



# REGIONE LOMBARDIA

**Matteo Fioletti**

Centro Nivometeorologico ARPA Lombardia- Bormio

Rendiconto:

<https://www.arpalombardia.it/Pages/RSA/Rischi-naturali.aspx>

## INTRODUZIONE E INQUADRAMENTO GENERALE

La stagione invernale 2022/2023 è stata migliore rispetto all'inverno 2021-2022. La parte iniziale dell'inverno è stata caratterizzata da penuria di precipitazioni su tutti i settori lombardi, con un trend siccitoso analogo alla stagione 2021-2022. Gli spessori medi di innevamento registrati dalla rete di stazioni nivometeorologiche automatiche di ARPA Lombardia erano modesti a tutte le fasce altimetriche, lambendo il minimo storico. La primavera ha garantito una generale ripresa delle precipitazioni nevose, soprattutto alle quote medio-alte, favorendo un generale recupero dell'innevamento medio.

Dal confronto delle medie annuali per le rispettive stazioni di riferimento con i dati raccolti durante la suddetta stagione invernale, si può notare come il volume di neve fresca cumulata tendenzialmente sia al di sotto delle medie, salvo per la località di Aprica per la quale si rileva un leggero aumento. Pertanto, si conferma che le precipitazioni nevose sono state più abbondanti sulle montagne

appartenenti al settore Orobico, con picchi nella sezione più a est. (Immagine 1)

Sebbene, l'innevamento sia stato favorito da temperature più attinenti alla media stagionale e da eventi di precipitazione in quota più regolari, il quantitativo di neve fresca al suolo continua a registrare un andamento in leggero calo rispetto alla media degli ultimi anni.

## ANALISI NIVOMETEOROLOGICA MENSILE

Di seguito vengono analizzati gli aspetti e gli eventi meteorologici principali che hanno caratterizzato la stagione invernale 2022-2023 nei diversi settori delle montagne lombarde.

L'inizio della stagione autunnale si rileva piuttosto asciutto con scarse precipitazioni solide e conseguente assenza di depositi nevosi rilevanti. Situazione che ha interessato la maggior parte delle montagne lombarde alle quote tra i 1800 m e i 2100 m in conseguenza a temperature superiori alla media stagionale. Infatti, si sono registrate temperature medie intorno a 7°C al di sopra dei 2000 m e climi ancora miti alle quote inferiori, come si evince dalla temperatura massima di 16°C registrata nella località di Madesimo Alpe Motta, stazione Campodolcino (1880 m) in data 29 ottobre 2022. Temperature che vedono un leggero abbassamento ai primi di novembre, così come nella seconda metà del mese, ove si registrano le prime modeste nevicate in quota con altezze di neve fresca al suolo a partire dai 15 cm.

Le perturbazioni di fine novembre e dicembre hanno principalmente interessato i settori più orientali della Lombardia, quali Retiche Orientali e Adamello, con livelli medi dei depositi nevosi di 30-40 cm, i quali costituiranno un

Immagine 1 - Confronto livello di neve cumulata al suolo (altezza in cm) in sette stazioni automatiche di riferimento. Dati della stagione invernale 2022-2023 e relative medie delle serie storiche di archivio.



importante contributo alle quote tra i 2100 m e i 2200 m. Per tutto dicembre e gennaio al di sopra dei 2300 m si possono annotare temperature oscillanti intorno alla media stagionale di circa -1°C e precipitazioni nevose abbastanza frequenti con conseguente incremento dell'altezza del manto nevoso. Novembre, dicembre e gennaio evidenziano

apporti di moderata entità anche alle quote tra i 2400 m e i 2500 m, con singoli depositi di neve fresca fino a 50 cm (data 5 dicembre 2022) e successivo assestamento del manto nevoso intorno ai 120-130 cm per tutto l'inverno fino alla prima metà di aprile. In parallelo, per le località attorno ai 1800-1900 m, si sono registrati massimi di ac-



Immagine 2- Andamento dei gradi di pericolo nelle zone omogenee del Bollettino di pericolo valanghe

cumulo prettamente nel mese di dicembre, con apporti anche di 57 cm alla stazione di Madesimo (1880 m) in data 4 dicembre 2022. Tali eventi sono stati favoriti da temperature prossime agli 0°C con massime non superiori a 2°C. In generale, il mese di febbraio si presenta piuttosto stabile con temperature sempre prossime ai 0°C oltre i 2000 m sui settori centro-orientali. Contesto favorevole alla preservazione del manto nevoso. A cavallo tra gennaio e febbraio si annotano venti prevalenti con velocità media di circa 8 m/s (equivalente circa a 30 km/h) in quasi tutte le stazioni di riferimento; la conseguenza da un punto di vista nivologico è la redistribuzione del manto nevoso, con ampie zone erose alternate a locali accumuli anche di medio grandi dimensioni, e problematiche legate alla neve ventata (valanghe a lastroni).

