

La storica stazione meteorologica del passo del Gran San Bernardo

In uno dei più antichi valichi delle Alpi, da oltre duecento anni si effettuano ogni giorno osservazioni meteorologiche. La temperatura è cambiata? Lo vediamo in questo report





La storica stazione meteorologica del colle del Gran San Bernardo: dati e tendenze della temperatura

Guido Nigrelli

RIASSUNTO: In questo lavoro si analizzano i dati di temperatura acquisiti dalla storica stazione meteorologica del colle del Gran San Bernardo. Attiva dal 1818, questa stazione possiede una serie di dati lunga più di due secoli. Le tendenze della temperatura sono state analizzate prendendo in considerazione il periodo 1818-2025. La serie storica presenta una media generale di $-1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, l'anno più freddo è stato il 1860 ($-3,6\text{ }^{\circ}\text{C}$), mentre quello più caldo è stato il 2022 ($1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$). Durante il trentennio più recente (1996-2025) la temperatura media annuale ha mostrato un incremento di $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ anni. Durante il periodo climatologico normale 1991-2020 la temperatura media annuale ha mostrato un incremento di $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ anni. L'analisi di tendenza effettuata sull'intero periodo (1818-2025), ha mostrato un aumento della temperatura media annuale di $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}/100$ anni. Il presente lavoro può costituire un utile documento di supporto per lo svolgimento di indagini più dettagliate e più ambiziose per diverse finalità.

PAROLE CHIAVE: Temperatura, Clima, Alpi, Gran San Bernardo

ABSTRACT: This paper analyzes temperature data acquired from the historic meteorological station at the Great St. Bernard Pass. Active since 1818, this station has a data series spanning more than two centuries. Temperature trends were analyzed for the period 1818–2025. The historical series shows an overall mean of -1.4°C ; the coldest year was 1860 (-3.6°C), while the warmest was 2022 (1.7°C). For the 1996-2025 period the increase in mean annual temperature is of $0.6\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ years. For the 1991-2020 climate normal the increase in mean annual temperature is of $0.4\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ years. For the 1818-2025 period the increase in mean annual temperature is about $1.0\text{ }^{\circ}\text{C}/100$ years. This work can be a useful supporting document for carrying out more detailed and more ambitious investigations for different purposes.

KEYWORDS: Temperature, Climate, European Alps, Great Saint Bernard

Indice

1. Introduzione	2
2. Il passo del Gran San Bernardo	3
3. Dati e metodi	8
4. Risultati e discussione	11
5. Conclusioni	18
Ringraziamenti	18
Bibliografia	18
Sitografia	20

1. Introduzione

La climatologia è una scienza che si basa sulla raccolta e sull'elaborazione di dati acquisiti da sensori di diverso tipo, posizionati in vari punti del globo terracqueo oppure in libera atmosfera. I principali elementi del clima (radiazione solare, temperatura, pressione atmosferica, vento, umidità, pioggia, neve) che, grazie a questi sensori è possibile conoscere, costituiscono forse i dati più importanti per la nostra vita, dopo ovviamente a quelli sulla nostra salute. In diversi punti della Terra sono presenti stazioni meteorologiche che giorno dopo giorno raccolgono dati e lo fanno da moltissimi anni, grazie all'operato a volte non semplice di diverse generazioni di uomini: è questo il caso della storica stazione meteorologica del Colle del Gran San Bernardo. Attiva dal 1818, questa stazione raccoglie dati da oltre due secoli ed è una delle stazioni che fanno parte della rete "*WMO Centennial Observing Station*" ([I in Sitografia](#)).

In questo report si analizzano i dati di temperatura che la stazione meteorologica del Colle del Gran San Bernardo ha raccolto dal 1818 al 2025. Prima però un po' di storia su questo importante colle delle Alpi.

2. Il passo del Gran San Bernardo

2.1 Una storia millenaria

Il passo del Gran San Bernardo è una delle più antiche vie di comunicazione delle Alpi: diamo qui solo alcuni cenni di persone e di popoli che lo hanno attraversato. Molti storici e archeologi sono concordi nell'affermare che il passo è già frequentato verso il 4000-3000 a.C. (II). Giulio Cesare con il suo esercito lo attraversa nella primavera del 58 a.C., in occasione dei suoi spostamenti da Roma verso la Gallia Transalpina e, dopo il suo passaggio, manda Sergio Galba a proteggere la strada alle sue spalle (Grande 1930; Angela 2025). Per i romani, il passo del Gran San Bernardo rimane per secoli un importante punto di collegamento tra il sud e il nord dell'impero, soprattutto per raggiungere direttamente la Gallia e la Bretagna: Giulio Cesare però non fa molto per facilitarne il transito, mentre Augusto prima e Claudio poi ne migliorano notevolmente la viabilità (Camanni 2017). Caduto l'Impero romano, le Alpi occidentali diventano teatro di numerose invasioni: dal passo del Gran San Bernardo passano gli Allemanni e i Burgundi, i Longobardi nel 574 e successivamente i Saraceni che, verso la fine degli anni 900, prendono il controllo di numerosi passi alpini, saccheggiando e seminando terrore in tutta l'Italia nord-occidentale. Nel 990 al Gran San Bernardo transita Sigerico, l'arcivescovo di Canterbury diretto a Roma; successivamente i Franchi e alcuni imperatori medioevali, da Carlo Magno a Sigismondo e i Savoiaridi nel 1534 (Brockedon 1828; Grande 1930). Durante il periodo medioevale, oltre a personaggi storici, eserciti e invasioni barbariche, il passo del Gran San Bernardo viene sistematicamente attraversato da mercanti, corrieri e da molti pellegrini provenienti dal nord Europa e diretti a Roma per la Via Francigena (II). Nel 1797 passano le armate rivoluzionarie francesi dirette verso l'Italia e dal 15 al 21 maggio del 1800 attraversa il colle, ancora ricoperto di molta neve, il primo console Bonaparte con la sua Armata di Riserva composta da 46292 uomini, con l'obiettivo di scendere in Valle d'Aosta e invadere l'Italia (Camanni 2017). Un altro personaggio illustre che arriva al passo è Papa Pio XI nel 1923 (Grande 1930): la grande colonna presente sul lato italiano del passo alla cui sommità c'è la statua di San Bernardo da Mentone (da Pio XI proclamato patrono degli alpinisti), fu da lui voluta per ricordare il santo e il suo passaggio.

