



VISITA AI LUOGHI DOVE SI STUDIANO GLI AMBIENTI DI MONTAGNA

Sul territorio di Torgnon sono presenti due luoghi dove chiunque può avvicinarsi e conoscere come viene effettuata la **ricerca scientifica** finalizzata alla **raccolta di dati** utili a interpretare la portata del cambiamento climatico in montagna.

Qui viene svolta una importante attività di osservazione e **monitoraggio** degli impatti dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi alpini. Le postazioni di rilevamento sono posizionate in aree ben precise, nelle quali esistono le condizioni fisiche e vegetazionali adatte alle differenti tipologie e tecniche di rilevazione. In ciascuna di esse, l'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Valle d'Aosta (ARPA Vda) ha collocato strumenti di rilevamento scientifico **altamente tecnologici**, in grado di rilevare i diversi parametri fisici funzionali alla comprensione delle risposte della vegetazione alla variazione delle condizioni climatiche nel corso del tempo. I dati raccolti sono dunque disponibili – anche tramite sistemi di trasmissione in remoto – per l'elaborazione, attraverso specifici protocolli di analisi.

La visita dei due siti, quello di Tellinod e quello di Tronchanev, è particolarmente interessante perché mostra lo speciale set di strumenti tecnologici dedicato alla raccolta in continuo dei dati climatici (temperatura, umidità, precipitazioni, velocità e direzione del vento, altezza della neve) e di particolari dati scientifici (radiazione solare, radiazione della copertura vegetale, temperatura del suolo, valori di CO₂ assorbita e rilasciata dalla vegetazione e dal suolo, etc.).

La visita ai siti di monitoraggio è effettuabile a piedi o in bicicletta e beneficia della facile accessibilità da Champorné grazie alla rete sentieristica presente lungo i valloni in parte boscati e in parte a pascolo che caratterizzano l'area nord del territorio di Torgnon. Facendosi accompagnare da una guida si possono cogliere le implicazioni di simili attività di ricerca e monitoraggio e meglio comprendere come gli ambienti di montagna rispondono al cambiamento climatico.





CONTENUTI DI APPROFONDIMENTO

LA FENOLOGIA: UN MODO PER MISURARE GLI EFFETTI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO

Ogni anno, in funzione delle stagioni, le piante e gli animali si sviluppano e crescono. Questo sviluppo può essere suddiviso in tappe ben definite.

Per esempio, al termine dell'inverno le piante iniziano a germogliare, poi sviluppano le foglie, i fiori, i frutti e infine muore o si mette a riposo prima dell'inverno successivo.

La vita delle piante e degli animali è quindi ritmata da eventi periodici che si avvicendano ogni anno all'incirca nello stesso periodo. La successione di questi eventi viene definita **fenologia** e ogni tappa dello sviluppo di piante e animali è uno **stadio fenologico**.

Questi eventi si producono ogni anno, ma la loro data esatta può variare da un anno all'altro, poiché essi sono fortemente influenzati dalle condizioni ambientali, in particolare dai fattori climatici.

Ad esempio, ci si aspetta che un larice cambi colore e perda i suoi aghi durante l'autunno, ma non è possibile prevedere con precisione la data in cui si produrrà ogni anno questo cambiamento. **La fenologia quindi è lo studio delle variazioni annuali degli eventi periodici della vita vegetale e animale, in funzione del clima.**

IL CAMBIAMENTO CLIMATICO

Spesso si sente parlare di cambiamento climatico. Ma perché si dice che il clima cambia?

Su quali basi poggia questa affermazione?

La raccolta dei dati storici delle temperature ha consentito di realizzare analisi sull'andamento di questo dato a livello globale.

A partire dall'inizio del XX° secolo, il clima sulla Terra ha subito un **riscaldamento** medio di 0,8° C. Un cambiamento di temperatura del tutto anomalo, a causa della sua portata e del ritmo al quale si è prodotto, dal momento che supera largamente tutte le variazioni di temperatura che si è potuto ricostruire sugli ultimi 1000 anni.

