

## **Cambiamenti climatici e pollini: un caso studio sul *Corylus avellana***

Il ciclo vitale di ogni vegetale si suddivide in fasi fenologiche successive quali il germogliamento, la fioritura, la maturazione dei frutti. La successione di queste fasi è determinata geneticamente, mentre la velocità con cui le fasi si succedono è regolata da fattori ambientali, in particolare meteorologici, come la temperatura, la piovosità, l'umidità dell'aria e la radiazione solare, oltre che da fattori edafici, che riguardano le caratteristiche del suolo.

La fenologia si occupa di studiare le fasi fenologiche con osservazioni in campo, che hanno particolare significato se vengono effettuate per diversi anni e sulla stessa località. I dati raccolti dai diversi punti di monitoraggio vengono poi confrontati negli anni e tra loro.

Per seguire l'andamento fisiologico della pianta e quanto i cambiamenti climatici interferiscono sui sistemi naturali, il dato fenologico ottenuto viene interpolato, con specifici modelli fenologici, con il dato meteorologico. Ogni qualvolta si verificano anomalie termiche e di precipitazioni, infatti, le piante rispondono con variazioni nell'inizio e nella durata delle varie fenofasi.

I determinanti meteorologici rivestono un ruolo fondamentale sia nel processo di liberazione del polline, sia rispetto alla quantità di polline prodotto e al relativo andamento della pollinazione.

La rete di monitoraggio aerobiologico di Arpa Piemonte, attiva dall'anno 2002, dispone di stazioni di monitoraggio site in aree urbane (Cuneo, Alessandria, Novara), e in luoghi caratteristici per motivi geografici e climatici come nel caso della stazione di Omegna (VCO). I dati, per tutte le stazioni, sono disponibili su base giornaliera sia in termini di numero di granuli pollinici, sia in termini di concentrazione per metro cubo d'aria. I taxa per i quali viene conteggiato il polline sono quelli di interesse allergologico attualmente riportati nel Bollettino Pollinico pubblicato settimanalmente sul sito Arpa. Queste rilevazioni permettono lo studio di una possibile relazione tra determinanti meteorologici ed effetti sulle fenofasi dei taxa in Piemonte.

Nell'ambito di questo studio, al fine di valutare gli effetti dei cambiamenti climatici sul ciclo del polline si è scelto di analizzare la famiglia delle Corylaceae di cui il nocciolo (*Corylus avellana* L.) fa parte. Questa specie arborea è molto rappresentata sul territorio piemontese ed è di particolare interesse sia perché il suo è il primo polline dell'anno che viene solitamente rilevato, sia perché ha una notevole capacità allergizzante e quindi è interessante osservare eventuali cambiamenti che insorgano rispetto al periodo di inizio di emissione del polline. Negli alberi e negli arbusti a foglie caduche come il nocciolo, il momento di fioritura e di fogliazione alla fine dell'inverno e all'inizio della primavera, sono in funzione dell'accumulo di freddo per le gemme, e del loro fabbisogno di calore durante la fase di post-riposo. Il periodo di freddo è necessario per impedire l'inizio dello sviluppo in una fase precoce dell'inverno, quando è probabile che i fiori o le foglie siano danneggiate dal gelo "tardivo". La "dormienza" è un meccanismo di stabilità che è necessario ai semi (ed alle piante) per superare condizioni climatiche atipiche o non adatte alla normale condizione vegetativa. È evidente che una condizione di tepore o di umidità può verificarsi anche in autunno, ma molti semi e molte piante non vegetano e non germinano in tale stagione.

Il *Corylus avellana*, si adatta alle temperature fredde, purché non siano eccessivamente rigide, e per soddisfare il fabbisogno di freddo delle gemme a legno, necessita di circa 500 ore annue di temperature inferiori a +7°C per le infiorescenze maschili, affinché la dormienza da freddo sia disattivata. Le temperature da dicembre (dell'anno solare precedente) ad aprile, quindi, sono importanti per la fioritura e per la fogliazione del nocciolo in Piemonte.

A tale scopo, i dati delle letture derivanti dalle stazioni aerobiologiche di Novara, Cuneo e Omegna, selezionate sulla base della completezza del dato, sono stati elaborati e utilizzati per il calcolo di una serie di indicatori quali la concentrazione pollinica cumulata annuale (già noto come integrale pollinico) e l'inizio della stagione pollinica, che descrivono l'andamento palinologico di alcune fasi principali della pianta di nocciolo.

Contemporaneamente, i dati di temperatura raccolti dalle stazioni meteorologiche Arpa Piemonte corrispondenti, sono stati utilizzati per il calcolo del fabbisogno di freddo (Chilling Unit) e del fabbisogno di calore (somma termica GDD *Growing Degree Days*) del nocciolo per lo stesso arco temporale.

