

Società Meteorologica
Alpino-Adriaticadal 2000 al 2020
Unione Meteorologica del Friuli Venezia Giulia[Home](#) [Chi siamo](#) [Progetti](#) [Attività](#) [Collaborazioni](#) [Pubblicazioni](#) [Contatti](#)[All Posts](#)[Criosfera](#)[Clima](#)[ghiacciai](#)[temperatura](#)[2019](#)[Altro](#)[Q](#)[Accedi / Iscriviti](#) Renato R. Colucci · 5 giorni fa · Tempo di lettura: 7 min

Distesa di Fiori Ghiacciati Sul Lago a Fusine, di cosa si tratta ?

Aggiornamento: 2 giorni fa

A cura di Renato R. Colucci, fotografie di Mike Tessari

Meraviglia e curiosità hanno recentemente destato le formazioni gelate floreali apparse sulla superficie ghiacciata dei laghi di Fusine. Un videomaker friulano, Mike Tessari, le ha fotografate e condivise con noi e, in questo breve articolo, cerchiamo di capire cosa porti alla loro formazione e in quali condizioni ambientali possano accrescersi.

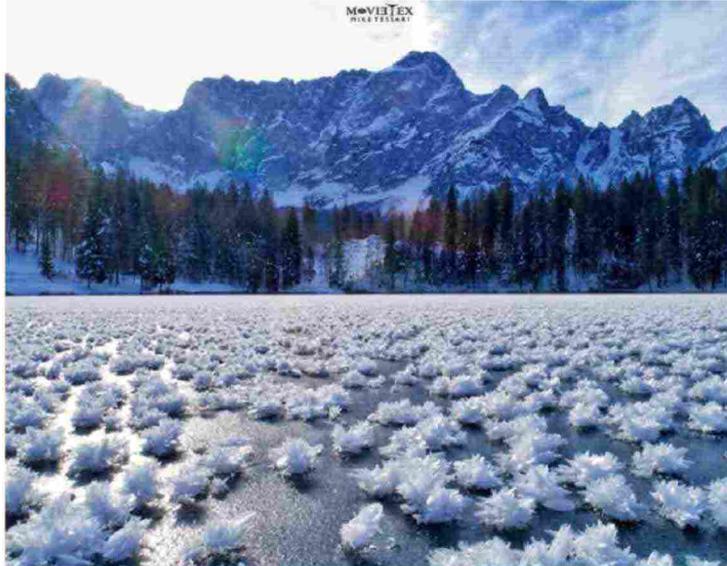


l'immagine di copertina. Credits Mike Tessari

Diverse richieste personali di chiarimento mi sono giunte in questi giorni relativamente ad un curioso fenomeno osservato, e sapientemente fotografato il 3 gennaio 2022 dal videomaker friulano **Mike Tessari** nella bella immagine di apertura, presso il lago inferiore di Fusine. Per cercare di rispondere alle numerose richieste, ho deciso di cercare di spiegare in questo breve articolo quali siano le condizioni che portano alla formazione di questi splendidi "fiori gelati".

I cristalli di ghiaccio che si vedono nella foto di apertura e in quella non tagliata qui sotto, sono davvero simili a dei fiori o, guardandoli più da vicino, a delle piccole felci. Hanno una dimensione piuttosto significativa, sviluppandosi simmetricamente per diversi centimetri in altezza e larghezza. Sono apparsi in particolare sulla superficie ghiacciata del lago e sono disposti apparentemente in maniera ordinata. L'effetto visivo è oggettivamente accattivante.

Ma cerchiamo di capire che cosa siano.



*Fiori di Brina (Frost Flowers) sulla superficie ghiacciata del Lago di Fusine il 3 gennaio 2022.
Credits Mike Tessari*

Possiamo dire intanto che queste straordinarie geometrie ghiacciate fanno parte, ovviamente, della categoria delle brine, ed infatti il termine internazionale che le definisce è proprio **frost flowers**, ossia **fiori di brina**. In realtà la loro formazione è decisamente più comune nelle zone artiche su ghiaccio marino sottile appena formato. La formazione su un lago di acqua dolce è invece cosa molto più rara e, quindi, decisamente più interessante dal punto di vista dell'osservazione.

Fiori di Brina marini

I **fiori di brina** che crescono sulla superficie marina ghiacciata sono ricoperti da una sorta di salamoia e, nel complesso, sono estremamente salati (circa 120 psu contro i mediamente 35 psu dell'acqua di mare). Rappresentano un'importante fonte di aerosol derivato dal sale marino nelle regioni polari.

Osservazioni satellitari hanno infatti mostrato come al di sopra delle immense distese di fiori di brina sulla superficie marina ghiacciata le emissioni di monossido di bromo, un potente aerosol, siano significativamente maggiori delle aree circostanti. Il monossido di bromo, peraltro, ha un effetto significativo sullo strato di ozono.