Questo riscaldamento non è tuttavia omogeneo su tutto il pianeta. In Europa, la temperatura media è aumentata di 0,95° C nel corso del XX° secolo, mentre le Alpi si sono riscaldate, negli ultimi 60 anni, da 1 a 3°C a seconda dei siti.

Il fenomeno è di una portata talmente ampia che i soli cicli naturali (variazione dell'attività solare, dell'orbita terrestre, il vulcanismo, etc.) non possono essere addotti come sola causa. Dopo l'inizio dell'era industriale, infatti, la combustione massiccia di petrolio, dei gas naturali e del carbone nei paesi industrializzati, così come l'allevamento intensivo hanno contribuito a modificare la composizione dell'atmosfera. Questa combustione immette grandi quantità di gas (principalmente biossido di carbonio e metano) nell'atmosfera e gli studi scientifici hanno dimostrato che queste molecole sono all'origine dell'aumento dell'effetto serra.

Oggi, la **quantità di CO₂** nell'atmosfera è superiore al 30% rispetto a quanto si osservava prima del periodo industriale.

È ormai assodato che questo cambiamento climatico interessa un gran numero di esseri viventi su tutto il pianeta. Un numero sempre maggiore di studi scientifici mette in evidenza il legame esistente tra l'aumento della temperatura durante gli ultimi 30 anni e le modificazioni del ciclo biologico, della dinamica delle popolazioni, dell'abbondanza e della distribuzione delle specie animali e vegetali.

Tra le modificazioni osservate, quelle relative alla fenologia delle piante e degli animali rivestono un ruolo fondamentale.





CARATTERISTICHE DEI SITI DI MONITORAGGIO ARPA IN TERRITORIO DI TORGNON

I siti di monitoraggio di ARPA Valle d'Aosta presenti sul territorio di Torgnon sono dedicati alla raccolta di dati scientifici e osservazioni fenologiche in remoto, funzionali allo studio sul lungo periodo del cambiamento climatico e del suo impatto sugli ecosistemi di montagna. Essi sono posizionati in due diversi siti rappresentativi di due ambienti tipici di alta montagna:

- **Tellinod - prateria alpina, strumenti al suolo – quota 2164m slm**
- **Tronchaney - bosco di larici, strumenti al suolo e torre di raccolta dati (20 mt. di altezza) – quota 2160m slm**

I motivi che hanno supportato la realizzazione di due diversi siti di monitoraggio sono da ricondursi anche nella differente risposta al cambiamento climatico della vegetazione presente in questi due ambienti.

In particolare, le specie vegetali presenti nella prateria alpina (in prevalenza graminacee) hanno una risposta più rapida al cambiamento climatico e le loro fasi fenologiche anticipano o ritardano in maniera più sensibile al variare delle condizioni climatiche stagionali di quanto non avvenga per le specie arboree presenti nel bosco (larice).

Per la stazione di Tronchaney, posizionata nel lariceto, è stato necessario realizzare una torre di rilevamento al fine di poter posizionare alcuni specifici strumenti al di sopra della copertura vegetativa arborea.

La strumentazione presente nei due siti è in grado di raccogliere i dati in continuo e di inviarli in remoto alla stazione di raccolta dell'ARPA Valle d'Aosta, dove avviene l'elaborazione dei dati e la loro condivisione sulle differenti piattaforme di collaborazione scientifica comune con gli altri centri di ricerca europei ed extraeuropei.

Gli strumenti di misura presenti registrano due categorie di dati:

- **dati climatici:** temperatura, umidità, precipitazioni, velocità e direzione del vento, altezza della neve, presenza della neve al suolo;
- **dati chimico-fisici:** radiazione solare, radiazione della copertura vegetale, temperatura del suolo, valori di CO₂ assorbita e rilasciata dalla vegetazione e dal suolo, flusso linfatico.

In entrambi i siti è presente una webcam e una fotocamera digitale per il rilevamento in continuo delle condizioni della copertura vegetativa e della presenza di neve al suolo.