## ***Materiali e metodi***

### *Stazioni aerobiologiche*

Lo studio è stato effettuato sulle stazioni aerobiologiche di Omegna (VCO), di Novara e di Cuneo, con le corrispondenti stazioni meteorologiche di Omegna Lago d'Orta (VCO), Cameri (NO) e Cascina Vecchia (CN).

Nell'ambito di tale analisi è stata presa in considerazione la famiglia delle Corylaceae analizzando il suo andamento pollinico dal 2008 al 2022 per la stazione aerobiologica di Novara e dal 2013 al 2022 per le stazioni di Cuneo ed Omegna in relazione al freddo accumulato, alla somma termica e alle temperature medie mensili da inizio novembre a fine febbraio.

Per ogni stazione sono state scelte due date rispettivamente di pollinazione precoce e tardiva, da mettere in relazione con le variabili meteorologiche.

### *Variabili meteorologiche*

Sono stati raccolti i dati di temperatura media e massima giornaliera delle tre centraline meteorologiche Arpa Piemonte rappresentative e considerate più complete per le stazioni aerobiologiche in esame.

### *Variabili derivate*

I dati raccolti sono stati combinati al fine di costruire le seguenti variabili:

Concentrazione pollinica cumulata: calcolata come la somma del numero di pollini giornaliero per metro cubo dal 1° dicembre al 28 febbraio

Inizio stagione pollinica: corrisponde al giorno in cui la somma delle concentrazioni giornaliera raggiunge l'1% delle concentrazioni totali (Jäger et al. 1996)

Fabbisogno di freddo CU (Chilling Unit): numero di ore in cui la temperatura è inferiore a 7°C (Weinberger 1950)

Somma termica GDD (Growing degree day): è definito come un giorno in cui la temperatura media giornaliera (in °C) è superiore alla temperatura di base necessaria per la crescita di una particolare pianta.

### Calcolo del fabbisogno di freddo

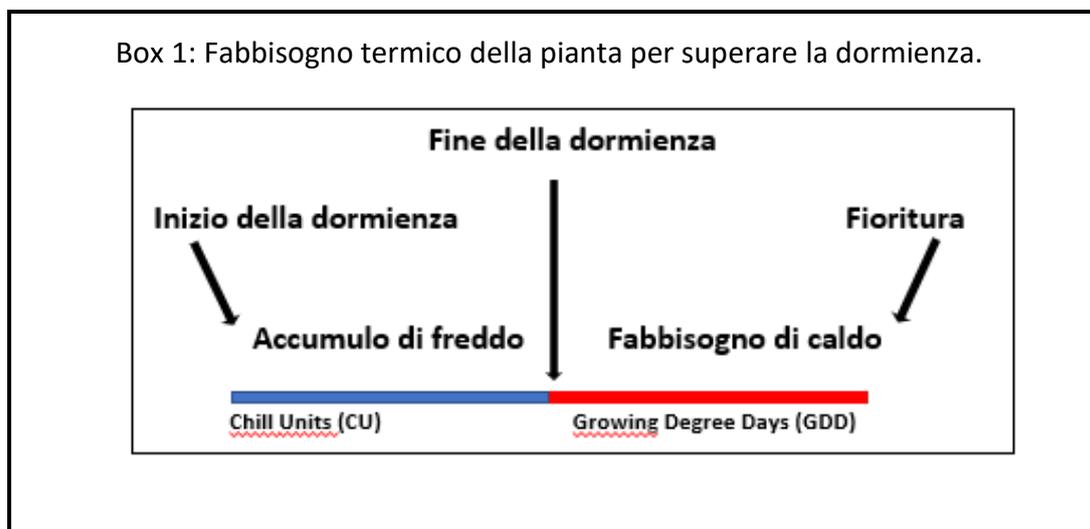
Per la stima del fabbisogno in freddo ci sono numerosi metodi. Il metodo tradizionale per effettuare il calcolo è quello che prevede di sommare il numero delle ore di temperatura giornaliera al di sotto di 7°C durante il periodo invernale, Metodo Weinberger.

Per ottenere questo valore convenzionale è stata considerata la temperatura massima giornaliera nel periodo fra il 1° novembre e il 28 febbraio, assegnando valore 24 se questa era uguale o inferiore a 7°C e valore 12 se maggiore.

In aggiunta, è stato calcolato un valore parziale di fabbisogno di freddo a partire dal 1° novembre fino all'inizio della pollinazione/fioritura di ogni anno in esame.