Esperimenti sul campo volti a studiare la formazione di frost flowers sulla superficie marina vicino a Kuujjuarapik, Artico, nel marzo 2008. Credits US Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory CRREL. E' possibile cliccare sull'immagine per ulteriori dettagli

Va da sé che, recentemente, la formazione dei **fiori di brina** marini ha assunto crescente importanza nella modellizzazione climatica e paleoclimatiche, e l'abbondanza o scarsità di sale marino e monossido di Bromo nei *layer* delle carote antartiche è stata proprio correlata alla presenza di fiori di brina

Fiori di Brina sui laghi di acqua dolce

Molto meno comune è invece la formazione dei **fiori di brina** sulle superfici ghiacciate dei laghi di acqua dolce. Il motivo principale è che nei laghi la quantità di sali a disposizione è ovviamente molto inferiore. Bisogna prendere in considerazione, quindi, altri fattori che possano influire nella formazione di queste spettacolari morfologie.

Gli attori principali sono la quantità di vapore acqueo a disposizione, la temperatura dell'aria e della superficie sulla quale i **fiori di brina** si formano e la turbolenza della massa d'aria, ossia il vento. La teoria è un po' complessa e si riferisce all'equazione di Clausius-Clapeyron quando si considerino l'umidità dell'aria ed il comportamento della fase (solida, liquida o gassosa) del suo contenuto in acqua.

Nell'immagine sotto sono riassunte tutte le situazioni che portano alla formazione di fenomeni di condensazione a seconda delle condizioni ambientali preesistenti. I numeri nella figura si riferiscono ai vari effetti possibili elencati poi nella tabella successiva.

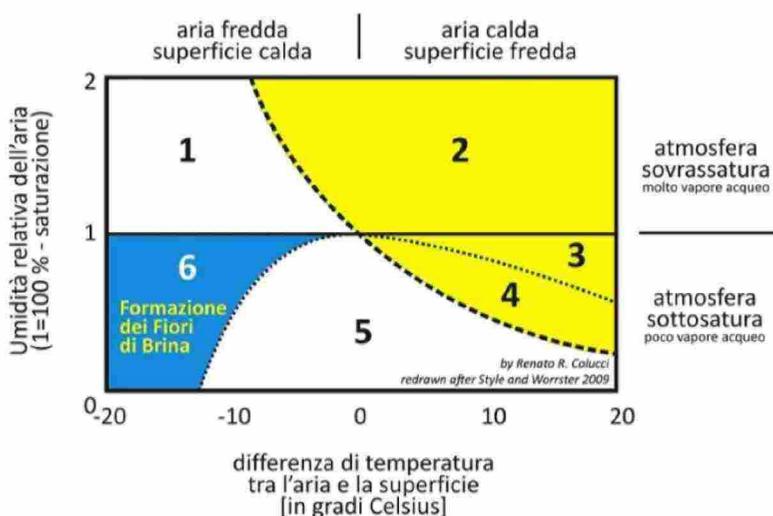


Diagramma delle condizioni ambientali di umidità relativa e differenza di temperatura tra l'atmosfera e la superficie di ghiaccio grazie alle quali possono verificarsi diversi processi di evaporazione e sublimazione, poi descritti nella tabella sottostante. Riprodotto da Style e Worster, 2009.

Quello di cui bisogna tener anche conto è la pressione di vapore (o tensione di vapore) in funzione della temperatura, ossia la pressione esercitata dal vapore della sostanza sulla fase condensata della stessa sostanza, quando le fasi sono in equilibrio termodinamico. Complesso da scrivere, meno da visualizzare.

Per farla più semplice potremmo sintetizzare dicendo che quello che conta sono le variazioni con l'altezza della temperatura e della tensione di vapore acqueo al di sopra della superficie ghiacciata del lago. La superficie ghiacciata del lago deve essere però in condizioni tali da sublimare, ossia in una fase durante la quale il ghiaccio si trasforma direttamente in vapore acqueo senza passare attraverso la fase liquida. Questo processo avviene quando l'aria al di sopra del ghiaccio è piuttosto secca ed, ovviamente, fredda.

N	caratteristiche della massa d'aria	caratteristiche della superficie		effetti
		Differenza Taria- Tsuperficie <0	Differenza Taria- Tsuperficie >0	
1	sovrassatura	Evaporazione Sovrassaturazione		Forte riscaldamento dell'acqua in nebbia
2	sovrassatura	Condensazione Sovrassaturazione	Condensazione Sovrassaturazione	Formazione di fiocchi di neve e ghiaccio di brina

Ritaglio stampa ad uso esclusivo del destinatario, non riproducibile.