Nella fascia alpina compresa tra i 1800 m e i 2000 m si registra a febbraio un periodo di 10 giorni particolarmente secchi e caldi per la media stagionale, con temperature di 9-10°C, con propensione alla parziale riduzione di spessore della neve depositata i mesi precedenti.

Marzo e aprile si rivelano mesi interessanti per le dinamiche di accumulo. Intorno ai 1800-1900 m si verificano importanti eventi nevosi con apporti di 20-30 cm su tutto l'arco delle Retiche lombarde in contemporanea a un abbassamento delle temperature minime, per le quali si registrano nella giornata del 15 marzo - 7°C a 2151 m Lanzada Palù e -14 °C a 3032 m al passo Marinelli. Alle quote superiori fino ai 2300 m i livelli di altezza neve si mantengono pressoché costanti intono ai 90 cm per l'intero periodo. Nonostante ciò, inizio aprile si presenta come un periodo di instabilità tra i 1800 m e i 2100 m dove si comincia ad avvertire un clima più primaverile, con le ultime leggere neviccate di pochi centimetri. Episodio rilevante si è verificato al 21 aprile deponendo al suolo ben 70 cm di neve fresca anche a 1900 m (zona omogenea delle Retiche Occidentali - area dell'alta Valchiavenna). Dato il periodo, tali apporti nevosi perderanno rapidamente spessore. La seconda metà di aprile si è prospettata proficua in termini di accumulo nevoso per le maggiori quote con eventi di precipitazione ancora di 20-30 cm nei pressi dei 2300 m e di 40-50 cm (14-21 aprile e 2 maggio) a 2400-2500 m. Nel suddetto periodo si sono registrate temperature massime intorno ai 10°C e picchi di temperature minime di -14°C. Tali cicli di fusione e rigelo hanno determinato un miglioramento complessivo della stabilità del manto nevoso.

Maggio è caratterizzato da temperature medie massime intorno ai 13°C e minime di 3°C (approssimati). Clima decisamente più mite anche a 2000 m con temperature medie di 10-11°C e a 3000 m di 5-6°C, decretando così il termine della stagione di accumulo nevoso.

Attività eolica poco rilevante in quanto inferiore a 5,5 m/s (ossia 20 km/h).

Sulle Prealpi lombarde, gli eventi nevosi sono stati più ricorrenti rispetto l'anno prima, ma di minor intensità. Infatti, il quantitativo di neve accumulata al suolo non supera i 20 cm tra i 1000 e i 1200 m e i 30 cm per le quote maggiori fino ai 1800 m. Inverno caratterizzato da un clima prettamente fresco e mai pienamente freddo, con oscillazioni termiche leggermente superiori alla media. A quote superiori i 1700 m, nelle sezioni delle Prealpi bresciane e lariane, si possono evidenziare tre importanti contributi alla componente nevosa stagionale rispettivamente a fine dicembre, fine gennaio e metà aprile. Eventi ritenuti rilevanti per il mantenimento di un sottile strato di neve al suolo, creatosi inseguito al miglior andamento stagionale che registra più giorni di neviccate, sebbene con quantitativi modesti. Mentre, nel settore bergamasco a quote inferiori ai 1100m, si calcolano volumi di neve ancora più contenuti.

Per tutte le località, con l'inizio di maggio si registrano trend negativi, con territorio privo di innevamento anche a quote superiori ai 1800m.

### ANALISI GRADI DI PERICOLO VALANGHE EMESSI

La stagione invernale 2022-2023 non è stata caratterizzata da particolari criticità.

Sui settori Retic, Adamello e Orobie il grado di pericolo maggiormente utilizzato (con una percentuale di circa il 50% dei bollettini emessi) è stato il 2 moderato (su una scala che va da 1 debole a 5 molto forte), mentre sui settori prealpini caratterizzati da maggior quota (Prealpi Lariane, Bergamasche e bresciane) il grado più ricorrente è stato l'1 debole.

Alle quote collinari (Prealpi Varesine e Appennino Pavese), lunghi periodi dell'inverno sono stati caratterizzati da assenza di neve (indicata sul bollettino con l'icona "no snow").

Alle fasce altimetriche maggiori, il 3 marcato è stato emesso nel 30 % dei bollettini, mentre l'1 debole nel rimanente 20 %.