### Calcolo del fabbisogno di calore o somma termica (GDD)

La somma termica è un bioindicatore che considera il contributo termico orario (Growing degree hours GDH) o giornaliero (Growing degree days GDD) utile per lo sviluppo dei vegetali. Per il calcolo della somma termica (GDD) è stata considerata la temperatura media giornaliera cumulata con soglia superiore a 0°C. per il periodo dal 1° dicembre al momento di inizio della fioritura. (Box 1)



## **Risultati**

Nelle figure e tabelle che seguono, sono illustrati i risultati dell'elaborazione dei dati di monitoraggio aerobiologico in relazione alle condizioni di temperatura, media e massima.

Dalla Fig 1 si può osservare che la fioritura più precoce della serie storica di Cuneo si presenta nell'anno 2022 (inizio stagione pollinica 1° gennaio) e nell'anno 2020 (inizio stagione pollinica 4 gennaio). La fioritura più tardiva si osserva nel 2013 (inizio stagione pollinica 4 febbraio) e nel 2017 (inizio stagione pollinica 6 febbraio). (vedi anche Tab.1)

Nella Fig.2 si nota che la fioritura più precoce misurata tra il 2008 ed il 2023 a Novara si osserva nel 2013 (inizio stagione pollinica 7 gennaio) e nel 2020 (inizio stagione pollinica 4 gennaio). La fioritura più tardiva, invece, si osserva negli anni 2010 (inizio stagione pollinica 20 febbraio) e 2014 (inizio stagione pollinica 22 febbraio). (vedi anche Tab.2)

Nella Fig.3 si osserva che la fioritura precoce misurata ad Omegna si è avuta negli anni 2013 (inizio stagione pollinica 7 gennaio) e 2022 (inizio stagione pollinica 1° gennaio), mentre la fioritura più tardiva si osserva negli anni 2017 (inizio stagione pollinica 13 febbraio) e 2021 (inizio stagione pollinica 2 febbraio). (vedi anche Tab.3).

Le Fig.4 Fig.5 e Fig.6 correlano le unità di freddo accumulate (CU), nel periodo dal 1° novembre al 28 febbraio, con la data di inizio di stagione pollinica.

Le barre rappresentano i valori mensili cumulati di ore di freddo, dai quali si ricava il mese con accumulo più elevato di ore di freddo.

Nelle Fig.4 Fig.5 e Fig.6 si osserva che in corrispondenza delle fioriture più precoci, l'accumulo maggiore di CU avviene nel mese precedente la fioritura. Le uniche discordanze si hanno presso la stazione di Novara, il 20 gennaio 2020 quando sia il mese di dicembre che il mese di gennaio accumulano lo stesso CU (432) e la temperatura media mensile è più elevata nel mese di dicembre (5,25°C rispetto ai 3,08°C di gennaio).

Ad Omegna, all'inizio fioritura del 7 gennaio 2013 è associato un mese di dicembre con un accumulo leggermente inferiore di freddo rispetto al mese di gennaio, anche se con una temperatura media mensile inferiore (Tab. 4).

Sempre nelle Fig.4 Fig.5 e Fig.6 si osserva che in corrispondenza delle fioriture più tardive, come per le fioriture precoci, l'accumulo maggiore di CU si ha nel mese precedente la fioritura. Unica stazione eccezione è Omegna, che come determinante della

fioritura del 2 febbraio 2021, fa osservare nel mese di dicembre un accumulo di CU maggiore rispetto a gennaio, anche se la temperatura media mensile è più bassa (Tab.5). Nelle fioriture precoci la somma termica cumulata dal 1° dicembre all'inizio della pollinazione presenta un valore medio di 140 °C e un CU medio di 938 ore (Tab. 4, vedi anche Fig.7).

Nelle fioriture tardive la somma termica cumulata dal 1° dicembre all'inizio della pollinazione presenta un valore medio di 228 °C e un CU medio di 1600 ore (Tab. 5, vedi anche Fig.7).

Le Fig.8 Fig.9 e Fig. 10 riportano le temperature medie mensili fra dicembre e febbraio misurate presso le tre stazioni di monitoraggio meteorologico.

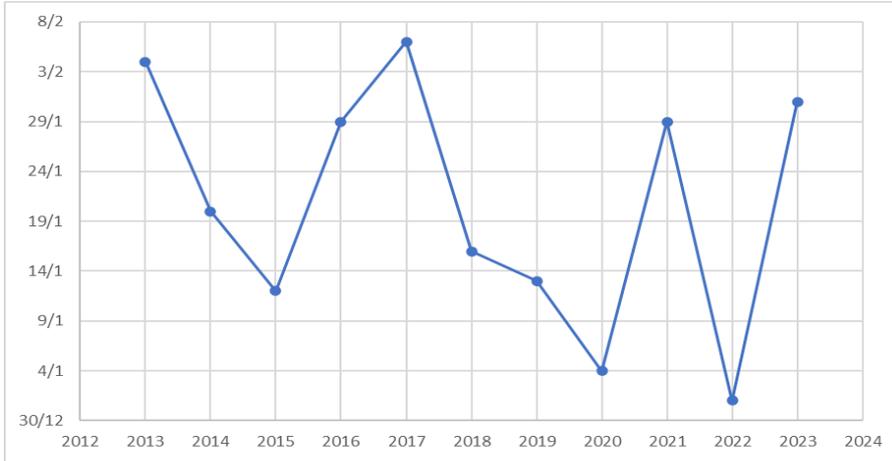
Presso la stazione di Cuneo osserviamo che la temperatura media mensile più fredda registrata è a gennaio 2017, con dicembre fra i più caldi di tutto il periodo osservato. Gli inverni 2019-2020 e 2021-2022 presentano temperature medie mensili più elevate rispetto alla media del periodo considerato (Fig.8).