Le immagini raccolte da webcam e fotocamere digitali a colori sono anche funzionali alla taratura delle immagini rilevate da satellite e per la loro più corretta interpretazione. In particolare è utile poter associare alle immagini in falsi colori rilevate da satellite attraverso tecnologie non ottiche (ad esempio l'infrarosso), il colore prevalente assunto dalle chiome dei larici durante la stagione primaverile (aumento della componente verde data dalla fogliazione) e la stagione autunnale (variazione graduale dal verde, all'arancio al giallo, sino al marrone/grigio dei rami spogli). Questo consente di affiancare al dato puntuale di terreno l'informazione a più ampia scala derivante dall'analisi delle immagini satellitari, allargando ed estendendo così l'analisi delle serie annuali anche a territori non direttamente interessati dalle campagne di rilevamento sul terreno.

Per chi desidera maggiori approfondimenti si consiglia di visitare i siti di monitoraggio in compagnia di una guida.





IL RILEVAMENTO FENOLOGICO SECONDO PROTOCOLLI QUALI-QUANTITATIVI

La raccolta in remoto dei dati si accompagna ad una serie di operazioni di rilevamento fenologico svolte in campo, attraverso la scelta e marcatura di opportune aree di rilevamento. Queste operazioni si svolgono secondo l'applicazione di protocolli di rilevamento comuni e possono prevedere sia la misura di ben definiti stadi o livelli di crescita che l'osservazione dell'aspetto delle specie vegetali rilevate.

Nel caso in questione, i protocolli di rilevamento hanno previsto:

- per le **piante erbacee**: misura dell'accrescimento in mm di specifiche essenze, a intervalli regolari, sempre sui medesimi individui (misura del dato fisico);
- per le **piante arboree**: osservazioni empiriche sulla base dell'aspetto legato al presentarsi di specifiche fasi fenologiche quali gemmazione/fogliazione/fioritura o ingiallimento nei larici, osservati sempre sui medesimi individui (data di accadimento).

L'elaborazione e la correlazione dei dati climatici, fisici e fenologici ha permesso di trarre indirizzi di tendenza e di mettere in luce alcuni aspetti interessanti legati al ciclo vegetativo delle piante in alta montagna.

Ogni specie possiede infatti una sua propria fenologia, derivante dal corredo genetico. Essa però dipende anche da fattori esterni, come il fotoperiodo e i fattori quali temperatura, precipitazioni, soleggiamento. Di qui l'importanza di raccogliere serie continue e pluriennali dei dati climatici e chimico-fisici.

Per cogliere meglio l'importanza di tali dati, è importante comprendere i meccanismi che stanno dietro lo sviluppo delle fasi fenologiche e il ruolo dei diversi parametri rilevati analizzando ciò che accade nella stagione primaverile.

Il fotoperiodo (durata relativa del giorno e della notte) differisce a seconda della latitudine, ma rimane invariato da un anno all'altro per una stessa zona. Questo fattore permette quindi all'organismo di valutare in maniera affidabile il periodo dell'anno. Il fattore climatico determinante nella fascia temperata alpina è la temperatura. La maggior parte delle piante si basa sulle temperature delle settimane precedenti (da 2 a 12 settimane) per valutare il cambiamento stagionale e dare l'avvio alle risposte fenologiche.

Al termine dell'inverno, le piante necessitano di accumulare una determinata quantità di calore per svilupparsi. Questo accumulo di calore avviene al di sopra di una temperatura-soglia, che corrisponde alla temperatura a partire della quale la pianta può entrare in attività (in generale è compresa tra 0 e 5°C). Ogni giorno, la pianta "accumula" i gradi al di sopra della temperatura-soglia, sino a raggiungere la quantità di calore idonea al suo sviluppo. Questa somma di calore è espressa in gradi-giorno (o °g).

Ad esempio, in primavera il larice necessita di una quantità di calore molto esigua affinché le sue gemme germoglino: meno di 40°g, che significa che gli aghi del larice si sviluppano molto rapidamente a partire dal momento in cui la temperatura ritorna su valori positivi durante la primavera. Il larice è quindi una specie precoce. Al contrario, l'abete necessita di 316°g affinché i suoi germogli sboccino. Ciò significa che gli aghi dell'abete si sviluppano molto tardi in primavera. Questo sviluppo dei germogli tardivo è un adattamento che evita ai giovani aghi, molto sensibili al freddo, di essere danneggiati da una gelata tardiva.

