio ripariale rispetto alle aree aperte limitrofe.

• **Cinghiale (*Sus scrofa*)**

Sono stati documentati 50 passaggi, per un totale di 110 individui, comprendenti diversi gruppi compatti (0,25 eventi per *trap-night*). Tra questi si segnala un gruppo di otto esemplari in movimento coordinato con un individuo in particolare con caratteristiche morfologiche distinte (mantello chiaro e testa più tozza). È stato inoltre osservato un esemplare comparso in due riprese a distanza di tre giorni, caratterizzato da una evidente cicatrice circolare

sull'arto anteriore sinistro, verosimilmente riconducibile a pregressa interazione con trappola a laccio. Il passaggio dei cinghiali ha notevolmente mutato l'aspetto dell'area di fototrappolaggio rendendo le canne palustri più rade. Si osserva una successione temporale tra l'aumento dei passaggi di cinghiale e l'incremento delle registrazioni di lupo; tale *pattern*, pur non dimostrando un nesso causale, è compatibile con una possibile relazione trofica o con un uso condiviso del corridoio da verificare.

• **Istrice (*Hystrix cristata*)**

Sono stati registrati 30 passaggi, per un totale di 36 individui, inclusi più casi di transito in coppia (0,14 eventi per *trap-night*). L'attività è risultata esclusivamente notturna. Solo un evento ha documentato uno spostamento in direzione della pista ciclabile, con immediato rientro verso la fascia ripariale.

• **Lupo (*Canis lupus italicus*)**

Sono stati registrati 25 passaggi, per un totale di 33 individui (0,12 eventi per *trap-night*). Tra questi si segnala un probabile gruppo familiare composto da cinque individui, comparsi in due filmati consecutivi a distanza di circa 20 secondi a metà dicembre, nonché diverse riprese in coppia. Le incursioni verso la pista ciclabile risultano estremamente rare e fugaci: un solo filmato documenta la risalita di un individuo verso la ciclabile con immediato ritorno sull'argine. La presenza del lupo è particolarmente rilevante in considerazione della quota (16 m s.l.m.) e della distanza dalla costa (circa 6,5 km).

Fino ad oggi non risulta certificata la presenza di un branco stabile nell'area di studio; i dati raccolti suggeriscono tuttavia un utilizzo regolare del corridoio fluviale come asse di spostamento.

Altri mammiferi

- **Nutria (*Myocastor coypus*):** 5 passaggi, osservate mentre rosicchiavano giovani canne.
- **Gatto domestico:** 18 passaggi, presumibilmente provenienti dal vicino abitato.
- **Faina (*Martes foina*):** 2 passaggi.
- **Cane domestico:** 1 passaggio (cane da caccia).

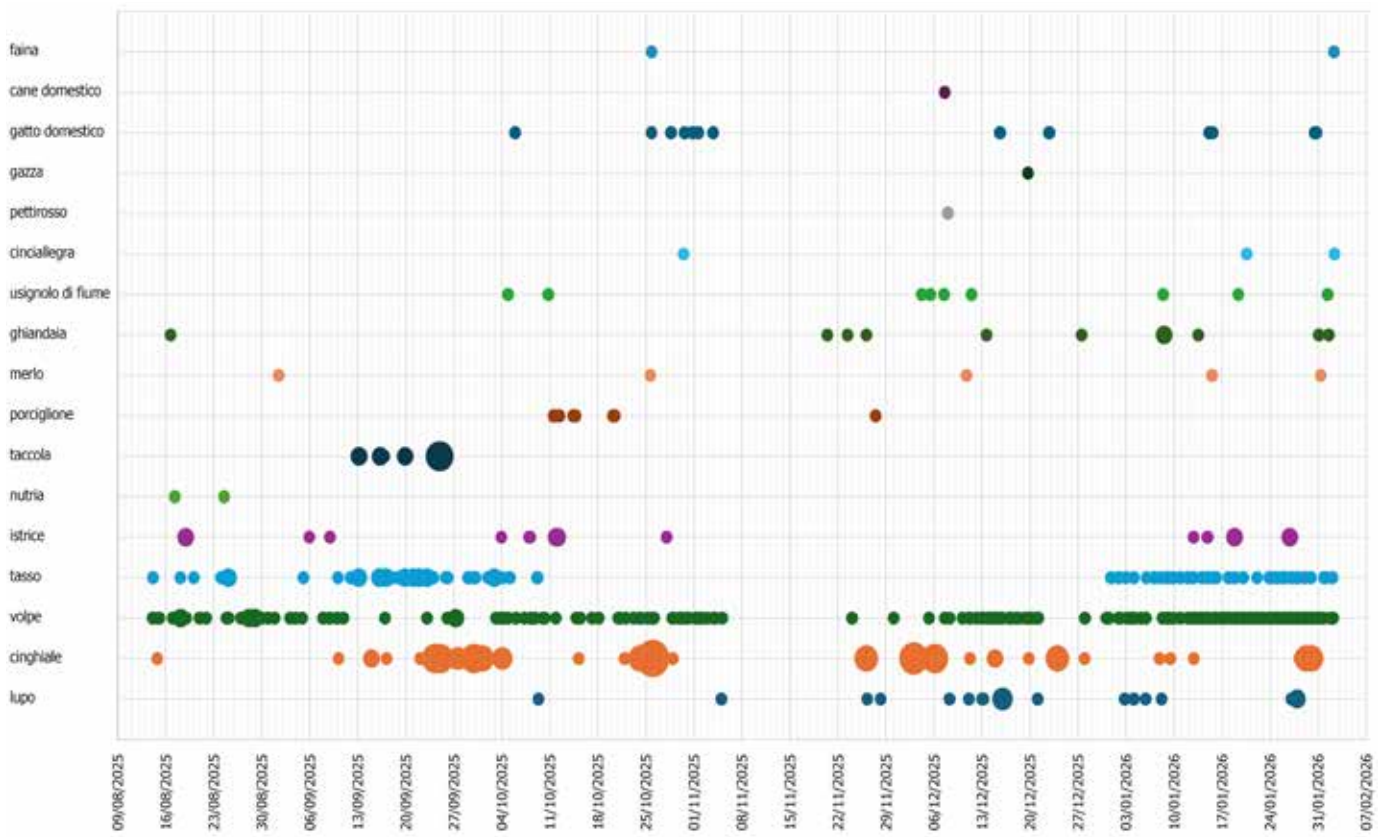


Figura 15 - Frequenza dei passaggi dei soggetti nel tempo - elaborazione di G. Di Fazio

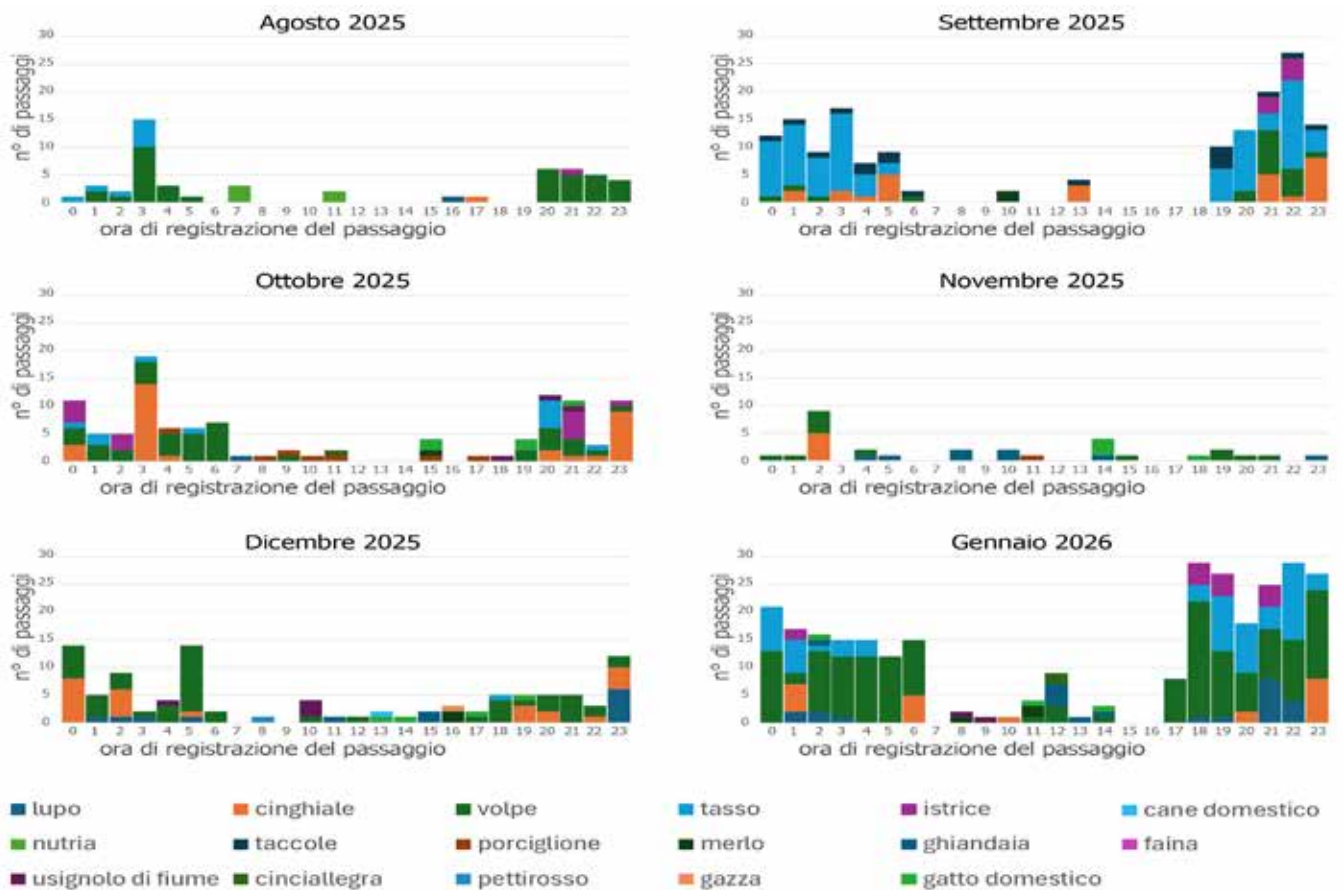


Figura 16 - Frequenza dei passaggi per specie e per giorno del mese - elaborazione di G. Di Fazio

Avifauna documentata da fototrappolaggio

Sebbene il sistema fosse principalmente orientato al monitoraggio dei mammiferi, sono stati registrati anche diversi uccelli terrestri:

- **Porciglione (*Rallus aquaticus*):** 7 passaggi, concentrati nelle due settimane centrali di ottobre.
- **Merlo (*Turdus merula*):** 8 passaggi, spesso in sosta su posatoio.
- **Ghiandaia (*Garrulus glandarius*):** 16 passaggi; un filmato documenta una coppia a inizio gennaio.
- **Gazza (*Pica pica*):** 1 passaggio.
- **Cinciallegra (*Parus major*):** 4 passaggi.
- **Pettiroso (*Erithacus rubecula*):** 1 passaggio.

Le registrazioni audio hanno inoltre permesso l'identificazione delle vocalizzazioni di taccola (*Coloeus monedula*) e usignolo di fiume (*Cettia cetti*), confermando l'utilizzo dell'area come sito di alimentazione, sosta e canto territoriale.

Nel complesso, l'attività dell'avifauna appare strettamente connessa alla struttura della vegetazione ripariale, che fornisce posatoi, copertura e risorse trofiche.

Pattern temporali generali

L'analisi mensile evidenzia una netta prevalenza di attività crepuscolare e notturna per i mammiferi.

L'andamento temporale mostra:

- elevata attività del tasso fino a inizio ottobre;
- incremento progressivo dei cinghiali;
- successivo aumento dei passaggi di lupo;
- presenza costante di volpe lungo l'intero periodo.

Tali dinamiche suggeriscono un utilizzo stabile del corridoio fluviale da parte dei mesopredatori e un impiego funzionale da parte del lupo, verosimilmente legato sia alla dispersione sia alla ricerca trofica.

Alcuni esempi di registrazioni fotografiche dei passaggi faunistici





Figura 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 e 26 - Alcuni esempi delle specie riprese con le foto trappole; in basso in ogni foto (dalla 18) potete leggere da sx a dx: temperatura nel momento della ripresa video, la data (mese/giorno/anno), orario della ripresa - ph G. Di Fazio attraverso le fototrappole



Figura 27, 28, 29, 30 e 31 - Alcuni esempi delle specie ripresi con le foto trappole; in basso in ogni foto (dalla 18) potete leggere da sx a dx: Temperatura nel momento della ripresa video, la data (mese/giorno/anno), orario della ripresa - ph G. Di Fazio attraverso le fototrappole

Considerazioni ecologiche e conclusioni

Il monitoraggio condotto lungo il medio-basso corso del Tronto, ha restituito un quadro sorprendentemente vivo della fauna locale e della funzionalità ecologica del corridoio fluviale. I dati raccolti tramite fototrappole, osservazioni dirette e rilievi sul campo mostrano come, nonostante la pressione antropica e la frammentazione crescente del paesaggio, la fascia ripariale del fiume mantenga una continuità ecologica attiva.

Le fototrappole hanno documentato i passaggi regolari e presenze più sporadiche ma significative. La costanza dei transiti, in particolare di alcune specie notturne, suggerisce che il Tronto non sia solo una linea di attraversamento ma un vero e proprio habitat funzionale: un sistema che offre rifugio, risorse trofiche e percorribilità seppur in un contesto altamente antropizzato. L'osservazione diretta della vegetazione e la mappatura dei "sentieri animali" hanno confermato questa ipotesi.

Le immagini raccolte e i dati analizzati indicano che il Tronto continua a funzionare come un corridoio ecologico peculiare e continuo, dove espansioni animali e quello vegetali si intrecciano.

È plausibile che, proprio grazie a questa continuità, specie in dispersione come il lupo possano sfruttare il fiume come arteria di espansione. Studi recenti condotti in Nord America tramite analisi GPS (De Feudis *et al.*, 2024; Dickie *et al.*, 2016) mostrano come in paesaggi frammentati i lupi tendano a muoversi in modo lineare lungo i corridoi ecologici, anche due volte più velocemente di quanto avviene in territori privi di barriere antropiche, e al riparo della vegetazione ripariale possano formare nuclei temporanei – dei veri e propri cluster funzionali – da cui in seguito si origineranno nuove espansioni radiali.

Nel contesto del fiume Tronto, dove il mosaico ambientale alterna tratti urbanizzati a segmenti di vegetazione ancora integra, una dinamica simile potrebbe essere in atto: una rete di punti di passaggio e sosta che permette alla fauna di spostarsi tra la montagna e la costa, mantenendo connettività anche in un territorio fortemente modificato. La ricerca qui presentata costituisce un primo passo in questa direzione. Le osservazioni sono state effettuate su un tratto limitato e in un periodo circoscritto, ma i risultati incoraggiano a proseguire l'indagine su

scala più ampia, estendendo il monitoraggio a tutto il corso del fiume e integrando i dati con analisi e modelli di connettività.

Resta la certezza che osservare il Tronto oggi significhi leggere un paesaggio in movimento, un organismo che, pur ferito, continua a generare vita e connessioni. È lungo queste linee, apparentemente invisibili nel rumore del traffico e tra i capannoni, che la fauna trova ancora un passaggio possibile.

Bibliografia

- Atti del 2° Convegno Italiano sulla Riqualificazione Fluviale (2012). *Riqualificazione fluviale e gestione del territorio*. Bolzano: Edizioni Upspress
- Atti del convegno "Il lupo in pianura", organizzato dall'Ente Parco Delta del Po, Comacchio, 2022
- BOITANI L., CIUCCI P., (2021) - *Il lupo. Biologia e gestione nelle aree antropizzate*. Roma: Edizioni Ambiente
- CIUCCI P., et al., (2022) - *Wolf recolonization in lowland agricultural landscapes of northern Italy* - *Biological Conservation*, 268, 109496
- DE CURTIS O., GAVIOLI A., LANZONI M., NOBILI G., 2021 - *Il ritorno del lupo in pianura e nel Delta del Po*, *Storie Naturali*, Numero 13, Regione Emilia-Romagna
- DE FEUDIS, C., TORRETTA, E., ORIOLI, V., TIROZZI, P., BANI, L., MERIGGI, A., DONDINA, O., 2024 - *Dispersal and Settlement Dynamics of Wolves in a Lowland Ecological Corridor in Northern Italy: Effects of Resource Availability and Human Disturbance*. Preprint SSRN
- DICKIE, M. et al., 2017 - *Faster and farther: wolf movement on linear features and implications for hunting behaviour* - *Journal of Applied Ecology*, 54(1), 253–263
- DONAGGIO E., BRUGNOLI A., et al., 2023 - *Diet composition of wolves (Canis lupus) in the Po Plain: implications for human–wildlife coexistence* - *Mammalian Biology*, 103, 103–115
- FLETCHER, R. J., et al., 2018 - *Is habitat fragmentation good for biodiversity?* *Biological Conservation*, 226, 9-15
- FORMAN, R. T. T., & ALEXANDER, L. E., 1998 - *Roads and their major ecological effects* - *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29, 207-231
- GAVIOLI A., COSTA M., GAVIOLI A., PENAZZI R., 2023 *Il Lupo nel Parco del Delta del Po dell'Emilia-Romagna* - Ente Parco Delta del Po
- GIACOPETTI L., 2015 - *Il fiume Tronto: paesaggio, ecosistemi e frammentazione territoriale* - Ascoli Piceno: Provincia di Ascoli Piceno – Servizio Ambiente
- ISPRA, 2023 - *Rapporto sullo stato di conservazione del lupo in Italia (Canis lupus italicus)* - Monitoraggio nazionale 2020–2022. Roma: Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
- LOY A., CARRANZA M. L., et al., 2019 - *River corridors as biodiversity reservoirs in human-dominated landscapes: a case study from central Italy* - *Landscape Ecology*, 34(10), 2341–2355
- MERIGGI A., LOVARIS., 1996 - *A review of wolf predation in southern Europe: does the wolf prefer wild prey to livestock?* - *Journal of Applied Ecology*, 33(6), 1561–1571
- MORI E., et al., 2020 - *Wolves feeding on invasive species: first evidence from Northern Italy* - *Mammalia*, 84 (2), 204–207
- Regione Marche-Assessorato all'Ambiente. *Il Lupo nelle Marche: indagine condotta da Ottobre 2010 a Gennaio 2012*. Ancona: Regione Marche, 2013
- RINALDO A., 2019 - *Reti fluviali come corridoi ecologici. Specie, popolazioni, patogeni* - Presentazione, Accademia Nazionale dei Lincei
- ROZZI R., ARMIERO M., 2020 - *Ecologia politica e bio-regionalismo nell'Italia contemporanea* - Milano: Jaca Book
- SPADA M., ARDUINO S., 2021 - *Piano di riqualificazione del corridoio ecologico del fiume Ticino* - Fondazione Cariplo
- ZULIAN G., et al., 2021 - *Landscape fragmentation and ecological corridors in the Adriatic regions of Central Italy* - *Environmental Management*, 68(5), 783–797



Figura 0 - Il Lago di Pilato - ph E. Ripa - giugno 2016

I chirocefali dei Sibillini

Due endemismi da tutelare

di Enrico Ripa⁽¹⁻²⁾ e Loredana Di Giacomo ⁽¹⁻²⁾

1. Operatore Naturalistico e Culturale (ONC)
2. Comitato Scientifico Interregionale Marche-Umbria

Riassunto

Con questo articolo si è voluto dare un contributo alla conoscenza di due specie stenoendemiche di interesse naturalistico: il *Chirocephalus marchesonii*, peculiare del Lago di Pilato, e il *Chirocephalus sibyllae*, endemico del Laghetto effimero di Palazzo Borghese, situati entrambi nel Parco Nazionale dei Monti Sibillini. Di seguito sono descritti la biologia e l'ecologia delle due specie, e presentati i risultati del loro monitoraggio, ancora in corso, avente come obiettivo la valutazione dello stato delle due specie e i loro habitat, le principali minacce legate alla vulnerabilità dell'habitat, le possibili strategie di conservazione per salvaguardarli.

I cambiamenti climatici e ambientali stanno impattando molte specie ed ecosistemi di alta quota: approfondire le conoscenze delle due specie e i fattori che influenzano negativamente la loro sopravvivenza, può essere fondamentale per porre in atto azioni di conservazione al fine di evitare l'estinzione di queste specie uniche al mondo.

Abstract: The chirocephali of the Sibillini Mountains - Two endemic species to protect

This article aims to contribute to the understanding of two stenoendemic species of naturalistic interest: the *Chirocephalus marchesonii*, unique to Lake Pilato, and the *Chirocephalus sibyllae*, endemic to the ephemeral lake of Palazzo Borghese, both located in the Monti Sibillini National Park. The biology and ecology of the two species are described below, along with the results of ongoing monitoring. The aim of this monitoring is to assess the status of the two species and their habitats, the main threats related to habitat vulnerability, and possible conservation strategies to safeguard them.

Climate and environmental changes are impacting many high-altitude species and ecosystems: deepening our understanding of the two species and the factors negatively impacting their survival may be crucial to implementing conservation actions to prevent the extinction of these unique species.

Introduzione

I laghetti d'alta quota così come pozze, stagni, paludi, piccoli bacini di acque temporanee rappresentano delle oasi di biodiversità: piccoli specchi d'acqua con un grande valore ambientale. Ma sono ambienti fragili, influenzati da una variabilità estrema nel tempo, dipendenti dalle fluttuazioni delle variabili ambientali, collegate alle stesse dimensioni limitate e alla scarsa profondità dell'acqua.

Nei casi più estremi c'è prosciugamento del bacino: si tratta dei c.d. bacini astatici (cioè instabili), in quanto soggetti a periodi di asciutta, a cui appartengono le acque temporanee, comprese le raccolte delle acque "effimere", cioè quelle che si formano occasionalmente.

Nel cuore del Parco Nazionale dei Monti Sibillini, a distanza di pochi chilometri in linea d'aria l'un l'altro, ci sono due bacini temporanei d'alta quota che custodiscono due scrigni di biodiversità: si tratta di due specie di *Chirocephalus*, quello del Marchesoni (*Chirocephalus marchesonii*) peculiare ed endemico del Lago di Pilato, e il Chirocefalo della Sibilla (*Chirocephalus sibyllae*) meno noto ma non meno prezioso e fragile rispetto al precedente, che vive nel Laghetto di Palazzo Borghese.

Entrambi i luoghi sono intrisi di storie e leggende legate all'alone di mistero che circonda la catena dei Sibillini, e come parte integrante all'oracolo legato alla Sibilla appenninica.

Il Lago di Pilato, il "lago maledetto", era noto già dal 1200, quando streghe e negromanti si recavano nel "Lago di Norcia" per consacrare i loro libri al diavolo; sono descritti "demoni all'interno del lago" e si parla "del lago dalle acque rosse" (forse legato al colore rosso del Chirocefalo del Marchesoni?!).

La fama del lago aumenta durante il 1400, ove si cominciano a trovare riferimenti al "Lago di Pilato", che lega il suo nome alla leggenda che narra che nelle sue acque sarebbe custodito il corpo di Ponzio Pilato, condannato a morte da Tiberio. Antoine de La Sale ne *Il Paradiso della Sibilla* (Figura 1) descrive la storia di Ponzio Pilato; quest'ultimo chiese che dopo la sua morte, il corpo fosse messo su un carro trainato da due buoi e lasciato in balia della sorte. L'imperatore Tiberio acconsentì e, curioso di sapere dove si sarebbe diretto il carro, lo fece seguire, finché i tori giunsero al lago sui Sibillini, ove vi si gettarono con il carro e il corpo del procuratore romano.

Anche l'area di Palazzo Borghese porta con sé leggende e miti popolari: le narrazioni dei primi esploratori e cartografi che si avventurarono sui Sibillini tra il Settecento e l'Ottocento descrivono la conca di Palazzo Borghese come un luogo "d'isolamento perfetto", inaccessibile per gran parte dell'anno, ma capace di trasformarsi in un paradiso d'altura per poche settimane. Il nome stesso – Palazzo Borghese – richiama una dimensione



Figura 1 - Montemonaco, Monte Vettore e Monte Sibilla. Immagine estratta dal libro *Paradis del la reine Sybille* di Antoine de La Sale, 1420 - disegno da Wikimedia Commons



Figura 2 - Laghi di Pilato (lago Nord e lago Sud), dalle Roccette - ph E. Ripa - 26 giugno 2016

storica e simbolica: pare che nel XVII secolo la nobile famiglia Borghese, la quale possedeva estesi feudi nelle Marche meridionali, vantasse diritti di pascolo e transumanza in questa zona. Non ci sono prove di un vero edificio in quota, ipotesi improbabile, ma il nome rimanda all'antico uso delle montagne come "palazzi naturali", luoghi di potere e di dominazione simbolica sul territorio. Il nome "Palazzo Borghese" deriverebbe dall'aspetto del massiccio, composto da due pareti verticali simili a due pilastri posti all'ingresso di un maestoso palazzo medievale.

L'area di interesse

I Monti Sibillini costituiscono uno dei maggiori massicci calcarei della catena dell'Appennino e si estendono per circa 40 km tra Marche e Umbria. Sono delimitati a Nord dal fiume Chienti; il limite occidentale è la Valle Umbra tra Foligno e Spoleto mentre quello orientale è la zona pedemontana interna di Fermo e Ascoli Piceno e i Monti della Laga. Infine a Sud il Massiccio del Monte Terminillo e l'area Sabina di Rieti. Il Monte Vettore, con i suoi 2476 m s.l.m., è la vetta più elevata, a cui fanno seguito altri rilievi, tra cui Cima del Redentore (2448 m), Monte Porche (2233 m), Monte Palazzo Borghese (2119 m), Monte Bove (2113 m), Monte Castel Manardo (1917 m).

Da un punto di vista geologico si tratta di un massiccio costituito da una successione di rocce sedimentarie di origine marina costituite prevalentemente da calcari e marne (zona occidentale) e da arenarie e marne (zona orientale e in una piccola porzione della zona nord-occidentale). L'ambiente è caratterizzato da una geomorfologia di notevole variabilità: creste arrotondate si alternano a creste affilate, versanti ripidi si raccordano alle colline sottostanti attraverso pendii più dolci, ghiaioni, valli, gole, piani carsici e circhi glaciali, derivanti dall'azione modellatrice dei ghiacciai che operano in particolari condizioni meteo-climatiche (glaciazioni) e/o alle alte quote. Il modellamento presente su questi monti, in particolare durante le ere glaciali Quaternarie, fino a circa 10.000 anni fa, è testimoniato da numerosi circhi e valli glaciali con tipico profilo a U, come la Valle di Pilato caratterizzata da estesi affioramenti morenici, che attraversano longitudinalmente il gruppo del Vettore; nella valle è presente il lago omonimo, esempio di "lago di circo", situato nella alta incisione valliva.

Il Lago di Pilato è circondato dalle vette più alte dei Sibillini: oltre il Vettore, Cima del Redentore, Cima del Lago (2476 m), Pizzo del Diavolo (2410 m). Localizzato a 1940 m è caratterizzato da acque limpide e fondale ciottoloso; è il più elevato della catena appenninica e l'unico lago naturale delle Marche ed è uno dei pochi laghi glaciali rimasti in Appennino. Un tempo di forma ovoidale, negli ultimi decenni ha assunto la caratteristica forma "ad occhiali" lago Nord e lago Sud (Figura 2), a causa del continuo franamento di detriti provenienti dai monti circostanti, ma soprattutto dall'apporto di acqua dovuta all'alimentazione pluvio-nivale, che è fortemente condizionata dalle condizioni meteorologiche. È un lago di piccole dimensioni con una profondità massima circa 9 m; la superficie è di circa 32.000 m², lunghezza di circa 370 m, larghezza circa 130 m per un perimetro di circa 900 m; negli ultimi anni ha subito notevoli fluttuazioni per le scarse precipitazioni e temperature

elevate, che in alcuni periodi critici hanno portato a notevoli riduzioni del suo volume (Figura 3) o addirittura al completo prosciugamento (Figura 4).

Il Laghetto di Palazzo Borghese (Carosi *et al.*, 2022) si trova a una quota di 1702 m, sotto le pendici rocciose di Monte Palazzo Borghese, racchiuso in un circo morenico; è una pozza temporanea di origine carsico-glaciale, situata in una zona di pascolo (Figura 5). Il ciclo idrologico è estremamente variabile e strettamente connesso alle condizioni climatiche; il Laghetto si forma durante la stagione primaverile in seguito allo scioglimento delle nevi, in cui raggiunge il suo massimo livello idrometrico (una profondità di 2,5 m per un volume di 5.000 m³); generalmente, si prosciuga nell'arco di tempo di uno o due mesi.

In linea d'aria il Laghetto di Palazzo Borghese e il Lago di Pilato distano poco più di 5 km (Figura 6). Entrambi i laghi rientrano in due siti nella Rete Natura 2000:

- **ZSC IT5340014: Monte Vettore e Valle del lago di Pilato.**

L'importanza del sito è data dall'area montuosa di eccezionale valore e importanza sia da un punto di vista fisico, sia biologico. La Valle di Pilato è compresa tra il Monte Vettore e il Monte dello Scoglio del Lago (2448 m). L'ambiente è quello tipico dell'alta montagna appenninica, con imponenti cime montuose, valloni scoscesi, ghiaioni e detriti; ovunque è sviluppata la vegetazione pioniera e pascolativa, con differenti associazioni vegetali ed una flora molto ricca formata da specie artico-alpine ed endemiche appenniniche. La vegetazione è costituita da praterie d'altitudine dominata da graminacee, ma anche dalla presenza di un numero cospicuo di specie floristiche rare ed endemiche, esclusive dei principali rilievi appenninici, come la stella alpina, il ginepì dell'Appennino, il papavero giallo appenninico e diverse specie di sassifraga. Per quanto concerne la fauna, sono presenti le specie tipiche degli ambienti di alta montagna come il camoscio appenninico e il lupo; l'ambiente è favorevole anche per la presenza della vipera dell'Orsini. Non mancano le specie ornitiche come popolazioni stanziali di fringuello alpino, e di gracchio alpino e corallino, ed il falco pellegrino.

- **SIC IT5340013: Monte Porche-Palazzo Borghese-Monte Argentella.**

Settore centro-orientale del gruppo dei Sibillini; è un'area di alta montagna con linee di cresta accidentate, impervi valloni e burroni che ospitano la tipica vegetazione di alta quota, vegetazione pioniera e pascolativa delle montagne calcaree dell'Appennino centrale. Nella zona del Laghetto di Palazzo Borghese i tipi di habitat sono:

- 6170 - formazioni erbose calcicole alpine e subalpine;
- 6210* - formazioni erbose secche seminaturali e facies coperte da cespugli su substrato calcareo (Festuco-Brometalia).

Il sito risulta particolarmente importante per la presenza dell'aquila e del lupo. Presenti anche il gatto selvatico e la martora. Vi nidificano numerose specie di uccelli rupicoli (gracchio, picchio muraiolo, codirosso, fringuello alpino).



Figura 3 - Lago di Pilato Nord, bacino con una quantità minima di acqua - ph E. Ripa - 30 marzo 2024



Figura 4 - Lago di Pilato completamente prosciugato - ph E. Ripa - 29 ottobre 2023



Figura 5 - Laghetto effimero di Palazzo Borghese - ph E. Ripa - 30 marzo 2024

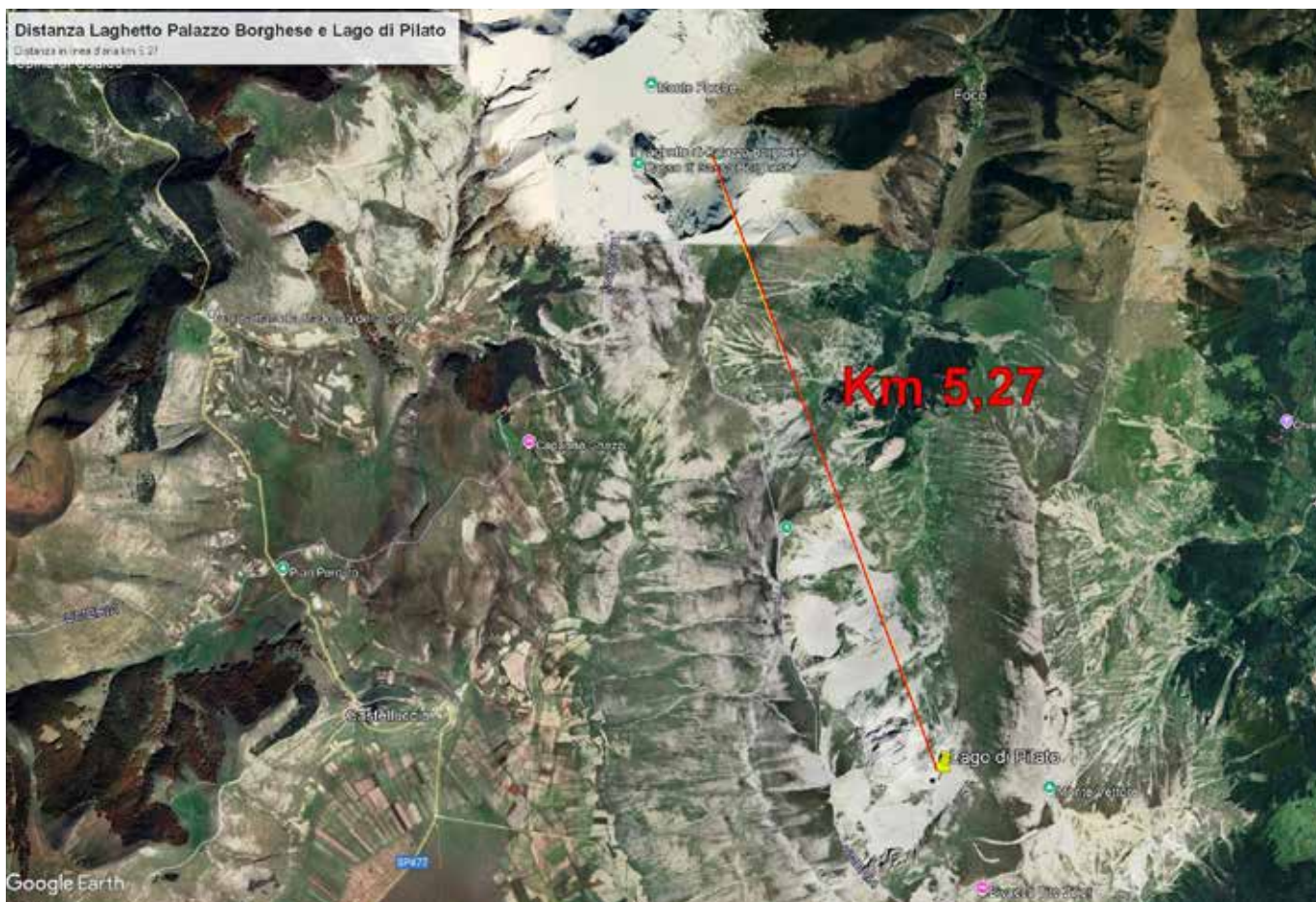


Figura 6 - Distanza aerea tra il Lago di Pilato e il Laghetto di Palazzo Borghese - elaborazione da Google Earth

L'oggetto dello studio: i chirocefali

La tassonomia delle due specie è schematizzata nella seguente Figura 7:

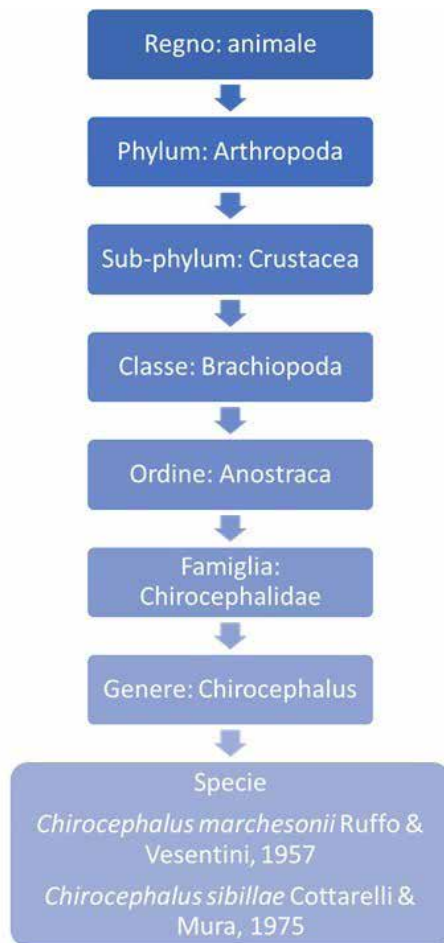


Figura 7 - Schema tassonomico *Chirocephalus marchesonii* Ruffo & Vesentini, 1957 e *Chirocephalus sibyllae* Cottarelli & Mura, 1975

Gli Anostraci sono crostacei filtratori distribuiti in prevalenza in acque dolci temporanee, incluse le pozzanghere effimere, anche se sono note specie di laghetti alpini e di stagni salmastri e saline. Si tratta di animali caratterizzati da uno spiccato dimorfismo sessuale (Figura 8); nei maschi le antenne sono particolarmente sviluppate e fungono da organi di presa durante l'accoppiamento; si riconoscono facilmente, oltre che per l'aspetto generale e l'elevato numero di segmenti corporei ben visibili, anche per le modalità di nuoto, che solitamente (ma non sempre) avviene con la superficie ventrale dell'animale rivolta verso l'alto. La riproduzione è sessuata, e dalle uova nasce una larva (nauplio) che si trasforma in adulto attraverso una serie di stadi metanaupliari. Depongono le uova che, dopo aver subito alcune divisioni, si trasformano in cisti durature che possono permanere anche anni all'asciutto e garantiscono la diffusione della specie. In Italia sono presenti 16 specie appartenenti all'ordine Anostraca, di cui 6 sono le specie appartenenti alla famiglia Chirocephalidae: la loro distribuzione è riportata nella Figura 9.

