



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 monitoraggio 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 indicatrici 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	Bocciolo	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

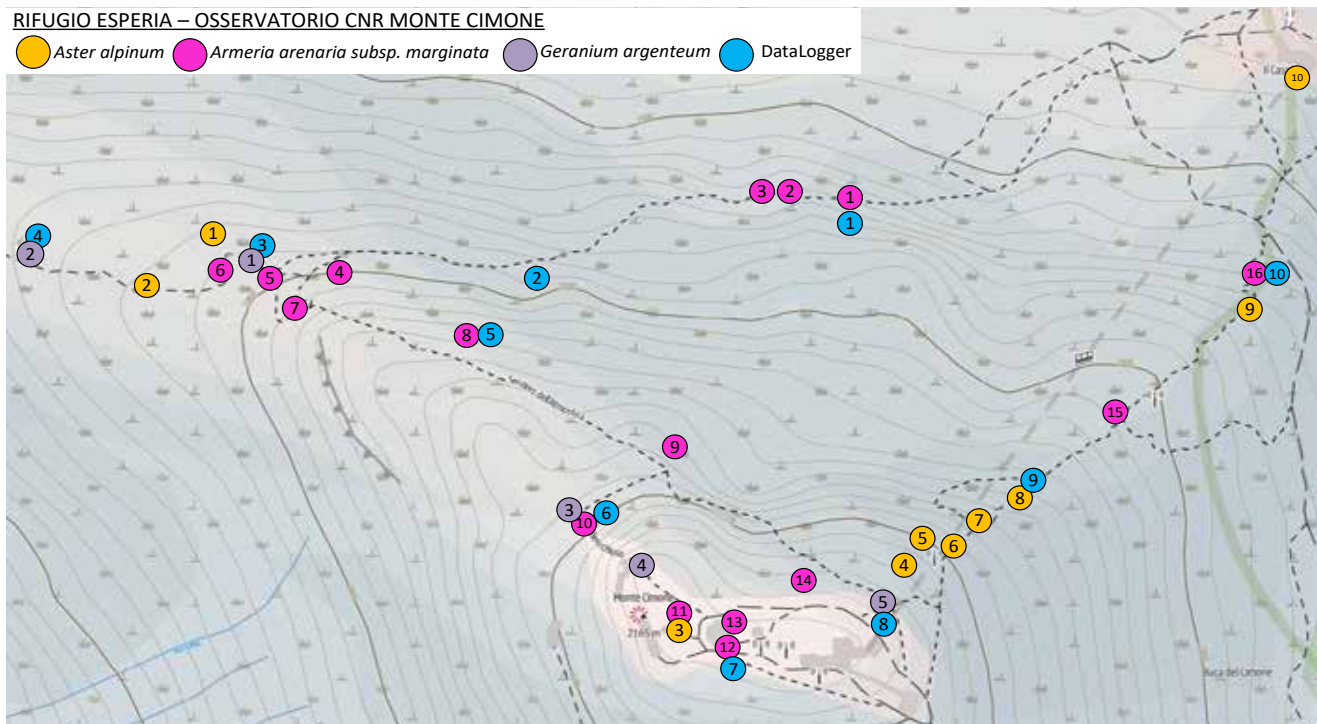


Figura 2 - Posizionamento delle stazioni delle specie in esame su carta topografica con scala 1:5.000 - elaborazione di E. Pinotti - 2025

<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 relictive 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 meteoroclimatiche

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 (siccità 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.