Presso la stazione di Novara si osserva che l'Inverno più freddo misurato è nel periodo 2009-2010, quello più mite, invece, a cavallo degli anni 2019-2020 (Fig.9).

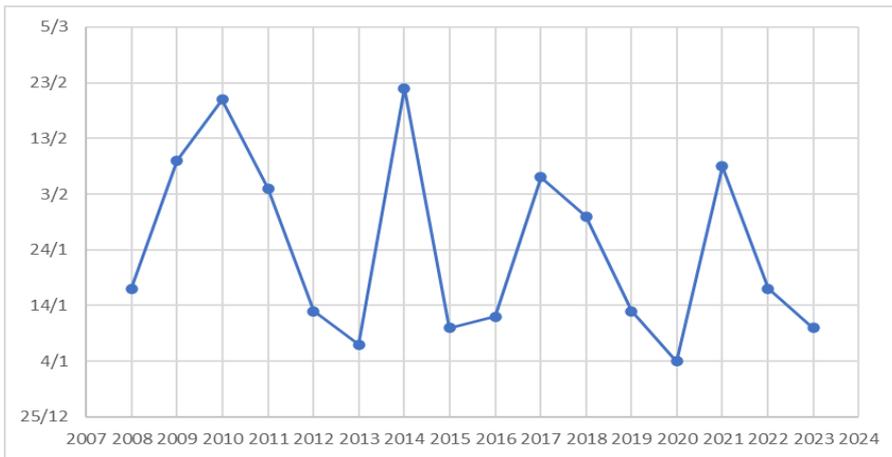
Nella stazione di Omegna il mese più freddo di tutto il periodo considerato si ha nel 2017. Gli inverni più miti sembrerebbero il 2019-2020 e il 2021-2022 (Fig.10).

Nella Fig.11, la serie storica dell'inizio della stagione pollinica si presenta simile tra i tre punti di campionamento oggetto di questo studio.