Le specie che rientrano nella famiglia delle Chirocephalidae sono caratterizzate da un corpo allungato di forma cilindrica, non sono provviste di carapace; il corpo presenta una metameria evidente con divisione in

tre regioni: capo, torace (provvisto di 11 paia di appendici natatorie e aventi funzione respiratoria), addome che nel suo tratto iniziale ospita il sacco ovigeno nelle femmine e una coppia di peni pari nei maschi.

***Chirocephalus marchesonii* Ruffo & Vesentini, 1957** (Figura 10): è stato descritto per la prima volta da Ruffo e Vesentini nel 1957. Durante una campagna di ricerche organizzata dall'Istituto di botanica dell'Università di Camerino (MC), fu scoperta la presenza nel lago di questa nuova specie a cui fu dato il nome *Chirocephalus marchesonii* in onore di Vittorio Marchesoni, direttore dell'Istituto. Specie stenoendemica d'alta quota, è una specie c.d. "relitta", che ha avuto origini all'inizio del Pleistocene. Il corpo, di colore rosso corallo, è lungo da 9 a 12 mm. Le seconde antenne del maschio sono vistose e particolarmente allungate, mentre nella femmina si può osservare un sacco ovigero ovale, contenente uova più grandi rispetto a quello degli altri anostraci.

Il ciclo vitale è strettamente legato al ciclo idrogeologico del lago e le fasi sono presenti nel periodo giugno-ottobre. La riproduzione, che avviene per fecondazione interna, porta alla deposizione di uova durature, le cisti, che attraversano un periodo di stasi invernale sul fondo e sui bordi del lago completamente ghiacciato; la struttura pluristratificata dell'involucro esterno permette agli embrioni di superare le condizioni sfavorevoli.

In primavera, dopo lo scioglimento dei ghiacci, ha luogo la schiusa di una larva di piccole dimensioni denominata *nauplius* che, passando attraverso una serie di stadi di sviluppo, raggiunge lo stadio di *juvenis* a partire dal quale inizia il differenziamento sessuale fino al raggiungimento dello stadio adulto. Non tutte le cisti si schiudono in una stagione: una parte rimane nel sedimento e questa "strategia" favorisce la sopravvivenza della specie anche con periodi di siccità che non permettono il completamento del ciclo: se un anno o due una generazione non dovesse riuscire a riprodursi, comunque c'è una riserva di questi stati quiescenti. Inoltre le grandi dimensioni delle cisti, unitamente alla bassa fecondità, testimoniano le caratteristiche strategiche della specie, che privilegia le riserve energetiche a disposizione dell'embrione anziché la quantità di uova prodotte.

L'alimentazione è costituita essenzialmente da organismi dello zooplankton e da detriti di origine animale e vegetale che sono filtrati e trattiene dalle fini setole di cui sono provvisti gli arti toracici.

***Chirocephalus sibyllae* Cottarelli & Mura, 1975:** la specie è stata descritta solo nel 1975, per cui le informazioni sulla biologia e l'ecologia della specie e le caratteristiche dell'habitat, sono scarse. La specie prende il nome dalla Grotta della Sibilla, che si trova non molto distante dal Laghetto di Palazzo Borghese. Anche questa specie è stenoendemica d'alta quota ed è una specie "relitta", la cui origine probabilmente risale all'ultima glaciazione pleistocenica. Si presenta leggermente più grande del precedente (circa 16 mm di lunghezza); nei maschi il colore è arancione uniforme, mentre nelle femmine testa e torace sono arancione chiaro e l'addome e l'ovosacco degli adulti presentano un colore verdastro. Il ciclo vitale è di breve durata (in genere da aprile a

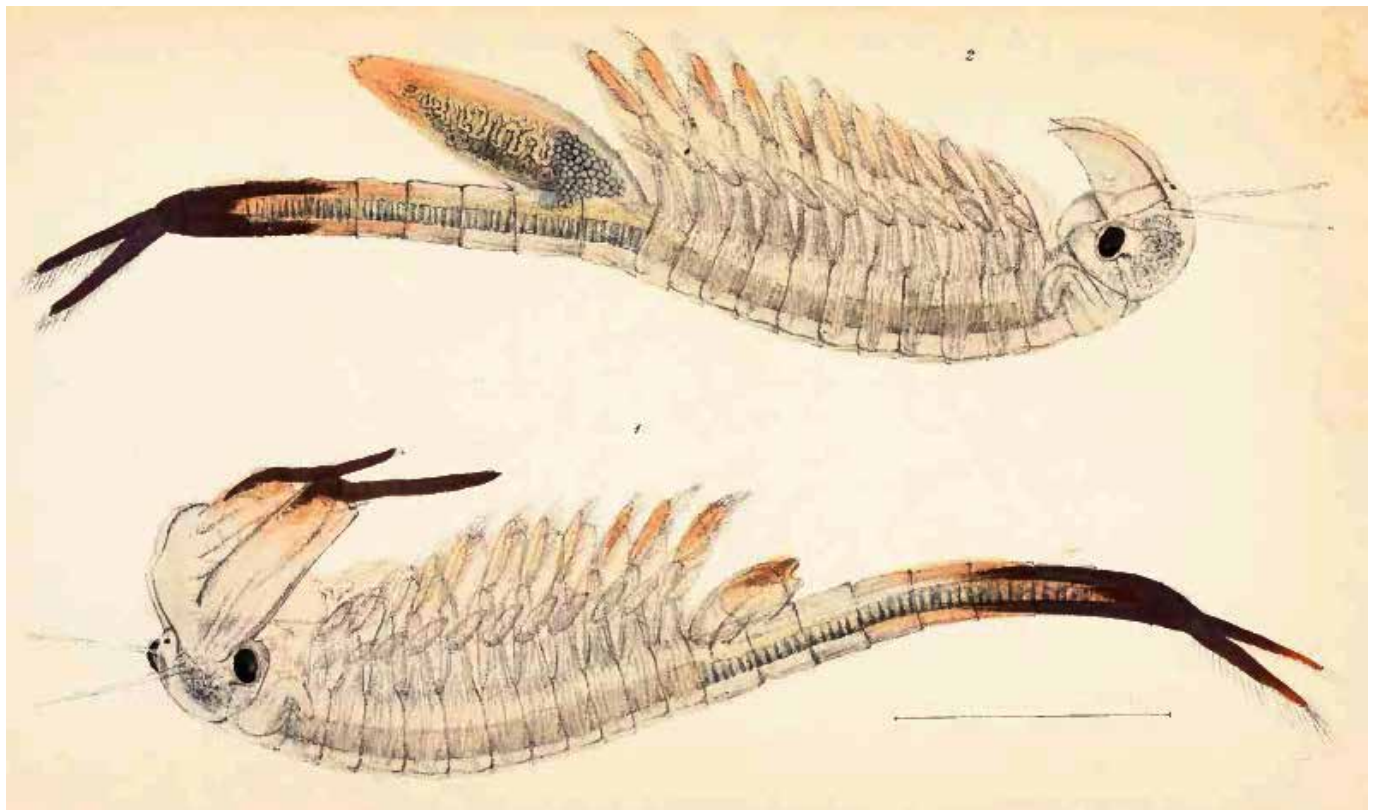


Figura 8 - *Chirocephalus diaphanus*: femmina (sopra) e maschio (sotto). di William Baird (1803–1872) - W. Baird (1850), "Chirocephalus". A Natural History of the British Entomostraca, Ray Society, Tabella III. <https://archive.org/details/naturalhistoryof00bair>. <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=11498277> - Pubblico dominio.

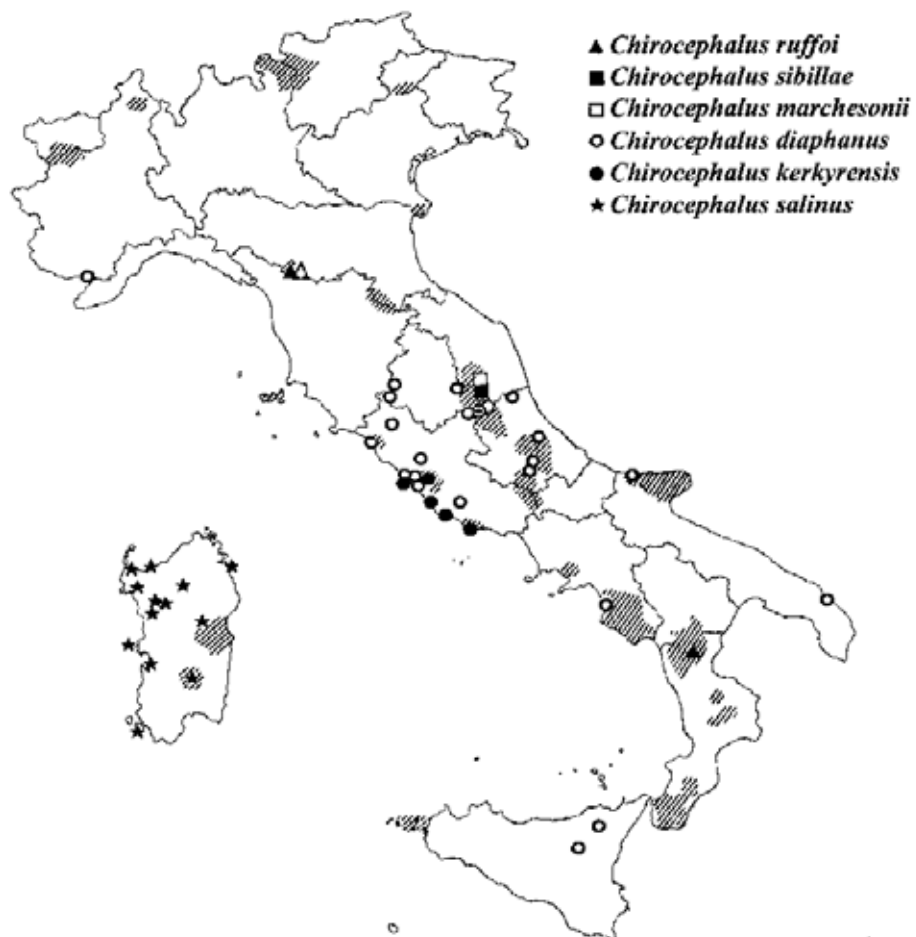


Figura 9 - Distribuzione Chirocephalidae in Italia - Mura, 2001



Figura 10 - *Chirocephalus marchesonii* - Ruffo & Vesentini, 1957 - fonte: www.sibilliniweb.it

inizio giugno) e prevede una sola generazione annuale; anche in questo caso il ciclo è strettamente legato alla presenza di acqua nel bacino. Gli stadi del ciclo sono sovrapponibili a quello descritto per il *Chirocephalus marchesonii* Ruffo & Vesentini, 1957, con la presenza di fasi di resistenza (cisti), tolleranti alla disidratazione, la cui schiusa inizia quando le condizioni ambientali diventano favorevoli. La strategia di sopravvivenza adottata da questa specie prevede la schiusa asincrona delle cisti, che permette l'osservazione di diversi stadi di sviluppo contemporaneamente; inoltre l'elevato numero medio di cisti per sacca ovigera è un altro parametro di strategia per la sopravvivenza in ambienti difficili, come quello in cui si trova.

Monitoraggio delle specie

Il Parco Nazionale dei Monti dei Sibillini ha avviato un progetto avente come obiettivo generale il monitoraggio sia del Chirocefalo del Marchesoni sia del Chirocefalo della Sibilla con i relativi habitat, al fine di valutarne lo stato di conservazione e individuare eventuali fattori di rischio e relative misure di conservazione. Il progetto costituisce la prosecuzione del programma di azioni volte alle indagini geomorfologiche propedeutiche al recupero dei percorsi del Parco e al monitoraggio degli habitat a seguito degli eventi sismici del 2016, sulla base del finanziamento specificamente accordato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Ciò si è reso necessario in seguito ad una serie di considerazioni:

- il Lago di Pilato è caratterizzato da forti variazioni del livello dell'acqua nei diversi anni e stagioni in relazione al cambiamento climatico, con situazioni di siccità nei periodi di particolare siccità (anno 2017);

- in relazione ai cambiamenti climatici e a eventuali modificazioni idrogeologiche anche indotti da eventi sismici, l'aumento della frequenza e della durata dei periodi di siccità del Lago di Pilato potrebbe costituire, nel medio e lungo termine, un fattore di minaccia per la sopravvivenza del Chirocefalo del Marchesoni;
- il Chirocefalo della Sibilla è un'altra specie endemica, ma meno nota e conosciuta; il progetto si propone di raccogliere per la prima volta dati e informazioni su di essa.

L'attività ha previsto:

1. predisposizione di un quadro conoscitivo, mediante la raccolta degli studi e pubblicazioni pregressi riguardanti il Chirocefalo del Marchesoni e l'habitat, anche da un punto di vista idrogeologico e climatico, del Lago di Pilato;
2. monitoraggio della componente biologica sul campo del Lago di Pilato relativamente alla caratterizzazione della comunità zooplanctonica, con particolare riferimento all'analisi dell'habitat, della biologia e dello stato di conservazione della specie, mediante rilievi visivi ed eventuale raccolta dei campioni biologici (individui e uova);
3. monitoraggio della componente biologica del Lago di Palazzo Borghese. L'indagine ha previsto lo studio della comunità zooplanctonica, con particolare riferimento all'analisi dell'habitat e della biologia della specie;
4. raccolta dati ambientali, con particolare riferimento a quelli idrogeologici (livello di profondità del

lago), idrologici (caratteristiche chimico-fisiche) e climatici del lago di Pilato nel periodo di svolgimento del monitoraggio biologico;

5. predisposizione di un modello ecologico del lago di Pilato, finalizzato a descrivere lo stato e l'andamento, anche predittivo, della popolazione di *Chirocefalo* del Marchesoni, anche in relazione agli eventuali mutamenti ambientali, sulla base dell'analisi dei dati di cui ai precedenti punti;
6. descrizione dello stato di conservazione del *Chirocefalo* del Marchesoni ed eventuali fattori di minaccia;
7. redazione di una proposta di linee guida per la sua conservazione;
8. produzione di materiale video e fotografico riguardante il *Chirocefalo* del Marchesoni e suo habitat e le attività svolte;
9. redazione di un testo a carattere scientifico-divulgativo e i risultati delle attività svolte.

Nel 2018-2019 per la realizzazione del progetto di monitoraggio è stato commissionato il Dipartimento di Chimica, Biologia e Biotecnologie dell'Università degli Studi di Perugia; su autorizzazione del parco nel 2020 le attività di monitoraggio sono proseguite autonomamente, e l'attività è stata prolungata anche per gli anni 2021-2023.

Sono stati pubblicati due lavoro scientifici (Carosi A. *et al.*, 2022, 2023) che mostrano i risultati rispettivamente del monitoraggio per il *Chirocefalo* del Marchesoni e delle caratteristiche ambientali del lago di Pilato per il biennio 2018-2019, mentre i risultati che riguardano il monitoraggio del *Chirocefalo* della Sibilla e delle caratteristiche dell'habitat coprono il triennio 2019-2021. I dati riferibili ai monitoraggi degli anni successivi sono in corso di pubblicazione.

Sono state effettuate sia attività in campo che attività in laboratorio. Le attività in campo hanno previsto (per entrambi i monitoraggi):

- **raccolta dei dati ambientali** - rilievi chimico-fisici delle acque (temperatura dell'acqua e dell'aria (°C), ossigeno disciolto (mg/l), pH (unità di pH), conducibilità (µS/cm) e prelevati campioni d'acqua per determinare in laboratorio la concentrazione di nitriti, nitrati, azoto ammoniacale, ortofosfati, cloruri, solfati, BOD5 e COD (mg/l) e dei parametri morfometrici (superficie e perimetro dello specchio lacustre e dislivello rispetto alla soglia di sfioro).
 - I dati della temperatura dell'aria e delle precipitazioni giornaliere sono stati forniti dalla stazione meteo di Montemonaco (987 m s.l.m.).
 - Composizione della comunità planctonica e stato della popolazione dei *Chirocefali*
- **attività di laboratorio** - analisi quali-quantitativa della comunità zooplanctonica.

Risultati

Analisi chimico fisiche delle acque: per entrambi i bacini, tutti i parametri analizzati rientrano nei range standard degli stagni di alta quota. Non ci sono differenze significative tra i due laghi separati (Laghi di Pilato); il pH risulta essere sempre alcalino, probabilmente collegato alla natura calcarea del substrato.

Andamento del livello dei laghi: le acque che alimentano i laghi derivano dallo scioglimento nivale (alimentazione pluvio-nivale). Negli anni si osserva una tendenza alla comparsa più precoce dei laghi (scioglimento del ghiaccio). Lago di Pilato: soltanto nel 1990 e nel 2002 il piccolo bacino si era prosciugato, mentre dal 2017 questo fenomeno si ripete praticamente tutti gli anni: nel 2017, 2020 e il 2024 il prosciugamento del lago è stato nel periodo di luglio.

Laghetto di Palazzo Borghese: la permanenza dell'acqua è stata molto variabile, suggerendo una stretta connessione tra ciclo idrologico e condizioni climatiche. La permeabilità del terreno è molto elevata per cui il laghetto tende a prosciugarsi molto rapidamente, nel caso in cui non c'è sufficiente apporto di acqua proveniente dallo scioglimento della neve. Rispetto agli anni precedenti in cui il periodo di prosciugamento medio era di 44 giorni, il monitoraggio ha evidenziato per gli anni successivi al 2019, un periodo di prosciugamento più breve, compreso tra i 10 e i 29 giorni.

Cambiamenti climatici: determinano un aumento progressivo della temperatura media dell'aria e una riduzione delle precipitazioni. La temperatura media mensile risulta essere in aumento, mentre le precipitazioni diminuiscono.

Lago di Pilato: la riduzione delle precipitazioni medie invernali condiziona i livelli del lago all'esordio primaverile; l'innalzamento della temperatura causa lo scioglimento precoce del ghiaccio e una più veloce evaporazione; in estate, l'assenza di neve riduce l'apporto di acqua al lago, utile per compensare l'evaporazione; di conseguenza, in primavera il lago si forma prima, ma tende a prosciugarsi più velocemente.

Laghetto di Palazzo Borghese: è stato osservato uno spostamento temporale nella fase di riempimento del laghetto verso l'inizio dell'anno, con il lago che ora appare principalmente ad aprile e si prosciuga a fine maggio-inizio giugno, mentre negli anni precedenti la sua comparsa avveniva tra maggio e giugno e si prosciugava a fine giugno-inizio luglio. In queste condizioni la preoccupazione è che le uova schiudano, ma non ci siano i tempi di permanenza sufficienti per consentire il completamento del ciclo biologico.

Andamento della densità di popolazione:

Chirocephalus marchesonii: si rileva una certa variabilità, ma non si evidenzia alcuna tendenza nel tempo. Dal confronto dei dati in rapporto ai laghi separati, emerge che il lago Sud ha presentato una densità nettamente più elevata rispetto al lago Nord. La popolazione tende ad avere una distribuzione nel volume del lago di tipo "aggregativo", privilegiando rive e zone più protette.

Chirocephalus sybillae: la riproduzione asincrona e l'elevato numero medio di cisti per sacca ovigera osservato, è in linea con la strategia riproduttiva adottata. È stata riscontrata una durata del ciclo vitale minore rispetto a quello degli anni precedenti (35-40 giorni): nel 2021 la specie ha completato il suo intero ciclo vitale in soli 17 giorni; nel 2022 in 26 giorni. Nel 2020 la persistenza del lago è stata talmente breve da non consentire il completamento del ciclo biologico.

Popolazioni planctoniche: la ricerca ha permesso di definire gli andamenti e le abbondanze:

- Lago di Pilato: è stata rilevata la presenza di 14 taxa.
- Laghetto di Palazzo Borghese: sono stati riscontrati tutti i taxa già evidenziati in bibliografia più uno nuovo.

Minacce e strategie di conservazione

Le principali minacce che mettono in seria criticità i chirocefali sono la pressione antropica derivante dal turismo estivo e dagli animali al pascolo (per il Chirocefalo della Sibilla), e la conseguenza dei cambiamenti climatici.

Di seguito descriveremo e analizzeremo meglio queste criticità, con possibili soluzioni adottate e/o proposte.

• Pressione antropica derivante dal turismo

Negli ultimi tempi, e in particolare nel periodo post-Covid, il turismo di montagna ha registrato una crescita significativa. Tale fenomeno ha interessato anche il Parco Nazionale dei Monti Sibillini, che su base annuale (anno 2020) ha registrato un incremento complessivo degli accessi del 105,4%. Situazioni "critiche" in relazione alla presenza di visitatori, concentrati nei periodi estivi, si sono registrate, e si registrano tutt'ora, in diverse aree come Rifugio del Fagnolo, Lago del Fiastrone-Lame Rosse, Gole dell'Infernaccio, Monte Bove, Forca di Presta, Valle di Pilato, sito che presenta l'ecosistema più fragile di tutto il Parco.

L'Ente ha aderito alla CETS (Carta Europea del Turismo Sostenibile) approvando un documento di strategia per lo sviluppo sostenibile, e l'elaborazione di una offerta turistica compatibile con le esigenze di tutela della biodiversità.

Nello specifico le attività si svolgono attraverso: la disincentivazione dell'accesso di aree a "rischio", la regolamentazione dell'accesso per alcune di esse, le informazioni e il monitoraggio delle zone di alto valore ambientale soggette alla pressione turistica.

Il Lago di Pilato non è raggiungibile attraverso i sentieri ufficiali. Tuttavia non ci sono divieti e pertanto può essere raggiunto percorrendo due sentieri storici (indicati sulla mappa del Parco di colore grigio); il parco non ne cura la manutenzione e invita coloro che intendono percorrerli di avvalersi dell'accompagnamento delle guide del parco oppure di rivolgersi ad associazioni qualificate come il Club Alpino Italiano.

Nel 2024 è stata organizzata una giornata di volontariato in cui hanno preso parte tecnici e guide del Parco, Carabinieri Forestali di Montemonaco, volontari del CAI, ricercatori dell'Università di Perugia al fine di allestire una delimitazione lungo l'intero perimetro del Lago di Pilato che, a causa delle ultime precipitazioni scarse dell'inverno 2024, si era completamente prosciugato; in questo caso, le cisti risultano maggiormente vulnerabili a danni meccanici come quelli causati dal calpestio sulla ghiaia in cui sono deposte. Per questo motivo le misure di conservazione non hanno consentito l'avvicinamento al lago oltre la linea di massimo livello; la delimitazione fisica è stata attuata per una lunghezza di 800 m. con paletti bianchi e un filo resistente.

Questa soluzione è stata ipotizzata anche per il Laghetto di Palazzo Borghese in quanto, come nel caso precedente, le

cisti depositate nei sedimenti durante i mesi estivi rimangono esposte all'impatto antropico dovuto al turismo, e al calpestio del bestiame, che pascola libero nelle zone limitrofe.

L'attività di monitoraggio, informazione e sensibilizzazione dei visitatori nelle aree critiche rappresentano un punto fondamentale per la conservazione delle risorse naturali e al contempo per la valorizzazione turistica e socio-economica del territorio. Nei periodi di massimo afflusso turistico (giugno-settembre) il Parco ha realizzato quindi attività di monitoraggio, associate ad attività di informazione e formazione, predisponendo anche schede di rilevamento-dati per la raccolta di informazioni utili al miglioramento delle azioni e dei servizi di fruizione e per raccogliere maggiori informazioni sul profilo del visitatore.

• Vulnerabilità dell'habitat rispetto ai cambiamenti climatici globali

Numerosi sono gli studi e i progetti di ricerca che riguardano l'impatto dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi; soprattutto in certe aree, come le zone montane di alta quota, in cui gli effetti sono maggiori, in quanto questi ambienti sono caratterizzati da equilibri precari. Le specie (vegetali e animali) maggiormente minacciate di estinzione sono le c.d. specie "relicte", specie di grande interesse conservazionistico, localizzate in piccoli areali.

Il Lago di Pilato e il Laghetto di Palazzo Borghese rappresentano l'ultimo habitat-rifugio per i due Chirocefali dei Sibillini che al momento hanno assicurato, per le caratteristiche orografiche e climatiche, le necessarie condizioni ambientali per la sopravvivenza della specie.

Anche per i monitoraggi eseguiti nelle aree di studio si evidenzia uno stretto legame tra i livelli idrici dei bacini e gli andamenti climatici.

Il monitoraggio dell'Università ha evidenziato che il Lago di Pilato sta assumendo nel corso del tempo un crescente carattere di temporaneità, soprattutto successivamente al 2016. Il progressivo innalzamento delle temperature e le scarse precipitazioni invernali sembrano rappresentare fattori chiave negli eventi di precoce prosciugamento del lago, a cui contribuirebbero fenomeni di aumento della permeabilità del suolo conseguenti agli eventi sismici del 2016-2017, come ipotizzato dal Servizio Geologico d'Italia dell'ISPRA.

Soltanto nel 1990 e nel 2002 il piccolo bacino si era prosciugato, mentre dal 2017 questo fenomeno si ripete praticamente tutti gli anni a causa dei cambiamenti climatici.

Gli effetti del cambiamento climatico sono visibili anche per il Laghetto di Palazzo Borghese, in termini di progressivo aumento della temperatura dell'aria e diminuzione delle precipitazioni nevose, svolgendo un ruolo chiave nell'accorciamento dell'idro-periodo dello specchio d'acqua e nel suo sempre più rapido prosciugamento osservato negli ultimi anni: nel 2020 e nel 2024, la breve durata dello stagno non ha permesso a *Chirocephalus sibyllae* di completare il suo ciclo di vita e ciò rappresenta un campanello d'allarme per la conservazione della specie.

Al momento entrambe le popolazioni di *Chirocephalus* hanno dimostrato di avere una capacità di adattamento elevata e di possedere meccanismi di difesa

strategica per completare i cicli biologici. Non è chiaro fino a che punto essi saranno in grado di far fronte agli effetti del cambiamento climatico, senza rischiare il fenomeno dell'estinzione nel lungo-medio periodo.

Tra le possibili strategie a breve termine appare fondamentale continuare a monitorare le specie in relazione alle condizioni climatiche; per le attività a lungo termine si ipotizza la creazione di una banca dati artificiale in laboratorio al fine di consentire una reintroduzione in caso di estinzione e/o l'individuazione di siti alternativi idonei.

Conclusioni

Il *Chirocephalus marchesonii* e il *Chirocephalus sibyllae* sono specie animali di elevato interesse naturalistico, in quanto specie stenoendemiche rispettivamente del Lago di Pilato e del Laghetto di Palazzo Borghese, piccoli bacini di origine glaciale caratterizzati da forti variazioni del livello dell'acqua nei diversi anni e stagioni in relazione all'andamento delle condizioni climatiche.

Nonostante si trovino in un'area protetta all'interno del Parco Nazionale dei Monti Sibillini, la progressiva antropizzazione dovuta al turismo e gli attuali cambiamenti climatici potrebbero essere alla base di una reale minaccia di estinzione di queste eccezionali specie endemiche italiane.

Spesso mostrano un grado di adattamento nel loro ciclo vitale, in risposta alle condizioni ambientali avverse, ma non si ha la certezza su fino a che punto saranno in grado di resistere e, conseguentemente, quando arriveranno al "punto di non-ritorno" fino all'estinzione, che nei casi descritti significherebbe la scomparsa delle due specie.

Occorre ricordare che entrambe non sono incluse nelle liste rosse nazionali e internazionali delle specie minacciate, ma che alla luce dei risultati dei monitoraggi effettuati dovrebbero esserlo; al momento solo 3 specie di *Chirocephalus* sono incluse come vulnerabili nelle liste rosse dell'Unione Internazionale per la Conservazione della Natura: *Chirocephalus croaticus*, *Chirocephalus reiseri*, *Chirocephalus pelagonicus* Petkovski.

L'effetto sinergico delle attività antropiche e dei cambiamenti climatici rischia di causare la scomparsa di questi ecosistemi e di un numero di specie a essi collegate.

I laghi temporanei d'alta quota rappresentano ambienti vulnerabili e instabili, per cui sono necessarie approfondite conoscenze scientifiche su questi habitat peculiari, su cui basare piani di gestione integrati e sostenibili.

Chirocephalus marchesonii e *Chirocephalus sibyllae*: due esempi di resistenza, semplicemente incredibile, sul filo di un delicatissimo equilibrio naturale.

Bibliografia - Sitografia

- ALESI A. (2015) - *Al lago di Pilato conservando l'anima* - Tipografia Fast Edit, Acquaviva Picena
- CAROSI A., BARELLI M.G., AMBROSI A., ROSSETTI A., PADULA R., BIFULCO C., MORANDI F., LORENZONI F. (2021) - *Conservation status of Chirocephalus marchesonii* - Ruffo & Vesentini, 1957 in the Pilato Lake (Sibillini Mountains National Park, Central Italy) *Fundam. Appl. Limnol.* 194/3, 171-185

- CAROSI A., BARELLI M.G., AMBROSI A., ROSSETTI A., MORANDI F., LORENZONI F., TAGLIAFERRI G., LORENZONI M. (2022) - *Population Status and Ecology of the Steno-Endemic Fairy Shrimp Chirocephalus sibyllae* - Cottarelli and Mura, 1975 Inhabiting a Mountain Temporary Pond (Central Italy). *Water*, 14, 1750
- COTTARELLI V. e MURA G. (1975) - *Una nuova specie di Anostraco (Crustacea, Branchiopoda) dell'Italia Peninsulare: Chirocephalus sibyllae n.sp.* - *Boll. Zool.*, 42: 187-196
- DIRETTIVA 92/43/CEE del 21 maggio 1992 relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche G.U.C.E. n. 206 DEL 22 LUGLIO 1992
- FONZI T. (2015) - *La Sibilla dell'Appennino: una risorsa dimenticata* - *Il Capitale Culturale Studies on the Value of Cultural Heritage* (11), 483-518 (<https://doi.org/10.13138/2039-2362/1208>)
- MECENERO D. (2021) - *Le affascinanti leggende dei Monti Sibillini* - Edizioni Ephemera
- MARRONE F., ROGER DC., ZARATTINI P. NASELLI-FLORES L. (2017) - *Preface: New challenges in anostracan research, a tribute to Graziella Mura* - *Hydrobiology* 801 (1), 1-4
- MURA G. (1993) - *Habitat and life history of Chirocephalus marchesonii Ruffo & Visentini 1957, an endemic fairy shrimp from Monti Sibillini, central Italy* - *Rivista di Idrobiologia*. 32 (1-3), 73-104
- MURA G. (2001) - *Updating Anostraca (Crustacea, Branchiopoda) distribution in Italy* - *J. Limnol.*, 60 (1)
- SILVI A., LA VIGNA F., MONTI GM., PUZZILLI L., MARTARELLI L., GUARINO P.M., GAFÀ R.M. (2019) - *The Pilato Lake (Sibillini Mts., Central Italy): second results of a study on the supposed variations of its hydrogeological conditions induced by the seismic sequence 2016-2017* - 46th Congress of the international Association of Hydrogeologist, 398-398 (URL <http://www.iah2019.org/>)
- <https://ambiente.regione.marche.it>
- <https://download.mase.gov.it>
- <https://www.iucnredlist.org> (ultima data consultazione: febbraio 2026)
- <https://www.sibillini.net>
- <https://www.sibilliniweb.it>
- ["Monti Sibillini: il mistero effimero del laghetto di palazzo borghese" loscarpone.cai.it](https://www.loscarpone.cai.it)



Figura 0 - *Silene acaulis* in piena fioritura - ph F. Marcucci

La vegetazione d'alta quota del massiccio della Maiella

Biodiversità, endemismi, adattamenti altitudinali

di Francesca Marcucci⁽¹⁻²⁾

1. Operatore Naturalistico e Culturale (ONC) della Sezione CAI San Benedetto del Tronto
2. Comitato Scientifico Interregionale Marche-Umbria

Riassunto

La Maiella, massiccio calcareo dell'Appennino centrale, è un nodo biogeografico nel Mediterraneo, dove la storia geologica e le condizioni microclimatiche d'alta quota hanno favorito una flora ricca di specie endemiche e relictive (*Adonis distorta*, *Crepis magellensis*, *Cymbalaria pallida*, *Pinguicula fiorii*, *Viola magellensis*), legate ad ambienti di vetta compresi tra 2300 e 2793 m s.l.m. L'area di interesse comprende Monte Cavallo, Monte Focalone, Monte Acquaviva, Cima Pomilio, Monte Amaro e Cima dell'Altare. Questo studio sintetizza il quadro ecologico-conservazionistico della vegetazione sommitale con documentazione fotografica di alcuni habitat di interesse comunitario (UE 6170, 8120, 8210, 4070). Vengono analizzati i vincoli abiotici, gli adattamenti morfo-funzionali e i monitoraggi effettuati sull'area per valutarne lo stato di conservazione attuale. Lo studio sul Valore Pastorale della vegetazione d'alta quota, con l'analisi comparativa dei dati (2003-2020), evidenzia un aumento della copertura vegetale nei ghiaioni e nelle microdoline, confermando un fenomeno di "greening" e una maggiore disponibilità trofica a vantaggio del camoscio appenninico (*Rupicapra pyrenaica subsp. ornata*). Il recente progetto di monitoraggio MAIA 2025 sulla stessa area conferma questi dati sull'aumento della copertura-specie.