William Brockedon, pittore e scrittore britannico dell'800, descrive accuratamente il suo viaggio da Martigny a Ivrea (avvenuto con buona probabilità tra il 1825 e il 1828), passando per il passo del Gran San Bernardo (Brockedon 1828). La descrizione del suo viaggio inizia con: *There is no passage of the Alps which affords to the traveller greater pleasure, either in the enjoyment or the recollection of his journey to Italy, than that by the Great Saint Bernard; for besides the wildness of this Alpine pass, and the beauty of the valley of Aosta, through which the road to Turin continues after it leaves the mountains, the kind reception which he experiences from the religious community at the hospice, on the summit of the Saint Bernard, is remembered as long as he can be grateful for the devotion*

which induces these excellent men to offer to the traveller their welcome, and spread for him their hospitality in the wilderness.”. Diverse pagine di questa descrizione sono dedicate al passo del Gran San Bernardo, alla sua storia, a quella dell’ospizio e al plan de Jupiter (Figura 1).

Con il trascorrere degli anni, il passo del Gran San Bernardo acquista sempre più importanza, anche grazie alla realizzazione di una bella strada dal lato italiano terminata però solo nel 1905 (Grande 1930). Il 19 marzo 1964 viene inaugurato il tunnel autostradale del Gran San Bernardo che, con una lunghezza di 5798 metri, attraversa il principale spartiacque alpino collegando direttamente l’Italia e la Svizzera. I collegamenti tra nord e sud Europa migliorano notevolmente dando impulso anche a molte attività industriali, commerciali e turistiche: con la realizzazione del tunnel si riduce il traffico veicolare al passo, ma il passo del Gran San Bernardo rimane ancora una meta, un punto di arrivo e di passaggio molto importante, ora più per la sua valenza storica, religiosa, turistica e paesaggistica.



Figura 1 – Il passo del Gran San Bernardo con, sullo sfondo, il famoso ospizio (da Brockedon 1828).

2.2 Un importante sito archeologico: le Plan de Jupiter

Molti forse non lo sanno, ma al passo del Gran San Bernardo c’è anche un importante sito archeologico. Arrivando al passo dall’Italia, poco sopra l’Hotel Albergo Italia, sulla sinistra, è possibile trovare ancora le tracce di questo sito di epoca celtico-romana, denominato “Le Plan de Jupiter” (Figura 2). Durante il periodo di dominazione dei Celti, qui si venerava il dio *Penn* (protettore dei monti, da qui il toponimo di Alpi Pennine). Con l’arrivo dei Romani il dio *Penn* viene sostituito

dal dio Giove (*Jupiter*) e per venerarlo anche in questo luogo viene eretto un piccolo tempio e due rifugi per i viaggiatori (III). Il nome del tempio prende così il nome di Giove Pennino, come riportato nelle tavolette votive rinvenute nel sito (Promis 1862; Grande 1930).

Gli studi di questo sito archeologico iniziano verso la fine del 1700 per opera dei canonici dell'Hospice du Grand-Saint-Bernard: con il ritrovamento delle tavolette votive sopra citate, vengono alla luce anche monete galliche e romane, unitamente ad altra oggettistica ora conservata nel museo archeologico dell'ospizio, che attualmente ospita circa 1350 reperti archeologici (IV). Nel corso del 1800 e sino ai primi anni 2000 si effettuano alcune importanti campagne archeologiche al Plan de Jupiter che danno modo di definire con buona accuratezza la posizione e la tipologia degli edifici, il tipo delle loro coperture e un breve tratto della pista imperiale romana ben visibile ancora oggi (Ferrero 1893; Framarin et al. 2015; Camanni 2017). Dalle tavolette rinvenute emerge come il nome del sito fosse a quei tempi Monte Jovis (Monte Giove), mantenuto nel corso dei secoli sino all'arrivo di Bernardo da Mentone.