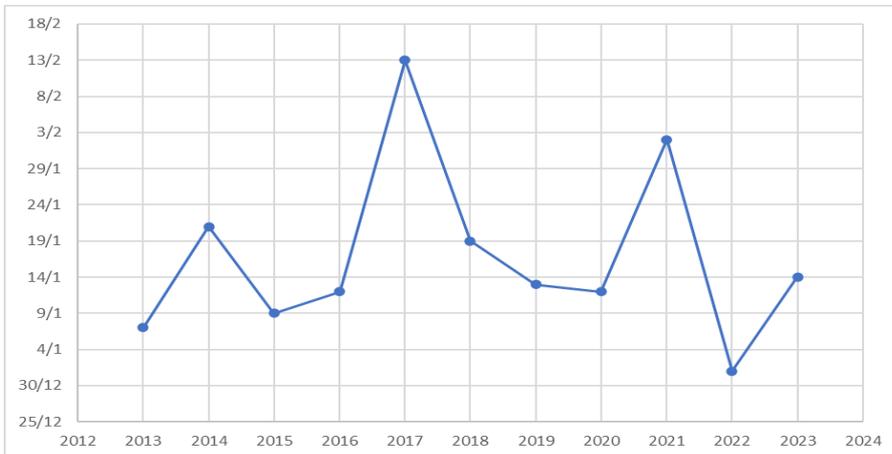
*Inizio della stagione pollinica*



**Fig. 1** Cuneo: inizio della stagione pollinica

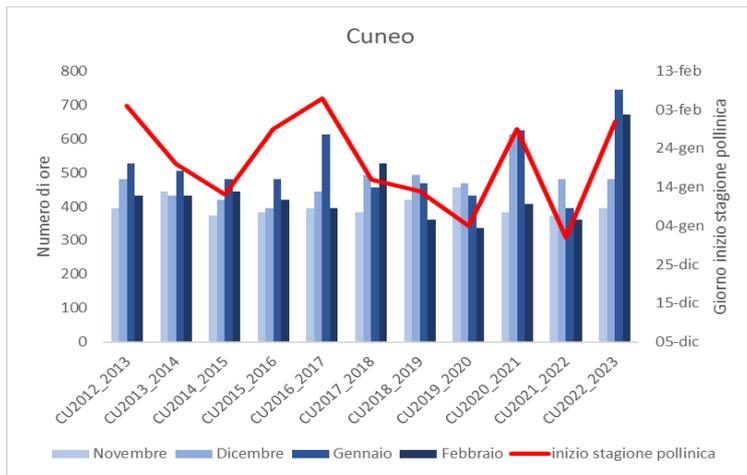


**Fig. 2** Novara: inizio della stagione pollinica

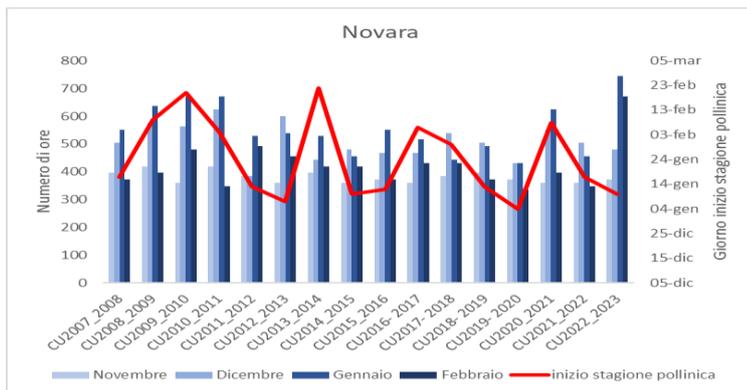


**Fig. 3** Omegna: inizio della stagione pollinica

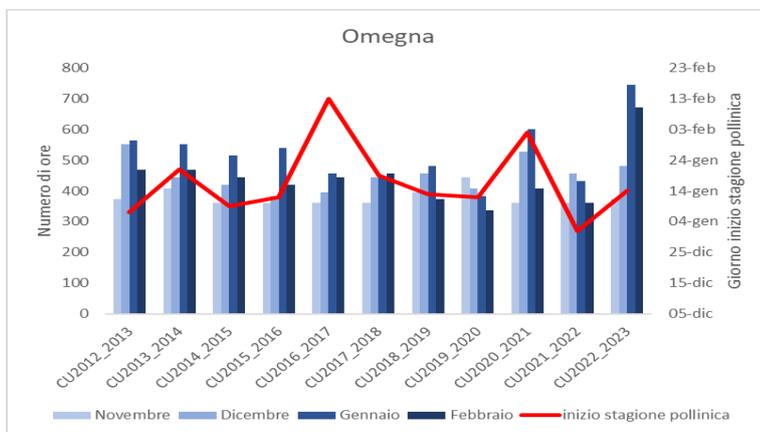
*Fabbisogno di freddo e inizio della stagione pollinica*



**Fig. 4** Ore<7°C (Metodo Weinberger) accumulate nel periodo 1° novembre – 28 febbraio Stazione di Cascina Vecchia (CN) (serie dal 2012-2013 / 2022–2023)