Sono sintetizzati i principali esiti del network internazionale GLORIA nell'Appennino centrale, che mostrano variazioni significative di abbondanza per circa il 30% delle specie monitorate, con segnali precoci di regressione per le specie più legate al clima freddo. Sono elencati i principali programmi di conservazione *in situ* ed *ex situ*, con particolare attenzione alla rete RIBES. Si sottolinea infine la necessità di una gestione attiva e multidisciplinare che integri monitoraggio, tutela degli habitat e divulgazione scientifica.

Abstract: High-Altitude Vegetation of the Maiella Massif - Biodiversity, Endemisms, Altitudinal Adaptations

The Maiella, a calcareous massif in the Central Apennines, represents a distinctive biogeographical node within the Mediterranean region. Its geological history and high-altitude microclimates have fostered a flora rich in endemic and relict species (*Adonis distorta*, *Crepis magellensis*, *Cymbalaria pallida*, *Pinguicula fiorii*, *Viola magellensis*). These taxa adapted to summit environments ranging between 2,300 and 2,793 meters above sea level. This study aims to provide a comprehensive overview of the ecological and conservation framework of the summit vegetation. It presents photographic documentation of habitats of community interest (EU 6170, 8120, 8210, 4070) within the study area, encompassing the peaks of Monte Cavallo, Monte Focalone, Monte Acquaviva, Cima Pomilio, Monte Amaro, and Cima dell'Altare. The research examines primary abiotic constraints, the morpho-functional adaptations of high-altitude species observed in this area and retraces long-term monitoring data to assess conservation status. A comparative analysis (2003–2020) highlights an increase in vegetation cover and "Pastoral Value" in scree and micro-sinkholes, confirming a "greening" phenomenon resulting from climate change. This phenomenon enhances trophic availability benefiting the Apennine chamois (*Rupicapra pyrenaica subsp. ornata*), as confirmed by the MAIA monitoring project. Additionally, data from the GLORIA international monitoring network in the Central Apennines corroborate these trends, revealing significant abundance variations in 30% of monitored species, with early regression signals for cold-adapted plants. Finally, this work also outlines major *in-situ* and *ex-situ* conservation programs, with particular attention to the RIBES network. It emphasizes the urgent need for active, multidisciplinary management integrating monitoring, habitat protection, and scientific outreach.

Parole chiave - Keywords: Maiella; endemisms; biodiversity; relict species; GLORIA project; greening; Apennine chamois; Mediterranean mountain; vegetation database

Introduzione

La montagna può essere considerata come un grande scrigno che racchiude gioielli biologici preziosi ed unici [1]. Questo studio si concentra sulla vegetazione d'alta quota del massiccio della Maiella, in Abruzzo, nel cuore dell'Appennino centrale al centro del Mediterraneo [2]. Una posizione strategica che, unita alle caratteristiche geomorfologiche uniche del territorio, ha contribuito a plasmare un ambiente montano di eccezionale valore naturalistico e scientifico. Il massiccio della Maiella rappresenta un nodo

biogeografico fondamentale: la posizione geografica e le caratteristiche geomorfologiche sono i fattori che hanno concorso alla straordinaria biodiversità che si riscontra nell'area di osservazione. Habitat esclusivi con la presenza di specie rare, endemiche e relictive, rendono questi ambienti veri e propri serbatoi naturali unici. Questo scrigno naturale non solo racchiude una straordinaria varietà, ma svolge anche una funzione molto importante nella conservazione degli equilibri ecologici, offrendo un rifugio per molte specie minacciate e rappresentando un

patrimonio biologico insostituibile per le future generazioni. In questo contesto gli endemismi e gli adattamenti altitudinali rappresentano un patrimonio da conoscere e valorizzare, un elemento chiave per la conservazione degli ecosistemi montani e per lo studio degli effetti dei cambiamenti climatici su ambienti delicati e preziosi.

Il presente studio si pone i seguenti obiettivi:

- **Sintesi ecologica e conservazionistica:** ricostruire il quadro della vegetazione sommitale della Maiella, analizzando i vincoli abiotici e gli adattamenti morfo-funzionali che permettono alla flora d'alta quota di sopravvivere in contesti molto selettivi.
- **Analisi dei monitoraggi storici:** ripercorrere i risultati dei principali studi condotti sull'area in particolare l'analisi comparativa 2003-2020 sul Valore Pastorale della

vegetazione d'alta quota per il camoscio appenninico e la raccolta dati del network internazionale GLORIA.

- **Documentazione e validazione sul campo (2022-2025):** documentare fotograficamente gli habitat di interesse comunitario (UE 6170, 8120, 8210, 4070, 6230) per fornire una validazione viva e attuale della situazione ecologica descritta in letteratura e negli studi analizzati. Fornire un contributo originale attraverso un monitoraggio botanico, faunistico e paesaggistico svolto sul campo nell'arco di quattro anni.

Attraverso questo approccio, il lavoro intende sottolineare la necessità di una gestione multidisciplinare che unisca il monitoraggio scientifico alla tutela attiva e alla divulgazione, per preservare l'identità naturale e culturale del territorio.



Figura 1 - Monte Amaro 2793 m: veduta con il Bivacco Pelino e il Rifugio Manzini - ph F. Marcucci

Caratteristiche ambientali del massiccio della Maiella

Il massiccio della Maiella rappresenta uno degli ambienti montani più ricchi di valori naturalistici dell'Appennino centrale, con il Monte Amaro che raggiunge i 2793 m. Questo massiccio calcareo-dolomitico rappresenta un archivio geologico e morfologico di grande interesse. La geografia del massiccio è caratterizzata da un paesaggio articolato in altopiani carsici, vallate profonde di origine fluviale e glaciali, formazioni rocciose di notevole complessità con pinnacoli, ghiaioni e vaste aree lastricate, risultanti dall'attività carsica e dai fenomeni periglaciali (Figura 1).

Il clima, tipicamente di alta montagna, è contraddistinto da precipitazioni abbondanti, con neviccate frequenti e persistenti (oggi in diminuzione) che contribuiscono alla regolazione microclimatica e alla disponibilità idrica degli ecosistemi locali. Queste caratteristiche ambientali, unitamente alla collocazione geografica e alla complessità geomorfologica, fanno della Maiella un ambiente privilegiato per l'insediamento di una ricca biodiversità e per l'osservazione delle dinamiche ecologiche proprie degli ecosistemi alpini mediterranei.

Le forze tettoniche che hanno modellato il massiccio hanno creato una struttura che rende la Maiella un sito di grande interesse per la geologia strutturale e stratigrafica,

ma anche un paesaggio montano di grande bellezza e complessità morfologica. Le cime come il Monte Amaro, rappresentano non solo icone naturali, ma anche punti chiave per lo studio della geologia e dell'evoluzione tettonica dell'Appennino centrale.

Dal punto di vista litologico (composizione fisica e chimica delle rocce), il cuore del massiccio è costituito da depositi carbonatici risalenti al Mesozoico e al Terziario, affioranti in cime che superano i 2700 metri di altitudine. Questi carbonati si sono formati originariamente in ambienti marini poco profondi. La presenza di fossili sulla cima delle Murelle, per esempio, è spiegata dalla storia geologica del territorio. I fossili sono resti di antiche barriere coralline e organismi marini che occupavano questa zona milioni di anni fa, quando l'area era sommersa da un mare tropicale. L'attuale ambiente montano era dunque un fondale marino, habitat ideale per molluschi, coralli e altri organismi marini. Successivamente a milioni di anni di processi geologici, queste rocce sedimentarie carbonatiche sono state innalzate fino a formare le cime attuali, così i fossili che si osservano in cima sono testimonianze dirette di questo passato marino, rimasti imprigionati nella roccia calcarea (Figure 2 e 3).

Dal punto di vista strutturale, la sommità del massiccio

è dominata da un'anticlinale a forma di arco con andamento NW-SE a nord e NNE-SSW a sud. In corrispondenza del culmine dell'asse di piega, i carbonati della Majella sono spettacolarmente esposti in cime che superano i 2700 metri di quota [3].

La storia geologica è determinante per capire le particolari condizioni naturali delle aree sommitali del massiccio, che sono l'oggetto di studio di questa tesi. Anche la morfologia del sito influenza profondamente la vita delle piante e degli animali che vi abitano, ed è caratterizzata principalmente da aspetti che vediamo qui di seguito.

Vasti pianori altitudinali, in particolare quelli posti oltre i 2500 m, si estendono per ben 11 km². Queste grandi piattaforme sommitali presentano profili dolci di vetta, con estese aree di sommità. Sono costituiti da una distesa di pietre calcaree fratturate e permeabili, con dimensioni che variano da pochi centimetri a qualche decimetro. Giovagnotti e Calandra (1982) definiscono questi altopiani come "lastricati naturali". I dolci pianori sommitali sono delimitati da versanti ripidi e valloni profondi di origine glaciale.

Origine e modello glaciale: il paesaggio fisico in alta quota della Maiella è modellato da morfologie glaciali e depositi quaternari associati, con caratteristiche uniche nell'Appennino centrale. A differenza del Gran Sasso, dove erano presenti principalmente ghiacciai vallivi con numerosi *nunataker* (picchi rocciosi emersi dal ghiaccio), la Maiella durante l'ultima era glaciale era coperta da una grande calotta glaciale sommitale di tipo islandese, estesa circa 30 km² e con uno spessore superiore ai 200 m in alcune zone come la Valle di Femmina Morta. Questa calotta copriva completamente la sommità della montagna e ha fortemente influenzato lo sviluppo della flora, inibendo la vita delle piante criofile nelle aree più alte e favorendo la risalita di specie orientali, avendo un limite delle nevi più alto. Le morfologie glaciali più evidenti includono circhi glaciali ben conservati, come quelli nell'atrio di Cima Pomilio nell'alta Valle dell'Orfento e in alta Valle Taranta, oltre a valli profonde di origine glaciale, quali la Valle di Femmina Morta. Tale modello glaciale, differenzia nettamente la Maiella dal Gran Sasso, che ha invece una morfologia più articolata e ricca di rifugi microclimatici per specie di origine artico-alpina [4].



Figura 2 - Fossili marini Rava del Ferro - ph F. Marcucci

Fenomeni periglaciali: nelle aree sommitali (tra 2400 e 2750 m) si osservano evidenti segni di fenomeni periglaciali, tipici delle zone di tundra artica, come i suoli striati (*sorted stripes*) e i suoli poligonali (*patterned ground*). Questi fenomeni sono associati ai cicli di gelo e disgelo dello strato superficiale del suolo.

Ghiaioni estesi: sono caratteristiche anche le estese coltri detritiche (ghiaioni), causate dall'elevata fratturazione crioclastica (disgregazione delle rocce causata dal ciclo di gelo-disgelo) della roccia calcarea.

Litologia calcarea: la roccia costituita prevalentemente da carbonato di calcio, è facilmente erodibile, soprattutto molto permeabile, favorendo la rapida infiltrazione dell'acqua nel sottosuolo, e causando l'assenza di acqua superficiale (anche nei ghiaioni) e portando alla formazione di imponenti fenomeni carsici (Figura 4 e 5).

Fenomeni carsici: l'acqua superficiale disponibile (soprattutto dallo scioglimento delle nevi) non viene trattenuta, ma si infiltra nel sottosuolo originando, imponenti fenomeni carsici, che danno origine a cavità carsiche (grotte). Di particolare interesse per questa trattazione sono le formazioni carsiche superficiali. Sono abbondantissime le doline di piccole dimensioni nei settori d'alta quota, originatesi sulle coltri detritiche poco inclinate per l'azione di dissoluzione della roccia da parte dell'acqua di ruscellamento superficiale. Le doline ospitano un tipo di vegetazione di fondamentale importanza (Figura 6 e 7).

Clima e microclima d'alta quota

Il clima e il microclima delle aree sommitali del Massiccio della Maiella sono caratterizzati da condizioni ambientali estreme e dinamiche, che svolgono un ruolo cruciale nel modellare la biodiversità e gli ecosistemi di alta quota presenti in questa zona dell'Appennino centrale.

Il clima generale di queste aree d'alta quota presenta temperature medie molto variabili per altitudine ed esposizione, e precipitazioni ultimamente meno abbondanti. Le temperature sono soggette a forti escursioni termiche giornaliere e stagionali, con lunghi periodi di innevamento invernale, creando un ambiente con condizioni termiche estremamente rigide ma non permanenti di ghiaccio (criorotemperato inferiore). Il versante orientale della Maiella, in particolare, beneficia di un'esposizione solare e di correnti d'aria provenienti



Figura 3 - Fossili marini Fonte del Tari - ph F. Marcucci



Figura 4 - Ghiaioni estesi e coltri detritiche - ph F. Marcucci



Figura 5 - Fratturazione della roccia calcarea - ph F. Marcucci



Figura 6 - Grotta di Canosa a 2600 m - ph F. Marcucci

da molteplici direzioni, favorendo un microclima che contribuisce a stabilizzare l'habitat sommitale e che permette la sopravvivenza della flora alpina.

Studi a lungo termine, come quelli condotti nel quadro del progetto GLORIA - *Global Research Initiative in Alpine ecosystems* - GLORIA.AC.AT (2025), che approfondiremo più avanti, dimostrano un aumento significativo delle temperature in alta quota negli ultimi decenni. Questi cambiamenti influenzano fortemente il ciclo vitale delle specie vegetali, la copertura, la ricchezza delle comunità erbacee, e modificano la durata del periodo vegetativo.



Figura 7 - Piccole doline e camosci visti dal Bivacco Fusco (2455 m) - ph F. Marcucci

In particolare, gli aumenti termici più sensibili nelle temperature minime estive, e il progressivo ritiro del manto nevoso, incidono sulla disponibilità idrica nei suoli, con impatti che si propagano all'intero ecosistema sommitale. Il microclima locale è inoltre fortemente condizionato dalla presenza del manto nevoso e dalla composizione del suolo, che insieme determinano le nicchie ecologiche in cui le specie vegetali si insediano. La copertura nevosa, che può durare molti mesi, svolge una funzione termoregolatrice, proteggendo le comunità vegetali dalle gelate tardive e dai forti sbalzi di temperatura, mentre il rapido drenaggio dei suoli calcarei e ghiaiosi implica frequenti stress idrici durante la stagione

estiva. La complessa interazione tra clima e condizioni del substrato caratterizza quindi un ambiente estremamente selettivo, dove le specie vegetali presenti hanno sviluppato adattamenti fisiologici e morfologici sofisticati per sopravvivere.

Descrizione dell'area di osservazione

L'area di studio si concentra sulla parte sommitale del massiccio della Maiella, con quote comprese tra 2300 e 2793 metri, e comprende vette e altopiani di grande rilievo ecologico e geologico. Le località includono Monte Focalone, Cima Pomilio, Monte Sant' Angelo, Monte Rotondo, gli altipiani sopra il Terzo Portone, Monte Amaro con la sua vetta a 2793 m, Valle Cannella, Piano amaro, Grotta Canosa, Valle di Femmina Morta, Monte Macellaro e la parte alta di Valle Taranta [5] (Figura 8).

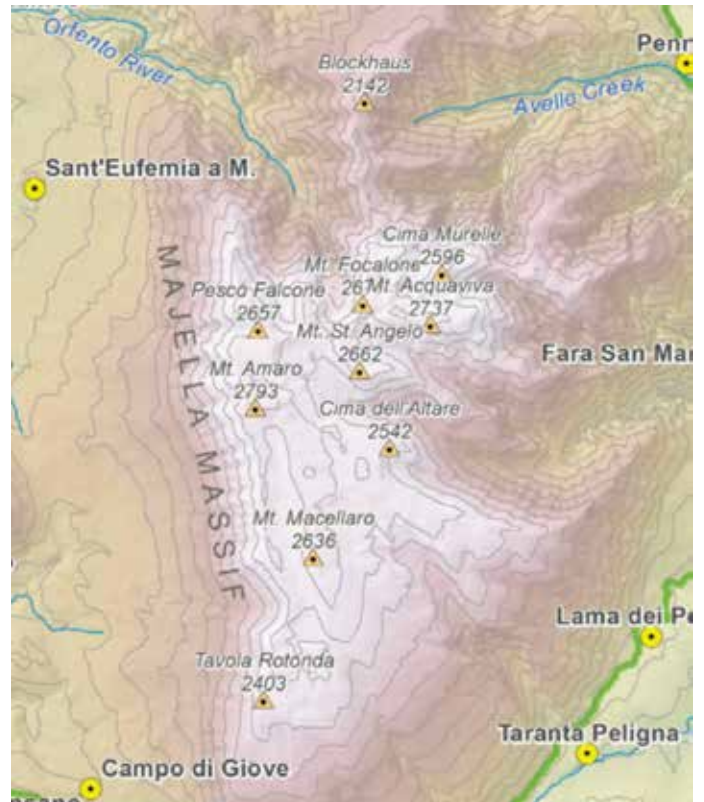


Figura 8 - Area di osservazione - ANNOTATED CHECKLIST OF THE VASCULAR FLORA Phytotaxa 412 (1) © 2019 Magnolia Press - Conti et al. 2019

Vegetazione d'alta quota: biodiversità, endemismi e adattamenti altitudinali

L'eccezionale biodiversità, concentrata soprattutto nelle zone sommitali, è il risultato di una lunga e complessa storia geologica e climatica, che ha modellato nel tempo le caratteristiche uniche di questo ambiente montano e dell'adattamento di organismi antichissimi specializzati per vivere a queste quote (Figura 9).

Specie endemiche e relitti glaciali

Una specie endemica è un organismo che si trova solo in un'area geografica molto limitata, presente esclusivamente in quel territorio e da esso dipendente per la sua sopravvivenza. Questo tipo di specie contribuisce a definire la particolarità biologica dell'area.

Le specie relitte, invece, sono veri e propri "fossili viventi": si tratta di specie che un tempo si diffondevano in aree più ampie ma che, a causa di cambiamenti climatici e ambientali, si sono progressivamente ritirate in zone ristrette dove le condizioni sono rimaste favorevoli alla loro sopravvivenza. La presenza di queste specie è strettamente legata alle glaciazioni: con lo scioglimento dei ghiacci le zone d'alta quota, con ghiaioni, rupi e praterie di vetta, e le basse temperature, sono vere e proprie isole ecologiche di rifugio, per specie ormai rarissime.

Adattamenti altitudinali

L'ambiente d'alta quota, in particolare la zona al di sopra del limite del bosco, è un ambiente estremamente selettivo e ostile. Le severe condizioni climatiche e ambientali impongono alle piante vascolari (dotate di tessuti conduttori, vascolari, differenziati) lo sviluppo di specifici meccanismi di compensazione e modificazioni adattive per la sopravvivenza.

La distribuzione, la diversità e la crescita delle specie vegetali in alta quota sono determinate da una combinazione di fattori descritti di seguito.

- Principali vincoli ambientali nelle aree d'alta quota

- Temperatura e stress da freddo: la temperatura è forse il fattore più influente. La temperatura dell'aria diminuisce regolarmente con l'aumentare dell'altitudine, inoltre l'escursione termica giornaliera è molto più accentuata rispetto alle quote inferiori, soprattutto sulle rupi esposte a Sud. Le specie della fascia alpina e nivale, essendo adatte a tollerare solo variazioni limitate di temperatura, potrebbero subire le maggiori conseguenze del cambiamento climatico.
- Disponibilità idrica e siccità: l'acqua in montagna è spesso immobilizzata sotto forma di neve o ghiaccio. L'umidità assoluta nell'atmosfera diminuisce salendo di quota. La rarefazione dell'aria e la scarsa umidità facilitano l'evaporazione. L'aumento delle temperature porta a una maggiore evaporazione, intensificando gli effetti dello stress da siccità. La presenza di suoli calcarei e ghiaiosi che per loro natura non trattengono acqua, implica inoltre frequenti stress idrici durante la breve estate.
- Radiazioni ultraviolette: aumentano proporzionalmente con la quota. Nel contesto sommitale della Maiella, le radiazioni solari rappresentano un fattore ecologico di grande rilevanza. L'intensità della radiazione ultravioletta aumenta di circa il 10-12% ogni 1000 m di quota, corrispondendo a un incremento di circa l'1% ogni 100 m. Inoltre, la presenza di detriti calcarei, con un'azione riflettente amplifica ulteriormente la quantità di luce e calore che raggiungono la vegetazione.
- Vento: è frequentemente intenso e persistente sui pianori in alta quota della Maiella, rappresenta un importante fattore di stress per la vegetazione. Oltre

a favorire un'evaporazione accelerata dell'acqua sia dalle piante sia dal suolo, il vento provoca un aumento della traspirazione, riducendo la disponibilità idrica per gli organismi vegetali. Dal punto di vista meccanico, le raffiche possono danneggiare le piante, spezzandone i rami o impedendo una crescita normale, e aumentano l'erosione del suolo, contribuendo all'instabilità del substrato.

- Suolo e substrato: la stabilità del sito e le condizioni del suolo sono cruciali per la vegetazione alpina. L'ambiente d'alta quota è caratterizzato da scarsità di suolo evoluto. Le pareti rocciose si sgretolano e i detriti si muovono, creando un ambiente di elevata instabilità.

- **Adattamenti morfologici e strutturali**

Le piante d'alta quota presentano un chiaro adattamento di riduzione dimensionale e specializzazioni strutturali che massimizzano lo sfruttamento delle risorse e la protezione da agenti atmosferici.

- Forme biologiche dominanti: le specie che meglio si adattano a queste condizioni sono le emicriptofite, bienni o perenni caratterizzate dall'aver le gemme situate a livello del suolo, protette durante l'inverno dai residui vegetali e dalla neve. Tipiche dei climi freddi, costituiscono la maggioranza (oltre l'80%) delle specie alle quote più alte. Queste forme biologiche beneficiano del calore che si accumula nel suolo, e si proteggono dal vento (Figure 10 e 11)
- Forme a cuscino/rosetta: molte specie presentano una forma compatta (es. *Silene acaulis*) o a cuscino. Queste forme dense permettono di utilizzare l'umidità atmosferica, di adattarsi ai forti venti, di ospitare altre specie.

- Nanismo: l'altezza media delle specie vegetali diminuisce con l'aumentare della quota. Questa taglia ridotta permette di resistere meglio al vento e alla neve e di sfruttare ogni minimo spazio offerto dal terreno o dalla roccia. Molto spesso assumono andamenti striscianti (prostrati).
- Adattamenti fogliari: le foglie possono essere piccole, coriacee o ridotte per limitare la perdita d'acqua per traspirazione. Molte piante sono ricoperte da una fitta peluria o da rivestimenti cerosi per diminuire la traspirazione, per condensare l'umidità atmosferica e per riflettere i raggi solari (Figure 12, 13, 14 e 15)
- Colore: L'intenso colore blu osservato in specie d'alta quota non è solo un tratto estetico, ma rappresenta una sofisticata strategia di difesa contro le radiazioni ultraviolette (UV), che in alta quota aumentano di intensità circa dell'1% ogni 100 metri di altitudine. Il colore blu è dovuto all'accumulo di particolari pigmenti chiamati antociani che agiscono come un filtro che protegge i tessuti vegetali dai danni diretti delle radiazioni UV-B e dallo stress ossidativo (Figure 16 e 17).
- Apparato radicale: le radici sono molto sviluppate per garantire un ancoraggio adeguato al terreno, per accumulare calore e per cercare acqua in profondità. Le specie tendono ad aumentare la quantità di acqua immagazzinata nei loro organi ipogei all'aumentare della quota, spesso svolgendo contemporaneamente una azione stabilizzatrice del suolo.

- **Strategie funzionali e riproduttive**

Gli adattamenti altitudinali si riflettono anche nelle strategie ecologiche adottate dalle piante e nei loro cicli vitali.

- La strategia ecologica predominante negli ambienti di alta quota è la stress-tollerante.



Figura 9 - Forme biologiche e strategie di sopravvivenza: insetto su *Leontopodium nivale* in associazione con *Silene acaulis* - ph F. Marcucci



Figura 10 - Adattamento morfologico, altezza ridotta: *Salix retusa* L. - Monte Focalone 2400 m - ph F. Marcucci



Figura 11 - Adattamento morfologico, altezza ridotta: particolare di *Salix retusa* - ph F. Marcucci

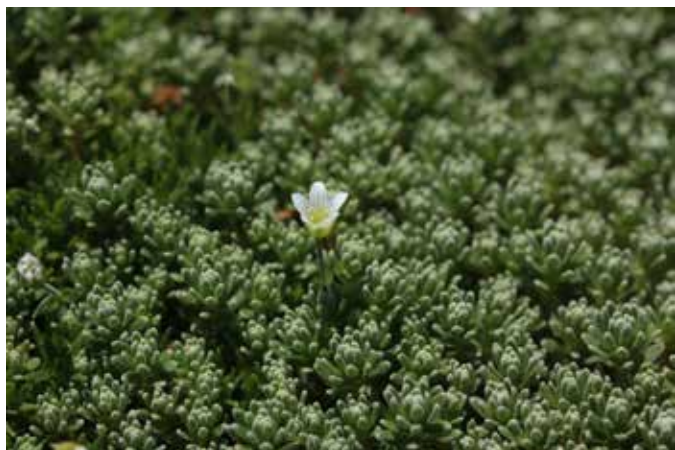


Figura 12 - Adattamento fogliare - tessuto succulento specializzato per trattenere acqua in ambienti aridi - ph F. Marcucci



Figura 13 - Adattamento fogliare - foglie coriacee - *Dryas octopetala* L. subsp. *octopetala* - ph F. Marcucci



Figura 14 - Adattamento fogliare - tomentosità come protezione dal freddo e UV: *Leontopodium nivale* - ph F. Marcucci



Figura 15 - Adattamento fogliare - tomentosità come protezione dal freddo e UV: *Achillea barrelieri* - ph F. Marcucci



Figura 16 - Accumulo di antociani - colore blu intenso come protezione da UV: *Gentiana orbicularis* Schur - ph F. Marcucci

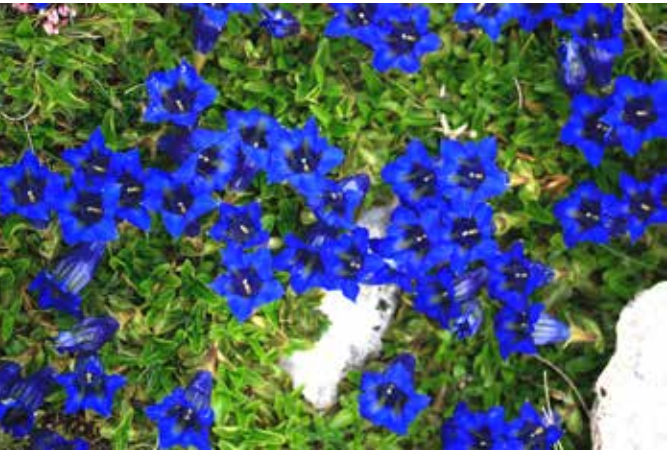


Figura 17 - Accumulo di antociani - colore blu intenso come protezione da UV: *Gentiana dinarica* (Beck) Beck - ph F. Marcucci

Le specie stress-tolleranti sono altamente efficienti e capaci di colonizzare ambienti con scarse risorse ambientali [6].

- Fenologia: la stagione estiva alpina è molto breve. Per ovviare al problema della brevità del periodo vegetativo, l'inizio della fioritura è posticipato con l'aumentare della quota (circa 30 giorni tra 2600 m e 3600 m). La durata della fioritura si riduce salendo di altitudine. La fioritura è strettamente regolata dalla scomparsa della neve.
- Longevità e ciclo vitale: la stragrande maggioranza delle piante alpine è di tipo perenne, con un ciclo vegetativo rapido. Le specie annuali sono poco frequenti. La longevità e la resistenza intrinseche proteggono le piante dai cambiamenti a breve termine.
- Riproduzione e dispersione: viste le condizioni climatiche avverse, le specie ricorrono spesso alla riproduzione vegetativa (per esempio, per gemme laterali o tramite talea/stoloni) per assicurare la successione dell'individuo.
- Disseminazione: la massa media dei semi diminuisce con l'aumentare della quota, variando da oltre 0,60 mg a 2600 m a meno di 0,30 mg a 3600 m. I semi sono generalmente piccoli e leggeri per facilitarne la dispersione a opera del vento (anemocoria). La dispersione per vento assume maggiore rilievo al crescere della quota [7].

- Impollinazione: alle quote più elevate dipende principalmente dal vettore vento, suggerendo che gli insetti sono meno frequenti o attivi nella fascia alto-alpina. Tuttavia, le piante d'alta quota si adattano alla carenza di impollinatori generando fiori particolarmente colorati e vistosi per attirare quanti più insetti possibile nei brevi periodi favorevoli [8] (Figura 19 e 20).
- Germinazione: le specie "vincenti" hanno sviluppato strategie di germinazione opportunistica, mostrando bassi requisiti termici e germinando in modo distribuito nel tempo (germinazione lenta). Questa rappresenta una strategia di evitamento del rischio che massimizza il successo del reclutamento in condizioni climatiche variabili.
- Facilitazione: è un fenomeno ecologico di primaria importanza nelle comunità alpine, dove specie come *Silene acaulis* assumono un ruolo chiave nel creare microhabitat favorevoli per la colonizzazione di altre piante meno resistenti alle condizioni estreme. Questa formazione a cuscino non solo protegge dal freddo e dal vento, ma accumula anche materiale organico e umidità, migliorando le condizioni del substrato che facilitano l'insediamento e lo sviluppo della biodiversità vegetale. La facilitazione è quindi un meccanismo di mutualismo indiretto, che contribuisce a stabilizzare e ampliare le comunità alpine in ambienti con elevate pressioni ambientali [9] [10] (Figura 21).



Figura 18 - Impollinatore su *Silene acaulis* attratti dai colori vistosi - ph F. Marcucci



Figura 19 - Impollinatore su *Silene acaulis* - ph F. Marcucci



Figura 20 - Effetto facilitatore presso manufatto umano, segnavia CAI - ph F. Marcucci



Figura 21 - Effetto facilitatore per *Achillea barrelieri* (Ten.) Sch.Bip. su *Silene acaulis* - ph F. Marcucci

- Habitat dell'area di studio

Un habitat è l'area o l'ambiente naturale in cui una determinata specie vegetale o animale, o una comunità biotica, coesiste e si sviluppa.

Gli ambienti montani d'alta quota della Maiella sono riconosciuti come veri e propri hotspot di biodiversità. I loro habitat sono cruciali per diversi motivi:

- Vulnerabilità e cambiamento climatico: sono ecosistemi altamente vulnerabili al riscaldamento climatico e ai cambiamenti nell'uso del suolo. Il monitoraggio della struttura e composizione degli habitat è una tematica di ricerca fondamentale.
- Aree rifugio: rupi e ghiaioni montani, in chiave storico-biogeografica, hanno rappresentato insostituibili isole ecologiche e rifugi per flora e fauna durante i cicli glaciali passati.
- Sopravvivenza della fauna: habitat specifici come le praterie d'alta quota e i ghiaioni sono fondamentali per la sopravvivenza della fauna locale, come il ca-

moscio appenninico (*Rupicapra pyrenaica subsp. ornata*), la cui popolazione è influenzata dalla disponibilità di risorse trofiche (valore pastorale) in tali habitat.

La gestione della biodiversità e la pianificazione conservativa si basano sulla valutazione degli habitat. La classificazione degli Habitat nel Piano di Gestione della Maiella è strettamente legata alla Direttiva Habitat 92/43/CEE dell'Unione Europea, il cui obiettivo è la conservazione degli habitat naturali e seminaturali. Il Parco Nazionale Maiella (PNM) rientra nella Zona di Protezione Speciale (ZPS) e contiene diversi Siti di Importanza Comunitaria (SIC), che costituiscono la Rete Natura 2000.

Il Piano del Parco Nazionale della Majella e la sua Valutazione di Incidenza Ambientale (VInCA) devono garantire la coerenza globale della Rete Natura 2000, tutelando e valorizzando tutti gli elementi meritevoli di conservazione.

Nelle aree sommitali d'alta quota (piano alpino/criotemperato, oltre 2300 m s.l.m.), gli habitat di maggiore interesse comunitario e di studio sono (Tabella 1):

HABITAT DI MAGGIORE INTERESSE		
Codice UE	Habitat	Caratteristiche
6170	Formazioni erbose calcicole alpine e subalpine	Praterie alpine e subalpine, comprese quelle discontinue e le vallette nivali (come le comunità a <i>Trifolium thalii</i>), sviluppate su suoli derivanti da matrice carbonatica. Questo habitat include le praterie xerofitiche primarie.
8120	Ghiaioni calcarei e scistolcalcerei montani e alpini (<i>Thlaspietea rotundifolii</i>)	Ghiaioni mobili e detritici del piano alpino e subalpino con comunità erbacee pioniere perenni (come la <i>Galium magellense community</i>).
8210	Pareti rocciose calcaree con vegetazione casmofitica	Comunità casmofitiche che colonizzano le rupi carbonatiche (come <i>Pinguicula fiorii</i> e <i>Soldanella minima subsp. samnitica</i> , endemismi esclusivi della Maiella), ambienti che svolgono un importante ruolo di rifugio.
4070*	Boscaglie di <i>Pinus mugo</i> , <i>Rhododendron hirsutum</i>	Fitte formazioni di pino mugo nella fascia subalpina (1500-2000 m), che costituiscono una fascia di transizione tra il limite superiore delle foreste e le pietraie.

Tabella 1 - Nell'area di studio i principali habitat di interesse comunitario - elaborazione F. Marcucci

Valore pastorale della vegetazione di alta quota

Come già evidenziato, il massiccio della Maiella rappresenta un nodo biogeografico di grande importanza per le piante vascolari (Catonica e Manzi, 2002). La sua conformazione e la storia climatica hanno favorito la presenza di numerose specie endemiche e la sopravvivenza di relitti glaciali. Tra gli ambienti più ricchi di biodiversità si distinguono le rupi, i ghiaioni e le praterie di vetta (Tammaro, 2000; Stanisci et al., 2010). Questo contesto si è rivelato particolarmente favorevole anche per il camoscio appenninico (*Rupicapra pyrenaica ornata*), sottospecie endemica dell'Appennino centrale, reintrodotta con successo tra il 1991 e il 1992 grazie al rilascio di esemplari sul massiccio della Maiella. Oggi, questa popolazione è la più numerosa e in salute dell'intero areale, con circa 1500 individui censiti nel 2021.

Il Parco Nazionale della Maiella ha seguito nel tempo l'evoluzione demografica della specie, coordinando il progetto LIFE Coornata (LIFE09 NAT/IT/000183) in collaborazione con altri parchi nazionali e regionali e con Legambiente. La sopravvivenza dei nuovi nati è strettamente legata alla disponibilità di specie vegetali ad alto valore nutritivo (Lovari et al., 2020), soprattutto quelle presenti alle quote più elevate dove, durante

l'estate, le femmine con i piccoli si spostano formando branchi anche superiori ai 200 individui. In queste praterie, ricche di trifogli, si concentrano le abitudini alimentari estive, grazie a una dieta ricca di proteine e povera di fibre (Lovari et al., 2014) (Figura 22).