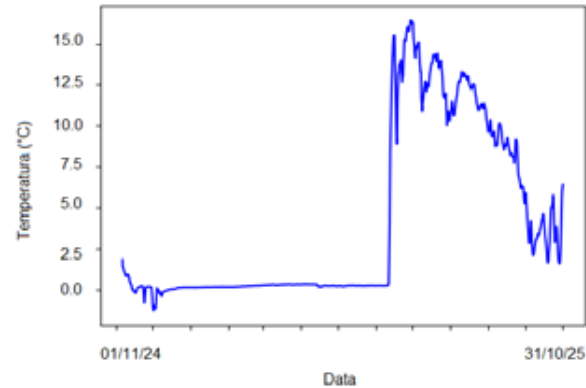
Le informazioni meteoroclimatiche

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

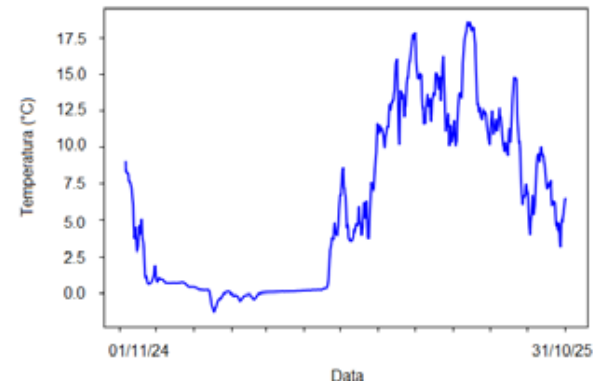
Inverno	Spessore medio manto nevoso cm	Inverno	Spessore medio manto nevoso cm
2014-2015	73	2020-2021	157
2015-2016	70	2021-2022	57
2016-2017	50	2022-2023	35
2017-2018	147	2023-2024	20
2018-2019	32	2024-2025	68
2019-2020	38	2025-2026*	75

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

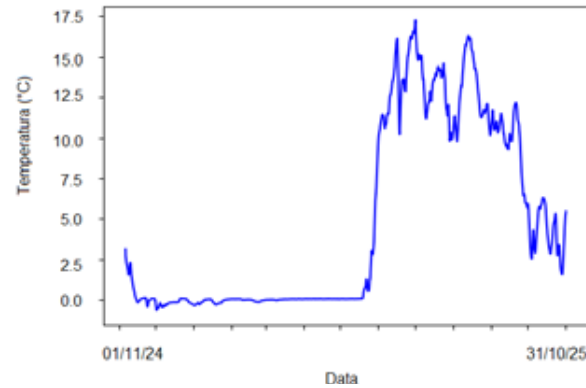
Grafici con le temperature rilevate da alcuni Data logger interrati di 10 cm sul suolo



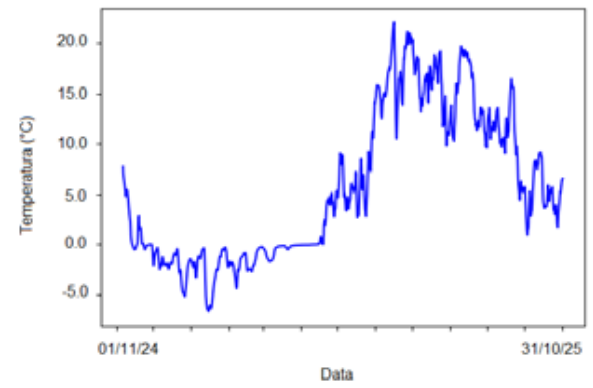
Datalogger 2 - su sentiero presso la valletta nivale



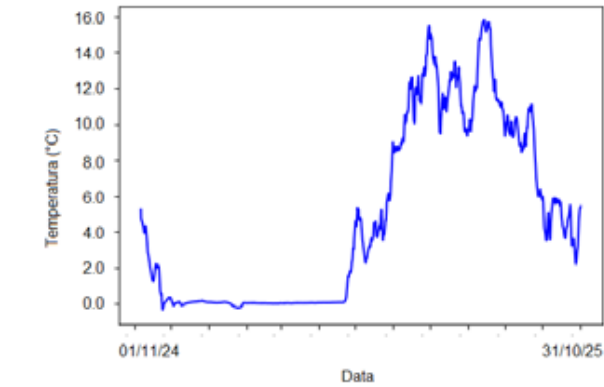
Datalogger 7 - presso stazioni A12 e A13



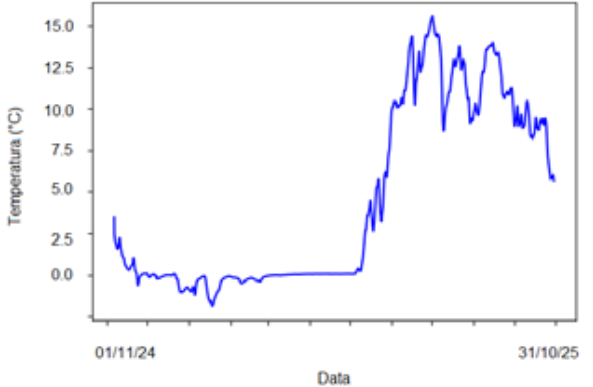
Datalogger 5 - presso stazione A8



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.