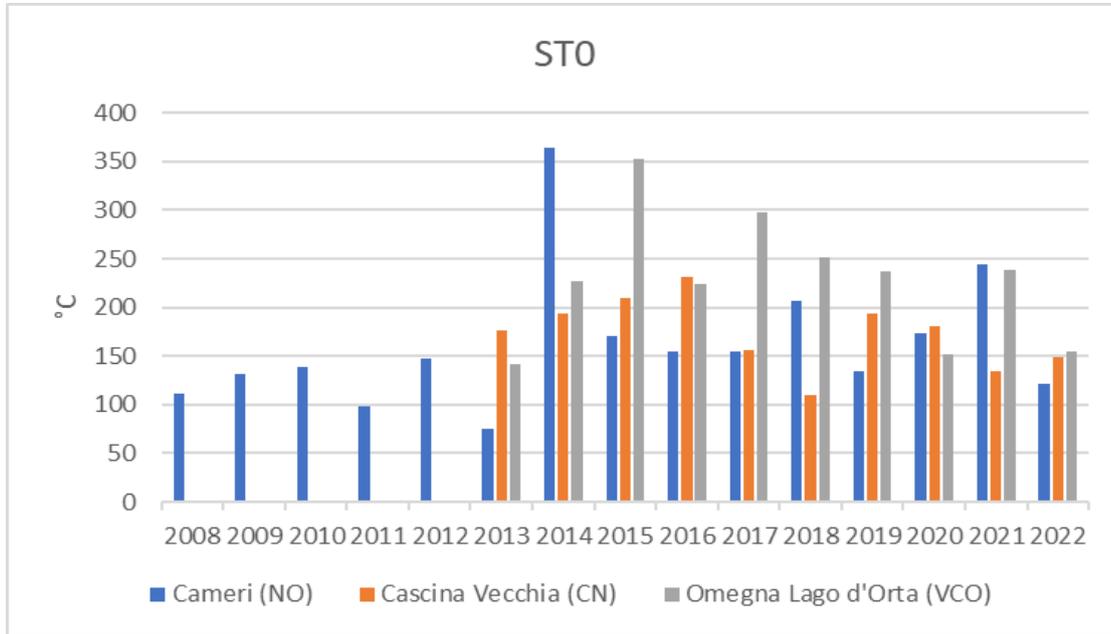


**Fig. 5** Ore<7°C (Metodo Weinberger) accumulate nel periodo 1° novembre – 28 febbraio Stazione di Cameri (NO) (serie dal 2008-2009 / 2022–2023)



**Fig. 6** Ore<7°C (Metodo Weinberger) accumulate nel periodo 1° novembre – 28 febbraio Stazione di Omegna Lago d'Orta (VCO) (serie dal 2012-2013 / 2022–2023)

*Somma termica*



**Fig 7** Somma termica giornaliera cumulata, con soglia 0°C dal 1 dicembre all'inizio della stagione pollinica del Corylus per le 3 stazioni di monitoraggio

**Tab 1** - freddo cumulato e somma termica al momento della pollinazione – Cuneo

CU dal 1° novembre	STO_dal primo dicembre	inizio stagione pollinica	Anno
1620		31-gen	2023
864	149	01-gen	2022
1596	134	29-gen	2021
972	180	04-gen	2020
1068	193	13-gen	2019
1140	110	16-gen	2018
1536	156	06-feb	2017
1236	232	29-gen	2016
972	210	12-gen	2015
1224	194	20-gen	2014
1452	177	04-feb	2013

**Tab 2 - freddo cumulato e somma termica al momento della pollinazione – Novara**

CU al 1° novembre	ST0_dal primo dicembre	inizio stagione pollinica	Anno
1092	144	10-gen	2023
1104	122	17-gen	2022
1656	246	08-feb	2021
864	173	04-gen	2020
1068	134	13-gen	2019
1368	207	30-gen	2018
1464	155	06-feb	2017
1092	154	12-gen	2016
972	171	10-gen	2015
1704	364	22-feb	2014
1068	75	07-gen	2013
960	144	13-gen	2012
1764	99	04-feb	2011
1968	139	20-feb	2010
1788	132	09-feb	2009
1260	112	17-gen	2008

**Tab 3 - freddo cumulato e somma termica al momento della pollinazione – Omegna**

CU dal 1° novembre	ST0_dal primo dicembre	inizio stagione pollinica	Anno
		14-gen	2023
828	155	01-gen	2022
1512	238	02-feb	2021
1008	152	12-gen	2020
1020	237	13-gen	2019
1080	252	19-gen	2018
1464	298	13-feb	2017
984	224	12-gen	2016
900	352	09-gen	2015
1224	227	21-gen	2014
1032	141	07-gen	2013

**Tab 4 - Pollinazione precoce**

Data inizio pollinazione	Mese con CU più elevato	CU accumulato	T media mensile dicembre	T media mensile gennaio (mese fioritura)	ST tot	CU tot	Stazione di monitoraggio
1 gen 2022	dic	480	4,4°C	4,8°C	149	864	Cuneo
1 gen 2022	dic	456	4,8°C	4,8°C	155	828	Omegna
4 gen 2020	dic	468	5,0°C	4,6°C	149	972	Cuneo
4 gen 2020	dic/gen*	432	5,6°C	3,1°C	173	864	Novara
7 gen 2013	dic	600	1,2°C	2,9°C	75	1068	Novara
7 gen 2013	dic/gen**	552/564	3,3°C	3,8°C	141	1032	Omegna

\*Dicembre e gennaio stesso CU

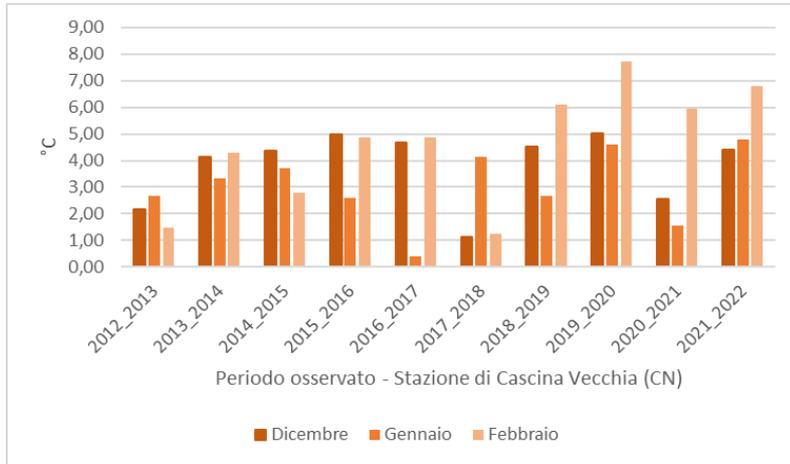
\*\* Gennaio più accumulo di CU ma temperatura media mensile più elevata rispetto a dicembre