La ricerca

Nello studio *La vegetazione d'alta quota e il suo valore pastorale nel Parco Nazionale della Maiella*[11] sono stati verificati i cambiamenti ecologici avvenuti dal 2003 al 2020, in alcune comunità vegetali di alta quota e sono stati determinati le variazioni del valore pastorale di queste specie e l'impatto sulla popolazione locale di camoscio appenninico. Il lavoro ha previsto un ri-campionamento della vegetazione erbacea nel 2020, nelle stesse aree già analizzate nel 2003, a quote comprese tra 2400 e 2794 m.

Sono stati presi in esame due ambienti specifici: i ghiaioni e le micro-doline, con l'obiettivo di monitorare eventuali cambiamenti nella composizione floristica e nel valore pastorale. La vegetazione dei ghiaioni è tutelata dalla Direttiva Habitat 92/43/CEE e rientra nell'habitat "Ghiaioni calcarei e scisto-calcarei montani e alpini (*Thlaspietea rotundifolii*)" (codice 8120) (Biondi et al., 2009).



Figura 22 - Camosci al pascolo in alta quota - Cima dell'Altare 2542 m - ph F. Marcucci - agosto 2024



Figura 23 - Ambienti dove sono stati svolti i campionamenti: ghiaioni (1a) e micro-doline (1b) (foto di L.A. Santoianni). Immagini e testi: <https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/periodici-tecnici/reticula/reticula-n-29-2022>

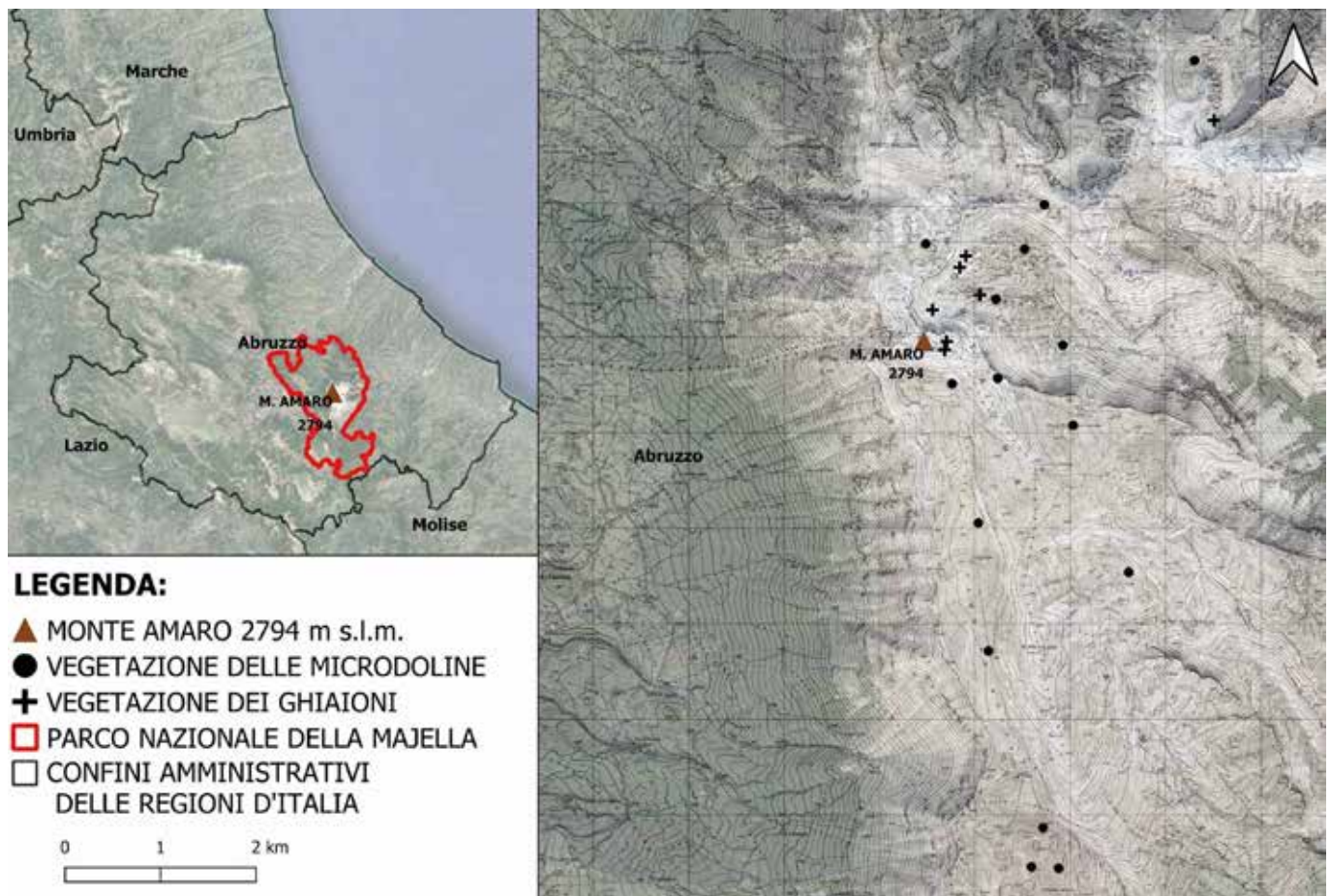


Figura 24 - Area di studio e ubicazione dei 22 siti campionati (fonte: elaborazione degli Autori). Immagini e testi: <https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/periodici-tecnici/reticula/reticula-n-29-2022>

Nelle micro-doline, dominano specie come *Plantago atrata*, *Trifolium thalii* e *Taraxacum apenninum*, che formano praterie a cotico erboso chiuso (Blasi *et al.*, 2003). Anche queste formazioni sono protette dalla Direttiva Habitat 92/43/CEE, rientrando nell'habitat "Formazioni erbose calcicole alpine e subalpine" (codice 6170) (Biondi *et al.*, 2009). Per valutare la qualità foraggera della vegetazione, è stato utilizzato l'indice sintetico del Valore Pastorale (Daget & Godron, 1995), ampiamente applicato nei pascoli ricchi di specie erbacee perenni (Pittarello *et al.*, 2018; Cervasio *et al.*, 2016; Sebastia *et al.*, 2008).

I dati del 2003 sono stati estratti dal database vegetazionale VIOLA, che raccoglie 1850 rilievi effettuati nell'Appennino centrale dagli anni Sessanta a oggi (Stanisci *et al.*, 2016; Evangelista *et al.*, 2016). Nel 2020, come nel 2003, la vegetazione è stata rilevata in aree di 16 m² (4x4 m): 7 aree nei ghiaioni e 15 nelle micro-doline. Per ciascun rilievo sono state registrate le specie presenti e la loro copertura/abbondanza secondo gli indici di Braun-Blanquet (1964). Sono state così ottenute due matrici: una con 50 specie su 14 rilievi per i ghiaioni, e una con 75 specie su 30 rilievi per le micro-doline (Figura 24)

- I risultati

Dal confronto tra i dati del 2003 e quelli del 2020 emerge un aumento del valore pastorale e della copertura vegetale in entrambi gli ambienti. Questo incremento potrebbe essere attribuito a condizioni climatiche più favorevoli per la formazione del suolo, legate al riscaldamento globale

e all'allungamento della stagione vegetativa in quota, oltre che alla stabilizzazione dei versanti. In queste aree si creano condizioni ideali per la colonizzazione da parte di piante vascolari. Lo studio evidenzia un effetto di "inverdimento", dovuto soprattutto all'espansione di graminacee e altre specie erbacee di buona qualità foraggera.

Nei ghiaioni si è osservato un aumento significativo del numero di specie, da 21 nel 2003 a 48 nel 2020. Questo fenomeno è stato documentato anche sulle Alpi francesi (Carlson *et al.*, 2017) e su altre montagne italiane monitorate dalla rete LTER (Rogora *et al.*, 2018). Nelle micro-doline, invece, si è registrata una lieve diminuzione del numero di specie, da 70 nel 2003 a 60 nel 2020.

Il valore pastorale è aumentato in entrambi gli ambienti:

- Nei ghiaioni, grazie alla presenza di Fabaceae e Asteraceae come *Anthyllis vulneraria* subsp. *pulchella*, *Trifolium pratense* subsp. *semipurpureum* e *Taraxacum apenninum*, il valore pastorale è passato da VP2003 = 13,48 a VP2020 = 20,56 (Tabella 2).
- Nelle micro-doline, l'incremento è stato determinato da leguminose come *Trifolium thalii*, *Trifolium pratense* subsp. *semipurpureum*, *Anthyllis vulneraria* subsp. *pulchella*, *Trifolium noricum* subsp. *praetutianum*, e da Asteraceae come *Taraxacum apenninum* e *Taraxacum glaciale*, con un aumento da VP2003 = 28,58 a VP2020 = 34,54 (Tabella 3).

L'incremento del valore pastorale suggerisce che questi ecosistemi siano in grado di offrire risorse nutritive sufficienti

a sostenere l'attuale popolazione di camoscio appenninico. Le tabelle 2 e 3 riportano le specie e sottospecie

vegetali presenti nei ghiaioni e nelle micro-doline con i rispettivi valori CSP x Is (2020) - (Figura 25).

SPECIE E SOTTOSPECIE	FAMIGLIA	COEFFICIENTE di RICOPRIMENTO (CSP) 2003	COEFFICIENTE di RICOPRIMENTO (CSP) 2020	INDICE SPECIFICO (Is)	CSP x Is (2003)	CSP x Is (2020)
<i>Anthyllis vulneraria</i> subsp. <i>pulchella</i>	Fabaceae	0,00	5,98	5	0,00	29,88
<i>Isatis apennina</i>	Brassicaceae	29,23	23,51	1	29,23	23,51
<i>Festuca violacea</i> subsp. <i>italica</i>	Poaceae	0,00	6,18	2	0,00	12,35
<i>Leucopoa dimorpha</i>	Poaceae	0,96	6,18	1	0,96	6,18
<i>Poa alpina</i> subsp. <i>alpina</i>	Poaceae	2,24	2,79	2	4,47	5,58
<i>Trifolium pratense</i> subsp. <i>semipurpureum</i>	Fabaceae	0,00	1,20	4	0,00	4,78
<i>Taraxacum appenninum</i>	Asteraceae	0,00	1,20	3	0,00	3,59
<i>Senecio squalidus</i> subsp. <i>rupestris</i>	Asteraceae	3,83	3,59	1	3,83	3,59
<i>Cerastium thomasii</i>	Caryophyllaceae	0,32	2,79	1	0,32	2,79
<i>Achillea barrelieri</i> subsp. <i>barrelieri</i>	Asteraceae	0,00	0,80	2	0,00	1,59
<i>Galium magellense</i>	Rubiaceae	11,98	1,59	1	11,98	1,59
<i>Crepis pygmaea</i>	Asteraceae	1,12	1,39	1	1,12	1,39
<i>Valeriana montana</i>	Caprifoliaceae	4,79	1,39	1	4,79	1,39
<i>Alyssum cuneifolium</i>	Brassicaceae	1,92	0,60	2	3,83	1,20
<i>Noccaea stylosa</i>	Brassicaceae	0,96	0,40	2	1,92	0,80
<i>Arabis caucasica</i>	Brassicaceae	3,04	0,60	1	3,04	0,60
<i>Scorzoneroides montana</i> subsp. <i>breviscapa</i>	Asteraceae	0,96	0,60	1	0,96	0,60
<i>Helictochloa praetutiana</i>	Poaceae	0,00	0,40	1	0,00	0,40
<i>Erigeron epiroticus</i>	Asteraceae	0,00	0,20	1	0,00	0,20
<i>Festuca alfrediana</i>	Poaceae	0,00	0,20	1	0,00	0,20
<i>Linaria purpurea</i>	Plantaginaceae	0,00	0,20	1	0,00	0,20
<i>Phyteuma orbiculare</i>	Campanulaceae	0,96	0,20	1	0,96	0,20
<i>Valeriana salianca</i>	Caprifoliaceae	0,00	0,20	1	0,00	0,20
VP = 0,2 * ΣCSPi x Isi					13,48	20,56

Tabella 2 - In tabella sono riportate le specie e sottospecie vegetali degli ambienti di ghiaione con valore di CSP x Is (2020) maggiore di 0 - fonte: Reticula n. 29/2022

SPECIE E SOTTOSPECIE	FAMIGLIA	COEFFICIENTE di RICOPRIMENTO (CSP) 2003	COEFFICIENTE di RICOPRIMENTO (CSP) 2020	INDICE SPECIFICO (Is)	CSP x Is (2003)	CSP x Is (2020)
<i>Trifolium thalii</i>	Fabaceae	18,74	20,66	2	37,47	41,32
<i>Plantago atrata</i> subsp. <i>atrata</i>	Plantaginaceae	19,74	19,50	2	39,47	38,99
<i>Trifolium pratense</i> subsp. <i>semipurpureum</i>	Fabaceae	2,79	5,56	4	11,17	22,23
<i>Taraxacum appenninum</i>	Asteraceae	1,21	5,10	3	3,63	15,29
<i>Phleum rhaeticum</i>	Poaceae	2,11	4,54	3	6,32	13,63
<i>Taraxacum glaciale</i>	Asteraceae	2,50	3,51	3	7,50	10,54
<i>Poa alpina</i> subsp. <i>alpina</i>	Poaceae	3,33	2,43	4	13,34	9,70
<i>Anthyllis vulneraria</i> subsp. <i>pulchella</i>	Fabaceae	0,38	1,70	5	1,88	8,51
<i>Crepis aurea</i> subsp. <i>glabrescens</i>	Asteraceae	3,88	0,84	4	15,51	3,36
<i>Festuca violacea</i> subsp. <i>italica</i>	Poaceae	0,31	0,92	2	0,63	1,83
<i>Trifolium noricum</i> subsp. <i>praetutianum</i>	Fabaceae	0,13	0,57	3	0,38	1,72
<i>Astragalus depressus</i> subsp. <i>depressus</i>	Fabaceae	0,29	1,61	1	0,29	1,61
<i>Helictochloa praetutiana</i>	Poaceae	0,15	0,74	1	0,15	0,74
<i>Senecio squalidus</i> subsp. <i>rupes-tris</i>	Asteraceae	0,02	0,61	1	0,02	0,61
<i>Luzula spicata</i>	Juncaceae	0,27	0,61	1	0,27	0,61
<i>Cerastium arvense</i> subsp. <i>suffruticosum</i>	Caryophyllaceae	0,44	0,13	3	1,31	0,40
<i>Gentiana verna</i> subsp. <i>verna</i>	Gentianaceae	0,19	0,34	1	0,19	0,34
<i>Pilosella lactucella</i>	Asteraceae	0,77	0,29	1	0,77	0,29
<i>Scorzoneroides montana</i> subsp. <i>breviscapa</i>	Asteraceae	0,52	0,23	1	0,52	0,23
<i>Cerastium thomasi</i>	Caryophyllaceae	0,44	0,17	1	0,44	0,17
<i>Achillea barrelieri</i> subsp. <i>barrelieri</i>	Asteraceae	0,21	0,06	2	0,42	0,12
<i>Juncus monanthos</i>	Juncaceae	0,02	0,11	1	0,02	0,11
<i>Erigeron epiroticus</i>	Asteraceae	0,06	0,10	1	0,06	0,10
<i>Polygala alpestris</i>	Polygalaceae	0,02	0,04	2	0,04	0,08
<i>Galium magellense</i>	Rubiaceae	0,19	0,04	1	0,19	0,04
<i>Bellidiastrum michelii</i>	Asteraceae	0,00	0,02	1	0,00	0,02
VP = 0,2 * ΣCSPi x Isi					28,58	34,52

Tabella 3 - In tabella sono riportate le specie e sottospecie vegetali degli ambienti di micro-dolina con valore di CSP x Is (2020) maggiore di 0 - fonte: Reticula n. 29/2022



Figura 25 - Piano Amaro 2500 m - camosci al pascolo in quota - ph F. Marcucci - agosto 2024

Il progetto GLORIA

Il progetto GLORIA (*Global Observation Research Initiative in Alpine Environments*) è una rete internazionale di ricerca a lungo termine che monitora l'impatto del cambiamento climatico sulla biodiversità e sulla vegetazione degli ecosistemi montani d'alta quota, considerati particolarmente vulnerabili [12].

Area di osservazione

Il campionamento nel progetto GLORIA viene effettuato all'interno di specifiche regioni target (TR), ognuna composta da un minimo di tre fino a quattro cime montane disposte secondo un gradiente altitudinale che si estende dal limite superiore della vegetazione arborea fino alla zona nivale. Questa configurazione consente di analizzare in modo sistematico e comparabile la variazione della vegetazione lungo un asse verticale, fondamentale per studiare come il clima influenzi la distribuzione delle specie in ambienti d'alta quota.

La selezione delle cime segue criteri rigorosi e scientificamente motivati, essenziali per garantire l'omogeneità dei dati raccolti e la comparabilità tra siti diversi. In primo luogo, tutte le vette all'interno di una stessa regione devono appartenere allo stesso regime climatico regionale, così da evitare la confusione dovuta a differenze climatiche significative, come quelle tra versanti a vento e riparo o tra esposizioni con irraggiamento solare differente. Questa omogeneità climatica è indispensabile per isolare gli effetti del cambiamento globale su una base coerente. Un altro fattore critico riguarda la litologia delle cime: devono essere composte da substrati rocciosi simili, perché substrati geologici diversi (per esempio calcarei contro silicei) influenzano direttamente le caratteristiche del suolo, la disponibilità di nutrienti e quindi la composizione floristica. Mantenere uniformità litologica permette di attribuire eventuali variazioni osservate nella vegetazione più direttamente agli effetti climatici piuttosto che a differenze geologiche. La morfologia delle vette deve essere "moderata", evitando sia cime eccessivamente ripide. Questa condizione assicura un habitat diversificato ma rappresentativo, con un'ampia gamma di microambienti ed esposizioni (nord, est, sud, ovest) facilmente accessibili per il campionamento replicabile.

Infine, è fondamentale che le aree di studio presentino un basso livello di disturbo antropico. Una scarsa pressione da pascolo intensivo e poco traffico escursionistico riducono il rischio che fattori umani alterino i segnali ecologici legati al cambiamento climatico. Ciò permette di osservare più chiaramente le risposte naturali dell'ecosistema.

Tra i siti di studio europei più rappresentativi che rispettano questi criteri vi sono l'Appennino centrale (IT-CAM), con aree di grande valore biogeografico come la Maiella; l'Appennino settentrionale (IT-NAP), importante per la variabilità climatica ed ecologica; la Sierra Nevada in Spagna (ES-SNE), caratterizzata da condizioni mediterranee e da una forte pressione idrica; e le Alpi Meridionali (IT-ADO), che rappresentano un sistema montano con dinamiche climatiche e floristiche differenti. Questa rete di siti fornisce una visione comparativa su diverse realtà montane e consente di identificare

pattern generali e specifici locali nella risposta degli ecosistemi alpini al cambiamento globale.

Tecnologie utilizzate

Il metodo GLORIA è stato sviluppato con l'obiettivo di offrire un approccio efficace, ma al contempo semplice e a basso costo, per il monitoraggio ambientale in ecosistemi montani remoti e spesso difficili da raggiungere. Questa caratteristica lo rende particolarmente adatto anche a spedizioni con risorse limitate, dove l'uso di attrezzature sofisticate e costose sarebbe poco praticabile o troppo oneroso. La semplicità del metodo facilita inoltre la replicabilità e l'adozione su scala globale, permettendo una raccolta dati standardizzata e comparabile tra diverse catene montuose e regioni alpine.

Per quanto riguarda il monitoraggio climatico, il progetto si avvale principalmente di registratori di dati di temperatura, detti *Data Loggers*, dispositivi elettronici compatti e resistenti, capaci di registrare in modo continuo e autonomo le variazioni termiche nel tempo, senza la necessità di interventi frequenti sul campo.

I *Data Loggers* vengono posizionati nel terreno in punti rappresentativi dell'ecosistema da monitorare, registrando costantemente la temperatura del suolo, una variabile ambientale fondamentale per interpretare i processi ecologici che influenzano la vegetazione alpina. Questi dati consentono di calcolare indici termici essenziali, come la durata precisa della stagione di crescita vegetativa, attraverso la determinazione delle date di scioglimento e di copertura nevosa. La presenza e la durata della neve sono parametri chiave in quanto influenzano direttamente la disponibilità di acqua, la protezione dal gelo e la finestra temporale per la fotosintesi e la riproduzione delle piante alpine.

Inoltre, il basso fabbisogno energetico e la lunga autonomia di registrazione dei dispositivi permettono di effettuare monitoraggi di lungo termine senza la necessità di frequenti interventi logistici. Questo riduce sia i costi operativi sia il disturbo antropico sulle aree monitorate, preservando l'integrità degli ecosistemi osservati. L'adozione di tecnologie semplici ma robuste rappresenta quindi un equilibrio ottimale tra precisione scientifica e sostenibilità operativa, garantendo dati climatici di qualità che supportano l'analisi delle risposte vegetali al cambiamento climatico in contesti ambientali complessi e variabili.

Tecniche di rilevamento e raccolta dati

Le rilevazioni all'interno del progetto GLORIA sono pianificate e realizzate su un orizzonte temporale di lungo periodo, con campagne di monitoraggio che si ripetono generalmente ogni 5-10 anni, e con frequenze tipiche di circa 6-7 anni. Questo intervallo temporale è studiato per bilanciare la necessità di rilevare cambiamenti ecologici significativi dovuti al mutamento climatico, che spesso si manifestano lentamente, con la gestione pratica delle risorse e l'accessibilità ai siti di alta quota, che possono essere costosi e difficili da raggiungere. Il protocollo, denominato STAM (*Standardized Multi-summit Approach*), divide ogni vetta in otto sezioni chiamate SAS (*Standardized Altitudinal Sections*). Quattro

di queste sezioni si estendono dal punto più alto della vetta fino a 5 m di dislivello, mentre le altre quattro coprono la fascia tra i 5 e i 10 m di dislivello. Ogni sezione è orientata verso uno dei quattro punti cardinali – Nord, Est, Sud e Ovest – per garantire una copertura completa delle diverse esposizioni microclimatiche e ambientali. Questa suddivisione permette di analizzare in modo accurato e sistematico la distribuzione e l'abbondanza delle specie vegetali rispetto all'altitudine, all'esposizione solare e ad altri fattori ambientali variabili.

Il rilevamento della vegetazione si basa principalmente sull'osservazione diretta e sulla stima visiva della copertura delle specie vascolari presenti in ciascuna sezione SAS. Per rendere quantitativamente comparabili i dati raccolti, le stime qualitative sono convertite in classi ordinali e associate a valori numerici percentuali di copertura. Questa trasformazione da classi qualitative a valori numerici è l'indice *Cliff's Delta* (Indice di Dimensione dell'Effetto), un nuovo protocollo di analisi per rilevare aumenti o diminuzioni significative nell'abbondanza delle specie presenti nel sito di studio, incluse quelle rare con pochi dati, e le specie nuove o scomparse, determinare specie vegetali "vincenti" (aumenti significativi di abbondanza) e "perdenti" (diminuzioni significative di abbondanza) in risposta al cambiamento climatico,

Le classi utilizzate sono:

- **r!** (molto rara): corrisponde a circa lo 0,1% di copertura, indica la presenza sporadica e localizzata di una specie;
- **r** (rara): circa 5% di copertura, indica una presenza limitata ma individuabile;
- **s** (sparsa): circa 17,5%, indica una distribuzione sparsa su una parte significativa dell'area;
- **c** (comune): circa 37,5%, per specie con rilevante presenza ma non dominanti;
- **d** (dominante): superiore al 50% (mediamente 75%), per specie che coprono gran parte dell'area e influenzano fortemente la struttura vegetale.

SES (*Standardized Effect Size*): calcola la variazione relativa di frequenza o abbondanza, confrontando i valori rilevati nell'ultimo monitoraggio e quelli iniziali. Questo approccio standardizzato consente di confrontare i cambiamenti tra specie e siti diversi su una scala comune, migliorando la comparabilità dei dati. L'integrazione di queste tecniche di rilevamento e di analisi statistica fornisce un quadro

rigoroso e affidabile delle dinamiche vegetali negli ecosistemi alpini, rendendo possibile l'identificazione precoce di tendenze legate ai cambiamenti climatici.

Risultati

Le analisi condotte sui dati raccolti dal network GLORIA hanno evidenziato che il cambiamento della vegetazione sulle cime alpine sta accelerando sotto l'effetto del cambiamento climatico. Questo fenomeno è particolarmente marcato lungo l'Appennino. I risultati principali delle analisi sulle dinamiche di popolazione a livello di singola specie, ottenuti sui dati raccolti dal network GLORIA, includono:

1. Stabilità generale vs. cambiamento di abbondanza: nonostante il forte riscaldamento recente, l'abbondanza complessiva delle specie alpine monitorate è rimasta relativamente stabile negli ultimi vent'anni, con circa due terzi delle specie che non hanno mostrato variazioni significative (SES tra -1 e 1). La maggior parte delle specie ha mostrato pattern stabili anche nella frequenza di presenza.
2. Specie con variazioni rilevabili: sebbene l'abbondanza complessiva sia rimasta stabile per la maggior parte delle specie, circa il 30% ha mostrato variazioni rilevabili (aumenti o diminuzioni) negli ultimi vent'anni di monitoraggio GLORIA. Tali variazioni di abbondanza riflettono i principali processi demografici – quali crescita, riproduzione e mortalità – che rispondono direttamente ai cambiamenti climatici.
3. Quantificazione di vincitori e perdenti (siti italiani): sono stati analizzati i dati vegetazionali di tre siti GLORIA italiani, esaminando 413 specie vascolari e identificando 41 specie vincenti e 24 perdenti.
4. Differenze regionali: i risultati mostrano che le comunità vegetali stanno cambiando più rapidamente nei siti appenninici. L'analisi delle dinamiche di abbondanza, in aumento o in diminuzione, ha rivelato alcune tendenze regionali specifiche. In particolare, la proporzione di declini moderati di abbondanza (SES tra -1 e -2) variava dall'8% nella Sierra Nevada al 15% nell'Appennino centrale (IT-CAM).

Questi risultati sono fondamentali in quanto suggeriscono che, comunità vegetali legate al freddo stanno subendo cambiamenti demografici significativi in risposta al riscaldamento climatico in corso (variazione di abbondanza), segnale precoce della trasformazione accelerata della vegetazione d'alta quota.



Figura 26 - *Gentiana dinarica* Beck e *Pinus mugo* - ph F. Marcucci

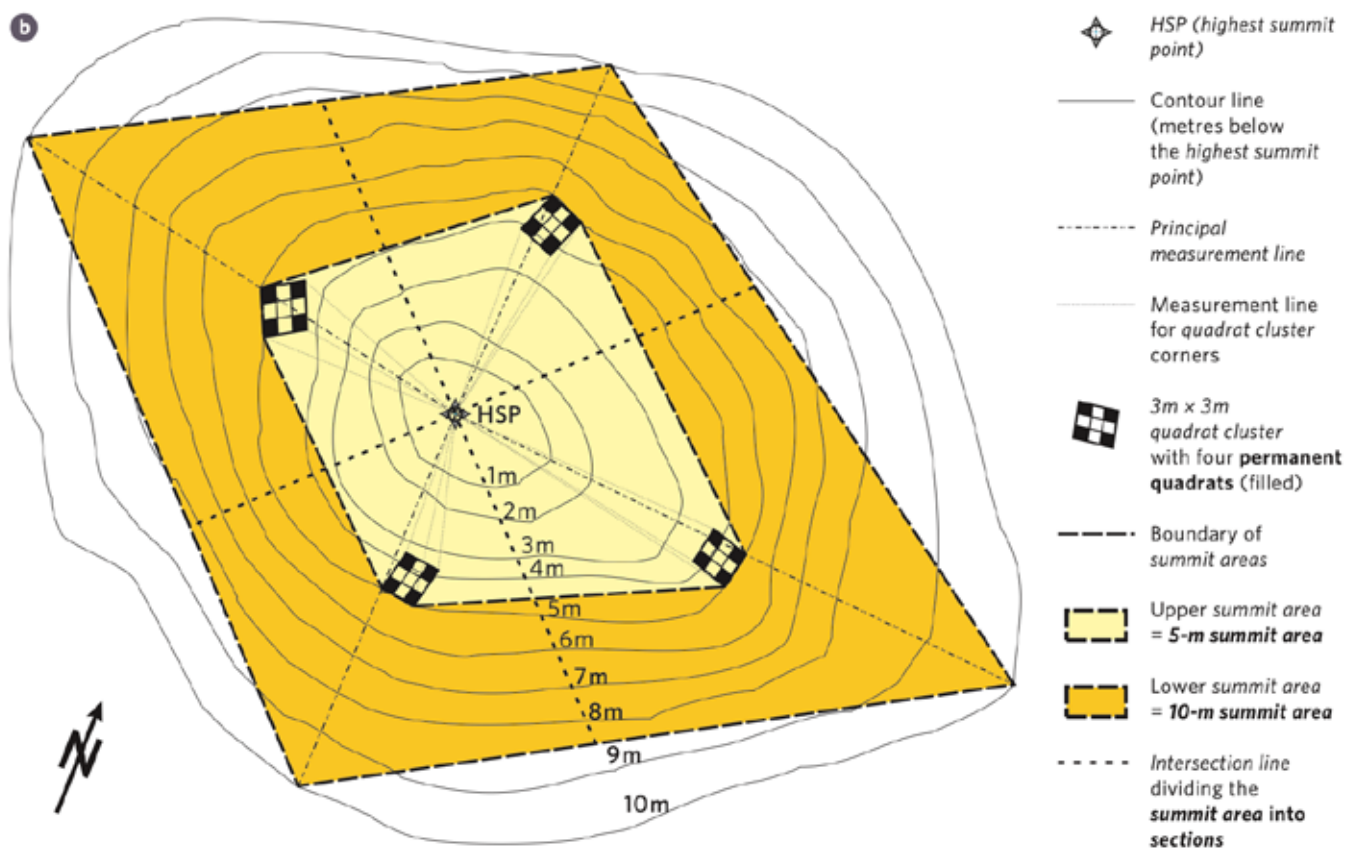
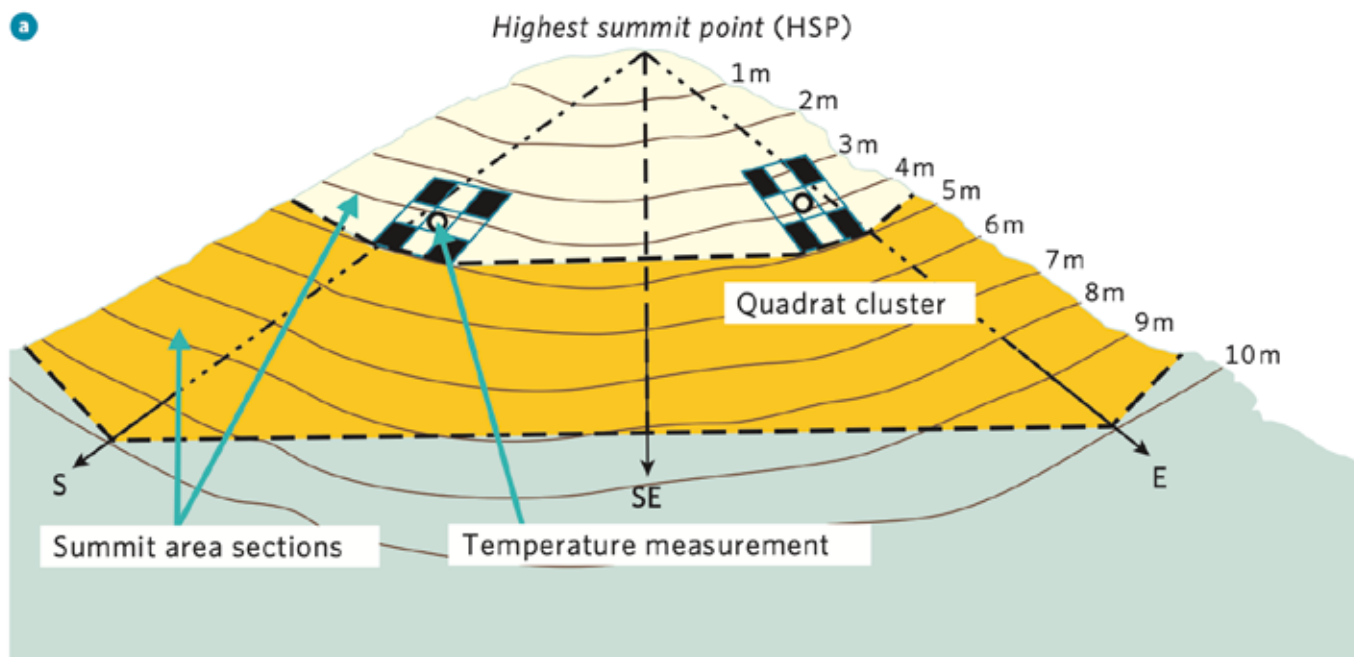


Figura 27 - Rappresentazione schematica di esempio sul funzionamento della ricerca del progetto GLORIA. Settore A (in alto): vista laterale con linee di contorno schematiche. Settore B (parte in basso): Vista dall'alto. Il cluster quadrato di 3x3 m e i vertici delle aree sommitali sono disposti lungo le principali direzioni geografiche (N, E, S, O). Ogni cluster quadrato può essere disposto a sinistra o a destra della linea di misurazione principale, a seconda della situazione del terreno e dell'habitat locale (indipendentemente dalle rispettive impostazioni degli altri tre cluster quadrati). Come regola generale, sinistra e destra sono sempre definite guardando verso il punto sommitale più alto - Fonte: <https://www.gloria.ac.at/methods/manual>

Osservazioni sul campo

Arrivati sulle aree sommitali della Maiella, si aprono davanti agli occhi i vasti altipiani lastricati di pietra calcarea fratturata e ghiaioni sconfinati. È il paesaggio lunare della Maiella. Qui, la natura si presenta in tutta la sua austera grandezza e potenza. Questo scenario unico e selvaggio incanta chiunque con un'aura di mistero: un microcosmo di biodiversità.

L'aria rarefatta è permeata dal silenzio e da un'intensità che mette a nudo la complessità delle relazioni ecologiche. Qui convivono specie endemiche, preziose testimonianze di millenni di evoluzione e adattamento. L'esperienza diretta in questo ambiente affascina e commuove: la curiosa presenza dei camosci, ogni fiore, ogni prateria, ogni dettaglio rivela strategie di sopravvivenza straordinarie e un equilibrio delicato che invita a riflettere sull'importanza vitale della conservazione di questi luoghi così fragili e irripetibili. Questi gioielli di biodiversità non sono solo oggetto di studio scientifico, ma custodi vitali di una storia naturale. Proteggerli significa preservare un'eredità insostituibile, mantenere vivi gli antichi segreti di una natura che continua a meravigliare e insegnare il valore profondo dell'armonia tra uomo e ambiente.

Metodologia e valore del monitoraggio (2022-2025)

Il presente lavoro non costituisce solo una sintesi documentale, ma si fonda su un'attività di monitoraggio svolta tra giugno e agosto degli anni 2022-2025. Il contributo risiede nella validazione visiva delle dinamiche ecologiche descritte dalla letteratura (Santojanni *et al.* e network GLORIA). La documentazione fotografica prodotta è stata solo in parte selezionata per questa pubblicazione e funge da testimonianza dei cambiamenti in atto, permettendo di confrontare i dati storici con lo stato di conservazione degli habitat d'alta quota per gli anni di riferimento. Il monitoraggio è ancora attivo e proseguirà nei prossimi anni.