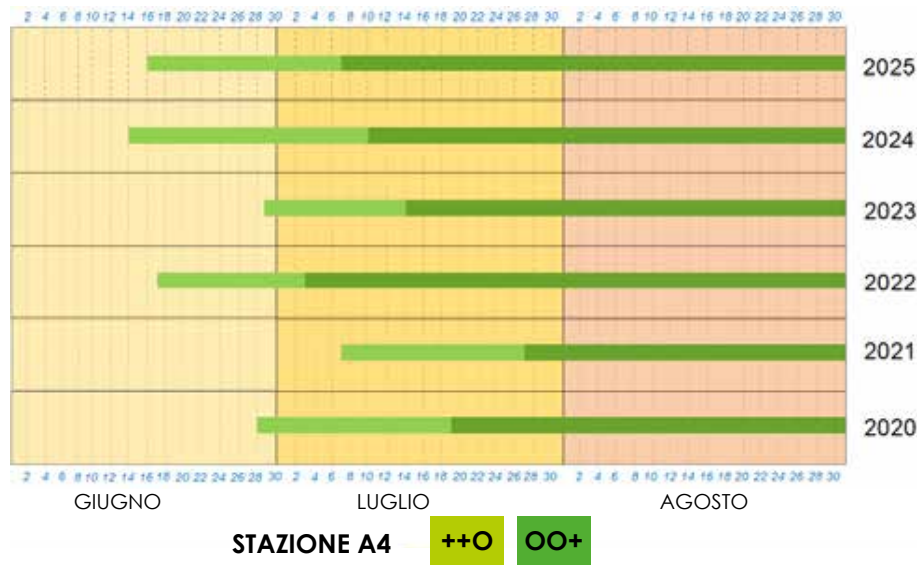


Figura 5 - *Armeria arenaria* subsp. *marginata* nella stazione A4 mostra un anticipo di fioritura - elaborazione E. Pinotti

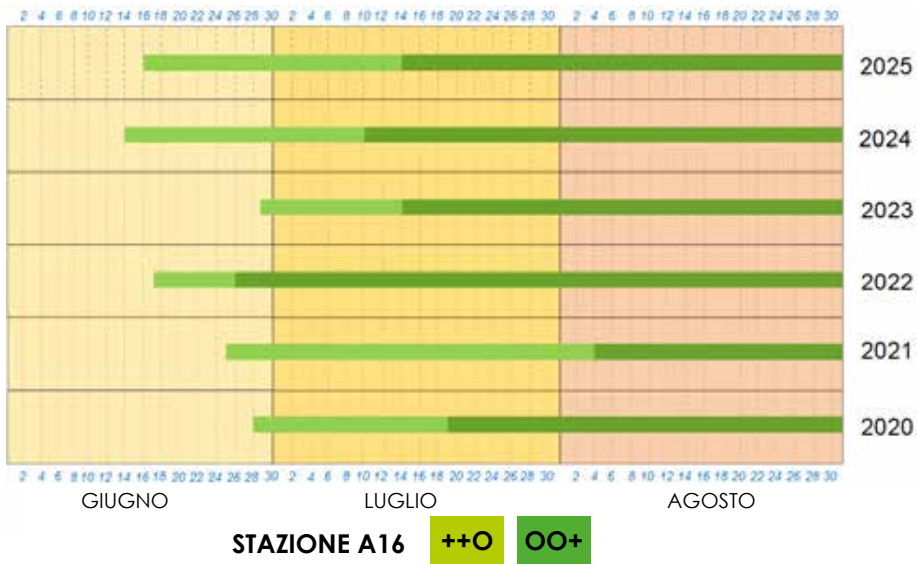


Figura 6 - *Armeria arenaria* subsp. *marginata* nella stazione A16 mostra un anticipo di fioritura - elaborazione E. Pinotti

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)