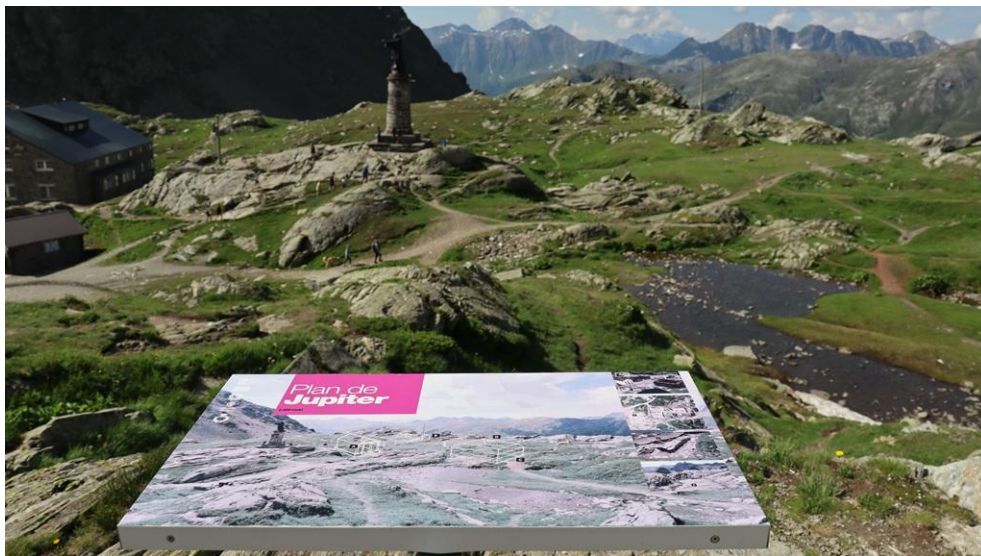


Figura 2 – Il sito archeologico Plan de Jupiter al Gran San Bernardo, in territorio italiano (foto 01/07/2025).

2.3 L'ospizio

Per quanto riguarda l'ospizio se ne ha un primo accenno in un documento dell'anno 832 di Ludovico il Pio, re dei Franchi e imperatore dell'impero carolingio, ospizio che viene successivamente distrutto dai Saraceni (Grande 1930). Nella prima metà del 1100 alcuni documenti riportano che al passo del Monte Giove vi è la presenza di una chiesa e di un ospizio denominato San Bernardo (Camanni 2017). L'Ospizio viene fondato nel 1050 da Bernardo da Mentone, spesso indicato come “Bernardus Montis Iovis” arcidiacono di Aosta, per soccorrere ed accogliere i numerosi pellegrini che attraversando il valico durante il lungo periodo invernale potevano venire travolti da valanghe o perdersi (V). Della

vita di Bernardo di Aosta, anche ricordato come Bernardo da Mentone, si conosce poco: le date di nascita e di morte sembrano essere rispettivamente il 1021 e il 1081 e le sue reliquie sono conservate nel Duomo di Novara (VI). A lui va il merito di aver dedicato tutta una vita a dare ospitalità a chi frequenta la montagna e in questo Bernardo si è distinto per aver fondato i due ospizi presenti al Piccolo e al Gran San Bernardo (ospizi che portano il suo nome), nonché aver raccolto attorno a lui una comunità religiosa ancora oggi attiva in questi due luoghi e non solo. La chiesa dell'Ospizio è la più alta d'Europa. La prima chiesa risale al XIII secolo. Nel 1686 fu ristrutturata nella sua forma attuale, l'ingresso è gratuito. La Congregazione dei Canonici del Gran San Bernardo è presente anche presso l'Ospizio del Sempione e in diverse altre parrocchie.

Una dettagliata descrizione dell'ospizio e dell'ospitalità offerta dai monaci intorno agli anni 1820 è presente in Brockedon (1828). Per le finalità prettamente climatiche di questo lavoro, si riporta questa breve nota sempre del Brockedon: *“In the summer of 1816 the ice of the lake on the summit of the Great Saint Bernard never melted, and not a week passed without snow falling. The severest cold recorded was twenty-nine degrees below zero of Fahrenheit [-34 °C, n.d.r.], it has often been observed at eighteen and twenty degrees below [circa -28 °C]: the greatest heat has been sixty-eight degrees of Fahrenheit [20 °C], but in the height of summer it always freezes early in the morning.”*

Con il passare degli anni, l'Hospice du Grand-Saint-Bernard diventa una struttura ricettiva sempre più completa e moderna (Figura 3): nel 1929 viene realizzato un albergo e, alle tradizionali attività legate all'ospitalità ed alla contemplazione religiosa, se ne affiancano altre come ad esempio le visite e le passeggiate estive con i famosi cani San Bernardo (la congregazione si è presa cura di loro fino al 2005, quando ha affidato il programma di allevamento alla Fondazione Barry), l'organizzazione di pellegrinaggi, l'organizzazione di mostre tematiche temporanee (V).



Figura 3 – Il complesso dell'Hospice du Grand-Saint-Bernard (foto 01/07/2025).

2.4 L'albergo Italia: costruito due volte

Nel breve riassunto delle principali cose da sapere sul passo del Gran San Bernardo, merita una citazione la storia dell'Hotel Albergo Italia (VII).

A seguito dell'apertura della strada carrozzabile Aosta-Martigny avvenuta nel 1905, il passo del Gran San Bernardo comincia ad essere anche una meta turistica, ma è solo dopo la Prima guerra mondiale che i flussi turistici aumentano. A seguito della crisi economica del 1929, Battista Brunod, proprietario di una fabbrica di mobili in Aosta decide di cambiare attività e realizzare un albergo al passo del Gran San Bernardo. I mesi per lavorare al passo non sono molti: gli inverni sono lunghi e la neve che cade è tanta. Inoltre, le difficoltà che il Brunod deve affrontare non sono solo climatiche. Ma l'albergo viene costruito e anche a tempo di record, perché il terreno viene acquistato nell'estate del 1932 e l'albergo viene inaugurato nell'estate del 1933.