**Tab 5 - Pollinazione tardiva**

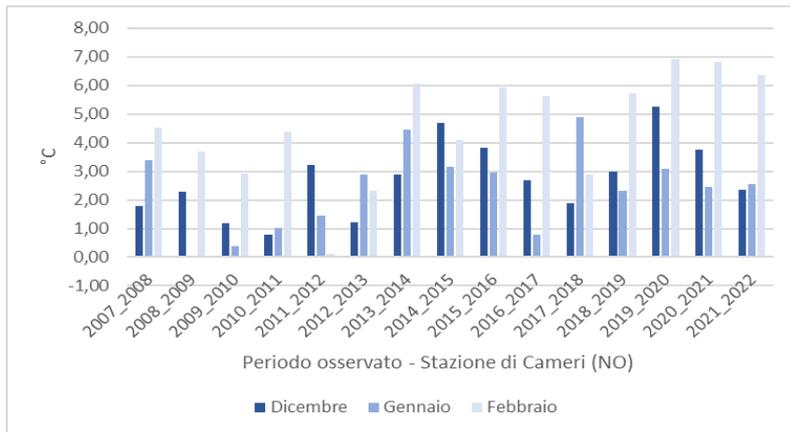
Data inizio pollinazione	Mese con CU più elevato	CU accumulato	T media mensile gennaio	T media mensile febbraio (mese fioritura)	ST tot	CU tot	Stazione di monitoraggio
2 feb 2021	Dic/gen*	456/432	2,9°C	6,7°C	238	1512	Omegna
13 feb 2017	gen	456	2,0°C	6,0°C	298	1464	Omegna
6 feb 2017	gen	612	0,4°C	4,9°C	156	1536	Cuneo
2 feb 2014	gen	528	4,5°C	6,1°C	364	1704	Novara
4 feb 2013	gen	528	2,6°C	1,5°C	177	1452	Cuneo
20 feb 2010	gen	672	0,4°C	2,9°C	139	1968	Novara

\* Dicembre più accumulo CU

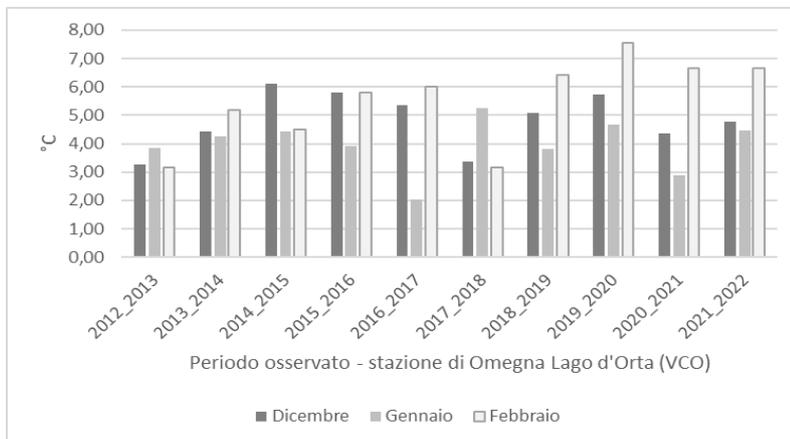
*Temperature medie mensili tra dicembre e febbraio*