L'osservazione botanica oltre i 2300 m sulla Maiella presenta sfide logistiche che influenzano la frequenza dei monitoraggi. L'assenza di acqua, il peso dell'attrezzatura, le condizioni di luce, influenzano i tempi di permanenza in quota e di conseguenza la possibilità di acquisire dati. La vegetazione alpina presenta una distribuzione spesso sparsa e con specie che si mimetizzano con l'ambiente circostante, rendendo complesse le identificazioni rapide. Le condizioni climatiche mutevoli e severe, il terreno accidentato rappresentano ulteriori ostacoli all'osservazione.

Discussione critica degli habitat e della flora sommitale

• Il deperimento della *Silene acaulis*

Durante i rilievi presso il Monte Acquaviva e il Monte Amaro, è stata dedicata particolare attenzione alla specie *Silene acaulis* (L.) Jacq. subsp. *bryoides* (Jord.) Nyman con un ampio numero di immagini.

Sebbene questa specie agisca da "nurse plant" (pianta nutrice) facilitando l'insediamento di altre specie, l'analisi condotta alla luce degli studi di Bonanomi *et al.* (2016, 2023) evidenzia una crescente vulnerabilità.

Nonostante la morfologia compatta a cuscino serva a trattenere umidità, si sono riscontrati esemplari con necrosi

centrali: questo fenomeno di *dieback* (deperimento) è un segnale preoccupante dello stress termico al limite meridionale della sua distribuzione appenninica.

• Validazione del "greening" e valore pastorale (Habitat 8120 e 6170)

Le osservazioni dirette effettuate presso la Cima dell'Altare (2542 m) confermano visivamente il fenomeno del "greening" (inverdimento) descritto da Santojanni *et al.* (2022). Le fotografie realizzate mostrano una colonizzazione più densa dei ghiaioni.

Questo incremento della copertura non è solo un dato statistico, ma si traduce in una maggiore disponibilità trofica per il camoscio appenninico (*Rupicapra pyrenaica* subsp. *ornata*). Durante tutte le sessioni di monitoraggio 2022-2025, si sono documentati numerosi branchi in prossimità delle micro-doline (Habitat 6170), confermando l'importanza di queste praterie ad alto valore nutritivo per la sopravvivenza della specie (*Trifolium thalii*, *Plantago atrata*).

Si è potuta documentare la presenza del camoscio appenninico in tutti gli habitat oggetto di questo studio, fino al limite più basso delle mughete.

• Dinamiche a lungo termine delle boscaglie (Habitat 4070)

Per quanto riguarda le boscaglie di *Pinus mugo* documentate dal Blockhaus (2140 m) fino a Fonte Acqua Gelata (2378 m), le immagini evidenziano popolamenti estremamente fitti e in aumento. Integrando questa osservazione con le ricerche di Calabrese *et al.* (2018), è possibile interpretare tale densità come un cambiamento ecologico a lungo termine: la progressiva espansione del pino mugo verso quote superiori, sebbene lenta, potrebbe alterare la struttura degli habitat sommitali riducendo lo spazio per le specie d'alta quota.

La selezione delle immagini per le osservazioni sul campo è schematizzata per ogni tipo di habitat preso in considerazione nella seguente Tabella 4:

Habitat 4070 - Boscaglie di <i>Pinus mugo</i>	
Elenco specie documentate	Documentazione fotografica realizzata n°
1. <i>Pinus mugo</i>	11
2. <i>Cymbalaria pallida</i>	2
3. <i>Gentiana dinarica</i> (Beck) Beck	1
4. <i>Cynoglossum magellense</i> Ten.	2
5. <i>Gentiana lutea</i> L.	2
6. <i>Dactylorhiza sambucina</i> (L.) Soó	1
7. <i>Cephalanthera rubra</i> (L.) Rich.	1
8. <i>Cephalanthera longifolia</i> (L.) Fritsch	1
9. <i>Pulsatilla alpina</i> (L.) Chaz	1
10. <i>Phyteuma orbiculare</i> L.	1
11. <i>Gentianopsis ciliata</i> (L.) Ma	1
Habitat 8210 - Pareti rocciose calcaree con vegetazione casmofita	
Elenco specie documentate	Documentazione fotografica realizzata n°
1. <i>Pinguicula fiorii</i> Tammaro & Pace	3

Habitat 8120 - Ghiaioni calcarei	
Elenco specie documentate	Documentazione fotografica realizzata n°
1. <i>Rupicapra pyrenaica</i> subsp. <i>ornata</i>	5
2. <i>Adonis distorta</i> Ten.	1
3. <i>Papaver alpinum</i> L.	1
4. <i>Crepis magellensis</i>	2
5. <i>Isatis apennina</i> Ten. ex Grande	1
6. <i>Bistorta vivipara</i> (L.) Delarbre	1
7. <i>Cerastium thomasi</i> Ten.	1
8. <i>Armeria gracilis</i> subsp. <i>majellensis</i>	1
9. <i>Androsace villosa</i> L.	1
10. <i>Linaria alpina</i> (L.) Mill.	1
11. <i>Myosotis</i>	1
12. <i>Gentiana verna</i> L.	1
13. <i>Achillea barrelieri</i> (Ten.)	1
14. <i>Leontopodium nivale</i> (Ten.)	1
15. <i>Artemisia eriantha</i> (Genepi)	1
16. <i>Campanula fragilis</i> subsp. <i>cavolinii</i>	1
17. <i>Erigeron alpinus</i> L.	1
18. <i>Viola magellensis</i> Porta & Rigo	2
19. <i>Silene acaulis</i> subsp. <i>bryoides</i>	2

Habitat 6170 - Formazioni erbose calcicole alpine e subalpine	
Elenco specie documentate	Documentazione fotografica realizzata n°
1. <i>Rupicapra pyrenaica</i> subsp. <i>ornata</i>	5
2. Formazioni erbose nelle doline carsiche	5
3. Copertura erbosa discontinua	1

Tabella 4 - In tabella sono sintetizzate le varie attività documentali del monitoraggio botanico, faunistico e paesaggistico realizzato tra il 2022 e il 2025, nei mesi tra giugno e agosto di ogni anno. Le foto inserite nella documentazione sono quelle selezionate dall'autore.

A seguire alcuni esempi della documentazione fotografica realizzata nei vari habitat dove si è svolto il lavoro di monitoraggio. L'intera raccolta documentale è a disposizione contattando l'autrice.



Figura 28 - Mugheta densa di *Pinus mugo* Turra subsp. *mugo* - ph F. Marcucci



Figura 29 - *Cymbalaria pallida* (Ten.) Wettst., endemica italiana - ph F. Marcucci



Figura 30 - *Cynoglossum magellense* Ten. - ph F. Marcucci



Figura 31 - *Gentiana lutea* - ph F. Marcucci



Figura 32 - *Viola magellensis* Porta & Rigo - ph F. Marcucci



Figura 33 - Pareti rocciose calcaree con vegetazione pioniera casmofitica - ph F. Marcucci



Figura 34 - *Cymbalaria pallida* Ten. - ph F. Marcucci



Figura 35 - Vista su Valle di Macchia Lunga da Cima dell'Altare a 2363 m - ph F. Marcucci



Figura 36 - *Potentilla crantzii* nelle vicinanze del Bivacco Fusco (2455 m) - ph F. Marcucci



Figura 37 - *Crepis magellanis* sul detrito calcareo - ph F. Marcucci



Figura 38 - *Pinguicula fiorii* Tommaro & Pace - ph F. Marcucci



Figura 39 - *Adonis distorta* Ten e *Papaver alpinum* L. a 2500 m - ph F. Marcucci



Figura 40 - *Erigeron alpinus* L. - ph F. Marcucci



Figura 41 - Camosci al pascolo osservati dal Bivacco Fusco - ph F. Marcucci



Figura 42 - Vista dal Blockhaus (2140 m) verso le cime del massiccio della Maiella - ph F. Marcucci

Conclusioni

Le aree sommitali del Massiccio della Maiella sono soggette a un insieme complesso di fattori climatici e pressioni antropiche che ne influenzano la biodiversità e le dinamiche ecologiche. Sebbene le pressioni antropiche (come l'escursionismo e interventi infrastrutturali) siano moderate rispetto ad altre zone montane, possono comunque alterare gli habitat, con effetti negativi sulla diversità vegetale spontanea e sui processi naturali di rigenerazione. La conservazione dell'area sommitale richiede un'attenzione continua, per mitigare gli effetti del crescente turismo e dei cambiamenti climatici che possono compromettere il fragile equilibrio degli ecosistemi alpini. Di fronte a queste sfide, il monitoraggio e la conservazione della biodiversità vegetale sommitale sono essenziali, rendendo importanti strategie *in situ*, *ex situ*.

La conservazione *in situ* prevede la tutela diretta degli ecosistemi nei loro contesti naturali originali. L'azione di monitoraggio è l'attività più ricorrente. Ultimo, solo in ordine di tempo, è il progetto MAIA (Monitoraggio della Biodiversità Altomontana del Parco Nazionale della Maiella) un'importante iniziativa finanziata dal Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR). Il progetto ha l'obiettivo di svolgere un monitoraggio multi-taxa e multilivello a medio-lungo termine della biodiversità in ambienti d'alta quota della Maiella. Il focus è su habitat e specie animali e vegetali particolarmente sensibili ai cambiamenti climatici, con l'intento di valutare lo stato di conservazione, le pressioni, la vulnerabilità e la capacità di resilienza di queste componenti. Il progetto si articola in quattro azioni principali distribuite in un periodo di 20 mesi, da marzo 2024 a ottobre 2025. Tra le attività per la parte botanica c'è il monitoraggio delle praterie e arbusteti altomontani, con campionamenti stratificati e georeferenziazione delle aree permanenti di studio per la valutazione di impatti dovuti a erbivori e cambiamenti climatici.

La conservazione *ex situ* avviene attraverso strumenti come le banche del germoplasma e gli orti botanici, garantendo una riserva genetica preziosa per eventuali interventi di ripristino e reintroduzione. L'integrazione di queste due strategie, supportata da una rete efficiente di monitoraggio e gestione, è considerata la risposta più efficace alle pressioni ambientali e ai cambiamenti climatici in atto.

Tale approccio si allinea alle strategie internazionali, come la Convenzione sulla Diversità Biologica (CBD) e la Strategia Globale per la Conservazione delle Piante (GSPC), sottolineando la complementarità tra le misure *ex situ* e *in situ* per la tutela degli ecosistemi montani vulnerabili.

Un ruolo fondamentale nella conservazione *ex situ* della flora spontanea italiana è svolto da RIBES (Rete Italiana delle Banche del germoplasma), costituita ufficialmente nel 2005. Questa rete coordina circa 20 istituzioni tra orti botanici universitari, enti locali, parchi naturali, musei, società private e ONLUS, distribuite sull'intero territorio nazionale. Gli obiettivi principali di RIBES includono il miglioramento della qualità e della sicurezza delle collezioni di germoplasma vegetale, l'attuazione di strategie integrate di conservazione per le specie minacciate e la promozione della collaborazione tra i nodi della

rete per condividere conoscenze, tecnologie e pratiche gestionali. RIBES contribuisce così alla tutela della biodiversità vegetale italiana e al raggiungimento degli obiettivi europei e globali di conservazione.

La conservazione delle aree sommitali della Maiella necessita di attenzione continua e di un approccio multidisciplinare. La strategia più efficace per salvaguardare il fragile equilibrio degli ecosistemi alpini e la biodiversità vegetale potrebbe essere quella di combinare un monitoraggio rigoroso con una tutela integrata *in situ* ed *ex situ* oltre che una stretta collaborazione tra istituzioni. Inoltre, è fondamentale promuovere attività di divulgazione scientifica per aumentare la consapevolezza pubblica sull'importanza del patrimonio naturale e della biodiversità, favorendo così un coinvolgimento più ampio della società nella tutela e valorizzazione degli ecosistemi locali.

Note

1. Aurelio Manzi (2019). *La flora endemica minacciata delle montagne italiane*. Club Alpino Italiano
2. Manzi, A. (2012). *Storia dell'ambiente nell'Appennino centrale*. Meta (Treglio)
3. <https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/suolo-e-territorio/cartografia/carta-geologica-della-majella/carta-geologica-della-majella>
4. Catonica C., Manzi A., 2002. *L'influenza della storia climatica e geologica recente sulla flora d'alta quota dei gruppi montuosi del Gran Sasso e della Majella (Appennino Centrale)*
5. Di Fabrizio A., Ferroni E., Taffetani F., 2005. *Cenni floristici e vegetazione d'alta quota della Majella*
6. Körner, C. (2003). *Alpine Plant Life: Functional Plant Ecology of High Mountain Ecosystems*. Springer
7. Körner, C. (2003). *Alpine Plant Life: Functional Plant Ecology of High Mountain Ecosystems*. Springer
8. Molau, U., & Larsson, S. (2000). *Pollination in alpine plants*
9. Schöb, C., Michalet, R., & Callaway, R. M. (2014). *Facilitation by a cushion plant increases species richness and evenness in alpine grasslands*. *Ecology*, 95(10), 2827-2834
10. Callaway, R. M. (2002). *Positive interactions among plants*. *The Botanical Review*, 68(4), 313-349
11. Santoianni, Lucia AU - Varricchione, Marco AU - Carranza, Maria AU - Stanisci, Angela AU - Di Cecco, Valter AU - Martino, Luciano AU - Antonucci, Antonio PY - 2022/05/16 SP - T1 - La vegetazione erbacea d'alta quota e il suo valore pastorale nel Parco Nazionale della Majella - Reticula 29/2022
12. Gloria.ac.at. (2025). Gloria. <https://www.gloria.ac.at/network/region/CAM>

Bibliografia

- AUTORI VARI (2019). *La flora endemica minacciata delle montagne italiane*. Club Alpino Italiano
- BIONDI E., BLASI C., BURRASCANO S., CASAVECCHIA S., COPIZ R., DEL VICO E., GALDENZI D., GIGANTE D., LASEN C., SPAMPINATO G., VENANZONI R., ZIVKOVIC L. (2009). *Manuale Italiano di interpretazione degli habitat della Direttiva 92/43/CEE*. SBI, MATTM
- BONANOMI G., STINCA A., CHIRICO G. B., CIASCHETTI G., SARACINO A. & INCERTI G., 2016 - *Cushion plant morphology controls biogenic capability and facilitation effects of *Silene acaulis* along an elevation gradient*. *Functional Ecology*, 30(7): 1216-1226.
- BONANOMI G., IDBELLA M., ALLEGREZZA M. et al. (2023) *Dieback of the cushion plant *Silene acaulis* at its southern limit of distribution in the Apennines*. *Alp Botany* 133: 57-62.

- CALABRESE V., CARRANZA M.L., EVANGELISTA A., MARCHETTI M., STINCA A. & STANISCI A., 2018 - Long term changes in the composition, ecology and structure of *Pinus mugo* scrubs in the Apennines (Italy). *Diversity*, 10(3): 70.
- CATONICA C., MANZI A. (2002). *L'influenza della storia climatica e geologica recente sulla flora d'alta quota dei gruppi montuosi del Gran Sasso e della Majella (Appennino Centrale)- Incontri di Oropa*, Atti. Supplemento Riv. Piem. St. Nat., 23: 19-29
- CIASCHETTI G., DI CECCO M.D. (2023). *Ulteriore contributo alla flora vascolare del Parco Nazionale della Maiella e aree limitrofe - Notiziario Società Botanica Italiana*, 7 (2023)
- CONTI F., BARTOLUCCI F., CIASCHETTI G., MANZI A.M., DI MARTINO L. (2020). *Flora del Parco Nazionale della Majella*. Vol. 1-2
- CONTI F., CIASCHETTI G., DI MARTINO L., BARTOLUCCI F. (2019). *An annotated checklist of the vascular flora of Majella National Park (Central Italy)*. *Phytotaxa* 412: 1-90
- CONTI F., FALCINELLI F., GIACANELLI V., SANTUCCI B., MIGLIO M., MANZI A., BARTOLUCCI F. (2023). *New floristic data of vascular plants from central Italy*. *Natural History Sciences*, 10(1).
- DI FABRIZIO A., FERRONI E., TAFFETANI F. (2005). *Cenni floristici e vegetazione d'alta quota della Majella*. In: Di Cecco M., Andrisano T. (a cura di): *La biodiversità vegetale nelle aree protette in Abruzzo: studi ed esperienze a confronto*. Collana documenti tecnico-scientifici del Parco Nazionale della Majella.
- DI PIETRO R., PROIETTI S., FORTINI P., BLASI C. (2004). *La vegetazione dei ghiaioni nel settore sud-orientale del Parco Nazionale d'Abruzzo, Lazio e Molise*. *Fitosociologia* 41 (2): 3-20.
- KÖRNER C. (2003). *Alpine plant life: functional plant ecology of high mountain ecosystems*. Springer, Berlin.
- LOVARI S., FRANCESCHI S., CHIATANTE G., FATTORINI L., FATTORINI N., FERRETTI F. (2020). *Climatic changes and the fate of mountain herbivores*.
- MANZI A. (2012). *Storia dell'ambiente nell'Appennino centrale*. Meta, Treglio.
- PIGNATTI S. (2019). *Flora d'Italia*. Terre Nuove.
- SANTOIANNI L., VARRICCHIONE M., CARRANZA M., STANISCI A., DI CECCO V., MARTINO L., ANTONUCCI A. (2022). *La vegetazione erbacea d'alta quota e il suo valore pastorale nel Parco Nazionale della Majella*. *Reticula* n. 29.
- TAMMARO F. (2000). *Diversità floristica sulle montagne abruzzesi*.
- ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (2016). *Carta geologica della Majella*. Disponibile su: <https://www.isprambiente.gov.it> [Consultato il 25 Ott. 2025].
- MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA SICUREZZA ENERGETICA (2023). *I Quaderni Habitat - Collana*. Disponibile su: <https://www.mase.gov.it> [Consultato il 25 Ott. 2025].
- PARCOMAIELLA.IT (2025). *Monitoraggio Biodiversità Altomontana del Parco finanziato dal CNR*. Disponibile su: <https://www.parcomaiella.it> [Consultato il 25 Ott. 2025].

Sitografia

- ACTAPLANTARUM.ORG (2023). *Acta Plantarum*. Disponibile su: <https://www.actaplantarum.org> [Consultato il 28 Ott. 2025].
- ANSA.IT (2021). *Clima: sensori su cime della Maiella per tutela biodiversità*. Disponibile su: <https://www.ansa.it> [Consultato il 25 Ott. 2025].
- CSC.CAI.IT (2024). *Bollettino aprile 2024: Comitato Scientifico Centrale*. Disponibile su: <https://csc.cai.it/bollettino-aprile-2024/> [Consultato il 25 Ott. 2025].
- DRYADES.UNITS.IT (n.d.). *Portale della Flora d'Italia - Portal to the Flora of Italy*. Disponibile su: <https://dryades.units.it/floritaly/> [Consultato il 25 Ott. 2025].
- GLORIA.AC.AT (2025). *Gloria - Global Observation Research Initiative in Alpine Environments*. Disponibile su: <https://www.gloria.ac.at/network/region/CAM> [Consultato il 25 Ott. 2025].



Figura 1 - Monte Meta dal versante laziale - ph A. Iannarelli

L'Appennino dell'osso e l'Italia della polpa

Riabilitare le aree interne per riscoprire l'identità paesaggistica dell'Appennino, un patrimonio da proteggere e vivere come casa e comunità

di Benedetta Orsini⁽¹⁻²⁾

1. Operatore Naturalistico e Culturale Nazionale (ONCN) della Sezione CAI di Sulmona - Abruzzo
2. Comitato Scientifico Regionale Abruzzo

Riassunto

L'Appennino, dorsale antica di montagne, paesi e sentieri che attraversa l'Italia da Nord a Sud, racconta storie di piccole comunità spesso dimenticate. Lo spopolamento delle aree interne non è solo una questione di numeri e statistiche ma un fenomeno complesso fatto di partenze silenziose, case vuote, scuole che chiudono e servizi che mancano. Eppure c'è chi sceglie di restare, diventando custode di tradizioni, memoria e speranza.

Questo articolo vuole dare voce alle aree rurali meno conosciute dell'Appennino centrale definite "remoteness" dalla Strategia Nazionale per le Aree Interne e riflettere sul significato di parole come paese, abitare, comunità, paesaggio, oggi spesso cariche di pessimismo.

Emergono la necessità e l'opportunità, per questi territori, di reagire trasformandosi in laboratori di sperimentazione sociale ed economica, puntando sul patrimonio culturale e paesaggistico per una rinascita autentica. Abitare l'Appennino diventa così un gesto di coraggio, eguaglianza e visione di futuro.

Abstract: Apennines as bone and Italy as flesh - Reinhabiting the inland areas to rediscover the landscape identity of the Apennines, a heritage to be protected and experienced as a home and a community.

The Apennines, an ancient ridge of mountains, villages, and trails that crosses Italy from north to south, tell the stories of small, often forgotten communities. The depopulation of inland areas is not just a matter of numbers and statistics but a complex phenomenon of silent departures, empty homes, closing schools, and a lack of services. Yet there are those who choose to stay, becoming custodians of traditions, memories and hope.

This paper aims to give voice to the lesser-known rural areas of the central Apennines, defined as "remoteness" by the National Strategy for Internal Areas, and to reflect on the meaning of words such as country, dwelling, community, and landscape, often laden with pessimism today.

The need and opportunity for these territories to respond by transforming themselves into laboratories of social and economic experimentation, focusing on their cultural and landscape heritage for an authentic rebirth, emerges. Living in the Apennines thus becomes an act of courage, equality, and a vision for the future.

Parole chiave: Appennino, aree interne, Paese, remoteness, paesaggio

Territori dell'osso e della polpa

Manlio Rossi Doria, economista e politico italiano, da molti definito "meridionalista", nel 1958 coniò l'espressione "polpa e osso" per denunciare il crescente divario socio-economico che divideva le aree interne dai territori di pianura. Le sue ricerche, condotte da esperto di economia agraria, esaminavano il Mezzogiorno d'Italia e i primi segnali di trasformazione prodotti dalla Riforma Agraria del 1950.

"Territori dell'osso" non era dunque solo un richiamo all'attenzione ma l'immagine plastica della marginalità che colpì le aree rurali dell'Italia nel corso del Novecento. Lo schema interpretativo proposto da Rossi Doria apparve sin da subito applicabile a tutta la penisola italiana, segnata già a quei tempi da forti squilibri tra montagna e pianura, tra zone rurali e urbane, tra l'entroterra e la costa. Spopolamento, emigrazione, declino socio-economico, abbandono della terra e trasformazione del paesaggio: questi sono stati gli effetti più evidenti della deriva che ha colpito le aree interne nel corso degli anni. Aree protette, turismo ed economie locali sono riusciti solo in parte

a contrastare un processo secolare che ha trasformato l'interno del Paese in una grande periferia, in opposizione ai poli urbani e costieri.

Così, montagne, colline interne e fondovalle sono diventati vittime sacrificali dello sviluppo economico moderno subendo inoltre conseguenze ambientali significative: maggiore vulnerabilità idrogeologica, profonde trasformazioni del paesaggio e perdita dei valori antropici tradizionali.

Un laboratorio di resilienza

Nell'attuale fase di crisi strutturale di un modello di sviluppo che ha concentrato risorse ed economia nelle cosiddette "aree di polpa", relegando invece i territori interni, per lo più rurali e/o agro-silvo-pastorali a una condizione di isolamento e svantaggio, tornare a occuparsi dello "scheletro" della penisola non significa più soltanto resistere, ma anche aprire scenari di rinascita e sperimentare in queste aree soluzioni che possano diventare esempi paradigmatici, contribuendo così a



Figura 2 - Dai Monti della Meta le Mainarde PNALM - ph A. Iannarelli



Figura 3 - Picinisco (Frosinone) - ph A. Iannarelli

ripensare i modelli economici e l'organizzazione sociale e territoriale del Paese.

Nel 2013, sulla spinta dell'allora ministro per la Coesione territoriale Fabrizio Barca, nasce la Strategia Nazionale per le Aree Interne (SNAI) che si pone l'obiettivo di contrastare il declino demografico crescente soprattutto nei territori di Alpi e Appennino e rappresenta la "principale applicazione nazionale della coesione territoriale in Europa". In questo ambito, le aree interne pilota sono sostenute nell'elaborazione di strategie chiamate *placed-based*, fondate sulla peculiarità dei luoghi, dei territori e sulle loro risorse ambientali e culturali.

Questo approccio di lavoro punta a superare le tradizionali "compensazioni compassionevoli" che hanno spesso contraddistinto le politiche pubbliche rivolte ai territori svantaggiati, restituendo invece un ruolo centrale ai comuni ed alle loro comunità. Oggi questa strategia è scavalcata dal PNRR (Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, nato nel 2021) che risulta essere caratterizzato da una programmazione "a bando" spesso ricca di problematiche burocratiche che tendono ad allontanare i Sindaci dall'intento dialogativo e cooperativo che aveva invece la SNAI.

Nel 2016, nasce a Campobasso "ArlA" Centro di Ricerca per le Aree Interne e gli Appennini. L'ambizioso progetto ha lo scopo di sostenere lo sviluppo e la conservazione delle aree interne con particolare riferimento ai paesaggi rurali e forestali e di dare voce alle problematiche territoriali, incluse quelle storiche, istituzionali, giuridico-economiche e di pianificazione territoriale, attraverso la messa a punto di modelli operativi integrati e finalizzati alle peculiarità dei contesti regionali italiani.

Grazie alla nascita di questi ed altri laboratori, si sono aperte significative esperienze di studio pratico e teorico sui territori marginali. Un passaggio culturale necessario che si pone l'obiettivo di rimettere al centro la questione del territorio e del locale come categorie essenziali.

Ed eccole le nuove idee da applicare paese per paese. Rivolgendosi a loro come "luoghi" si possono indicare ben quattro assi principali sui quali muoversi per una rinascita delle aree interne:

1. tutelare il territorio e la sicurezza degli abitanti affidando loro la cura;
2. promuovere la diversità naturale e culturale aprendo all'esterno;
3. rilanciare il lavoro attraverso l'uso di risorse potenzialmente non utilizzate;
4. rafforzare la rete istituzionale rappresentata dai piccoli comuni e dalle istituzioni di base.

Partendo dall'idea di territorio come bene comune, emerge con forza il valore dei piccoli comuni e dell'autonomia locale.

Queste realtà amministrative, che costituiscono la grande maggioranza degli 8.000 comuni italiani, vengono definite "piccole" ma in realtà non lo sono sia per estensione territoriale sia per la ricchezza economica e culturale che custodiscono, attuale o potenziale, dentro i loro confini.

È proprio in queste "terre dell'osso" che si conserva una parte preziosa del patrimonio culturale italiano, un insieme di prodotti tipici, storia, identità, paesaggi e forme di benessere autentico.



Figura 4 - Picinisco (Frosinone) - Predicopeglia di Monte Forcellone - ph A. Iannarelli

Nuove chiavi di lettura

La Strategia Nazionale per le Aree Interne (SNAI) evidenzia una nuova "geografia d'Italia" che differenzia le aree con maggiore attività dai territori che invece vivono in difficoltà. Tuttavia, il concetto stesso di "interno" offre prospettive che sfuggono a logiche di sviluppo socio-economico standardizzate, orientate esclusivamente al ritorno dell'investimento nel breve/medio termine. Possono dunque essere proposte letture alternative che riconoscono il valore profondo dei territori e delle comunità che li abitano. Nasce il concetto di "domanda di montagna", di neo abitabilità come un radicarsi consapevole sui territori. Riflessioni legate alla qualità di vita, alla convivenza, alla costruzione di legami, a forme innovative di abitare, lavorare, educare e prendersi cura delle persone. Un nuovo approccio che evita di trasmettere, senza adattamento, modelli di "rilancio" o "sviluppo" pensati nelle città e per le città ma un suggerimento a guardare i luoghi con un approccio comunitario e non individualista per costruire dall'interno, appunto, l'identità dei paesi montani.

La SNAI definisce *remoteness* le aree periferiche, isolate e lontane dai centri urbani, zone in cui l'accesso ai servizi di base (sanità, istruzione, trasporti, ecc.) è limitato. In questi contesti ecco sorgere il problema della marginalità socio-economica. Se si ascoltano infatti non solo le storie di chi resta o torna, ma anche quelle di chi parte, emergono chiaramente le ragioni del disagio legate alla *remoteness*: vulnerabilità territoriale, marginalità, isolamento. Abitare nelle aree interne può però voler dire sperimentare forme di pluriattività, mutuo aiuto e gestione condivisa delle risorse. Accanto al riabitare sarebbe necessario ricostruire e ripensare il tessuto sociale oggi frammentato, recuperando legami tra abitanti e pratiche dell'abitare.

Il paesaggio come risorsa apicale

Paesaggio è un termine polisemico che nel corso degli anni ha assunto valenze plurime, riflettendo prospettive sempre nuove. La tutela, la salvaguardia e la valorizzazione del paesaggio passano necessariamente dal dare piena dignità e cittadinanza civile, sociale ed economica ai paesi e alle loro comunità, mantenendo vitale il rapporto tra persone ed ambiente.

Nel secondo dopoguerra, agli albori del boom economico, si levarono, purtroppo in gran parte inascoltate, le voci di alcuni intellettuali ed osservatori illustri del paesaggio come Italo Calvino (scrittore, intellettuale), Antonio Cederna (politico, giornalista ambientalista), Mario Soldati (giornalista, saggista), Aldo Sestini (geologo, promotore di cultura geografica), Luigi Veronelli (filosofo, gastronomo, giornalista), Cesare Zavattini (sceneggiatore, giornalista) che seppero intrecciare cultura, ambiente, produzioni e paesaggio riconoscendo in quest'ultimo una risorsa centrale ed irrinunciabile. Proprio il paesaggio trovò un riconoscimento importante nella stesura della Costituzione Italiana (la Costituzione italiana è stata scritta dall'Assemblea Costituente tra il 1946 e il 1947, approvata il 22 dicembre 1947 e promulgata il 27 dicembre dello stesso anno, entrando in vigore il 1° gennaio 1948) che, all'articolo 9, inserì la sua

salvaguardia tra i compiti fondamentali della Repubblica insieme alla tutela del patrimonio storico ed artistico della Nazione. Nel 1947 i Costituenti, forti di una lunga tradizione civica dei Comuni, inserirono, tra i principi fondamentali dello Stato, la necessità di salvaguardare il paesaggio e l'arte, entrambi frutti pregiati della storia. Così facendo offrono una potente analogia tra bellezza e patrimonio, riconoscendo che la tutela del territorio è anche tutela dell'identità.

L'articolo 9 della Costituzione italiana sancisce che la Repubblica promuove lo sviluppo della cultura e la ricerca scientifica e tecnica, oltre a tutelare il paesaggio e il patrimonio storico e artistico della Nazione. In sintesi, l'articolo si concentra sulla valorizzazione del patrimonio culturale e ambientale italiano, impegnando la Repubblica a promuovere la crescita culturale e scientifica ed a preservare il patrimonio storico, artistico e paesaggistico per le future generazioni. Ecco una ripartizione più dettagliata dei punti chiave dell'articolo 9:

- **Promozione della cultura e della ricerca scientifica e tecnica** - Questo aspetto sottolinea l'importanza di sostenere e incentivare lo sviluppo culturale e scientifico in tutte le sue forme, riconoscendo il loro valore per la crescita della società.
- **Tutela del paesaggio** - L'articolo riconosce il valore del paesaggio italiano, inteso come ambiente naturale e come espressione dell'interazione tra uomo e natura, e ne impone la salvaguardia.
- **Tutela del patrimonio storico e artistico** - L'articolo prevede la protezione dei beni culturali, materiali e immateriali, che costituiscono la memoria storica e artistica della nazione, assicurandone la conservazione e la fruizione.
- **Ambiente, biodiversità ed ecosistemi** - Un emendamento del 2022 ha aggiunto la tutela dell'ambiente, della biodiversità e degli ecosistemi, riconoscendo l'importanza di questi elementi per il benessere collettivo e delle future generazioni.
- **Legge dello Stato** - L'articolo stabilisce che le modalità e le forme di tutela degli animali sono disciplinate dalla legge dello Stato.

L'articolo 9 della Costituzione Italiana lega crescita culturale, scientifica e protezione del patrimonio storico, artistico e naturale a difesa della conservazione dell'identità e del valore del territorio. La crisi demografica delle aree interne e l'abbandono delle attività agro-pastorali hanno interrotto l'evoluzione del paesaggio, causandone il degrado, proprio mentre cresceva l'attenzione pubblica sulla sua tutela. Questo ha accentuato lo squilibrio tra territori fragili e quelli più ricchi di investimenti e visibilità.

Persone che restano: simbolo di un territorio che resiste

Nella ricerca di materiale e della giusta ispirazione per scrivere questo articolo, giungo per caso in una località che resiste tra le varie pieghe del basso Appennino laziale. Picinisco (FR), piccolo paese medioevale incastonato nel cuore del Parco Nazionale d'Abruzzo Lazio e Molise a circa 700 metri di altitudine. Fa parte della Valle di Comino, una vallata antica che ha sempre vissuto in armonia tra agricoltura, pastorizia e una forma

di turismo lento, rispettoso dei ritmi della natura. Ciò che colpisce arrivando a Picinisco è sicuramente il paesaggio, ricco di forme armoniche tipiche dell'Appennino. Le montagne che abbracciano il paese, i terrazzamenti in pietra e soprattutto i pascoli, frutto di una cultura che resiste da secoli e dove ancora oggi si produce il Pecorino di Picinisco, formaggio semiduro a Denominazione e di Origine Protetta (DOP), prodotto esclusivamente nella Valle di Comino. La caseificazione, legata a secolari tradizioni pastorali, è a tutela dell'Associazione dei Produttori che si pone l'obiettivo di salvaguardare autenticità e identità culturale del formaggio.

Un esempio virtuoso è l'Azienda Agricola San Maurizio guidata dalla giovane imprenditrice e casara Maria Pia (Pia è un cognome storico per questa valle legato alla tradizione agro-pastorale) che ha contribuito al riconoscimento DOP grazie alla filiera biologica che comprende anche latte vaccino. La tecnica artigianale prevede la rottura delicata della cagliata, la salatura ed una lunga stagionatura. Il Pecorino di Picinisco racconta la storia ed il paesaggio dei pascoli montani della Valle di Comino portando a tavola un pezzo autentico del basso Appennino laziale. Le pecore allevate sono di razza Comisana, Massese e Sopravissana.



Figura 5 - Immagini dell'attività della famiglia Pia - ph Azienda San Maurizio



Figura 6 - Il pastore e il suo cane da guardania - Immagini dell'attività della famiglia Pia - ph Azienda San Maurizio



Figura 7 - Immagini dell'attività della famiglia Pia con le scuole - ph Azienda San Maurizio



Figura 8 - Pecorino DOP di Picinisco - Immagini dell'attività della famiglia Pia - ph Azienda San Maurizio



Figura 9 - Le pecore dell'Azienda Agricola San Maurizio sono di razza Comisana, Massese e Sopravissana - ph Azienda San Maurizio

Il valore di questo paese sta soprattutto nella comunità che continua a custodire tradizioni, riti religiosi e feste popolari cercando strade nuove per rimanere viva: dall'agricoltura biologica all'accoglienza diffusa, fino a piccole iniziative culturali che valorizzano storia e memorie locali.