Ma le difficoltà non sono finite, anzi, quelle più dure devono ancora arrivare. Con la venuta del fascismo, Benito Mussolini decide che il primo edificio che si incontra attraversando il confine italiano deve essere un edificio militare, non altro. Pertanto, Battista Brunod viene sfrattato dal suo albergo dopo circa quattro anni di funzionamento. Il Brunod, dopo lo sfratto, smonta l'albergo, recupera le parti recuperabili e ne costruisce un altro a circa 200 metri di distanza, migliorandolo anche un po'. Il secondo albergo riapre nell'estate 1939, ma altre nuvole si addensano all'orizzonte e sono nuvole di guerra. L'albergo è quindi costretto a rimanere chiuso per sette anni e durante questo periodo viene occupato da tedeschi e partigiani. L'albergo riacquista la piena operatività solo dal luglio del 1949. Nel 1950 Battista Brunod muore improvvisamente, lasciando ai figli ed alle generazioni future la gestione dell'Hotel Albergo Italia ancora oggi in piena attività (Figura 4).



Figura 4 – A sinistra, l'attuale Hotel Albergo Italia e, a destra, il primo edificio che si incontra arrivando dalla Svizzera, a pochi metri dal confine (foto 01/07/2025).

3. Dati e metodi

Dopo i cenni storici, entriamo nel vivo del lavoro. Per questa indagine sono stati utilizzati i valori giornalieri, mensili ed annuali delle temperature medie (Tmed), minime (Tmin) e massime (Tmax) acquisite dalla storica stazione meteorologica del colle del Gran San Bernardo (GSB). La stazione è localizzata al confine tra la regione di nord-ovest e la regione di sud-ovest della “*Greater Alpine Region*” (Auer et al. 2007). I dati sono stati omogeneizzati dall’ente fornitore applicando metodologie standardizzate (Begert et al. 2005) e costituiscono una ininterrotta serie che va dal 1818 al 2025 per i valori mensili e annuali (208 anni). La serie dei valori giornalieri va dal 1865 al 2024, ma non risulta priva di lacune: per le Tmed manca il periodo 31/07/1925-31/12/1933, mentre per le Tmin e le Tmax manca il periodo 31/12/1900-30/09/1964. Oltre a questi dati si sono acquisiti anche i valori delle temperature giornaliere osservate alla stazione italiana di Saint-Rhémy-en-Bosses (SRB), distante circa 1300 metri in linea d’aria e localizzata ad una quota inferiore di circa 112 metri (Figure 5 e 6): i dati della stazione di SRB non presentano lacune e sono di buona qualità (Tabella 1). Tuttavia, questi dati non sono omogeneizzati e non costituiscono una lunga serie, pertanto, vengono qui utilizzati al solo fine di effettuare un semplice confronto sull’ultimo periodo. Per conoscere i valori in tempo quasi reale dei parametri acquisiti dalle due stazioni, consultare i link in Sitografia (GSB VIII; SRB IX).



Figura 5 – A sinistra, la stazione termometrica di Col du Grand St-Bernard, posizionata sulla parte alta di una parete dell’ospizio, lato nord. A destra, la stazione meteorologica di Saint-Rhémy-en-Bosses, ubicata in campo aperto.

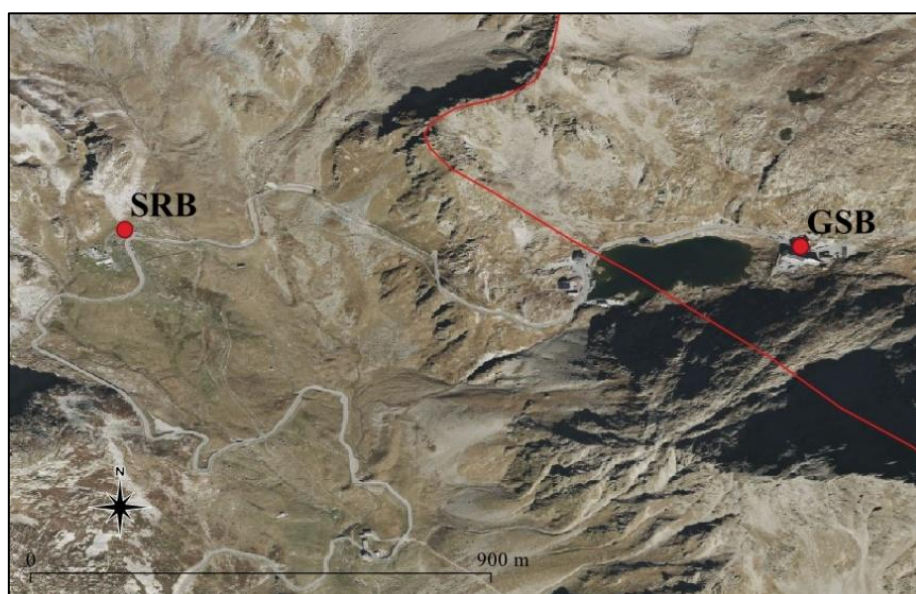


Figura 6 – Localizzazione geografica delle due stazioni considerate (cerchi rossi): a sinistra Saint-Rhémy-en-Bosses (SRB) e a destra Col du Grand St-Bernard (GSB). La linea rossa identifica il confine tra Italia e Svizzera (base cartografica Bing Map, modificata).

Tabella 1 – Stazioni meteorologiche utilizzate e loro principali caratteristiche. La latitudine e la longitudine sono espresse in gradi decimali (coordinate ellissoidiche), la quota in metri sul livello del mare. La numerazione delle stazioni mantiene la continuità con quella dei report precedenti.