058509

3	sottosatura		Condensazione Sovrassaturazione	Nebbia da avvezione
4	sottosatura		Condensazione Sottosaturazione	Rugiada, brina, condensa sulle superfici fredde
5	sottosatura	Evaporazione Sottosaturazione	Evaporazione Sottosaturazione	Evaporazione Sublimazione
6	sottosatura	Evaporazione Sovrassaturazione		FIORI DI BRINA

Nell'immagine seguente vediamo schematizzati i profili della tensione di vapore e della temperatura dell'aria al di sopra di una superficie di ghiaccio che sta sublimando. La linea tratteggiata indica la pressione di vapore alla saturazione e mostra come una regione di sovrassaturazione con un eccesso di vapore acqueo possa formarsi al di sopra di una superficie ghiacciata pur in condizioni di aria secca. Nella figura l'area in questione è colorata di azzurro.

In queste condizioni si possono quindi formare i **fiori di brina**, proprio perché nonostante l'aria sia secca e, teoricamente, il vapore acqueo non sarebbe sufficiente alla formazione della brina, il contenuto di umidità sotto forma di vapore acqueo sublimato dalla superficie ghiacciata crea le condizioni e l'ambiente ottimale per la crescita di cristalli di brina molto grandi, i **fiori di brina** appunto.

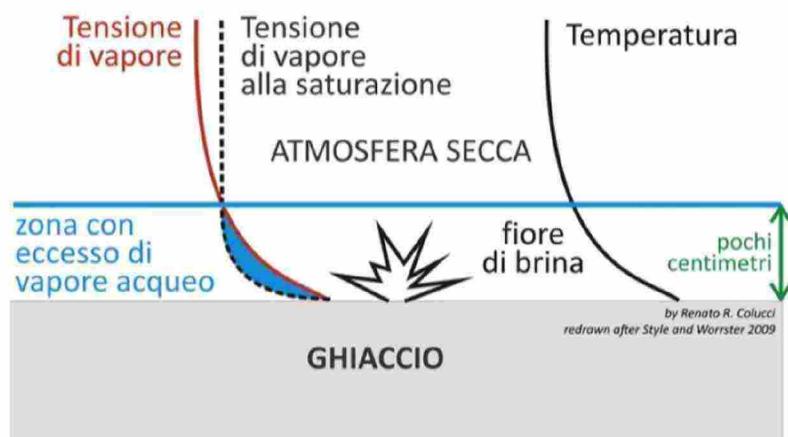


Diagramma schematico dell'andamento della temperatura e della tensione di vapore dell'aria al di sopra di una superficie di ghiaccio che sta sublimando con la formazione di un sottile layer di aria sovrassatura favorevole alla formazione dei fiori di brina. Riprodotto da Style e Worster, 2009.

I **fiori di brina**, successivamente, crescono come i fiocchi di neve in una nube, ossia sviluppandosi secondo dendriti stellari, per la caratteristica della molecola d'acqua che forma strutture esagonali. Ogni molecola d'acqua forma strutture esagonali, mentre sei molecole di acqua si uniscono per formare una struttura ad anello, e da qui la crescita delle dendriti ramificate.

Riassumendo quindi quanto detto fino a qui, analisi ed esperimenti di laboratorio mostrano come i **fiori di brina** possano formarsi e crescere in un'atmosfera secca a condizione che la differenza di temperatura tra la superficie del ghiaccio e l'atmosfera sia sufficientemente grande. Si è inoltre visto come la temperatura dell'aria debba essere sufficientemente bassa ed inferiore a -15°C affinché possa innescarsi il fenomeno, ma questo prima che il ghiaccio del lago sia diventato troppo spesso e abbia avuto modo di raffreddarsi molto.

Lo sviluppo dimensionale dei cristalli in forma di punte o superfici piane con aspetto felciforme avviene proprio grazie alla grande quantità di vapore acqueo disponibile nel sottile strato di aria sovrassatura a contatto con il ghiaccio. Questo avviene perché non vi è contatto con la superficie del ghiaccio ed i cristalli non sono quindi minimamente influenzati dal "riscaldamento" da parte del ghiaccio stesso, nonostante la sua elevata conduttività termica.



Un altro particolare con vista dall'alto da drone dei fiori di brina (Frost Flowers) fotografati sulla superficie ghiacciata del Lago di Fusine il 3 gennaio 2022. Credits Mike Tessari

Una volta iniziato l'accrescimento del **flore di brina**, le sue dimensioni dipenderanno dallo spessore del sottile strato sovrassaturo descritto sopra. Tale spessore è determinato sia dalle condizioni ambientali della massa d'aria, come abbiamo visto, sia dalla turbolenza dell'aria. La presenza del vento, infatti, tende a creare turbolenza sulla superficie ghiacciata che in pratica distrugge la porzione sottile di aria sovrassatura necessaria per la formazione dei cristalli.