In un'Italia che troppo spesso guarda solo ai grandi numeri e alle città, Picinisco dimostra che la forza dei piccoli paesi sta nella coesione sociale, nell'identità forte e nella capacità di adattarsi senza rinunciare a ciò che li rende unici. È un esempio di quell'Italia "dell'osso" che nonostante le difficoltà può ancora diventare un laboratorio di resilienza, sostenibilità, relazioni sociali e qualità della vita.

Conclusioni

La metafora di Manlio Rossi Doria sull'Italia della "polpa e dell'osso" descrive con efficacia la condizione delle aree interne: i territori privilegiati consumano e spesso spremano le "parti migliori", mentre i più poveri, ed i marginalizzati si accontentano delle "ossa" che, talvolta, riescono anche a valorizzare. Questa immagine è ancora oggi attualissima soprattutto se si fa un confronto tra l'Appennino e l'arco Alpino, sempre più affollato dal cosiddetto "overtourism" e certamente più ricco. Lo spopolamento delle aree interne non è senza dubbio un fenomeno inevitabile ma ciò che emerge è la necessità di dover cambiare sguardo, smettere di applicare ricette nate nelle città e per le città ma ripartire dalle comunità locali, dai loro bisogni e desideri. L'invito è quello di provare a giocare un'altra partita che non veda solo nella crescita l'obiettivo principale ma piuttosto puntare alla ricerca dell'equilibrio, della cooperazione al posto della competizione, nel cercare di reprimere le disuguaglianze applicando modelli diversi da quelli scelti fino a ora che hanno invece portato le aree interne alla marginalizzazione.

Ringraziamenti

Grazie a chi resta e resiste, a chi abita i silenzi di valli e montagne, a chi sceglie di offrire, ancora oggi, identità ai territori marginali della nostra penisola.

Grazie al Comitato Scientifico Centrale per questa opportunità.

Grazie a Maria Pia e alla sua meravigliosa famiglia per avermi ospitato e fatto sentire parte del territorio della Valle Comino.

Grazie a Diego, Luigi e Nino per essere stati delle guide e dei fratelli.

Grazie alle amiche Altea e Luana per avermi supportata in questo lungo percorso.

Bibliografia

- GIANNETTI, F. - *Picinisco e il territorio della Valcomino dalla fine del 1500 all'inizio del 1900. Notazioni storiche e paesaggistiche* - Edizioni private e varie. ISBN: 978-88-902865-5-1.
- PELOSI, M. - *Picinisco* - s.l. ISBN: 978-1-14710-920-8.
- BARBERA, F. - *Riabitare l'Italia. Le aree interne tra abbandoni e riconquiste* - Donzelli Editore, Roma (Collana Progetti). ISBN: 978-88-6843-849-4.
- DE ROSSI, A. - *Un paese di paesi. Luoghi e voci dell'Italia interna* - ETS, Pisa 2021. ISBN: 978-88-4675-985-6.
- SOVERIA MANNELLI - *Svantaggiato, interno, montano* - Laboratorio Italia Abitata - Rubbettino Editore, ISBN: 978-88-498-7600-0.
- LUCATELLI, S. et al. - *Aree interne. Per una rinascita dei territori rurali e montani* - Rubbettino Editore. ISBN: 978-88-498-5074-1.
- TOMEIO, N. - *Vocabolario delle aree interne. 100 parole per l'uguaglianza dei territori* - Radici Edizioni. ISBN: 979-12-81235-20-5.
- COLLETTIVO L'ALTRA MONTAGNA - *La Montagna con altri occhi. Ridisegnare le Terre Alte* - People. ISBN: 979-12-5979-287-7.
- ROSSI-DORIA, M. - *La polpa e l'osso. Agricoltura, risorse naturali e ambiente* - L'Ancora del Mediterraneo. ISBN: 978-88-8325-181-8.
- BUGLIOSI, R. - *Almanacco della Scienza - Focus Luoghi Comuni* - CNR.
- FONDAZIONE APPENNINO ETS - *Civiltà Appennino. Riferimenti bibliografici*.



Figura 1 - Il centro storico di Spello - ph F. Vigneri

Lo spopolamento delle aree montane interne dell'Appennino Inesorabile declino o nuove possibilità?

di Francesco Vigneri⁽¹⁻²⁾

1. Operatore Naturalistico e Culturale della Sezione CAI di Lecce
2. Comitato Scientifico Interregionale Puglia-Basilicata

Riassunto

Il fenomeno dello spopolamento delle aree montane e interne d'Italia non è un evento recente, ma la continuazione di un processo storico che ha le sue radici nel secondo dopoguerra e nell'industrializzazione del Paese. Per inquadrare correttamente il problema, è fondamentale partire da una chiara definizione dei termini. Le "aree interne" sono territori definiti dalla loro distanza significativa dai principali centri di offerta di servizi essenziali per la persona, come quelli legati all'istruzione, alla mobilità e all'assistenza socio-sanitaria. Questo quadro concettuale è alla base della Strategia Nazionale Aree Interne (SNAI), una politica confermata e aggiornata anche per il ciclo di programmazione 2021-2027. Parallelamente, l'identificazione dei "comuni montani" presenta delle criticità statistiche, dato che i criteri adottati da enti come l'ISTAT possono classificare grandi centri urbani con porzioni montane, come Pistoia, Genova e Messina, distorcendo così la percezione del fenomeno su scala nazionale e rendendo le analisi più complesse. La crisi demografica che colpisce l'Appennino, in particolare, ha cause più varie ed effetti più estesi rispetto ad altre aree montane. Le migrazioni stagionali che un tempo caratterizzavano l'economia montana si sono trasformate in emigrazioni stabili a causa della crescente attrattività delle economie di pianura. Questo processo, che ha portato a una vera e propria "desertificazione demografica" in vaste aree appenniniche, ha favorito l'adozione di un termine più generico come "aree interne" per indicare quella che, di fatto, è diventata la nuova periferia territoriale d'Italia. Lo spopolamento montano nel periodo intercensuario tra il 1951 e il 1971 è eloquente, testimoniando la pressione sui capoluoghi e sui loro hinterland, a discapito dei comuni montani. Questo lavoro si propone di fornire un'analisi rigorosa e basata su dati ufficiali per delineare l'attuale situazione, identificare i fattori scatenanti e valutare l'efficacia delle risposte politiche, con l'obiettivo finale di contribuire alla costruzione di prospettive future sostenibili.

Abstract: The depopulation of the mountainous interior of the Apennines - Inexorable decline or new opportunities?

The phenomenon of depopulation in Italy's mountainous and inland areas is not a recent event, but rather the continuation of a historical process rooted in the post-World War II era and the country's industrialization. To properly frame the problem, it is essential to begin with a clear definition of the terms. "Inner areas" are territories defined by their significant distance from the main centers providing essential services, such as those related to education, mobility, and social and healthcare assistance. This conceptual framework underpins the National Strategy for Inner Areas (SNAI), a policy confirmed and updated for the 2021-2027 programming period. At the same time, the identification of "mountain municipalities" presents statistical challenges, given that the criteria adopted by bodies such as ISTAT can classify large urban centers with mountainous portions, such as Pistoia, Genoa, and Messina, thus distorting the perception of the phenomenon on a national scale and making analyses more complex. The demographic crisis affecting the Apennines, in particular, has more varied causes and more far-reaching effects than in other mountainous areas. The seasonal migrations that once characterized the mountain economy have transformed into permanent emigration due to the growing attractiveness of lowland economies. This process, which has led to a veritable "demographic desertification" across vast Apennine areas, has favored the adoption of a more generic term such as "internal areas" to indicate what has effectively become Italy's new territorial periphery. The mountain depopulation in the intercensal period between 1951 and 1971 is eloquent, demonstrating the pressure on provincial capitals and their hinterlands, to the detriment of mountain municipalities. This work aims to provide a rigorous and data-based analysis to outline the current situation, identify the underlying factors, and assess the effectiveness of policy responses, with the ultimate goal of contributing to the construction of sustainable future prospects.

Analisi demografica e socio-economica

Andamento della popolazione e proiezioni

La crisi demografica nelle aree interne e montane è un processo scientificamente accertato e quantificabile. Negli ultimi 70 anni, i comuni periferici e ultra-periferici hanno registrato un calo drastico della popolazione, rispettivamente del 17,7% e del 26,4%. Questo si traduce in una riduzione da 6,7 milioni di abitanti negli anni Cinquanta a 5,4 milioni settant'anni dopo. Un'analisi più recente, condotta tra il 2011 e il 2024, mostra che, a fronte di una popolazione nazionale rimasta sostanzialmente stabile (+0,35%

tra il 2011 e il 2024), i comuni periferici hanno perso il 3,8% dei residenti e quelli ultra-periferici il 4,5%. Il calo demografico in queste aree si manifesta a una velocità doppia rispetto al trend nazionale, con una diminuzione media del 7,7% tra il 2014 e il 2024, contro una media nazionale del 2,2%. Le proiezioni demografiche dell'ISTAT confermano che questa tendenza è destinata a proseguire, con un impatto particolarmente severo sulla popolazione minore. In 17 territori italiani, si prevede una diminuzione dei bambini fino a 4 anni entro il 2030.

In 15 di questi casi, il calo supererà la media nazionale, e in 6 (Crotone, Palermo, Vibo Valentia, Catanzaro, Reggio Calabria, Cosenza) supererà la soglia del 10%. Alcune province appenniniche, come Isernia, si attendono una riduzione del 16,7% dei bambini.

Dinamiche migratorie e neopopolamento

A una prima analisi, i dati sul fenomeno dello spopolamento possono apparire contraddittori. Se da un lato l'evidenza storica e le proiezioni demografiche mostrano un declino strutturale, alcune fonti, come il Rapporto Montagne Italia 2025 dell'UNCEM, insistono sul concetto di neopopolamento, citando un saldo migratorio positivo di 100.000 unità nelle aree montane nel quinquennio 2019-2023. Tuttavia, queste narrazioni non sono mutualmente esclusive, ma rivelano la complessità del fenomeno. Per quanto riguarda quindi i territori più squisitamente montani, il saldo migratorio, ovvero il numero di arrivi superiore a quello delle partenze, pur essendo positivo, non è ancora sufficiente a compensare il saldo naturale profondamente negativo, ovvero il divario tra nascite e decessi. La popolazione residente nei comuni montani è diminuita di 386.055 unità in 10 anni (2013-2023), con un calo del 5,1% che è più del doppio rispetto alla media nazionale (-2,2%). Questo declino rappresenta il 30% del calo assoluto della popolazione a livello nazionale, una quota sproporzionata rispetto al peso dei comuni montani sul totale della popolazione italiana, che si attesta al 12,1%. L'esempio dell'Appennino bolognese è illuminante: pur registrando un saldo migratorio positivo, cinque volte superiore alla media nazionale, l'area ha visto un calo della popolazione di lungo periodo e un progressivo invecchiamento. Il neopopolamento è, quindi, una realtà parziale e geograficamente disomogenea, un trend migratorio che non è ancora in grado di invertire una crisi demografica strutturale e decennale.

Invecchiamento demografico

Un corollario diretto dello spopolamento è il profondo invecchiamento della popolazione. L'emigrazione giovanile

e la fuga dei cervelli sono tra le cause primarie del declino. I giovani e i professionisti qualificati si trasferiscono verso centri urbani più dinamici o all'estero in cerca di opportunità lavorative migliori, lasciando le aree interne con un'alta percentuale di anziani e una carenza di competenze essenziali per l'innovazione e la crescita economica. L'indice di vecchiaia, che esprime il rapporto tra la popolazione con 65 anni e più e quella tra 0 e 14 anni, è un indicatore diretto di questo processo.

I dati sulle migrazioni interne e internazionali corroborano questa tesi. Nel quadriennio 2019-2023, l'Italia ha registrato una perdita netta di 119.000 giovani italiani tra i 25 e i 34 anni a seguito dell'espatrio. Il saldo migratorio dei giovani laureati italiani è negativo (-58.000) a fronte di un saldo positivo (+68.000) per i laureati stranieri.

Questa dinamica indica che, sebbene l'immigrazione di laureati stranieri stia parzialmente compensando la perdita di capitale umano qualificato, l'esodo dei nativi italiani impoverisce in modo significativo le comunità locali.

Il tessuto economico

Nonostante le sfide demografiche, le aree montane italiane mostrano una notevole resilienza economica. L'Italia si posiziona al primo posto nell'Unione Europea per il PIL generato in queste aree, che rappresenta il 27,7% del PIL montano totale dell'UE. In questi territori operano 552.000 unità locali di imprese, con una spiccata vocazione artigiana: le 171.000 imprese artigiane rappresentano il 24,4% del totale delle imprese locali, superando la media nazionale. Settori come la manifattura, l'industria (per esempio, quella degli occhiali) e il turismo dimostrano dinamismo, con l'occupazione cresciuta del 4,1% tra il 2021 e il 2023 nelle aree montane, più della media nazionale.

Tuttavia, l'andamento positivo è frenato da una problematica cruciale: la carenza di manodopera. Nel 2023, le province a prevalenza montana hanno avuto difficoltà a reperire il 50,4% dei lavoratori richiesti, un dato significativamente più alto del 44,6% registrato nel resto d'Italia.



Figura 2 - Gruppo di anziani - ph LecceNews24.it

Le cause multifattoriali dello spopolamento

Carenza di servizi essenziali

La crisi demografica non è un evento isolato, ma l'effetto di un circolo vizioso in cui la mancanza di servizi essenziali agisce come fattore scatenante e accelerante. La classificazione stessa di aree interne si basa sulla distanza da servizi come istruzione, sanità e mobilità. Questo deficit è particolarmente critico per le famiglie con figli, che si trovano costrette a spostarsi verso i centri urbani per accedere a scuole, ospedali e servizi per l'infanzia. I dati mostrano che in 9 province su 10 a forte spopolamento, meno della metà dei comuni offre servizi per la prima infanzia. Questa mancanza di capillarità dell'offerta rende ampie aree del Paese meno vivibili e innesca un processo di emigrazione selettiva che indebolisce ulteriormente la base demografica locale. Man mano che la popolazione diminuisce, il mantenimento dei servizi esistenti diventa economicamente insostenibile, portando alla loro chiusura. Questo peggioramento dell'offerta, a sua volta, rende i territori ancora meno attrattivi per le giovani coppie e i nuovi residenti, alimentando il ciclo di declino in un feedback loop negativo e auto-rinforzante, insomma un mortificante circolo vizioso.

Debolezza del mercato del lavoro

Un altro fattore determinante è la debolezza strutturale del mercato del lavoro. L'economia locale delle aree

interne è spesso poco diversificata, ancorata a settori tradizionali come l'agricoltura e il commercio, che offrono poche opportunità lavorative stabili e ben retribuite, soprattutto per i giovani e i professionisti qualificati. La scarsità di posti di lavoro qualificati, l'assenza di enti di formazione professionale e il limitato accesso a nuove professioni contribuiscono in modo significativo alla fuga dei cervelli e all'emigrazione giovanile, depauperando il capitale umano e riducendo la capacità di innovazione e crescita economica dei territori.

Isolamento e infrastrutture

L'isolamento geografico dei comuni appenninici è aggravato dalla carenza di infrastrutture di trasporto e digitali. Le difficoltà di mobilità, l'inadeguatezza della rete stradale e la mancanza di un trasporto pubblico efficiente limitano l'accesso ai servizi e agli investimenti. Un'analisi condotta da Confartigianato rivela che un imprenditore in un'area montana impiega il 62,7% di tempo in più per raggiungere le principali infrastrutture di trasporto rispetto a uno in un'area non montana. La scarsa copertura della banda larga e la connettività inadeguata rappresentano un ulteriore ostacolo, rendendo difficile lo sviluppo di attività economiche moderne e l'insediamento di nuovi residenti che dipendono dal lavoro a distanza o da un'economia digitale.



Figura 3 - Cartello eloquente sulla situazione - ph Wikipedia Commons

Il paradosso dell'Appennino: un'analisi disomogenea

La montagna non è un monolito

L'analisi del fenomeno di spopolamento non può e non deve trattare la montagna come un'entità unica (*Montagna tout court*). L'esperienza dei territori montani è profondamente eterogenea, con dinamiche demografiche che variano in modo significativo da regione a regione e, in alcuni casi, da una valle all'altra.

Confronto regionale

Questa disomogeneità è evidente nel confronto tra le Alpi e l'Appennino. Le aree montane del Trentino-Alto Adige mostrano una dinamica demografica più che favorevole, un'eccezione notevole rispetto alla tendenza nazionale. Al contrario, le aree montane del Piemonte vivono una fase di stagnazione-regresso.

Sull'Appennino, il quadro è altrettanto contrastante. Sebbene la situazione rimanga più problematica nel complesso, si registrano segnali di vivacità nel versante emiliano-romagnolo, dove l'Appennino bolognese ha un saldo migratorio positivo cinque volte superiore alla media italiana. In netto contrasto, la realtà demografica rimane negativa in gran parte dell'Appennino meridionale.

Questa differenziazione suggerisce che i trend di neopolamento non sono casuali, ma sono il risultato di specifici fattori *place-based* e di politiche locali proattive.

La capacità di alcuni territori di resistere al declino è legata a una visione strategica che sfrutta le potenzialità locali, investe nella messa in sicurezza del territorio, sostiene l'insediamento di nuove imprese e, in alcuni casi, adotta modelli di *housing* sociale per attrarre nuovi residenti.

Strategie e politiche di contrasto: efficacia e criticità

La Strategia Nazionale Aree Interne (SNAI)

La SNAI, avviata nel ciclo di programmazione 2014-2020 e confermata per il 2021-2027, rappresenta la principale risposta a livello nazionale al declino demografico. La strategia mira a garantire l'accesso ai diritti essenziali di cittadinanza (trasporto pubblico locale, istruzione, servizi socio-sanitari) e a favorire lo sviluppo economico, con un approccio *place-based* che si adatta alle specificità locali. Le risorse finanziarie nazionali allocate ammontano a 281,2 milioni di euro per il primo ciclo e a 310 milioni per il triennio 2021-2023. L'attuazione della strategia e il monitoraggio dei risultati avvengono tramite strumenti come gli OpenKit contenenti indicatori demografici ed economici e le relazioni annuali presentate al CIPESS.

Gli Interventi del PNRR

Il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) ha stanziato fondi significativi per le aree interne e montane. Tra le iniziative più rilevanti figurano gli investimenti per le *Green Communities*, un modello di sviluppo sostenibile per i territori rurali e montuosi. Sono stati destinati 135 milioni di euro per finanziare 30 progetti, con esempi specifici come il progetto "Terre del Monviso" in Piemonte e La montagna del latte nell'Appennino Reggiano in Emilia-Romagna. Tali progetti si concentrano sullo sviluppo del turismo sostenibile, sulla riqualificazione energetica e sull'implementazione di comunità energetiche locali. Un altro intervento cruciale è il finanziamento per la rigenerazione dei borghi storici, con un miliardo di euro destinato a progetti come quello di Poggio di Camugna e Monteacuto delle Alpi nell'Appennino bolognese.



Figura 4 - Sasso di Castalda - ph F. Vigneri

Critiche e limiti

Sebbene queste politiche rappresentino un riconoscimento della "Questione Montagna", il loro impatto è spesso limitato e la loro attuazione presenta criticità.

La proposta di legge sulla montagna è stata criticata per i fondi insufficienti e una *governance* troppo accentrata, che sembra concepita più per le Alpi che per le specificità dell'Appennino. Inoltre la mancanza di una definizione chiara e tecnica di cosa si intenda per montagna, complica l'attuazione delle politiche. Anche nell'ambito del PNRR, la quota destinata al Mezzogiorno ha rivelato criticità e non è stata raggiunta in pieno.

L'efficacia degli interventi è minata da una *governance* che fatica a uscire da un modello *top-down* (dall'alto al basso) per abbracciare pienamente un approccio *bottom-up* (dal basso verso l'alto) che tenga conto della complessità e della varietà dei territori. L'esperienza dimostra che le iniziative di successo non sono generate da una singola legge, ma dalla cooperazione tra enti locali, dalla capacità di fare rete e dalla progettualità diffusa.

Impatti ambientali

Le conseguenze dello spopolamento non sono solo demografiche ma anche ambientali. L'abbandono delle attività agro-silvo-pastorali porta a una significativa perdita di biodiversità, tipica dell'agricoltura promiscua che un tempo fioriva in questi territori. I boschi tendono alla monocultura, con l'avanzamento della parte selvatica che, di fatto, impoverisce gli habitat naturali e culturali. La mancanza di gestione del territorio e la scarsa manutenzione del patrimonio idrogeologico aumentano il rischio di frane e dissesto. Le imprese montane, infatti, si trovano in contesti di elevata fragilità geologica, con oltre un quarto (26,4%) a rischio frana.

Orizzonti di rinascita

Nonostante il quadro problematico, le aree interne possiedono le potenzialità per un'inversione di tendenza. La loro marginalità, come suggerito da alcuni studi, può diventare un plus valore. Le nuove opportunità di sviluppo possono nascere da modelli economici sostenibili, come la bioeconomia legata alla silvicoltura e



Figura 5 - Il ponte tibetano di Castelsaraceno - ph F. Vigneri

alla produzione di pellet. La crescita di settori come il turismo e l'artigianato, evidenziata dal report Confartigianato, dimostra che un'economia montana resiliente non solo è possibile, ma è già in atto in alcune aree.

La ripopolazione può essere attratta da un'offerta di servizi essenziali e da un'innovazione che valorizzi le risorse locali.

Conclusioni e raccomandazioni

In sintesi, lo spopolamento delle aree montane appenniniche è un fenomeno complesso e radicato, che sebbene sia stato riconosciuto a livello politico attraverso strategie come la SNAI e il PNRR, non ha ancora trovato una risposta sistemica e pienamente efficace. La crisi demografica è alimentata da un circolo vizioso in cui la carenza di servizi e la debolezza del mercato del lavoro spingono i residenti, in particolare i giovani, verso i centri urbani. L'apparente inversione di tendenza in alcune aree è dovuta a saldi migratori positivi che, tuttavia, non riescono a compensare il deficit naturale e sono un fenomeno geograficamente circoscritto.

Sulla base delle evidenze analizzate, si formulano le seguenti raccomandazioni per affrontare la sfida in modo più strutturale e mirato:

Potenziamento finanziario e flessibilità

È necessario un impegno finanziario più consistente e di lungo periodo, che superi la logica dei bandi una tantum e si basi su stanziamenti strutturali. I fondi devono essere distribuiti in modo più flessibile per poter rispondere alle specifiche esigenze di ciascun territorio.

Governance diffusa e coordinamento

Si suggerisce di superare il modello di governance centralizzata a favore di una governance in rete che dia maggiore autonomia e potere decisionale alle aggregazioni locali come le Unioni montane. Il successo risiede nella capacità di fare co-progettazione e rete tra enti, imprese e cittadini.

Investimenti Mirati per il Capitale Umano: Le politiche dovrebbero focalizzarsi non solo sulle infrastrutture fisiche (trasporti, banda larga) ma anche e soprattutto sul capitale umano, attraverso investimenti mirati in formazione professionale, istruzione superiore e servizi per le famiglie, per attrarre e trattenere le giovani generazioni.

Una Nuova Definizione della Montagna: È fondamentale aggiornare i criteri statistici e legali per una definizione di montagna e aree interne che rifletta la reale conformazione socio-economica e geografica dei territori, garantendo che le politiche non siano un vestito su misura per le Alpi ma si adattino alla complessità dell'Appennino.



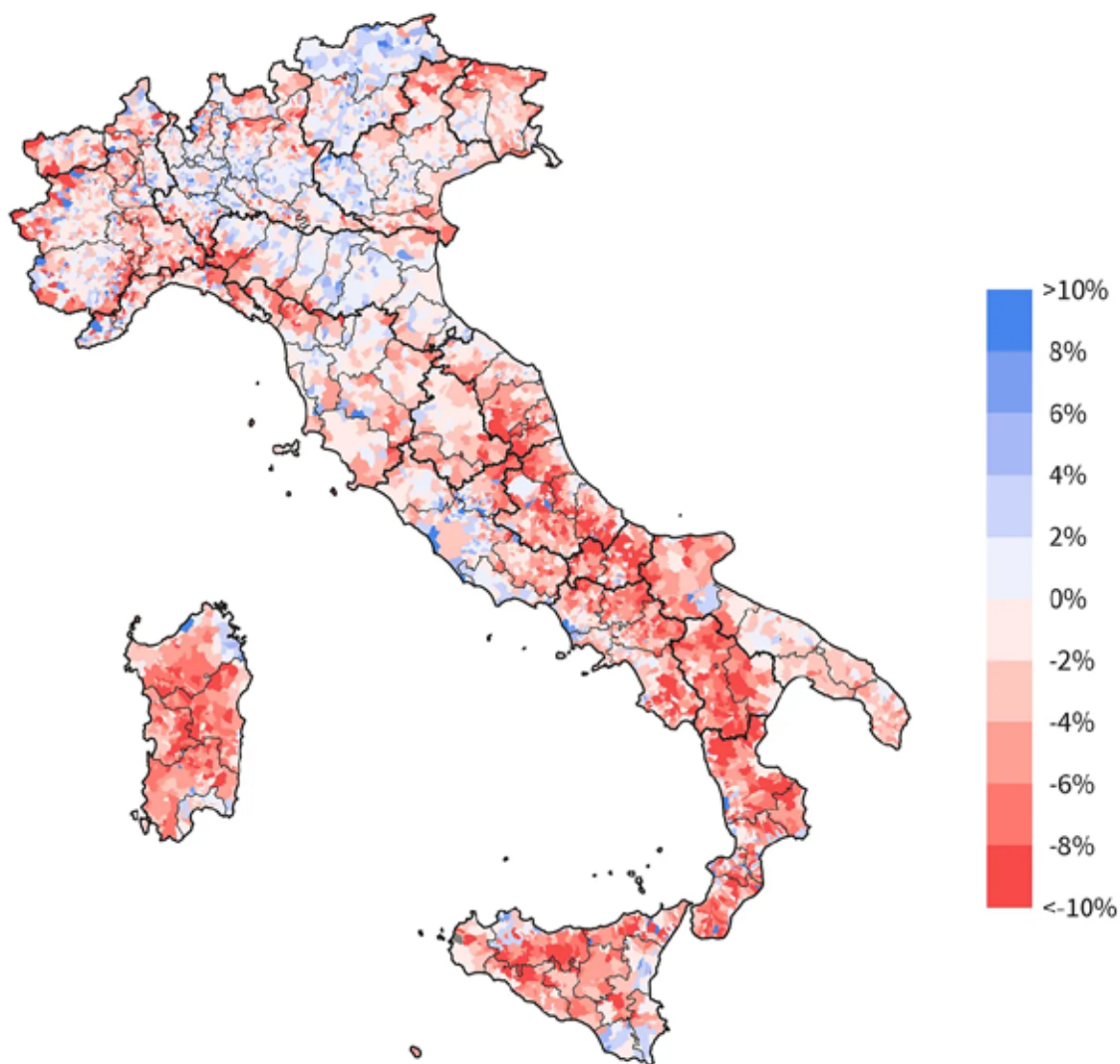
Figura 6 - Antico mulino per cereali - ph F. Vigneri

Sitografia

- Sistema Appennino - Lo spopolamento montano dall'ultimo dopoguerra agli Anni '70
https://www.cittametropolitana.bo.it/appennino/La_dinamica_di_lungo_periodo_della_popolazione/Lo_spopolamento_montano_dall'82_17_ultimo_dopoguerra_agli_Anni_82_16_70
- Strategia Nazionale Aree Interne - SNAI - Dipartimento per le politiche di coesione e per il sud
<https://politichecoesione.governo.it/it/politica-di-coesione/strategie-tematiche-e-territoriali/strategie-territoriali/strategia-nazionale-aree-interne-snai/>
- Spopolamento irreversibile? "Gli abitanti della montagna hanno il diritto di lottare per un destino diverso"
<https://lavocedellamontagna.it/2025/08/spopolamento-irreversibile-gli-abitanti-della-montagna-hanno-il-diritto-di-lottare-per-un-destino-diverso/>
- Le aree interne, tra spopolamento e carenza di servizi - Openpolis
<https://www.openpolis.it/le-aree-interne-tra-spopolamento-e-carenza-di-servizi/>
- Istat, declino demografico nelle aree interne - Italia Informa
<https://italia-informa.com/istat-declino-demografico-aree-interne.aspx>
- Rapporto Montagne Italia 2025: a Capracotta - l'Appennino si racconta tra dati, neopopolamento e nuove opportunità UNCEM
<https://uncem.it/rapporto-montagne-italia-2025-a-capracotta-il-29-agosto-uncem-costruire-nuove-relazioni-nellappennino-che-non-e-vittima-di-spopolamento-e-abbandono-le-istituzioni-si-ano-piu-attive-e-coese/>
- Greenreport
<https://www.greenreport.it/news/territorio-e-smart-city/57293-su-alpi-e-appennini-vivono-100mila-persone-in-piu>
- Tutti a vivere in montagna
<https://www.doppiozero.com/print/pdf/node/203698>
- La Voce editoriale sul Rapporto Montagne Italia 2025 UNCEM
<https://www.giornalelavoce.it/news/attualita/606172/altro-che-spopolamento-la-montagna-si-riprende-litalia-lo-dice-il-rapporto-uncem.html>
Portale Appennino bolognese
https://www.cittametropolitana.bo.it/portale/Comunicazione/Comunicati_stampa/Incontro_Appennino_Monte_San_Pietro_8_settembre
- Confartigianato
<https://www.confartigianato.it/2024/07/studi-italia-prima-in-ue-per-economia-della-montagna-con-lapporto-di-171mila-impres-artigiane/>
- Openpolis
<https://www.openpolis.it/lo-spopolamento-della-montagna-abruzzese-e-inevitabile/>
- Lo spopolamento come causa della deterritorializzazione: il caso dell'Unione dei Comuni Barbagia
https://www.ageiweb.it/geotema/wp-content/uploads/2019/10/Suppl2018_3_Mazza_Madau_Masia_Murtinu.pdf
- Istat
<https://www.istat.it/wp-content/uploads/2025/06/Report-MIGRAZIONI-INTERNE-E-INTERNAZIONALI-DELLA-POPOLAZIONE-RESIDENTE-ANNI-2023-2024-1.pdf>
<https://www.secondowelfare.it/povert-e-inclusione/disuguaglianze-in-italia-le-comunita-che-reagiscono-al-labbandono-delle-aree-interne/>
<https://webthesis.biblio.polito.it/19766/1/tesi.pdf>
<https://asvis.it/goal11/notizie/1302-11073/quale-futuro-per-lo-sviluppo-sostenibile-nelle-aree-interne-e-montane>
https://www.irpet.it/wp-content/uploads/2023/06/report-irpet-aree-interne_aggiornamento-2020.pdf
<http://www.regioni.it/newsletter/n-4266/del-30-03-2022/pnrr-partono-le-prime-green-communities-23988/>
- Strategia Nazionale Aree Interne - OpenCoesione
<https://opencoessione.gov.it/it/Al/>
- Dipartimento per le politiche di coesione e per il sud
<https://politichecoesione.governo.it/it/politica-di-coesione/strategie-tematiche-e-territoriali/strategie-territoriali/strategia-nazionale-aree-interne-snai/le-aree-interne-2014-2020/risorse-della-snai/>
- Relazione al Parlamento sull'attività del Comitato interministeriale per la programmazione economica e lo sviluppo sostenibile (CIPESS)
<https://www.programmazioneeconomica.gov.it/media/m2dhaif/relazione-al-parlamento-attivita-cipess-2022.pdf>
- RELAZIONE – Senato
<https://www.senato.it/service/PDF/PDFServer/BGT/1384134.pdf>
- Città metropolitana di Bologna
https://www.cittametropolitana.bo.it/appennino/001/Bando_Borghi_PNRR_chiuso
<https://www.inu.it/leggi/13783/la-rigenerazione-dei-borghi-nel-pnrr-il-caso-dell-rsquo-emilia-romagna.html>
<https://www.conferenzastatocitta.it/home/notizie-e-comunicati/2025/green-communities-nuovo-bando-con-fondi-pnrr/>
<https://cri.fmach.it/Ricerca/Progetti/GREEN-COMMUNITY-GREEN-COMMUNITY-VALSUGANA-E-TESINO>
<https://www.unicosettimanale.it/montagne-di-opportunita-combattere-lo-spopolamento-attraverso-il-lavoro-sostenibile-e-linnovazione-nelle-aree-interne/>
<https://www.openpolis.it/le-aree-interne-tra-spopolamento-e-carenza-di-servizi>

Com'è cambiata la popolazione in cinque anni

Variazione percentuale della popolazione tra il 1 gennaio 2025 e il 1 gennaio 2020



Fonte dati: Istat

Figura 1 - L'Italia tra 2020 e 2025 ha perso 707.000 abitanti passando da una popolazione di 59,64 milioni a una di 58,93 milioni. Il calo degli abitanti è dovuto alla progressiva riduzione delle nascite che nel corso del 2024 sono arrivate al minimo storico di 370.000. Ma il calo della popolazione, seppur generalizzato, non colpisce tutta Italia nello stesso modo.

Analizzando i dati a livello comunale si vede come il calo della popolazione abbia colpito circa il 70% dei comuni italiani, il 22 % dei comuni ha avuto una riduzione di popolazione inferiore al 2%, il 18% tra il 2 e il 4%, il 13% tra il 4 e il 6% e il 9% tra il 6 e l'8%. Il resto dei comuni registra cali superiori all'8%. Mentre il 16% dei comuni ha invece registrato una crescita di popolazione tra lo 0 e il 2%, l'8% tra il 2 e il 4 % e il 3% tra il 6 e l'8%. Ad avere perso popolazione sono tutte le tipologie di comuni, ma in particolare modo quelli che fanno parte delle cosiddette "aree interne", quei comuni più periferici sia a livello geografico sia per la possibilità di accedere ai servizi essenziali. I comuni ultra-periferici hanno perso il 4% della popolazione, quelli periferici il 2,9%, quelli intermedi l'1,5%.- Fonte ISTAT

Terre Alte dell'Appennino centrale: economia e tradizioni tra luci e ombre Quale sopravvivenza? La voce dei piccoli paesi del basso Lazio

di Tiziana Bianchi⁽¹⁻²⁾

1. Operatore Naturalistico e Culturale Nazionale della SottoSezione CAI di Celano
2. Comitato Scientifico Regionale Abruzzo

Riassunto

Con l'espressione aree interne vengono identificate quelle aree significativamente distanti dai centri di offerta dei servizi essenziali (istruzione, salute e mobilità). In questi territori attualmente vive circa un quarto della popolazione residente in Italia ma, sulla base delle previsioni demografiche ISTAT, si delinea uno scenario, nei prossimi 10 anni, per il quale circa l'82% dei comuni delle aree interne subirà un calo demografico. Questa percentuale cresce a quasi il 90% se si fa riferimento ai comuni delle aree interne del Mezzogiorno (oltre il 92% nei comuni ultraperiferici). Questo fenomeno, che può ritenersi ormai cristallizzato, porta a una consequenziale considerazione su come montagna e marginalità sembrano ormai rappresentare, purtroppo, un connubio indissolubile. La carente dimensione antropica che contraddistingue tali aree comporta conseguenze rilevanti sul loro tessuto socio-economico e il comune denominatore che finisce con il caratterizzare le cosiddette terre alte sono popolazioni di piccole dimensioni ed in forte declino, con un marcato squilibrio nel rapporto tra vecchie e nuove generazioni oltre che insufficienti prospettive di sviluppo socio-economico e deboli condizioni di attrattività. Un viaggio dai caratteri etnoantropologici ci ha permesso di incontrare un territorio, quello dei piccoli comuni del basso Lazio, confrontandoci con artigiani, rappresentanti amministrativi, giovani immigrati, associazioni locali, animatori culturali. Abbiamo avuto modo di conoscere la loro quotidianità nell'abitare la montagna e affrontare tutte quelle criticità accentuate dalla particolarità del loro contesto. Il silenzioso declino a cui si assiste nel mondo delle terre alte, deve costituire un forte richiamo alle responsabilità e una spinta a cambiare direzione, ponendoci degli interrogativi anche come Club Alpino Italiano su quale possa e debba essere il nostro ruolo nel fornire un contributo fattivo a favore di queste realtà affinché non si assista a una montagna che scompare quanto, piuttosto, a una montagna capace di trovare una modalità alternativa per vivere.