Il grado 4 forte è stato utilizzato in sole 2 giornate nella zona omogenea delle Retiche Occidentali, in seguito alle copiose neviccate che si sono verificate nelle giornate 21 e 22 aprile 2023.

### BILANCIO SNOW WATER EQUIVALENT

La stima del contenuto idrico della neve (SWE) a scala regionale, consente di valutare la quantità totale di equivalente in acqua immagazzinata nella neve e la sua distribuzione spaziale. Tale parametro riveste notevole importanza

BACINO	GHIACCIAIO	SWE 2016 Kg/m <sup>2</sup>	SWE 2017 Kg/m <sup>2</sup>	SWE 2018 Kg/m <sup>2</sup>	SWE 2019 Kg/m <sup>2</sup>	SWE 2020 Kg/m <sup>2</sup>	SWE 2021 Kg/m <sup>2</sup>	SWE 2022 Kg/m <sup>2</sup>	SWE 2023 Kg/m <sup>2</sup>
Oglio	<b>Pisgana</b>	1169	1079	1126	2491	1322	1790	312	941
	<b>Adamello</b>	1540	1015	1571	1655	1259	1967	499	946
Adda	<b>Dosegù</b>	1233	710	1541	1924	1313	1456	519	802
	<b>Vios</b>	988	549	1140	1145	1207	1826	874	964
	<b>Vitelli</b>	1350	852	1220	1520	1574	1580	621	508
	<b>Alpe Sud</b>	1023	1032	986	1510	926	1858	237	1187
Bitto Mallero	<b>Fellaria Orientale</b>	1040	1100	2037	2080	1948	2192	1375	1723
	<b>Fellaria occidentale</b>	901	841	1046	1935	1091	1481	337	941

BACINO	GHIACCIAIO	Differenza percentuale 2016-2017 %	Differenza percentuale 2017-2018 %	Differenza percentuale 2018-2019 %	Differenza percentuale 2019-2020 %	Differenza percentuale 2020-2021 %	Differenza percentuale 2021-2022 %	Differenza percentuale 2022-2023 %
Oglio	<b>Pisgana</b>	-7,72	4,36	121,23	-46,92	35,40	-82,57	201,60
	<b>Adamello</b>	-34,10	54,78	5,35	-23,93	56,24	-74,63	89,58
Adda	<b>Dosegù</b>	-42,41	117,04	24,85	-31,76	10,89	-64,35	54,53
	<b>Vios</b>	-44,45	107,65	0,44	5,41	51,28	-52,14	10,30
	<b>Vitelli</b>	-36,90	43,19	24,59	3,55	0,38	-60,70	29,79
	<b>Alpe Sud</b>	0,90	-4,46	53,14	-38,68	100,65	-87,24	400,84
Bitto Mallero	<b>Fellaria Orientale</b>	5,74	85,18	2,11	-6,35	12,53	-37,27	25,31
	<b>Fellaria occidentale</b>	-9,66	28,50	84,99	-43,62	35,75	-77,25	179,23

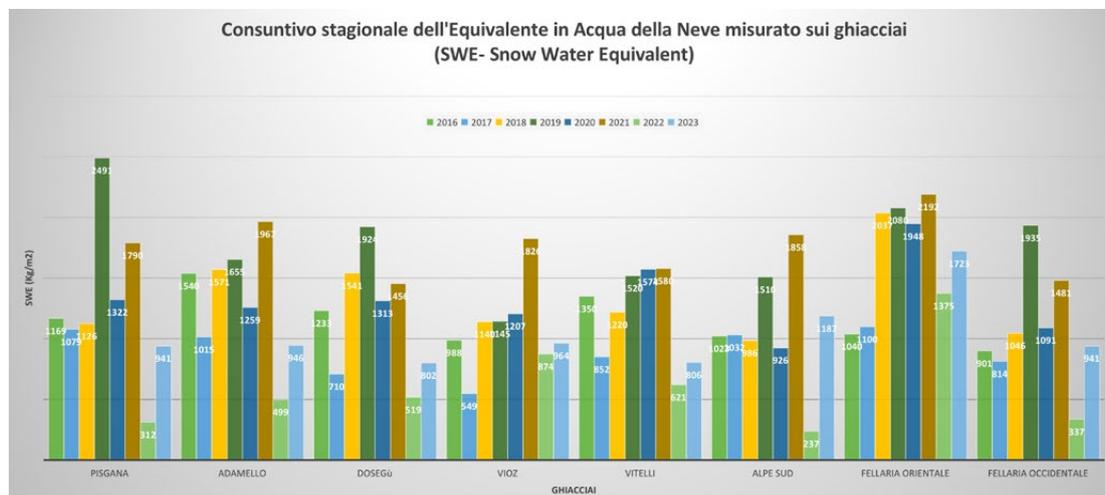


Immagine 3- Consuntivo stagionale delle campagne Snow-Water Equivalent. Dati assoluti in Kg/m<sup>3</sup> e percentuali differenziali anno corrente e anno precedente.

nel bilancio idrologico, in quanto rappresenta una riserva idrica che ha capacità di rilascio graduale ed è al tempo stesso un fattore da monitorare nella catena di controllo e di allertamento idrogeologico.