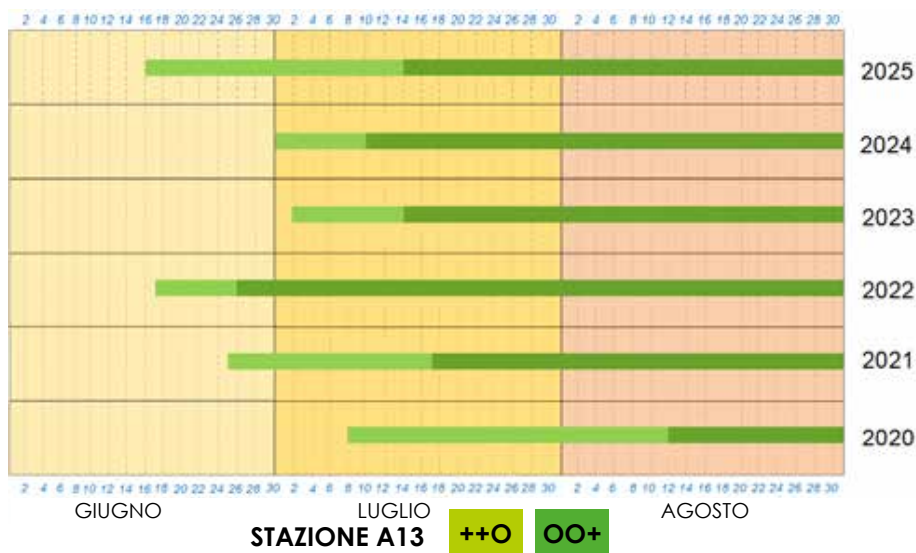


Figura 8 - *Armeria arenaria* subsp. *marginata* nella stazione A13 mostra un anticipo di fioritura - elaborazione E. Pinotti

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).

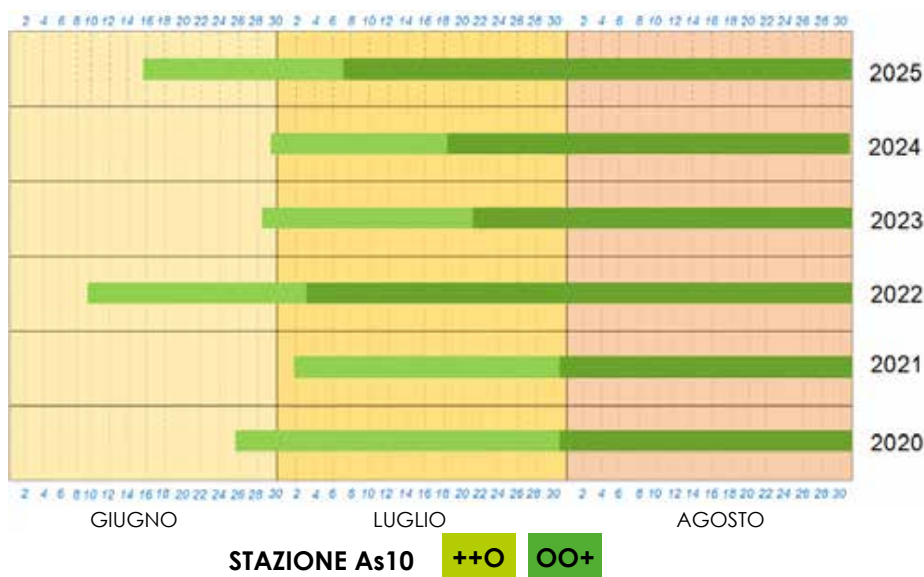


Figura 9 - *Aster Alpinus* subsp. *alpinus* - Analisi fenologica (fasi ++o e oo+) di As10 - elaborazione E. Pinotti

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)

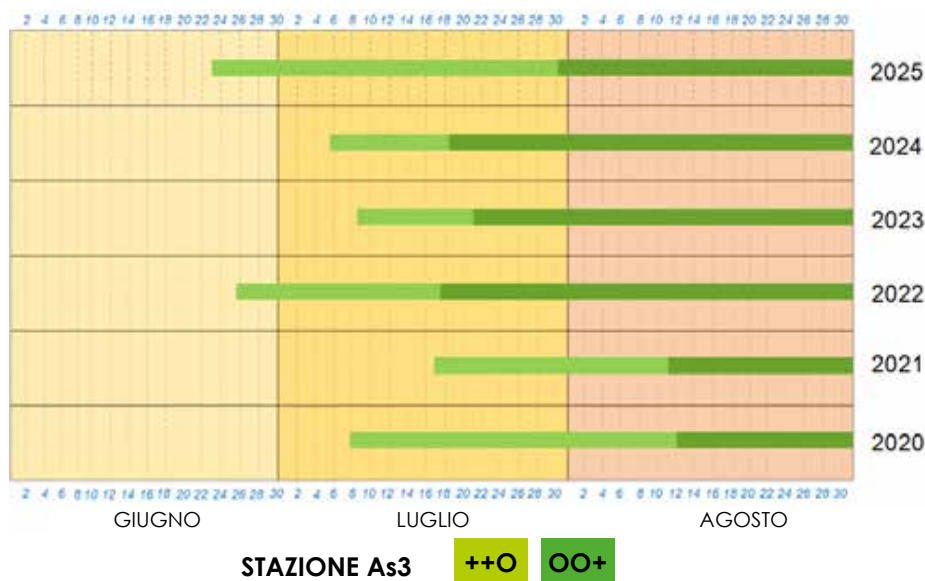


Figura 10 - *Aster Alpinus subsp. alpinus* - Analisi fenologica (fasi ++o e oo+) di As3 - elaborazione E. Pinotti

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.