Una sintesi dei dati raccolti è disponibile qui <https://goo.gl/NUEwjv>





LA RICERCA FENOLOGICA E I PROTOCOLLI DI MONITORAGGIO

La raccolta in remoto dei dati si accompagna ad una serie di operazioni di rilevamento fenologico. La fenologia è lo studio delle variazioni, in funzione del clima, dei fenomeni periodici della vita vegetale e animale. La fenologia è un indicatore del clima, ma soprattutto è un elemento chiave dell'adattamento degli esseri viventi alle variazioni climatiche. Nel contesto attuale del cambiamento climatico, lo studio della fenologia riveste una crescente importanza dal momento che permette di valutare gli effetti di tale cambiamento e la risposta ad esso da parte degli esseri viventi.

Come ogni ricerca scientifica, anche quella fenologica basa la sua efficacia sulla qualità, quantità e distribuzione geografica dei dati raccolti. Per fare ciò, è indispensabile stabilire le regole di raccolta dei dati, in modo che ogni rilevatore li raccolga allo stesso modo, secondo metodi descritti nei **protocolli di monitoraggio**. Questo consente ai centri di ricerca di poterli confrontare e analizzare senza il timore che questi non siano stati correttamente raccolti.

Nel caso dell'osservazione fenologica, questi protocolli prevedono il rilevamento di due diversi tipi di dati: quelli fisici e quelli sensoriali.

I dati fisici sono quelli che richiedono un'attrezzatura specifica per la loro rilevazione, che può essere più o meno tecnologica a seconda del dato raccolto e della modalità di misurazione. Per esempio sono importanti dati sulla temperatura, la velocità del vento, l'innevamento, la quantità di luce solare, che necessitano per la loro misura di strumentazioni tutto sommato semplici. A fianco di essi, è possibile ampliare la ricerca raccogliendo dati estremamente particolari come i flussi di carbonio, lo spettro dei colori della vegetazione i rilievi all'infrarosso da satellite. Ovviamente questi rilievi sono esclusivo appannaggio della comunità scientifica.

Esiste però la possibilità di raccogliere anche dati sensoriali, che prevedono una più semplice osservazione viva di specifiche caratteristiche delle specie vegetali e animali. Questi protocolli di rilevamento consentono pertanto la partecipazione alla ricerca scientifica anche da parte delle persone appassionate, senza che vi sia la necessità di dotarsi di particolari strumenti.

Nel caso delle osservazioni sulla fenologia vegetale, ad esempio, le osservazioni si concentrano di norma nei periodi di maggiore cambiamento delle piante, la primavera e l'autunno e solo su particolari specie, nelle quali queste variazioni sono più facilmente riconoscibili.

Un esempio particolarmente interessante è il programma **Phénoclim** che si appoggia ad una rete di osservatori, distribuiti su tutto l'arco alpino, situati tra i 200 e i 2200 metri di altitudine. Il protocollo di rilevamento di questo programma prevede – per la vegetazione – l'osservazione settimanale delle piante scelte (non devono mai cambiare, nel corso degli anni) e l'individuazione delle date in cui si presentano le diverse fasi fenologiche. In primavera si osservano la gemmazione, la fogliazione e la fioritura; in autunno l'ingiallimento e la caduta delle foglie.

Grazie alla semplicità del metodo di osservazione, **tutti possono partecipare** alla ricerca scientifica: dai privati, alle scuole, alle associazioni, ai Parchi, fino ai centri di ricerca più specializzati.

I dati raccolti dagli **osservatori fenologici** sparsi nelle Alpi, sono inviati stagione dopo stagione al centro scientifico di riferimento – il CREA di Chamonix – che ha così la possibilità di raccogliere ed elaborare una gran quantità di dati significativi e confrontabili, proprio perché rilevati da tutti i contributori secondo la medesima metodologia.