Il calcolo del SWE si basa sulla valutazione dell'estensione della copertura nevosa e sulla misurazione dell'altezza e della densità del manto nevoso.

I rilievi sono stati effettuati a quote elevate (oltre i 3000 m s.l.m.) ad integrare i dati raccolti in continuo attraverso la capillare rete di stazioni nivometeorologiche automatiche presenti sul territorio montano lombardo che però, attual-

mente, risultano collocate a quote inferiori.

Sono stati eseguiti decine di carotaggi e di misure dell'altezza del manto nivale su:

- ghiacciai del Vioz e Dosegù nel Sottogruppo Cevedale-San Matteo;
- ghiacciaio di Alpe Sud sul Monte Sobretta;
- ghiacciaio dei Vitelli nel Sottogruppo Ortles-Cristallo;
- ghiacciai dell'Adamello e del Pisgana nel Gruppo dell'Adamello;
- ghiacciai di Fellaria Orientale e Occidentale nel Gruppo del Bernina.

## RELAZIONI

I campionamenti sono stati svolti alle quote comprese tra i 2.763 metri alla fronte del Ghiacciaio Pisgana ed i 3.620 del Ghiacciaio di Fellaria Orientale, nei pressi della Forcola di Bellavista.

Dai dati complessivamente raccolti si può confermare che l'ultima stagione sia stata caratterizzata da un innevamento migliore rispetto all'inverno precedente; condizione dovuta principalmente ai cospicui apporti nevosi primaverili che hanno interessato le quote maggiori.

Nell'immagine 3 viene riportato l'equivalente in acqua della neve (SWE) calcolato a partire dai dati raccolti, espresso in  $\text{kg}/\text{m}^2$  (ovvero considerato come il peso dell'acqua di disgelo per metro quadrato che risulterebbe se il manto nevoso si fondesse del tutto).

Nell'area dell'Adamello sono stati misurati mediamente 9 metri di neve cumulata, a differenza dei 3-4 metri della primavera 2022. Sui ghiacciai dell'alta Valtellina gli accumuli sono risultati variabili tra 8 e 11 metri di neve cumulata, con un incremento del 30-40% in più rispetto allo scorso inverno. Anche nella zona dell'alta Valmalenco sono stati misurati valori superiori rispetto al 2022, con 17 metri di neve cumulata sull'altopiano del Fellaria Orientale e 9 metri di neve cumulata sul sottostante ghiacciaio del Fellaria Occidentale.

Considerando le caratteristiche fisico-meccaniche del manto nevoso, la qualità dell'innnevamento è stata mediocre. A livello generale la stratigrafia è stata caratterizzata da una parte basale sgranata e porosa (riconducibile alla prima parte dell'inverno, ove le nevicate sono state

sporadiche, alternate a periodi di freddo prolungato e venti persistenti), sopra le quali si sono deposte le nevicate primaverili, a tratti anche copiose e caratterizzate da densità ben più elevate. Questo livello superficiale ha preservato dalla fusione gli strati sottostanti sino ai primi di luglio. L'arrivo delle prime ondate di calore ha rapidamente ridotto gli spessori, dileguando in poco tempo l'intera coltre nivale.