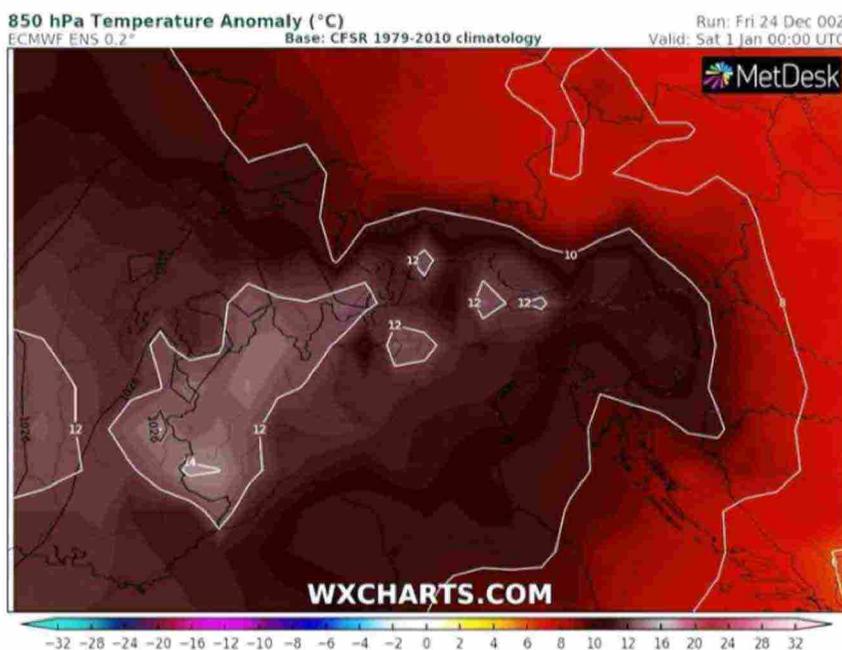
A conclusione di quanto detto, quindi, le condizioni più favorevoli per la formazione dei **fiori di brina** sono le seguenti:

- Presenza di aria secca e molto fredda con almeno -15°C
- calma di vento pressoché totale
- ghiaccio non troppo spesso e/o formatosi da poco
- assenza di neve sulla superficie ghiacciata.

Le condizioni meteorologiche dei primi giorni del 2022

Le condizioni meteorologiche dei primi giorni dell'anno sono state indubbiamente molto particolari su tutta l'Alpeadria con un possente anticiclone caldo di origine subtropicale, come [ne avevamo parlato qui nel nostro consueto approfondimento settimanale](#)

I valori di temperatura in quota sono stati estremamente elevati con diversi record di temperatura massima invernale infranti. Ricordiamo ad esempio i $+11.6^{\circ}\text{C}$ registrati sul Monte Lussari. La massa d'aria era inoltre particolarmente secca con valori osservati dalle stazioni meteorologiche in quota tra il 20% ed il 50 % nei primi 3 giorni dell'anno.



Carta ECMWF prevista per il 1 gennaio 2022 con le anomalie di temperatura a 850 hPa centrate sulle Alpi

Un anticiclone così imponente caratterizzato da aria particolarmente secca, che è notoriamente più pesante di quella umida, ha portato ad uno schiacciamento degli strati d'aria più a contatto con il suolo e l'innescò di forti inversioni termiche nelle valli ed in pianura. A tutto ciò va sommata una staticità della massa d'aria con una quasi totale calma di vento a valle e venti molto deboli in quota.

In queste situazioni meteorologiche i gradienti di temperatura in prossimità di un suolo innevato/ghiacciato risultano particolarmente significativi. Nonostante la stazione meteorologica ufficiale di Fusine Valico non abbia registrato minime notturne particolarmente basse in quei gironi (circa -8°C con sensore a circa 4 metri di altezza dal suolo), la topografia e morfologia della conca del lago inferiore di Fusine è stata verosimilmente in grado di amplificare enormemente gli effetti dell'inversione termica, in particolare nei primi 2 metri dal suolo.

Temperature di almeno -15°C o inferiori, nei primi 50 cm-1 metro dalla superficie sono del tutto verosimili. Tutti questi fattori hanno creato le condizioni ideali per la formazione degli spettacolari **flori di brina** fotografati sapientemente da Mike Tessari, che testimoniano ancora una volta la straordinaria varietà e bellezza del nostro territorio

© SMA-A, Riproduzione riservata

[Renato R. Colucci](#) è ricercatore all'Istituto di Scienze Polari del [Consiglio Nazionale delle Ricerche](#) e docente di glaciologia presso il Dipartimento di Matematica e Geoscienze dell'Università degli Studi di Trieste.

[neve](#)[criosfera](#)[flori di brina](#)[alpi giulle](#)[2022](#)[temperatura](#)[fusine](#)

Criosfera

3.462 visualizzazioni 0 commenti

2 