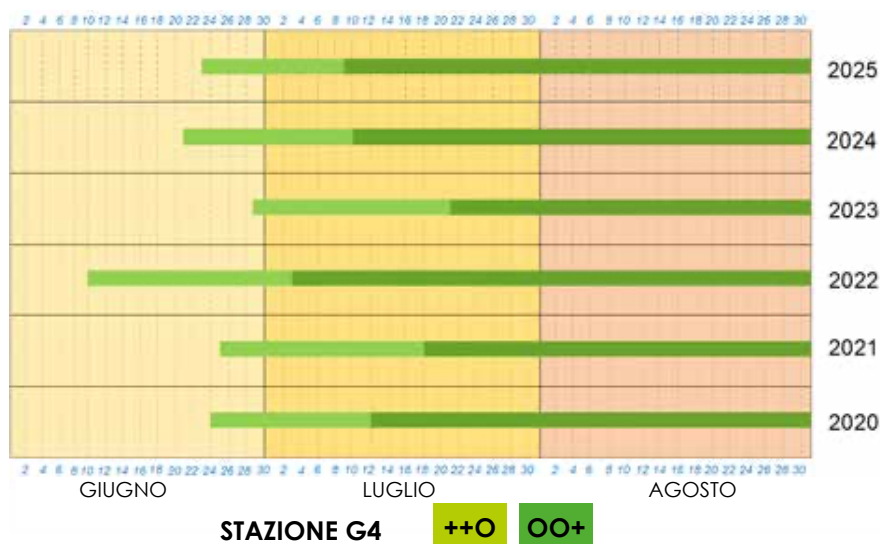


Figura 11 - *Geranium argenteum* - Analisi fenologica (fasi ++o e oo+) di G4 - elaborazione E. Pinotti

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.

- ALESSANDRINI A., BONAFEDÉ F., 1996 – *Atlante della flora protetta della Regione Emilia Romagna*. Regione Emilia Romagna (BO)
- ALESSANDRINI A., DELFINI L., FERRARI P., FIANDRI F., GUALMINI M., LODESANI U., SANTINI C., 2010 - *Flora del Modenese*. Censimento Analisi Tutela
- ALESSANDRINI A., FOGGI B., ROSSI G., TOMASELLI M., 2003 - *La flora di altitudine dell'Appennino Tosco-Emiliano*. Regione Emilia Romagna (BO)
- BARBIERI G., 2021 - *Monitoraggio botanico di alcune specie target, possibili indicatrici di cambiamento climatico, al Monte Cimone. Report del primo anno del progetto*, Bollettino del Comitato Scientifico Centrale CAI, Ottobre 2021 - pp 23-30
- BARBIERI G., 2022 - *Monitoraggio botanico di alcune specie target, possibili indicatrici di cambiamento climatico al Monte Cimone – Appennino settentrionale – Report del secondo anno del progetto*, Bollettino del Comitato Scientifico Centrale CAI, Ottobre 2022 - pp 59-76
- BARBIERI G., 2023 - *Monitoraggio botanico di alcune specie target, possibili indicatrici di cambiamento climatico al Monte Cimone – Appennino settentrionale – Report del terzo anno del progetto con focus sul Geranium argenteum*, Bollettino del Comitato Scientifico Centrale CAI, Aprile 2023 - pp 45-62

- BARBIERI G., 2024 - *Linum capitatum subsp. serrulatum* - Specie di interesse conservazionistico Monte Cimone - Osservatorio O.Vittori del CNR Monitoraggi presso i Rifugi Sentinella del clima e dell'ambiente, Bollettino del Comitato Scientifico Centrale CAI, Ottobre 2024 - 21-29
- BERTOLANI MARCHETTI D., DALLAI D., 1994 - *Storia tardiglaciale e postglaciale del Monte Cimone (Modena-Italia) in rapporto alla presenza di piante alpine*. Revue Valdôtaine d'Historie Naturelle, 48: 103-111
- CHIARUGI A., 1936 - *Sul limite boreale dell'area geografica del Geranium argenteum L. nelle Dolomiti occidentali*. Nuovo Giornale Botanico Italiano, XLIV: 635- 640
- MARCELLO A., 1954 - *Atlante fenologico - Accademia Italiana di Scienze Forestali* - Firenze

Rifugi Sentinella
del clima e dell'ambiente

ANNO

[illegible]

SPECIFIC

[illegible]

Descrizione del substrato geologico		

NOTE

Data compilazione
Compilatore

49