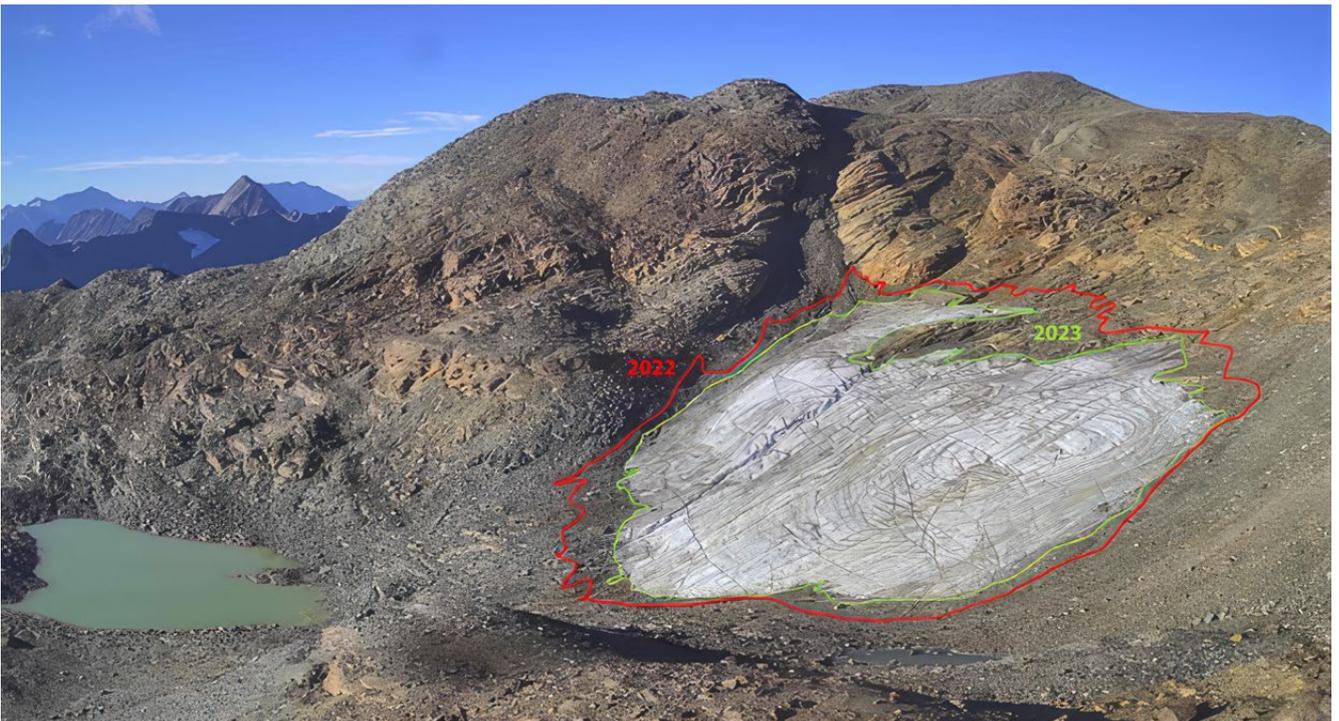
### BILANCIO GLACIOLOGICO

I ghiacciai rispondono in modo diretto e rapido alle dinamiche di cambiamento climatico (variazione temperature e regimi pluviometrici) modificando le proprie caratteristiche morfologiche e la loro dinamica con una riduzione della massa glaciale, un progressivo arretramento delle fronti glaciali, un incremento delle zone crepacciate, la formazione di depressioni e di laghi sulla superficie, l'aumento dell'instabilità di seracchi pensili. Questa grande sensibilità alle variazioni del clima rende i ghiacciai dei preziosi indicatori che consentono di quantificare l'intensità con cui sta agendo il riscaldamento globale.

Il Centro Nivometeorologico di ARPA Lombardia monitora diversi ghiacciai sull'arco alpino lombardo, sia mediante rilievi invernali, volti a quantificare l'entità degli accumuli nivali, che nel periodo estivo autunnale al fine di quantificarne la perdita di massa attraverso varie metodologie di rilievo (confronto letture paline ablatometriche, misure georadar, rilievi geodetici tramite GNSS e aerofotogrammetria).

*Immagine 4 – Ghiacciaio di Alpe Sud – settembre 2022*





In generale si può affermare che il 2023 è stato un anno negativo per il glacialismo alpino, con valori di riduzione glaciale leggermente inferiori rispetto al 2022 (anno peggiore della serie). Anche quest'anno, l'effetto combinato di elevate temperature durante la stagione estiva, che si sono protratte anche all'inizio del periodo autunnale, e di precipitazioni invernali ridotte e al di sotto delle medie del periodo, hanno segnato in maniera evidente il bilancio glaciologico lombardo, che si mantiene negativo, con considerevoli perdite di massa.

Sui settori Retici sono state misurate riduzioni di spessore fino a 3 metri a 3000 m di quota, e variazioni frontali negative che evidenziano il trend in atto, con una conseguente contrazione e arretramento delle lingue, ormai sempre più smagrite e arroccate a quote progressivamente più elevate. Questo quadro è coerente con quanto registrato a più larga scala sulle Alpi e a livello globale.

*Immagine 5 – Ghiacciaio di Alpe Sud – settembre 2023*

*Immagine 6 – Ghiacciaio di Alpe Sud – confronto 2022-2023*