N	Stazione	Sigla	Lat. °N	Long. °E	Quota	Periodo	Fonte dati
33	Col du Grand St-Bernard	GSB	45,869043	7,170597	2479	1818-2025	MeteoSvizzera
34	Saint-Rhémy-en-Bosses	SRB	45,869535	7,153645	2360	2008-2025	CF-RAVA

Le serie di dati omogeneizzate vengono costruite con lo scopo di eliminare dalle serie originali i cambiamenti che nel corso dei molti anni di attività di una stazione sono avvenuti ma che non sono dovuti alle condizioni climatiche (WMO 2018). Questi cambiamenti sono principalmente lo spostamento della stazione in una zona vicina oppure a quota diversa, il diverso uso del suolo della zona, le pratiche di osservazione e di calcolo applicate da operatori diversi, il cambio di strumentazione, il passaggio da strumentazione analogica a digitale, le trasformazioni del paesaggio circostante, la crescita di vegetazione, oppure eventi naturali, storici e politici. Per valutare la presenza di tendenze climatiche su periodi lunghi anche più di 50 o 100 anni, diventa quindi fondamentale fare riferimento a serie di dati omogeneizzati (Domonkos et al. 2012).

In generale, la ricerca delle tendenze climatiche si effettua verificando la presenza di aumenti o diminuzioni statisticamente significativi riferiti a lunghi periodi temporali o a periodi climatologici normali. I periodi climatologici normali (*climate normals*, CLINO) sono periodi temporali lunghi

trent'anni e aggregati per decade (WMO 2017). Per questa indagine, la ricerca delle tendenze climatiche è stata condotta sulle serie annuali e mensili della stazione GSB. Le tendenze sono state calcolate applicando il test di Mann-Kendall e il test di Sen (Sen 1968; Wilks 2020). Questi due test sono tra i più utilizzati per analizzare le serie temporali di parametri idrologici e climatici perché non sono influenzati dal tipo di distribuzione delle serie e accettano, se presenti, alcuni dati mancanti (per la serie GSB non vi sono dati mancanti). Solitamente, la significatività di una tendenza climatica viene statisticamente espressa in termini di probabilità di rischio di errore: * rischio di errore del 5% ($\alpha = 0,05$); ** rischio di errore dell'1% ($\alpha = 0,01$); *** rischio di errore dello 0,1% ($\alpha = 0,001$).

In questo lavoro, la ricerca delle tendenze climatiche presenti alla stazione del GSB è stata svolta utilizzando le serie delle Tmed annuali e mensili, considerando sette diversi periodi temporali:

1. Il periodo climatologico normale 1841-1870;
2. Il periodo climatologico normale 1871-1900;
3. Il periodo climatologico normale 1901-1930;
4. Il periodo climatologico normale 1931-1960;
5. Il periodo climatologico normale 1961-1990;
6. Il periodo climatologico normale 1991-2020;
7. Il periodo 1996-2025, corrispondente al trentennio più recente.

La tendenza climatica sulla serie annuale omogeneizzata delle Tmed del GSB è stata calcolata anche in termini di anomalia standardizzata (Wilks 2020), cioè di quanto il valore di un anno si discosta, positivamente o negativamente, dalla media della serie (Katz et al. 1986). L'indice SAI è particolarmente indicato per queste finalità perché è confrontabile con gli stessi indici calcolati per stazioni o aree geografiche diverse. L'indice standardizzato di anomalia climatica (SAI) viene calcolato mediante la seguente formula:

$$SAI = (Tmed_{annoX} - mediaTmed_{serie}) / devstTmed_{serie}$$

Indici SAI compresi nell'intervallo $-1 \div 1$ sono considerati normali, poiché rientrano all'interno della deviazione standard della serie; indici compresi negli intervalli $-2 \div -1$ o $1 \div 2$ sono considerati come una moderata anomalia rispetto al valore medio; indici compresi negli intervalli $-3 \div -2$ o $2 \div 3$ sono considerati come una forte anomalia rispetto al valore medio; indici inferiori a -3 oppure superiori a 3 sono considerati come una eccezionale anomalia rispetto al valore medio. Unitamente a questi parametri sono stati calcolati anche: i valori annuali del numero di giorni di gelo (OF), cioè quando Tmax giornaliera ≤ 0 °C; il numero di giorni con gelo (WF), cioè quando Tmin giornaliera ≤ 0 °C; il numero di giorni senza gelo (FF), cioè Tmin giornaliera > 0 °C (Klein Tank et al. 2009; Zhang et al. 2011). Per questa analisi, si dispone di una serie di dati giornalieri di Tmed, Tmin e Tmax senza lacune che va dal 1965 al 2024 (60 anni).

4. Risultati e discussione

4.1 Valori medi

La serie storica di oltre 200 anni dei dati di temperatura omogeneizzati della stazione Col du Grand St-Bernard, che va dal 1818 al 2025, presenta una media generale di $-1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (dev. st. $0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$), l'anno più freddo è stato il 1860 ($-3,6\text{ }^{\circ}\text{C}$), mentre quello più caldo è stato il 2022 ($1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$). L'andamento delle temperature medie mensili per l'intero periodo considerato è riportato in [Figura 7](#) dove appare evidente la differenza tra l'anno più freddo (linea blu) e quello più caldo (linea rossa). L'andamento dell'anno più recente (linea arancione) è molto vicino a quello dell'anno più caldo. Da notare anche come l'anno più freddo non corrisponda al primo anno delle osservazioni (linea nera). Alla luce delle attuali tendenze climatiche questa media però non risulta più rappresentativa: più interessante della media generale diventa il confronto tra i sette diversi periodi temporali, come descritti in “Dati e metodi” ([Tabella 2](#)).