Abstract: The depopulation of the mountainous interior of the Apennines - Inexorable decline or new opportunities?

The term "internal areas" refers to those areas significantly distant from the centers providing essential services (education, healthcare, and mobility). These territories currently house approximately a quarter of Italy's resident population, but based on ISTAT demographic forecasts, a scenario emerges where approximately 82% of municipalities in internal areas will experience population decline over the next 10 years. This percentage rises to nearly 90% if we consider municipalities in the inland areas of Southern Italy (over 92% in the outermost municipalities). This phenomenon, which can now be considered crystallized, leads to a consequent consideration of how mountains and marginality now seem, unfortunately, to be an inseparable combination. The lack of human presence that characterizes these areas has significant consequences for their socioeconomic fabric, and the common denominator that ends up characterizing the so-called highlands is their small and rapidly declining populations, with a marked imbalance in the relationship between older and younger generations, as well as insufficient prospects for socioeconomic development and weak conditions of attractiveness. An ethno-anthropological journey allowed us to explore the region's small towns in southern Lazio, engaging with artisans, administrative representatives, young immigrants, local associations, and cultural leaders. We learned about their daily lives in the mountains and addressed all the critical issues accentuated by their unique context. The silent decline we are witnessing in the highlands should be a powerful reminder of responsibility and a push to change direction. It also raises questions for us, as the Italian Alpine Club, about what our role can and should be in actively supporting these communities, so that we don't witness a disappearing mountain, but rather a mountain capable of finding an alternative way of life.

Introduzione

In questi territori attualmente vive circa un quarto della popolazione residente in Italia ma, sulla base delle previsioni demografiche ISTAT, si delinea uno scenario, nei prossimi 10 anni, per il quale circa l'82% dei comuni delle aree interne subirà un calo demografico. Questa percentuale cresce a quasi il 90% se si fa riferimento ai comuni del Mezzogiorno (oltre il 92% nei comuni ultraperiferici).

Questo fenomeno, che può ritenersi ormai cristallizzato, porta a una consequenziale considerazione su come

montagna e marginalità sembrano ormai rappresentare, purtroppo, un connubio indissolubile.

La carente dimensione antropica che contraddistingue le aree interne insieme alle ulteriori marginalità dovute ai caratteri fisici e morfologici del territorio, comportano conseguenze rilevanti sul loro tessuto socio-economico ed il declino dei servizi essenziali, con la cessazione delle attività rurali ed artigianali che hanno sempre contraddistinto questi ambienti, le loro tradizioni e lo stile di vita.

Tabella 1 – Riepilogo delle Aree SNAI

		Aree SNAI Denominazione	n° Comuni	Riperime- trazioni	Totale comuni	Popolazione residente ISTAT 2020	Superficie (km ²)	Densità abitativa (ab/km ²)
Aree 2021 - 2027	1	Etrusco Cimina	16		16	72.760	630,58	115,39
	2	Monti Lepini	13		13	64.595	567,68	113,79
	3	Pre.gio	14		14	37.448	240,35	155,81
Aree 2014 - 2020 confermate	4	Alta Tuscia Antica Città del Castro	19		19	50.734	1.242,91	40,82
	5	Monti Reatini	31		31	31.351	1.622,78	19,32
	6	Monti Simbruini	24		24	25.390	571,75	44,41
	7	Valle del Comino	17		17	25.504	571,14	44,65
Totale					134	307.782	5.447,19	
% su dati regionali					35,45%	5,37%	31,61%	

Tabella 1 - Aree interne del Lazio, peso sui dati regionali - Fonte SNAI

Valle del Comino

Provincia di Frosinone

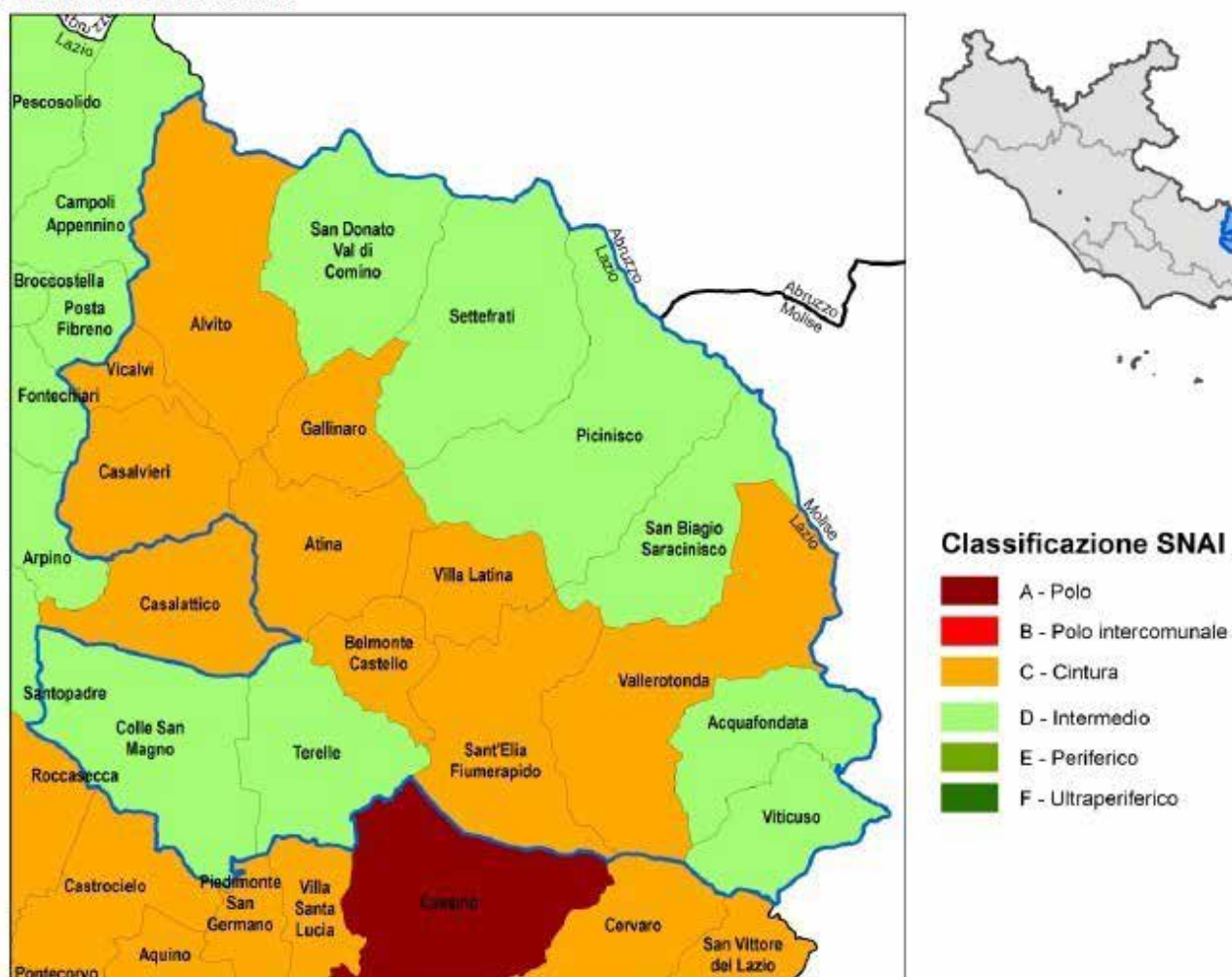


Figura 2 - Situazione geografica Valle del Comino - Fonte SNAI

In Italia le profonde trasformazioni nei processi demografici hanno avuto inizio dalla seconda metà del Novecento fino ad arrivare, oggi, a un saldo negativo tra nuove nascite e morti, per il continuo calo dei nuovi nati e la parallela diminuzione della mortalità. Nelle aree interne e montane, ed ancor di più in quelle dell'Appennino centrale, a questo fenomeno si affianca l'ulteriore saldo migratorio negativo, iniziato negli anni dell'industrializzazione, con i flussi migratori delle giovani generazioni verso realtà che possano offrire loro maggiori e migliori opportunità professionali e sociali.

Il mutamento dei rapporti tra natalità (minore) e longevità (maggiore) ha altresì determinato un profondo cambiamento nella struttura della popolazione con un importante processo di invecchiamento della stessa.

Questo fa sì che il comune denominatore che finisce con il caratterizzare le cosiddette terre alte siano:

- popolazioni di piccole dimensioni ed in forte declino;
- un marcato squilibrio nel rapporto tra vecchie e nuove generazioni;
- insufficienti prospettive di sviluppo socio-economico;
- deboli condizioni di attrattività.

Tutto ciò rappresenta una delle minacce più gravi che rischiano di condurre tali realtà verso un crepuscolo progressivo ed inarrestabile benché, a ben guardare, rappresentino preziosi bacini di cultura, tradizioni, antiche memorie e unicità territoriali tanto che, la stessa Costituzione Italiana, fonte suprema del diritto nel nostro ordinamento giuridico, all'art. 44 prevede che "...La legge dispone provvedimenti a favore delle zone montane" riconoscendo la loro condizione di svantaggio ma anche il loro valore e ritenendole, perciò, meritevoli di sostegno.

Formulazione di un quesito

La domanda più scontata che ci si pone, davanti a questa situazione, è quali siano le azioni spendibili per affrontare i tanti problemi di sopravvivenza, al fine di cercare di invertire la direzione e dare nuova vita a questi paesi che, rifiutando l'accompagnamento verso un percorso irreversibile, continuano a reagire cercando di scrivere delle storie di rinascita.

Ho provato a formulare delle personali riflessioni sulle condizioni vissute nelle terre alte dell'Appennino centrale e su quali siano le loro strategie per riuscire a sopravvivere nonostante tutto, con particolare focus su alcuni piccoli paesi del basso Lazio: Acquafondata, Casalcassinese, Terelle, Villa Santa Lucia, Atina, San Biagio Saracinisco, San Donato Val di Comino.

Raccolta delle informazioni e analisi sul campo

Un viaggio dai caratteri etnoantropologici ci ha permesso di incontrare un territorio, quello dei piccoli paesi del basso Lazio, confrontandoci con rappresentanti amministrativi, artigiani, giovani immigrati, associazioni locali, animatori culturali. Come espresso dal sindaco di Acquafondata, con il suo stile caloroso ed appassionato, si è trattato di un'occasione di formazione itinerante per "toccare con i piedi, con la testa e con il cuore i loro territori".

Abbiamo avuto modo di conoscere la loro quotidianità nel vivere ed abitare la montagna ed affrontare tutta una serie di criticità, accentuate dalla particolarità del loro contesto. Dall'osservazione e dagli incontri diretti sul campo, se da una parte sono emerse delle condizioni generali e ricorrenti per tutte le comunità, dall'altra è stato evidente come, per esempio, una posizione geografica più o meno favorevole rispetto ai centri di maggiore attrattività, il patrimonio storico, culturale e/o archeologico del territorio, le tipicità enogastronomiche locali, l'essere inseriti in un'area protetta nazionale e così via, rappresentino delle variabili specifiche che vanno a incidere diversamente sulle possibilità su cui lavorare per la sopravvivenza innanzitutto economica, ma anche socio-culturale, di queste realtà.

Fra i principali aspetti che le accomunano certamente va annoverata la difficoltà nel garantire l'offerta locale dei servizi primari (istruzione, sanità, trasporti), sia in termini quantitativi sia qualitativi.

Tra le misure concrete, per mantenere attivi i servizi scolastici, c'è chi ha puntato a offrire comodi e razionali servizi di trasporto oltre a un servizio mensa che consentisse il prolungamento dell'orario scolastico pomeridiano, andando così incontro alle esigenze di molte famiglie e richiamando alunni anche dai comuni limitrofi. Si è lavorato, inoltre, per ottenere finanziamenti per la realizzazione dell'asilo nido e coprire in questo modo anche le esigenze di una fascia di età più bassa, prima non garantita.

Nei paesi in cui conservare il plesso scolastico non è stato possibile, per la mancanza del numero minimo di alunni, ci si è preoccupati di attivare un servizio di scuolabus elettrico, tramite bando regionale, che ha permesso di evitare che le famiglie, con bambini in età scolare, si trasferissero in altri comuni.

Guardando alla posizione delle infrastrutture ospedaliere, in termini di distanza non solo chilometrica ma anche temporale, si cerca di portare avanti un'ulteriore istanza che concerne le cosiddette strutture di prossimità quali le case di comunità che stentano ancora a partire e, a oggi, non riescono a garantire i servizi sanitari minimi essenziali se non in un unico comune che, potenziando le attuali prestazioni, potrebbe divenire punto di riferimento anche per i territori circostanti.

In questo caso si tratta di un'esigenza ancora più impellente se si considera che il bacino d'utenza è rappresentato da popolazioni costituite per oltre il 90% da anziani e quindi con una necessità di assistenza sanitaria più accentuata.

Attivandosi per quanto possibile, nel paese di Terelle è stata però attrezzata un'area preposta all'atterraggio dell'eliambulanza per i casi più urgenti e sono stati messi a disposizione dei locali comunali, adibiti ad ambulatorio, puntando a rendere il paese attrattivo per dottori di medicina generale che così possono esercitare la loro professione senza l'aggravio della ricerca di uno studio idoneo.

È stata altresì aperta una casa famiglia per minori con disagio psicologico che ospita mamme con bambini fino ai 12 anni. Il target scelto punta proprio a una fascia di età che garantisca una presenza più costante e duratura rispetto, per esempio, all'età giovanile e che

magari possa favorire le condizioni per la riapertura della scuola. Il consorzio dei servizi sociali è un'ulteriore presenza che consente di garantire un'assistenza di prossimità, pressoché porta a porta.

Ai fini della mobilità verso i centri di maggiori dimensioni, in collaborazione con la Regione, si sta lavorando a un piano trasporti specificatamente pensato per queste aree, attraverso un progetto sperimentale su chiamata che consenta, in base alle proprie esigenze, una prenotazione telefonica del servizio, effettuato attraverso dei piccoli minibus.

Sempre in riferimento ai servizi essenziali, soprattutto nei paesi più piccoli, è emersa la mancanza di un emporio che oltre a prodotti alimentari offra almeno i beni di prima necessità e, purtroppo, si ha difficoltà a investire su persone che riavviino queste attività per la mancanza dei necessari margini economici, presupposto indispensabile per un'attività commerciale. A Terelle, sfruttando delle particolari opportunità connesse all'erogazione del reddito di cittadinanza, è stato possibile reclutare un nuovo gestore del chiosco del paese che, successivamente, ha rilevato l'attività garantendo la sopravvivenza di un luogo diventato anche punto di socializzazione ed aggregazione per la comunità.

Ai fini di un'adeguata connessione telematica e del potenziamento della connettività, sono in corso lavori per la realizzazione di nuove infrastrutture digitali (banda larga) e la stipula di contratti con i gestori della telefonia in modo che cittadini ed imprese, anche nei territori più marginali, abbiano accesso alle opportunità offerte dalla digitalizzazione.

Riconoscendo il grande potenziale del patrimonio turistico di un territorio, si punta a investimenti mirati per la promozione soprattutto di un turismo lento e sostenibile e dei connessi servizi. Si incentiva perciò lo sviluppo della capacità ricettiva, sfruttando occasioni come quella colta da una famiglia che, nel corso di una gita in montagna, durante le vacanze estive, è rimasta particolarmente attratta dalle bellezze naturali del territorio tanto da decidere di investire in un piccolissimo B&B che poi si è evoluto nel tempo, con l'avvio di una connessa attività di ristorazione e a cui, a seguire, si sono aggiunte altre iniziative.

Ma la promozione turistica di un territorio passa anche per la valorizzazione delle sue bellezze naturali e diventano perciò importanti gli studi scientifici sperimentali, condotti in collaborazione con l'Università e con un'importante partecipazione del CAI, sul recupero di specie arboree autoctone che hanno fornito dati significativi su cui poter sviluppare nuove progettualità, grazie anche a un'importante rete di cooperazioni e finanziamenti di livello internazionale.

Si sta altresì lavorando alla riscoperta dei valori territoriali per la promozione di un turismo esperienziale potenziando, per esempio, le attività di ricerca a favore di un turismo slow di interesse archeologico, puntando alla valorizzazione dei cammini (di San Benedetto, di San Filippo Neri, la Via Francigena) e sfruttando l'interesse cresciuto sensibilmente negli ultimi anni verso questo tipo di attività che garantisce una presenza costante ed assidua di visitatori, con la conseguente richiesta di

servizi nel campo della ricettività e, rispetto alla quale, anche il CAI può svolgere un ruolo importante.

Anche il patrimonio culturale può contribuire al sostegno delle aree interne laddove il suo potenziale venga opportunamente valorizzato. Potrebbe essere il caso del paese di Atina per il quale una delle principali peculiarità risiede nella componente archeologica, elemento trainante in un'ipotesi di riqualificazione territoriale.

Nella Valle di Comino, il versante laziale della catena delle Mainerde ha da sempre costituito un sito di grande importanza storica per la presenza, fin da età preromana, di notevoli miniere di metallo (da cui l'appellativo *potens* con cui Virgilio si riferisce ad Atina, capoluogo storico della Valle). Una ferriera, operativa fino al 1861 ed ancora oggi esistente ad Atina, è stata trasformata in un sito di archeologia industriale.

Sono stati altresì studiati degli specifici percorsi per favorire il turismo scolastico, creando dei pacchetti che comprendessero oltre alla visita della vicina e più nota Abbazia di Montecassino, anche l'uso di sale multimediali con contenuti medievali, unitamente a laboratori di scrittura medievale. Il successo riscontrato da queste iniziative ha portato a investire ulteriormente sulla valorizzazione del patrimonio archeologico, ancora perfettamente conservato, in una sorta di museo diffuso a cielo aperto.

Il museo archeologico ha ideato iniziative con cui si apre al territorio quali escursioni archeologiche, mostre temporanee, laboratori per adulti, laboratori didattici per bambini, laboratori per soggetti fragili. Si tratta di una condizione molto peculiare in cui un museo non viene inteso meramente come luogo di conservazione della memoria del territorio quanto piuttosto nel più ampio ruolo di animatore culturale dell'intera area. A questo si aggiunga un ulteriore positivo aspetto poiché si sta assistendo a un auspicabile passaggio di testimone generazionale per cui alcuni dei fruitori dei progetti dedicati ai bambini, crescendo, hanno assunto dei ruoli di collaborazione nell'offerta delle attività proposte.

Il CAI costituisce una presenza che, anche in questo contesto, riesce a offrire un prezioso apporto collaborando a progetti attraverso cui coniugare il camminare, la scoperta dei siti archeologici e la conoscenza dei prodotti DOP del luogo. Un altro contributo deriva dall'aver stipulato una convenzione con l'Università del Salento, per portare avanti un progetto di studio e ricerca sull'uso del territorio nel corso dei secoli, con particolare riferimento al sito di Vallecorsa con la sua peculiarità di terrazzamenti, costruiti con centinaia di chilometri di muri a secco, adibiti alla coltivazione dell'ulivo. Questo particolare sistema denominato "Oliveti terrazzati di Vallecorsa" è stato inserito nel registro nazionale dei paesaggi rurali storici promosso da FAI, Consiglio d'Europa e Unesco.

Con un ulteriore sforzo di sviluppo si è attinto ai prodotti tipici, espressione di identità del territorio, per aprire percorsi di grande qualità attraverso il marchio DOP.

È stato avviato un campo sperimentale, grazie ai contributi regionali, per riprodurre un vitigno Cabernet la cui iniziale produzione in loco, in una sorta di nicchia francese anche per affinità climatica, risale agli inizi dell'Ottocento e a cui, dopo un lungo processo di recupero, è



Figura 3 - Vista dal belvedere di Atina - ph T. Bianchi



Figura 4 - Centro storico di Acquafondata - ph T. Bianchi

stata riconosciuta la denominazione di origine protetta, a livello europeo, insieme al fagiolo cannellino di Atina, al formaggio pecorino di Picinisco e al peperone di Montecorvo. Seguire i disciplinari delle DOP è comunque un modo per contribuire, attraverso agricoltura, viticoltura, allevamenti allo stato brado, alla conservazione del paesaggio, delle razze animali e delle tipicità locali.

Si tratta di un esempio ben riuscito in cui un'attività di ricerca storica ha contribuito alla promozione dell'originalità dei propri prodotti. A questo si affianca il ruolo determinante delle associazioni che, in questo caso specifico, si esplica attraverso un Comitato per la promozione e la valorizzazione dei 4 prodotti DOP del basso Lazio che porta avanti progetti enogastronomici integrati con visite per le scuole, tour, lezioni sul campo, convegni, mostre-mercato, cammini culturali, naturalistici ed enogastronomici.

Altra testimonianza è quella del paese di San Donato Val di Comino che, benché si trovi a gestire le stesse comuni problematiche, ha il vantaggio di beneficiare di un ritorno per la posizione favorevole alle porte del Parco Nazionale d'Abruzzo, Lazio e Molise. Tuttavia, nei periodi di maggior afflusso, si trova ad affrontare il fenomeno aggiuntivo, di cui si parla molto ultimamente, del cosiddetto iperturismo (o *overtourism*), con una presenza che passa da una media dei circa 1.800 residenti stabili a oltre 14.000 nel periodo estivo. Questo comporta inevitabili emergenze per esempio di carattere idrico o in merito agli spazi di parcheggio. Si tratta di un effetto riscontrato a partire dal periodo post-Covid in cui, da meta di passaggio per raggiungere i centri di maggior riferimento del Parco Nazionale, il paese di San Donato è diventato piuttosto una meta turistica a sé stante, scelta per trascorrere le proprie vacanze, non solo da parte del turismo di ritorno. Questo cambiamento, oltre che da una spinta naturale, è stato favorito dall'offerta di nuovi eventi ricreativi e culturali di successo (come per esempio un festival internazionale delle bande musicali) e dalla promozione dei prodotti tipici in sinergia con le attività agricole locali, la costituzione di un distretto biologico territoriale in collaborazione con gli altri comuni e l'inaugurazione di un mercato di comunità.

Problematiche simili (raccolta e smaltimento rifiuti, erogazione idrica, aspettative sulle iniziative di intrattenimento) emergono anche per il piccolo centro di Acquafondata in cui operatori e servizi sono dimensionati all'esigua popolazione media annua rispetto a una forte crescita delle presenze, nel periodo estivo. Viene considerato perciò importante che si affermi un concetto di turismo responsabile e consapevole che non consideri questi piccoli paesi come una sorta di parchi di divertimento ma che, piuttosto, ne rispetti la peculiare condizione di cui occorre avere consapevolezza, nel momento in cui vengono scelti come propria meta turistica. Quando ci si muove verso questi piccoli borghi è importante avere la capacità di calarsi nella dimensione totalmente diversa che caratterizza un dato luogo evitando, per esempio, aspettative pretenziose sulla presenza di capillari attività economiche o ricreative che richiedono un investimento finanziario che non sarebbe sostenibile data l'utenza media annua.

La tradizione artigianale, con le sue eccellenze, potrebbe rappresentare un ulteriore motore di sviluppo.

L'incontro con Luigi Carcillo, definito l'ultimo produttore di zampogne di Acquafondata ed assegnatario del premio CAI Custode delle Terre Alte 2022, ci ha consentito di riflettere sul valore di una rara produzione, svolta da secoli sulla base di conoscenze empiriche, tramandate di generazione in generazione. Luigi è un artigiano, rimasto in una di quelle realtà oggi definite marginali, ma con un ruolo attivo e lodevole essendo custode di valori culturali unici. Anche in questo caso, però, abbiamo dovuto constatare con un certo senso di amarezza da parte nostra e di rassegnazione da parte sua, come lo spopolamento comporti altresì l'impossibilità a proseguire certi tipi di attività, mancando i giovani interessati a recuperare e tramandare questa tradizione.

Questo rafforza il concetto per cui tutte le iniziative messe in campo, rischiano di non essere efficaci se non ci si adopera creando delle opportunità tali da giustificare la permanenza dei giovani sul territorio.

Situazione con ulteriori specificità è quella vissuta dal paese di Villa Santa Lucia caratterizzato da un processo di industrializzazione, negli anni Settanta, per l'insediamento di un'importante realtà produttiva, con il suo indotto, che ha portato alla scomparsa delle attività artigianali tradizionali locali. Con la crisi dello stabilimento industriale e la conseguente riduzione di attività e personale impiegato, si assiste a una nuova fase transitoria accompagnata da una riduzione di circa un quinto della popolazione residente e con la comunità che si è così trovata a dover reinventare dei mestieri, con nuove iniziative per riavviare attività (come per esempio nella ristorazione) e con il tentativo, da parte dell'amministrazione, di mettere in campo una nuova progettualità facendo fronte comune anche con le altre realtà del territorio.

Una situazione abbastanza diversa è stata oggetto di testimonianza da parte della responsabile dell'Ufficio Comunicazione e del Presidente delle Comunità del Parco d'Abruzzo, Lazio e Molise con cui è stato esaminato il ruolo che può svolgere un'area protetta nella conservazione e nella promozione del territorio, rilevando un senso di vitalità totalmente diverso, strettamente legato all'esistenza dell'area stessa. Quest'ultima ovviamente costituisce il principale volano per i comuni del Parco la cui prima forma di sostentamento è rappresentata dal turismo.

In questo caso specifico, diviene importante lavorare sulla cultura della conservazione perché se un'area protetta attira il turista è altrettanto vero che il turismo può comportare dei problemi ai fini della protezione del territorio. È essenziale, perciò, riuscire a trovare una mediazione, definendo regole precise per l'uso della risorsa ambiente ed un'opportuna disciplina sulla fruizione turistica del territorio di un parco nazionale. Questo non viene accolto sempre con favore, in quanto è visto piuttosto come una limitazione. La chiave di svolta sta nel trasformarlo invece in un'esclusività da interpretare come una risorsa che, a sua volta, può generare preziose opportunità da un punto di vista socio-economico.

Il progetto in corso delle cosiddette Comunità a misura d'orso è basato su comitati che vedono coinvolti gli



Figura 5 - Palazzo Ducale di Atina, futura sede del Museo Archeologico - ph T. Bianchi



Figura 6 - Particolare della piazza centrale di Acquafondata - ph T. Bianchi

stessi cittadini, per lavorare sul concetto di coesistenza più che sull'attività di conservazione in senso stretto, affinché tutte le iniziative, che puntano a un'adeguata formazione culturale, arrivino dal basso e quindi possano avere un maggior successo in termini di accettazione.

L'incontro con una giovane famiglia italo-venezuelana, nella frazione di Casalcassinese che conta circa 70 abitanti, ci ha permesso di guardare l'abitare le terre alte da un ulteriore punto di vista. Scegliendo di vivere in una realtà di questo tipo, infatti, affrontano inevitabilmente delle difficoltà legate alla distanza dai luoghi di lavoro e dalla scuola, di contro però beneficiano della possibilità di abitare in una casa di famiglia, senza il costo di un affitto e della tranquillità che caratterizza questa frazione dove anche i loro due bambini godono di piena libertà, in tutta sicurezza.

Dalla loro positiva esperienza, i familiari rimasti in Venezuela stanno valutando di trasferirsi definitivamente in questo piccolo paese italiano lasciando una nazione ormai caratterizzata da una profonda crisi economica e, soprattutto, da una crisi sociale in cui ormai si vivono situazioni di violenza e degrado. È proprio questo confronto che permette loro di apprezzare, ancora di più, la situazione di serenità che vivono attualmente. Ciò che noi, abituati a una realtà diversa, potremmo considerare un limite, per loro ha costituito l'opportunità per una nuova vita, un'occasione da cui ripartire. In un percorso di migrazione inversa di ritorno alle origini, situazioni di questo tipo potrebbero rappresentare una novità favorevole ed una delle possibili e promettenti risposte di ripresa.

Trattandosi di paesi che hanno vissuto importanti flussi migratori, oggi si trovano a vivere l'effetto del turismo di ritorno, soprattutto dall'estero, che coinvolge le nuove generazioni nella riscoperta dei luoghi di origine della propria famiglia e nel recupero di abitazioni abbandonate da tempo. Attraverso scambi culturali con le comunità di italiani all'estero, discendenti dei migranti che hanno lasciato l'Italia ormai quasi un secolo fa, si cerca di incentivare anche questo tipo di turismo il cui limite però è quello di essere concentrato solo in pochi periodi dell'anno.

Per tale motivo si rende necessaria una continua ricerca di modalità nuove per coinvolgere i possibili fruitori dell'offerta turistica proposta. Si rende necessaria una sorta di creatività, propositiva ed attrattiva, per lavorare sul territorio, senza nulla che possa essere dato per scontato e con un grande contributo, in termini di capacità dei singoli attori coinvolti, nel fare la vera differenza per raggiungere gli stessi risultati che, nei grandi centri urbani, si riescono a ottenere con maggiore facilità.

Nonostante l'importanza di conservare la specifica identità dei territori, per custodire quella che potremmo definire la loro biodiversità culturale, da tutte le testimonianze raccolte è emerso con evidenza e costanza, come siano le collaborazioni che nascono sul territorio tra associazioni, enti ed amministrazioni e la capacità di fare rete, unita a quella di riuscire a reperire fondi, ciò che permette di realizzare importanti progetti di valorizzazione del territorio stesso e di condivisione sociale.

Divengono allora essenziali le iniziative quali, per esempio, la firma di un accordo di manifestazione di intenti

con la Regione, al fine di formulare delle idee e delle progettualità condivise tra i comuni che possano poi seguire l'iter tecnico necessario per arrivare alla fase della più opportuna legiferazione. Fare rete è indispensabile per poter inserirsi in sistemi più complessi ed articolati in cui portare la voce non del singolo piccolo comune ma di un aggregato più strutturato con la possibilità di ottenere maggiori e migliori risultati proprio grazie al viaggiare insieme.

È importante, per esempio, essere riusciti a costituire l'Unione delle Cinque Città che vede l'associazione di diversi comuni sempre con l'intento di offrire servizi congiunti e collaborare a progetti condivisi.

Il rilievo strategico di questo tipo di connessioni è strettamente legato al fatto che, tra i principali fattori di criticità rilevati, vi sono i limiti della capacità progettuale espressa dal territorio e la difficoltà nei rapporti interistituzionali, date anche le stringenti discipline, normative stratificate e complessità delle procedure.

Esistono infatti delle opportunità che potrebbero essere colte, come per esempio l'iscrizione nel Registro dei paesaggi rurali storici, istituito nell'ambito dell'Osservatorio del paesaggio, a cui un paese come Terelle potrebbe avere pieno titolo trattandosi di una comunità che, per secoli, ha di fatto vissuto in funzione dei castagneti ultrasecolari che, con due specie di castagne autoctone, insistono sul suo territorio; l'iscrizione al marchio regionale "Natura in campo", sempre per la castagna autoctona, che ha l'obiettivo di valorizzare i prodotti del territorio e favorirebbe una pubblicità per il paese che potrebbe avere così una maggiore risonanza; la partecipazione ai numerosi bandi in itinere per l'attribuzione di risorse finanziarie destinate a determinate attività del territorio.

Ovviamente affinché ciò sia possibile, sarebbe necessario dedicare una ricorrente attività settimanale dell'amministrazione alla ricerca delle opportunità di finanziamenti che spesso non vengono allocati per mancanza di richieste che, a loro volta, mancano perché le piccole amministrazioni hanno un assetto organizzativo che non consente loro di dedicarsi con costanza a questo tipo di attività.

Conclusioni

È evidente come la comunità di un luogo rappresenti l'identità, la tipicità e l'espressione della storia di quel territorio. L'ultimo piano strategico per le aree interne, con un approccio apparentemente cinico per quanto pragmatico, ha sottolineato la necessità di "...un piano mirato che le possa assistere in un percorso di cronicizzato declino e invecchiamento..." benché "...socialmente dignitoso".

Gli incontri nei piccoli paesi del basso Lazio hanno evidenziato importanti vulnerabilità ma anche tante potenzialità inespresse del territorio.

Certamente abbiamo potuto cogliere quel guizzo di orgoglio con cui rigettano la catalogazione di comuni marginali nell'accezione di irrilevanti, trascurabili o di secondo piano, difendendo invece la loro volontà di resistere, impegnandosi per costruire la capacità di restare e sollevando la loro voce unanime nel chiedere,



Figura 7 - Luigi Carcillo, nel suo laboratorio, prova il suono di una zampogna - ph T. Bianchi



Figura 8 - Murales nel centro storico di Casalcassinese sul tema emigrazione - ph T. Bianchi

anzi, che venga garantito il loro diritto alla restanza, con un atteggiamento propositivo ed uno sforzo immane, orientati alla custodia del loro patrimonio culturale, della loro identità, del loro futuro. Diviene perciò fondamentale trovare nuove modalità per sostenere comunità, servizi e lavoro. È emersa l'impellente necessità di promuovere uno sviluppo endogeno ed integrato, attraverso soluzioni originali di rilancio, aggregazione, iniziative sinergiche tra pubblico, privato e società civile, progetti su più ampia scala, un'attività di programmazione più efficiente ed efficace, innovativa e multisettoriale.

Solo così sarà possibile valorizzare le preziose risorse paesaggistico-culturali, l'offerta turistica e le produzioni tipiche locali, contrastare lo spopolamento e, più in generale, contribuire a una maggiore animazione del territorio, con il coinvolgimento soprattutto dei giovani, affinché queste aree possano essere considerate dei luoghi di opportunità, con un capitale territoriale di cui cogliere le potenzialità e di cui migliorare l'attrattività, l'accessibilità e la fruibilità.

Piuttosto che piangersi addosso c'è la volontà di trovare gli strumenti affinché le condizioni di marginalità possano, invece, essere interpretate in un'accezione di esclusività e affinché i loro punti di debolezza si possano trasformare in punti di forza.

A tal fine serve innanzitutto consapevolezza, da parte delle comunità locali, della ricchezza di cui dispongono. È necessario avere coscienza della propria ricchezza rurale, artigianale, naturale e non solo e che evolva il proprio senso di identità, per restituire importanza e dignità alla cosiddetta Italia di mezzo delle aree interne.

La richiesta dei piccoli comuni è di essere garantiti negli stessi principi e di essere considerati meritevoli di risorse al pari di tutti gli altri comuni del territorio italiano, evitando iniziative a loro discapito che sviliscono, piuttosto che incentivare, amministrazioni e comunità. È innegabile l'esistenza di esigenze indispensabili per far sì che queste realtà sopravvivano ed è necessario pensare a delle strategie particolari con cui cercare di dar loro respiro.