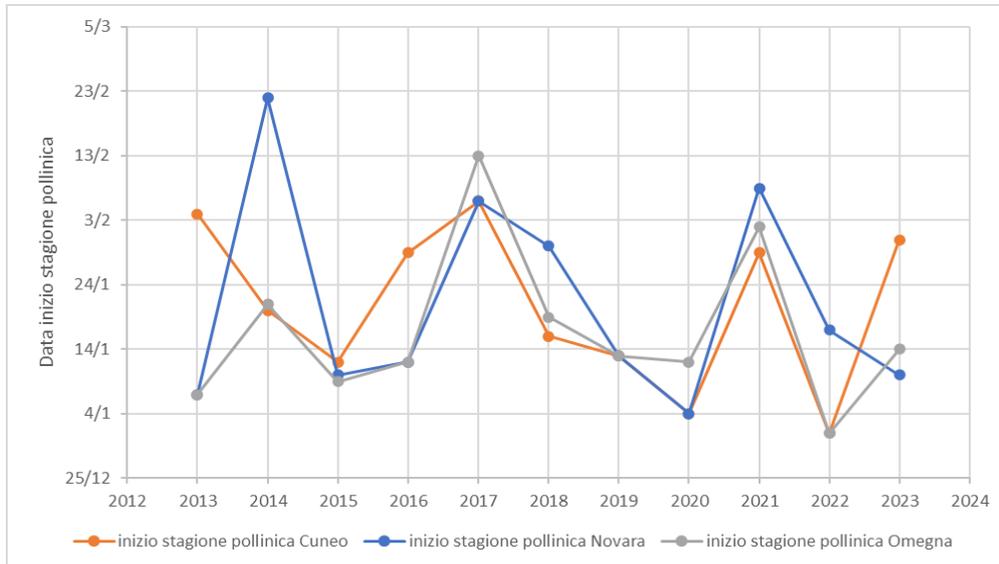
**Fig. 8**



**Fig. 9**



**Fig. 10**



**Fig 11** Rappresentazione di insieme dell'inizio della stagione pollinica nelle tre stazioni

### **Discussione**

Recenti studi europei hanno dimostrato un anticipo di inizio della stagione pollinica di circa 5-10 giorni/decennio per molti taxa allergenici, collegandolo a inverni più caldi e primavere anticipate.

L'anticipo di pollinazione, chiaro indicatore del cambiamento climatico, è un fenomeno caratteristico di interazione fra il ciclo biologico, in questo caso di una pianta, e le variazioni ambientali, meteorologiche in particolare. Le componenti che influenzano l'inizio della pollinazione sono molteplici, fra questi si possono individuare il fotoperiodo, la disponibilità idrica e la temperatura accumulata.

L'analisi dell'andamento delle temperature riveste particolare importanza nella delicata fase della dormienza delle gemme.

Dall'esame dei risultati del presente studio, si osserva che le temperature medie mensili elevate tra dicembre e febbraio, corrispondenti quindi ad un inverno mite, influenzano la pollinazione, favorendone un anticipo. Gli stessi risultati mostrano che gli inverni più freddi,

con un accumulo maggiore di ore di freddo e temperature medie mensili più basse, inducono una pollinazione tardiva.

Si può notare che l'accumulo di freddo viene soddisfatto raggiungendo le 500 ore necessarie affinché la dormienza da freddo sia disattivata, sia nel caso di fioritura precoce che tardiva.

I risultati di questo studio, quindi, appaiono in linea con la letteratura europea dell'ultimo decennio.

Maggiori approfondimenti sono necessari per conoscere meglio il fenomeno fenologico e le sue caratteristiche fisiologiche dal momento della cessazione della dormienza al momento della fioritura, fase fenologica legata al fabbisogno di calore (GDD). Inoltre, futuri studi possono tenere in considerazione altre variabili meteorologiche come co-determinanti ambientali.

### ***Considerazioni conclusive***

Il polline di *Corylus* causa gravi allergie e segna l'inizio della stagione allergenica di un anno solare, fiorendo tra gennaio e febbraio. Una conoscenza dettagliata del rapporto tra periodo di fioritura e temperature è importante per prevedere l'inizio della stagione pollinica vista la maggiore prevalenza di allergie da polline aereo degli ultimi decenni.

In questo studio è stata correlata la temperatura, sia media sia massima, con la fase della fioritura dell'amento (fiore maschile).

Un obiettivo futuro potrebbe riguardare un'analisi più accurata delle possibili correlazioni tra parametri pollinici e ulteriori parametri meteorologici come la piovosità, l'umidità dell'aria e la radiazione solare, oltre a fattori edafici che influenzano la fioritura che non sono stati presi in considerazione nel presente lavoro preliminare. In presenza di sempre più frequenti temperature estreme lo studio degli effetti sulle variazioni nell'inizio e nella durata delle varie fenofasi risulta importante sia in termini di prevenzione sanitaria sia in termini di produzione agricola.

Tramite questi approfondimenti si potrebbero realizzare modelli predittivi che, correlati con le conoscenze fenologiche, calcolino l'inizio, la durata e la concentrazione pollinica evidenziando eventuali tendenze all'anticipo o posticipo nella pollinazione.

## ***Bibliografia***

**Weiberger, J. H. (1950).** Chilling requirements of peach varieties. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 56:122-128.

**Jäger S., Nilsson S., Berggren B., Pessi A.M., Helander M. e Ramfjord H., (1996).** Trends of some airborne tree pollen in the Nordic countries and Austria, 1980-1993. A comparison between Stockholm, Trondheim, Turku and Vienna. Grana, 35: 171-178.

**Zalika Črepinšek & Franci Štampar & Lučka Kajfež-Bogataj & Anita Solar (2012)** The response of *Corylus avellana* L. phenology to rising temperature in north-eastern Slovenia. Int. J. Biometeorol., 56:681-694