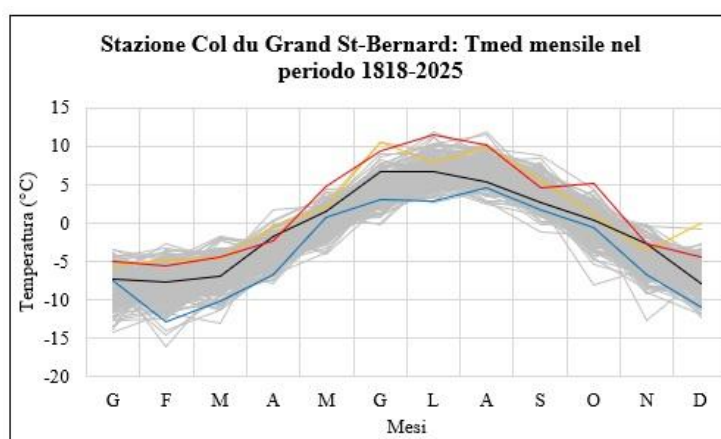


Figura 7 – Stazione meteorologica Col du Grand St-Bernard: temperatura media mensile durante il periodo 1818-2025. In nero, il primo anno (1818); in blu, l'anno con la Tmed annuale più bassa (1860); in rosso, l'anno con la Tmed annuale più alta (2022); in arancione, l'ultimo anno (2025); in grigio, i restanti 204 anni.

I dati delle Tmed annuali dei sei CLINO considerati mostrano un aumento di $2\text{ }^{\circ}\text{C}$, passando da $-2,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ del CLINO 1841-1870 a $-0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ del CLINO 1991-202. Interessante è anche osservare come, per l'ultimo trentennio di riferimento, cioè il 1996-2025, lo stesso parametro abbia assunto un valore positivo rispetto ai valori precedenti: un chiaro segno di un ulteriore rialzo termico degli ultimi anni ([Figura 8](#)). La stagione estiva è quella in cui si registra il maggior aumento della temperatura media: che passa da $5,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ del CLINO 1841-1870 a $7,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ del CLINO 1991-2020 ($+2,6\text{ }^{\circ}\text{C}$). Agosto è il mese con il maggior aumento dello stesso parametro: spostandosi da $5,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ del CLINO 1841-1870 a $8,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ del CLINO 1991-2020 ($+3,0\text{ }^{\circ}\text{C}$), i mesi di febbraio e aprile fanno invece registrare gli aumenti minori (entrambi $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Tabella 2 – Stazione meteorologica Col du Grand St-Bernard: temperature media mensili, stagionali (I: DGF; P: MAM; E: GLA; A: SON) ed annuali omogeneizzate (°C) per i sette diversi periodi climatologici considerati

	CLINO 1841-1870	CLINO 1871-1900	CLINO 1901-1930	CLINO 1931-1960	CLINO 1961-1990	CLINO 1991-2020	CLINO 1996-2025
G	-9,0	-8,5	-8,1	-8,6	-8,2	-6,9	-6,9
F	-8,4	-7,8	-8,4	-8,4	-8,2	-7,4	-6,9
M	-7,8	-7,0	-7,1	-6,4	-7,0	-5,2	-5,1
A	-3,6	-4,4	-4,6	-3,6	-4,4	-2,6	-2,5
M	0,4	-0,8	0,2	0,3	0,1	1,5	1,7
G	3,6	3,1	3,4	4,2	3,8	5,9	6,6
L	5,9	6,0	6,1	7,0	7,0	8,4	8,5
A	5,5	6,1	6,5	6,9	6,7	8,5	8,6
S	2,8	3,5	3,4	4,3	4,5	4,6	5,0
O	-1,1	-1,5	-0,9	-0,6	0,7	1,2	1,6
N	-5,6	-4,9	-5,2	-4,7	-4,5	-3,6	-3,6
D	-7,8	-7,7	-7,2	-7,6	-6,8	-6,0	-5,6
I	-8,4	-8,0	-7,9	-8,2	-7,7	-6,8	-6,5
P	-3,7	-4,1	-3,8	-3,2	-3,8	-2,1	-2,0
E	5,0	5,1	5,3	6,0	5,8	7,6	7,9
A	-1,3	-0,9	-0,9	-0,3	0,2	0,7	1,0
Anno	-2,1	-2,0	-1,8	-1,4	-1,4	-0,1	0,1

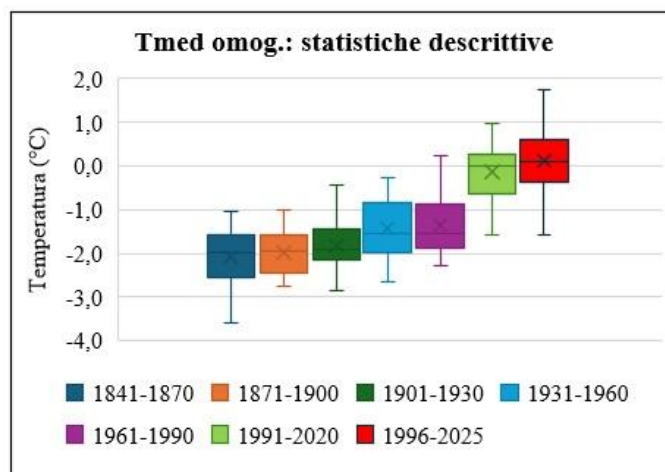


Figura 8 – Stazione meteorologica Col du Grand St-Bernard: box plot delle temperature medie annuali omogeneizzate riferite ai sette periodi climatologici considerati. Per ogni periodo, il box plot riporta: il valore medio (segno “x” all’interno del box); la mediana (linea orizzontale all’interno del box); il valore percentile al 10 % di probabilità (P10, lato inferiore del box); il valore percentile al 90 % di probabilità (P90, lato superiore del box); il valore minimo (asta inferiore); il valore massimo (asta superiore).