Nell'attraversare questi luoghi si vede una faccia delle terre alte che appaiono in tutta la loro fragilità, con case spopolate ed un territorio che, meno presidiato, deve fare i conti anche con una minore manutenzione, con il rischio che si accentuino i fenomeni di dissesto.

È fondamentale che ogni comunità lavori su connessioni che camminino su una doppia direttrice: all'interno del proprio ambito specifico (tra amministrazione, enti ed associazioni, operatori privati) ma anche con le altre comunità che vivono nello stesso contesto regionale.

Occorre cercare delle forme di collaborazione interistituzionale, incentivando soluzioni condivise secondo un approccio di coesione, ricercando dialogo e costruendo collegamenti tra le diverse amministrazioni locali, per riuscire a fare rete in termini di idee e progettualità.

Bisognerebbe riuscire a costruire dei tavoli di regia interterritoriale per la pianificazione ed il coordinamento delle attività in maniera sistemica e funzionale, con dei piani di più ampio spettro che vadano al di là della singola realtà comunale.

A tal fine assume rilievo e può fare la differenza anche un'adeguata preparazione culturale e gestionale degli amministratori nel saper avere un approccio innovativo, per cogliere tutte le opportunità possibili e fare in modo che poi la volontà politico-amministrativa sposi anche quella della comunità vincendo, per esempio, la resistenza all'innovazione. Saper cogliere le opportunità è fondamentale anche per la ricaduta positiva che ne deriva sul tessuto sociale grazie alle occasioni che, a cascata, possono cogliere associazioni, operatori economici e tutti gli attori coinvolti.

In questo contesto si può ben inserire anche l'attività del CAI con una presenza capillare e stabile sui territori, una loro profonda conoscenza e frequentazione assidua, la possibilità di offrire, attraverso le proprie attività e la propria organizzazione, il valore aggiunto di un prodotto solido, ripetibile ed esportabile, con gli opportuni adattamenti locali.

È innegabile, infatti, che anche l'associazionismo può e deve svolgere un ruolo di rilievo nell'incrementare la capacità di risposta al silenzioso processo di declino in atto.

L'attuale condizione delle terre alte deve costituire un forte richiamo alle responsabilità e una spinta a cambiare direzione, ponendoci degli interrogativi anche come Club Alpino Italiano su quale possa essere il nostro ruolo nel fornire un contributo fattivo a favore di queste realtà affinché non si assista a una montagna che scompare quanto, piuttosto, a una montagna capace di trovare una modalità alternativa per continuare a vivere.

Portare le proprie iniziative su questi territori, per esempio, fornisce loro l'opportunità di una maggiore visibilità e la possibilità di far conoscere le peculiarità naturali e storico-culturali che li caratterizzano. Ma può servire anche alla stessa comunità per capire appieno il valore del patrimonio di cui si dispone e prenderne maggiore consapevolezza.

Nel ruolo proattivo che il CAI può svolgere, è in corso di valutazione l'eventualità che il piccolo paese di Acquafondata possa rappresentare un possibile avamposto di studio e una sorta di laboratorio sociologico, assumendo un ruolo guida nello studio delle complesse problematiche afferenti le aree interne del basso Lazio.

Ringraziamenti

Il mio ringraziamento va ai miei compagni di viaggio, ai direttori di volo e a tutte le persone incontrate in questa trasvolata sulle terre alte del Mezzogiorno d'Italia, che hanno condiviso con noi gioie e dolori del loro vivere quotidiano, custodi tenaci ed infaticabili, caparbiamente ancorati alle loro radici, in una complessità e per un legame apparentemente incomprensibili sebbene...

Un paese ci vuole, non fosse che per il gusto di andarsene via. Un paese vuol dire non essere soli, sapere che nella gente, nelle piante, nella terra c'è qualcosa di tuo, che anche quando non ci sei resta ad aspettarti.

(Cesare Pavese, 1950)

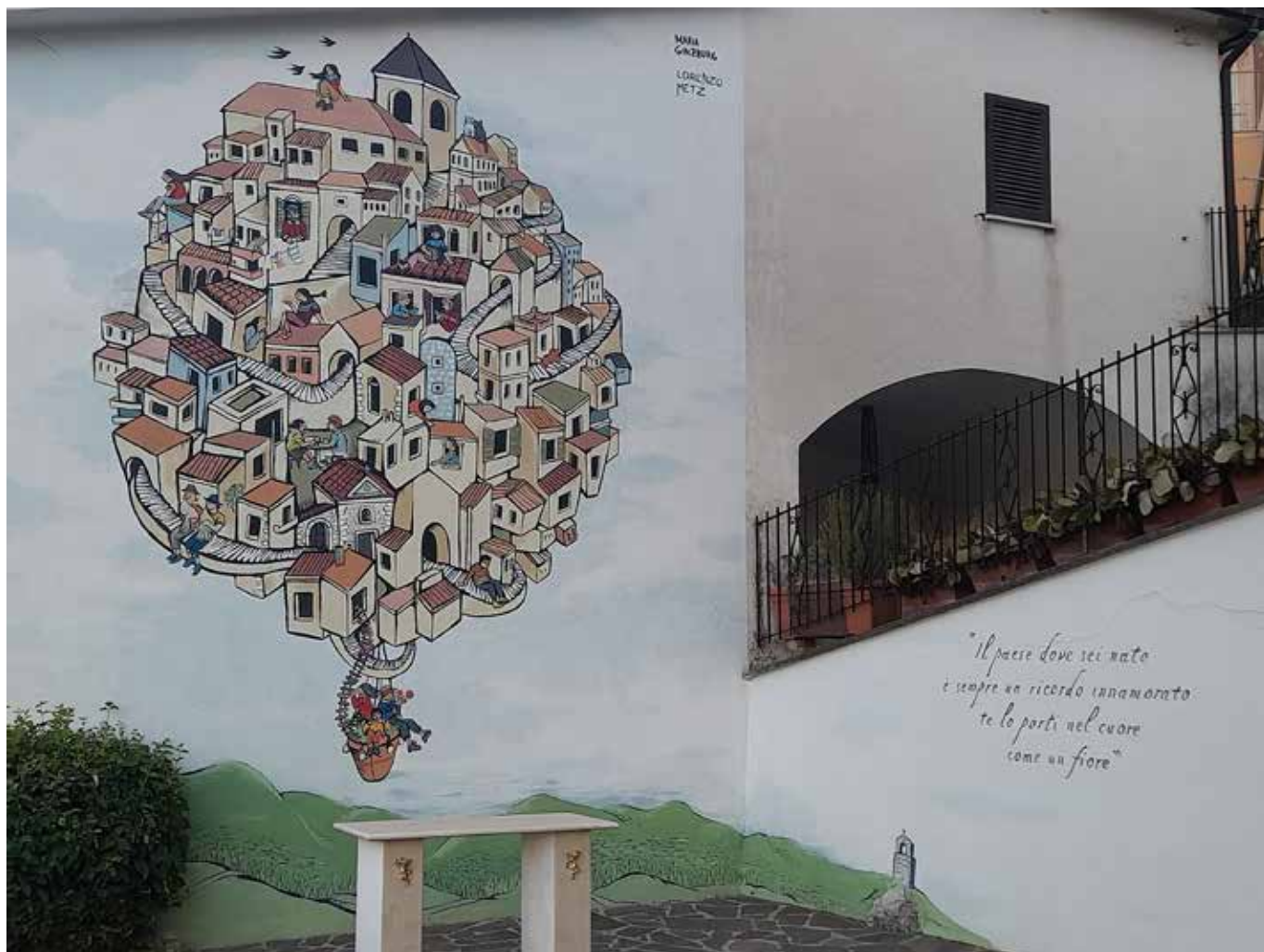


Figura 9 - Murales nel centro storico di Acquafondata sul tema paese e comunità - ph Tiziana Bianchi

Bibliografia

- PSNAI, Marzo 2025 - *Piano Strategico Nazionale delle Aree Interne* - (Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento per le politiche di coesione e per il sud)
- ANCI Comitato Direttivo, Ottobre 2024 - *Aree interne tra contrasto allo spopolamento e tutela del territorio*
- LORENZO RUFFINO, Settembre 2023 - *Lo spopolamento delle aree interne in quattro grafici*
- CLAUDIA CIPOLLONI, Marzo 2021 - *Le politiche di contrasto al fenomeno dello spopolamento nelle Aree interne*
- CECILIA REYNAUD, SARA MICCOLI, Maggio 2018 - *Lo spopolamento nei comuni italiani: un fenomeno ancora rilevante* - EyesReg, Vol.8, N.3
- GIAMPIETRO MAZZA, CATERINA MADAU, SALVATORE MASIA, FRANCESCA MURTINU, 2018 - *Lo spopolamento come causa della deterritorializzazione: il caso dell'Unione dei Comuni Barbagia*
- FRANCESCO DINAPOLI - *Una strategia per contrastare lo spopolamento dei territori* - La provincia informa – Supplemento a La Provincia di Cosenza
- www.openpolis.it/la-connezione-tra-territori-attra-verso-gli-investimenti-sulle-linee-ferroviarie/
- <https://agenziare.it/risposte-res/soggettive-storie-di-luoghi-e-persone-dalle-aree-interne/>
- www.italiachecambia.org/2023/06/confini-storie-territori-marginali/
- www.vita.it/vivere-ai-margini-lutopia-concreta-delle-aree-interne/
- <https://pagellapolitica.it/articoli/spopolamento-a-ree-interne-italia>
- <https://asvis.it/editoriali/3257-23729/le-aree-interne-non-vanno-condannate-a-morte-ma-accompagnate-verso-una-rinascita>
- www.youtube.com/watch?v=C8xqM9JH_G0 (Racconta la montagna: "Montagne di mezzo" di Mauro Varotto – UNIMONT, Università degli Studi di Milano, Dicembre 2024)
- <https://youtu.be/DtxASmukSXM> (La lettura del paesaggio – Incontro con Giuliano Cervi, architetto del paesaggio - Luigi Iozzoli ONCN CAI, 2025)
- <https://youtu.be/aQ66fNCpYk> (Gruppo Terre Alte – 1991-2021: trent'anni di attività" - Luigi Iozzoli ONCN CAI, 2021)

Sitografia

- www.collettiva.it/copertine/italia/vuoto-a-perdere-italia-a-rischio-spopolamento-jhawmow0

INDICE PER ARGOMENTI

In questo indice si trovano tutti gli articoli pubblicati sui Bollettini CSC suddivisi per argomenti e con le indicazioni del Bollettino di riferimento e delle pagine.

ARCHEOLOGIA

CAMBIAMENTI CLIMATICI

FAUNA

GEOLOGIA, PALEONTOLOGIA, GEOMORFOLOGIA

GLACIOLOGIA, VULCANOLOGIA

PAESAGGIO

VEGETAZIONE

ALTRO

ARCHEOLOGIA

Autori e titolo	Bollettino	pagine
• HENRY DE SANTIS - <i>L'antropizzazione del comprensorio toiraneso tra preistoria e protostoria. Censimento e attualizzazione dello status quo delle grotte aventi tracce di frequentazione poste nel territorio di Toirano (SV)</i>	ottobre 2020	7-41
• GIUSEPPE BORZIELLO - <i>I siti mesolitici ai laghi del Colbricon nella catena dei Lagorai (Trentino orientale)</i>	ottobre 2020	43-67
• DIEGO ANGELUCCI, FRANCESCO CARRER - <i>Alpes - Un progetto di ricerca archeologica sulla pastorizia delle Terre Alte della Val di Sole</i>	aprile 2021	51-65
• ALFREDO NICASTRI - <i>La chiesa fortezza del Monte Bastiglia. Un insediamento medievale per il controllo e la difesa del territorio di Salerno</i>	aprile 2021	81-103
• DARIO SIGARI, ANGELO E. FOSSATI - <i>I cervidi nelle rocce - Primi risultati del progetto di ricerca sulle raffigurazioni dei cervidi nell'arte rupestre della Valcamonica</i>	ottobre 2021	25-41
• ANNA LOSI, MONICA MIARI - <i>Monte Sassoso - Un insediamento fortificato a controllo della valle del fiume Secchia</i>	ottobre 2021	75-83
• ANNA LOSI, MONICA MIARI - <i>Monte Sassoso - La seconda campagna di ricerca</i>	aprile 2022	81-91
• GIANCARLO SANI - <i>Le incisioni rupestri del Monte Prato Fiorito - Val di Lima - Toscana</i>	aprile 2022	103-121
• GIANCARLO SANI - <i>Le rocce dei Pennati - Sulle tracce delle rocce sacre dei Liguri Apuani sulle Alpi Apuane</i>	aprile 2023	93-105
• ENRICO CROCE, DIEGO E. ANGELUCCI, JACOPO ARMELLINI, FEDERICO CONFORTINI, FRANCESCO DORDONI, CHIARA ROSSI, DIEGO VENEZIANO, LAURA VEZZONI, STEFANIA CASINI - <i>Archeologia di montagna alle sorgenti del Brembo</i>	aprile 2023	11-29
• RACHELE DISCOSTI, STEFANO BERTOLA, CECILIA MILANTONI, MICHELANGELO MONTI, LORENZO URBINI, ROMINA PIRRAGLIA, MARCO PERESANI - <i>Il sito mesolitico di Comignolo sull'Appennino romagnolo - Ricerche, studi e prospettive di valorizzazione</i>	ottobre 2023	67-75
• ANNA LOSI, MONICA MIARI - <i>Primi sondaggi di verifica archeologica a Cà Bertacchi - Regnano (RE)</i>	ottobre 2023	77-87
• GIANCARLO SANI, GIULIANO CERVI - <i>Le rocce di Lulseto - Situate nell'Appennino reggiano, sono ciò che probabilmente rimane di un antico luogo di culto legato alla venerazione delle rocce</i>	aprile 2024	109-121
• ANNA LOSI, MONICA MIARI - <i>Nuove ricerche nella chiesa medievale di Cà Bertacchi di Regnano - Appennino reggiano</i>	ottobre 2024	53-67
• DAVIDE DELPINO, MARCO PERESANI, FABIO BONA - <i>Le "grotte a orso" alpine - Archivi paleoecologici e luoghi di frequentazione sporadica nel Paleolitico</i>	aprile 2026	61-69

CAMBIAMENTI CLIMATICI

Autori e titolo	Bollettino	pagine
• CLAUDIO SMIRAGLIA, DAVIDE FUGAZZA, GUGLIELMINA DIOLAIUTI - <i>Continua inarrestabile il regresso dei ghiacciai italiani e alpini. Le evidenze dei recenti catasti</i>	aprile 2021	7-21
• GIOVANNA BARBIERI - <i>Monitoraggio botanico di alcune specie target, possibili indicatori di cambiamento climatico, al Monte Cimone. Report del primo anno del progetto</i>	aprile 2021	23-29
• GIOVANNA BARBIERI - <i>Monitoraggio climatico e atmosferico presso C.A.M.M. (Centro Aeronautica Militare di Montagna) di Monte Cimone. Sintesi della relazione tenuta dal Ten. Col. Antonio Vocino il 27 giugno 2020 al Giardino Botanico Esperia</i>	aprile 2021	31-37
• PAOLO BONASONI, LUCA FREZZINI, SILVIO DAVOLIO, GUIDO NIGRELLI, PAOLO VINCENZO FILETTO, GIAN PIETRO VERZA - <i>Rifugi montani sentinelle del clima e dell'ambiente - Un progetto CAI-CNR che si estende dalle Alpi al Mediterraneo</i>	aprile 2022	9-17
• GUIDO NIGRELLI, MARTA CHIARLE - <i>Temperature in aumento nell'ambiente periglaciale alpino - Evoluzione nel periodo 1990-2020</i>	aprile 2022	45-51
• MARIO GOBBI, ROBERTO AMBROSINI, CHRISTIAN CASAROTTO, GUGLIELMINA DIOLAIUTI, GENTILE FRANCESCO FICETOLA, VALERIA LENCIONI, ROBERTO SEPPI, CLAUDIO SMIRAGLIA, DUCCIO TAMPUCCI, BARBARA VALLE, MARCO CACCIANIGA - <i>Ghiacciai in estinzione e crisi della biodiversità</i>	aprile 2022	53-65
• GIOVANNA BARBIERI - <i>Monitoraggio botanico di alcune specie target, possibili indicatori di cambiamento climatico, al Monte Cimone. Report del secondo anno del progetto</i>	ottobre 2022	59-75
• GIOVANNA BARBIERI, EDOARDO PINOTTI - <i>Monitoraggio botanico di alcune specie target, possibili indicatori di cambiamento climatico, nell'area Gropo Rosso - Valle Tribolata - Ciapa Liscia - Appennino settentrionale (piacentino-genovese). Report del primo anno del progetto</i>	ottobre 2022	77-83
• GIOVANNA BARBIERI - <i>Monitoraggio botanico di alcune specie target, possibili indicatori di cambiamento climatico, al Monte Cimone. Report del terzo anno del progetto con focus sul Geranium argenteum</i>	aprile 2023	45-61
• CLAUDIO SMIRAGLIA, GIANNI MORTARA - <i>Cambiamenti climatici e cambiamenti degli itinerari in alta montagna. Un'introduzione al tema</i>	ottobre 2023	11-27
• GUIDO NIGRELLI, MARTA CHIARLE - <i>Il periodo climatologico normale 1991-2020 sulle Alpi - Un focus sull'ambiente di alta quota</i>	aprile 2024	11-21
• GIOVANNA BARBIERI, ELISA MARINO - <i>Cambiamenti climatici e piante officinali - Il caso della coltivazione della salvia comune (Salvia officinalis) e della lavanda vera (Lavandula angustifolia) al Giardino Botanico Esperia - Rifugio Sentinella del clima e dell'ambiente</i>	aprile 2024	59-65
• GIOVANNA BARBIERI, EDOARDO PINOTTI - <i>Monitoraggi botanici in Appennino settentrionale - Nell'ambito del progetto Rifugio Sentinella del clima e dell'ambiente con riferimento alle aree dell'Osservatorio CNR "O.Vittori" e del Rifugio Esperia</i>	aprile 2024	49-57
• GIOVANNI MARGHERITINI, GIOVANNA BARBIERI, MARCELLO BORRONE, GUIDO NIGRELLI, LUIGI MAZARI, LUCIANO MASSETTI, PAOLO BONASONI, ANGELA MARINONI - <i>Rifugi Sentinella del clima e dell'ambiente - Report dei primi cinque anni di attività</i>	aprile 2025	11-29

- GIULIANO BONANOMI, ADRIANO STINCA, ALFREDO NICASTRI, DIEGO ERICO, BEATRICE BIGU, IVAN CIANO, FRANCESCA BELLUCCI - *Rilievi botanici, faunistici e inquinamento luminoso - Primi studi presso il Rifugio Cervati - Rifugi Sentinella del clima e dell'ambiente* aprile 2025 39-57
- GIULIANO BONANOMI, MARA GHERARDELLI, SABRINA SPIGNO, MOHAMMED IDBELLA - *Cambiamenti climatici e sport invernali: quale futuro in Appennino?* aprile 2025 69-79
- CLAUDIO SMIRAGLIA, ANTONELLA SENESE, MICHELE DI BIASE, ROBERTO AMBROSINI, ROBERTO SERGIO AZZONI, DANIELE BOCCHIOLA, GIUSEPPE COLA, MASSIMO FAVARON, DAVIDE FUGAZZA, DANIELA MARZANO, STEFANO MOROSINI, LUCA PEDROTTI, GIOVANNI PRANDI, RICCARDO SCOTTI, ANDREA TOFFALETTI, MICHELE ZUCALI, MANUELA PELFINI, GUGLELMINA ADELE DIOLAIUTI - *Sentieri effimeri: gli itinerari glaciologici fra scienza e divulgazione* - DOI: [10.82056/cai.2025.10_01](https://doi.org/10.82056/cai.2025.10_01) ottobre 2025 25-43
- VANESSA BIANCHI - *Variazioni della vegetazione di pascolo nelle Alpi Marittime in un contesto di cambiamento climatico - Un monitoraggio ventennale (2003-2024)* ottobre 2025 45-55
- VANESSA BIANCHI - *Changes in pasture vegetation in the Maritime Alps in a scenario of climate change - A 20-year monitoring (2003-2024)* - DOI: [10.82056/cai.2025.10.02](https://doi.org/10.82056/cai.2025.10.02) ottobre 2025 57-67
- GIOVANNI MARGHERITINI, GIOVANNA BARBIERI, CLAUDIO BIONDI, MARCELLO BORRONE, GUIDO NIGRELLI, ERICA MATTA, LUIGI MAZARI, LUCIANO MASSETTI, FRANCESCO MENEGUZZO, PAOLO BONASONI, ANGELA MARINONI - *Rifugi Sentinella del clima e dell'ambiente - Report dei primi sei anni di attività* - https://doi.org/10.82056/cai.2026.04_09 aprile 2026 11-35
- GIOVANNA BARBIERI - *Monte Cimone - Sei anni di monitoraggi botanici nell'ambito del progetto Rifugi Sentinella del clima e dell'ambiente* https://doi.org/10.82056/cai.2026.04_01 aprile 2026 37-49

FAUNA

Autori e titolo	Bollettino	pagine
• LUCA PELLICOLI - <i>Stambecchi (Capra ibex) sulle Alpi Orobie - Esperienza di Citizen Science nel triennio 2017-2019</i>	aprile 2021	39-49
• MATTIA BRAMBILLA, DAVIDE SRIDEL, PAOLO PEDRINI - <i>Quale futuro per il fringuello alpino Montifrigilla nivalis sulle Alpi italiane?</i>	ottobre 2021	17-23
• ALBERTO TARRONI, FABRIZIO FABBRI, GIOVANNA BARBIERI - <i>Biodiversità in ambienti in quota - Analisi della comunità macrozoobentonica del laghetto del Giardino Esperia (Passo del Lupo - Sestola - MO)</i>	ottobre 2022	111-137
• ANTONIO GELATI - <i>Avvelenamento da piombo in fenicotteri rosa (Phoenicopterus roseus) rinvenuti nel Parco Regionale Veneto del Delta del Po</i>	aprile 2023	31-37
• ANTONIO GELATI, MAURIZIO FERRARESI - <i>Radioattività e conservazione dell'Ambiente</i>	ottobre 2023	61-65
• ANTONIO GELATI - <i>Come gli uccelli si proteggono dal freddo - Strategie, adattamenti posturali e anatomici per superare l'inverno</i>	aprile 2024	77-83
• BENEDETTA ORSINI - <i>Il Camoscio più bello del mondo - Uomo e natura uniti da una storia di conservazione grazie alla quale, ancora oggi, è possibile ammirare camosci appenninici arrampicarsi sulle rocce e sui pendii innevati - Rupicapra pyrenaica ornata</i>	aprile 2024	85-97
• FABIO VETTOTRI, ALESSANDRO DE GUELMIS - <i>L'anno dell'orso in Trentino</i>	ottobre 2024	11-19
• IVAN BORRONI - <i>La diversità ecologica nelle acque interne. Principali aspetti fisici e biologici</i>	ottobre 2024	31-43
• LUCA PELLICOLI - <i>Conosciamo lo "scalatore" delle Alpi. Il camoscio alpino</i>	ottobre 2024	45-51
• ROBERTO BERTOLANI, FEDERICA FRIGIERI, ROBERTO GUIDETTI - <i>I tardigradi della lettiera di faggio - Primi studi presso il Rifugio Esperia - Rifugi Sentinella del clima e dell'ambiente</i>	aprile 2025	59-67
• GIUSEPPE DI FAZIO - <i>Il fiume Tronto: un corridoio ecologico (in)visibile - Studio di un tratto fluviale per la scoperta ecologica tramite fototrappole</i> - https://doi.org/10.82056/cai.2026.04_04	aprile 2026	87-103
• ENRICO RIPA, LOREDANA DI GIACOMO - <i>I chiroteri dei Sibillini - Due endemismi da tutelare</i>	aprile 2026	105-115

GEOLOGIA

Autori e titolo	Bollettino	pagine
• MARIA TERESA CASTALDI - <i>Insediamiento estrattivo di lapis specularis nel Parco della Vena del Gesso romagnola in epoca romana</i>	ottobre 2020	69-113
• GIULIANO CERVI - <i>Rapporto tra costruito storico e assetto geomorfologico lungo il sentiero appenninico dei Ducati</i>	ottobre 2020	115-123
• LORENZA CAVINATO - <i>Val Imperina nel Parco Nazionale delle Dolomiti Bellunesi</i>	ottobre 2020	125-142
• ROSALDA PUNTURO, ROSANNA MANISCALCO, GIOVANNI CASSARINO - <i>La pietra pece di Ragusa, una roccia semplice che ha fatto molta strada</i>	ottobre 2021	55-73
• DOMENICO ARINGOLI, PIERLUIGI FERRACUTI, PIETRO PAOLO PIERANTONI, DOMENICO PISTONESI, ANGELO ROMAGNOLI - <i>Sorgenti e fonti d'alta quota del Parco Nazionale dei Monti Sibillini</i>	ottobre 2021	117-135
• MARCO BASTOGI - <i>Glacialismo nelle Alpi Apuane e nell'Appennino settentrionale - Le testimonianze</i>	ottobre 2022	85-101
• SONIA ZANELLA, ANDREA BAUCON, ENRICO COLLO, MICHELE PIAZZA - <i>La forma è sostanza - Scelte didattiche per l'aggiornamento degli ONC del CSR LPV</i>	ottobre 2022	103-109
• VALENTINA ALICE BRACCHI - <i>Pinna nobilis del torrente Stirone - Un archivio paleoclimatico e paleoambientale ancora inesplorato</i>	ottobre 2023	29-37
• FRANCESCO MARTELLI - <i>Le acque carsiche - Caratteristiche, utilizzo e rischi di inquinamento</i>	ottobre 2023	39-59
• MARCO BASTOGI - <i>Le palestre di roccia in Toscana - Una opportunità per svelare la geodiversità di una regione contraddistinta da un ricco patrimonio geologico</i>	ottobre 2023	99-139
• TIZIANO ABBÀ, ERIK UNTERPERTINGER - <i>Aspetti geologici del Col Quaternà in Comelico - Un percorso geologico nel Permiano superiore</i>	aprile 2024	67-75
• CIRO CERRONE - <i>Il surface uplift Quaternario dell'Appennino meridionale: stato dell'arte e risultati preliminari</i>	aprile 2024	77-85
• FRANCESCO MANTELLI - <i>Le acque in montagna e nelle aree remote - Linee generali per l'utilizzo a scopo potabile - DOI: 10.82056/cai.2025.10_0</i>	ottobre 2025	57-85
• LAURA GRASSI, SOFIA FARINA - <i>Citizen Science, monitoraggio delle acque di fusione e dimensione emotiva del cambiamento climatico sul ghiacciaio del Prè de Bar (Val Ferret, Valle d'Aosta) - https://doi.org/10.82056/cai.2026.04_03</i>	aprile 2026	71-77
• MARCO BASTOGI - <i>Massi erratici - Elementi del paesaggio glaciale precursori dello studio dei ghiacciai</i>	aprile 2026	79-85

Autori e titolo	Bollettino	pagine
• GIULIANO CERVI - <i>Il paesaggio italiano - Il ruolo del Club Alpino Italiano nell'affermarsi in Italia del concetto di paesaggio, dai primordi dello Stato unitario all'articolo 9 della Costituzione</i>	aprile 2021	67-71
• ENZO GUZZONI - <i>Sentinelle di crinale - I termini di confine, serie 1828, fra Ducato di Parma e Granducato di Toscana</i>	ottobre 2021	43-53
• CARLO NATALI - <i>Territori di carta - Indicazioni di metodo per l'interpretazione dei luoghi</i>	ottobre 2021	93-115
• CARLO NATALI - <i>Centri storici e montagna toscana</i>	ottobre 2022	31-57
• ROBERTA PINI - <i>Fuoco, foreste e uomini: le trasformazioni del paesaggio cominciano nella Preistoria</i>	ottobre 2021	85-91
• ROBERTO DINI, CRISTIAN DALLERE, MATTEO TEMPESTINI - <i>Rigenerazione e riuso del patrimonio costruito alpino - Esperienze didattiche in Valdigne</i>	aprile 2022	67-79
• PIERO DONATI - <i>Il censimento delle maestà in Lunigiana</i>	aprile 2022	93-101
• LUCIANO MASETTI, FRANCESCO MENEGUZZO - <i>Il cielo naturale notturno</i>	aprile 2022	123-129
• MARIA CONTE - <i>V come Vajont, V come Vallesella - Risonanze di paesaggi lungo la Piave, tra hybris idraulica e resistenze</i>	ottobre 2022	19-29
• ENZO GUZZONI - <i>Sentinelle di crinale, alla ricerca di antiche testimonianze - I termini di confine, serie 1823 - Tra Ducato di Parma e lo Stato Sardo</i>	ottobre 2023	89-97
• ENZO GUZZONI, VALERIA ORLANDINI - <i>Viaggio lungo il confine fra il Ducato di Parma e lo Stato Sardo. Ricerche di antiche testimonianze (seconda parte)</i>	ottobre 2024	69-79
• MARIA TERESA CASTALDI, MARINA LO CONTE, MASSIMO ERCOLANI, LORIS GARELLI - <i>Censimento e georeferenziazione delle trincee lungo la Linea Gotica nella Vena del Gesso romagnolo</i>	aprile 2025	81-91
• MILENA MERLO PICH, GIULIANO CERVI, FURIO FINOCCHIARO, MARCO PERESANI, RACHELE DISCOSTI, MATTEO DE LORENZI, VINCENZO ABBATE, GABRIELE BORGHETTI, IVAN BORRONI, GIUSEPPE BORZIELLO, GIOIA BOSSI, MARCO CABBAL, MARIA TERESA CASTALDI, SONIA GLERA, MARCO MENICETTI, ALFREDO NICASTRI, CARLO NATALI, SANDRO TRIPEDI, VALENTINA OLIVERI, SONIA ZANELLA, FRANCESCO RIGA, PAOLO MONTANARO, ALESSIO PICCIOLI, PIERO CARLESI - <i>Rifugi Il progetto di Citizen Science del Comitato Scientifico Centrale su aspetti naturalistici, culturali e antropologici di alcune tappe del Sentiero Italia CAI - Primi risultati del progetto pilota e proposte per il futuro</i>	ottobre 2025	11-23
• ENZO GUZZONI, VALERIA ORLANDINI - <i>Viaggio lungo il confine tra il Ducato di Parma e lo Stato Sardo - Ricerca di antiche testimonianze (parte terza)</i>	ottobre 2025	87-97
• BENEDETTA ORSINI - <i>L'Appennino dell'osso e l'Italia della polpa - Riabilitare le aree interne per riscoprire l'identità paesaggistica dell'Appennino, un patrimonio da proteggere e vivere come casa e comunità - https://doi.org/10.82056/cai.2026.04_06</i>	aprile 2026	141-149
• FRANCESCO VIGNERI - <i>Lo spopolamento delle aree montane interne dell'Appennino - Inesorabile declino o nuove possibilità? - https://doi.org/10.82056/cai.2026.04_07</i>	aprile 2026	151-157
• TIZIANA BIANCHI - <i>Terre Alte dell'Appennino centrale: economia e tradizioni tra luci e ombre - Quale sopravvivenza? La voce dei piccoli paesi del basso Lazio https://doi.org/10.82056/cai.2026.04_08</i>	aprile 2026	159-169

VEGETAZIONE

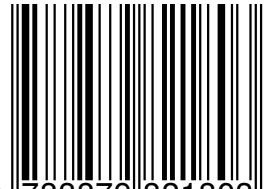
Autori e titolo	Bollettino	pagine
• FEDERICA ZABINI, FRANCESCO MENEGUZZO - <i>Terapia Forestale: efficace per la salute umana ma a certe condizioni. Ricerca congiunta CNR, CAI, CERFIT per il riconoscimento della Terapia Forestale quale medicina complementare</i>	aprile 2021	73-79
• ANDREA PIOTTI, CAMILLA AVANZI - <i>Alla scoperta delle abetine dell'Appennino Tosco-Emiliano</i>	aprile 2022	21-31
• GIULIANO BONANOMI - <i>Il limite superiore del bosco in Appennino</i>	aprile 2022	33-43
• ANNA CORLI, RITA BARALDI, LUISA NERI - <i>I composti organici volatili biogenici e i loro effetti sulla salute umana durante i percorsi di Terapia Forestale</i>	aprile 2023	39-43
• FULVIO DUCCI - <i>Gli antichi rifugi glaciali degli alberi forestali nell'Appennino settentrionale</i>	aprile 2023	63-91
• GIULIANO BONANOMI, EMILIA ALLEVATO, GIANDOMENICO AMOROSO, FRANCESCA BELLUCCI, ALFREDO NICASTI, MOHAMED IDBELLA - <i>Ricostruzione della storia della vegetazione di alta quota del Monte Cervati, del Gran Sasso e di Campo Imperatore mediante analisi pedoantracologica e del DNA antico - Rifugi Sentinella del clima e dell'ambiente</i>	aprile 2024	23-35
• DEBORA BAROLIN, GUIDO TEPPA - <i>La vegetazione del bacino glaciale della Bessanese - Contributo alla conoscenza della colonizzazione vegetale di un'area glaciale nelle Alpi Graie - Rifugio Gastaldi - Rifugi Sentinella del clima e dell'ambiente</i>	aprile 2024	37-47
• GIOVANNA BARBIERI - <i>Linum capitatum subsp. serrulatum - Specie di interesse conservazionistico - Monitoraggi presso i Rifugi Sentinella del clima e dell'ambiente</i>	ottobre 2024	21-29
• ERICA MATTA, GUIDO NIGRELLI - <i>Rilievi fenologici presso il Rifugio Gastaldi - Estate 2024 - Rifugi Sentinella del clima e dell'ambiente</i>	aprile 2025	31-37
• CIRO GARDI, ANDREA BATTISTI - <i>Nuove minacce per le foreste europee e italiane - Parassiti prioritari e non solo - https://doi.org/10.82056/cai.2026.04_02</i>	aprile 2026	51-59
• FRANCESCA MARCUCCI - <i>La vegetazione d'alta quota del massiccio della Maiella - Biodiversità, endemismi, adattamenti altitudinali - https://doi.org/10.82056/cai.2026.04_05</i>	aprile 2026	117-139

ALTRO

Autori e titolo	Bollettino	pagine
• GIULIANO CERVI - <i>I 90 anni del Comitato Scientifico Centrale - Un lungo cammino tra passato e futuro all'insegna dell'etica delle montagne e delle nuove sfide nelle Terre Alte</i>	ottobre 2021	9-10
• MAURO VAROTTO - <i>Dall'Excelsior al Paulo Infra - Trent'Anni del Gruppo Terre Alte</i>	ottobre 2021	11-13
• GIOVANNI MARGHERITINI - <i>La questione "Terapia Forestale" all'interno del CAI</i>	ottobre 2022	9-15
• MARCO BASTOGI - <i>Un inno per il Club Alpino Italiano - Avvenimenti ottocenteschi connessi all'opportunità, per gli alpinisti riuniti a convegno, di potersi distinguere con un proprio tema canoro</i>	aprile 2025	93-103
• MARCO BASTOGI - <i>Gli albori del Club Alpino Italiano e della Società Geologica nell'Italia post unitaria dell'Ottocento</i>	aprile 2025	105-113



ISBN 978-88-7982-180-3



9 788879 821803