4.2 Indici ed estremi termici

Per il periodo 1965-2024, la temperatura minima assoluta è stata osservata il 10 febbraio 1986 (-28,4 °C), mentre la temperatura massima assoluta è stata osservata il 24 agosto 2023 (21,8 °C). Il valore minimo della temperatura media è stato registrato il 5 gennaio 1985 e il 9 febbraio 1986 (-25,4 °C), mentre quello massimo è stato registrato diverse volte (18,2 °C).

Per il CLINO 1991-2020, la temperatura minima assoluta è stata osservata il 4 febbraio 2012 (-25,2 °C), mentre la temperatura massima assoluta è stata osservata il 12 agosto 2003, il 19 agosto 2012 e il 27 giugno 2019 (21,6 °C). Il valore minimo della temperatura media è stato registrato il 4 febbraio 2012 (-22,6 °C), mentre quello massimo è stato registrato diverse volte (18,2 °C).

In [Figura 9](#) sono riportati gli andamenti annuali del numero di giorni di gelo, con gelo e senza gelo. Osservando il grafico è possibile notare come vi sia una tendenza alla diminuzione del numero di giorni di gelo (linea blu) e con gelo (linea grigia), conseguentemente bilanciate da una ovvia tendenza all'aumento del numero di giorni senza gelo. I test statistici applicati su queste tre serie di dati confermano la significatività di quanto presente nel grafico: il numero di giorni di gelo diminuisce di circa 6 unità ogni 10 anni ($\alpha = 0,001$), il numero di giorni con gelo diminuisce di circa 3 unità ogni 10 anni ($\alpha = 0,01$) e il numero di giorni senza gelo aumenta di circa 3 unità ogni 10 anni ($\alpha = 0,01$). Le unità, cioè il numero di giorni, sopra riportate, sembrano poche visto che sono riferite ad un periodo di dieci anni, ma non è così.

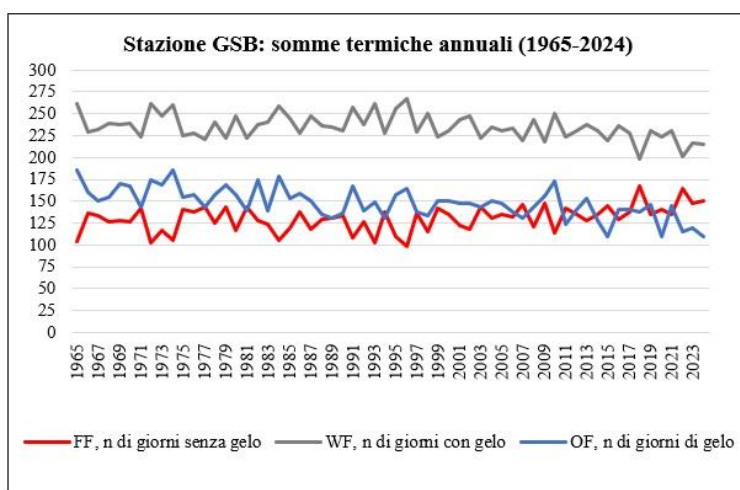


Figura 9 – Somme termiche annuali calcolate per la stazione meteorologica Col du Grand St-Bernard (GSB) per il periodo 1965-2024.

4.3 Tendenze della temperatura

Nel contesto degli attuali cambiamenti climatici che interessano l'ambiente alpino è interessante capire come tali cambiamenti si manifestino ed evolvano nel tempo: per quanto riguarda le variazioni della temperatura, questo è possibile quando si hanno a disposizione lunghe serie di dati come quella del GSB. La serie storica delle temperature medie annuali omogeneizzate della stazione meteorologica del Col du Grand St-Bernard è riportata in [Figura 10](#).

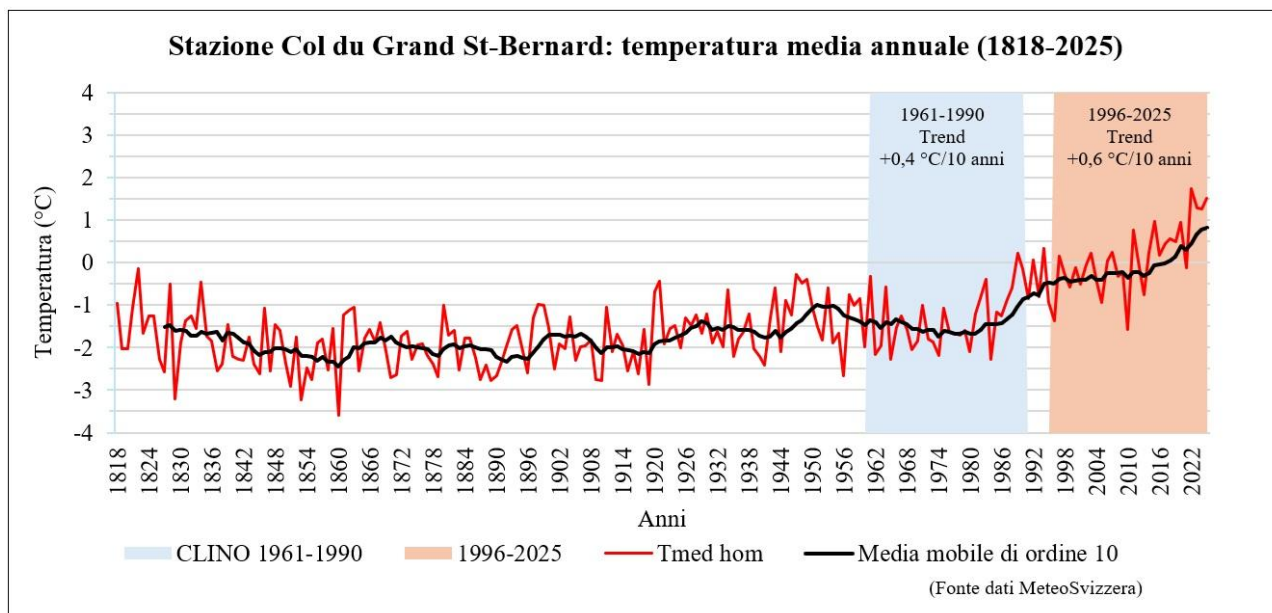


Figura 10 – Serie storica delle temperature medie annuali registrate alla stazione meteorologica del Col du Grand St-Bernard (GSB). La linea nera rappresenta la media mobile di ordine dieci della serie analizzata. In evidenza, il periodo climatologico normale 1961-1990 e il periodo 1996-2025 con le due tendenze rilevate.

All'interno di una normale variabilità interannuale (linea rossa), l'andamento della Tmed hom si mantiene relativamente costante sin verso gli inizi del secolo 1900, da come si può notare osservando la media mobile di ordine 10 dello stesso parametro (linea nera). La Piccola Età Glaciale sulle Alpi può considerarsi terminata verso il 1850 e, sino a tale data, i ghiacciai avanzano ancora, anche grazie alle precipitazioni invernali che risultano essere superiori del 25 % rispetto a quelle della media del XX secolo ([Vincent et al. 2005](#)).

Al GSB, un primo timido segnale di aumento delle temperature si osserva durante il CLINO 1901-1930 ($0,3 \text{ °C}/10 \text{ anni}$, $\alpha = 0,05$). In Europa, la rivoluzione industriale è oramai in pieno sviluppo e l'utilizzo del carbone come materia prima indispensabile per alimentare le macchine a vapore e per produrre energia, libera in atmosfera grandi quantità di nerofumo (*black carbon*). Le deposizioni di nerofumo industriale sulla neve potrebbero aver accelerato il brusco ritiro dei ghiacciai nelle Alpi

(Painter et al. 2013). Quanto il processo di industrializzazione europea, iniziato da pochi decenni, abbia influito direttamente sull'aumento delle temperature al GSB è difficile da stabilire. Sicuramente, a livello continentale e globale si assiste ad un generalizzato e lento riscaldamento (X).

Durante il periodo climatologico normale 1931-1960, alla stazione del GSB non si evidenziano significative tendenze di variazione di temperatura. Identica situazione si è riscontrata analizzando le serie storiche delle Tmed hom dello Jungfraujoch, del Sonnblick e dello Zugspitze, come descritto in un report precedente che ha preso in considerazione i più importanti osservatori meteorologici di alta quota presenti sulle Alpi (Report 3).

Un primo vero segnale di aumento delle temperature compare durante il CLINO 1961-1990 (0,4 °C/10 anni, $\alpha = 0,05$). In questo periodo, la temperatura al GSB fa segnare un brusco aumento verso il 1980, aumento presente anche nelle serie analizzate da altri autori (Begert et al. 2005; Auer et al. 2007).

Durante il CLINO 1991-2020 l'aumento aumenta e, se finora i trend significativi erano solamente a livello annuale, da questo CLINO in avanti cominciano ad essere presenti trend anche stagionali e/o mensili. Infatti, a livello mensile, aprile fa segnare un aumento di 1,0 °C/10 anni ($\alpha = 0,01$), giugno un aumento di 0,8 °C/10 anni ($\alpha = 0,05$), mentre a livello stagionale, l'estate e l'autunno mostrano aumenti di 0,5 °C/10 anni ($\alpha = 0,05$). La Tmed hom annuale aumenta di 0,4 °C/10 anni ($\alpha = 0,01$). Anche per questo periodo, i valori qui riportati risultano corrispondenti a quelli pubblicati in altri lavori (Nigrelli et al. 2021; Nigrelli et al. 2023) e in un report precedente (Report 3)

L'ultimo CLINO è oramai passato da cinque anni e diventa quindi interessante capire cosa succede per il trentennio più recente che si è da poco concluso (1996-2025). In questo caso l'aumento interessa un buon numero di mesi e di stagioni. Infatti, a livello mensile, aprile fa segnare un aumento di 0,7 °C/10 anni ($\alpha = 0,05$), luglio un aumento di 1,2 °C/10 anni ($\alpha = 0,01$), agosto un aumento di 0,8 °C/10 anni ($\alpha = 0,05$), novembre un aumento di 0,8 °C/10 anni ($\alpha = 0,05$) e dicembre un aumento di 1,0 °C/10 anni ($\alpha = 0,05$). A livello stagionale gli aumenti statisticamente significativi riguardano l'inverno con 0,8 °C/10 anni ($\alpha = 0,05$), l'estate con 0,9 °C/10 anni ($\alpha = 0,001$) e l'autunno con 0,6 °C/10 anni ($\alpha = 0,01$). La Tmed hom annuale aumenta di 0,6 °C/10 anni ($\alpha = 0,001$).

Infine, l'analisi della tendenza effettuata sull'intero periodo (1818-2025), restituisce un trend di 1,0 °C/100 anni ($\alpha = 0,05$), dato che può considerarsi simile a quelli pubblicati in Begert et al. (2005) per diverse stazioni svizzere e per il periodo 1864-2000.

Grazie ad un servizio online messo a disposizione da Meteo Svizzera, è possibile verificare la deviazione della temperatura media annuale rispetto al periodo climatologico normale 1991-2020 (Figura 11).

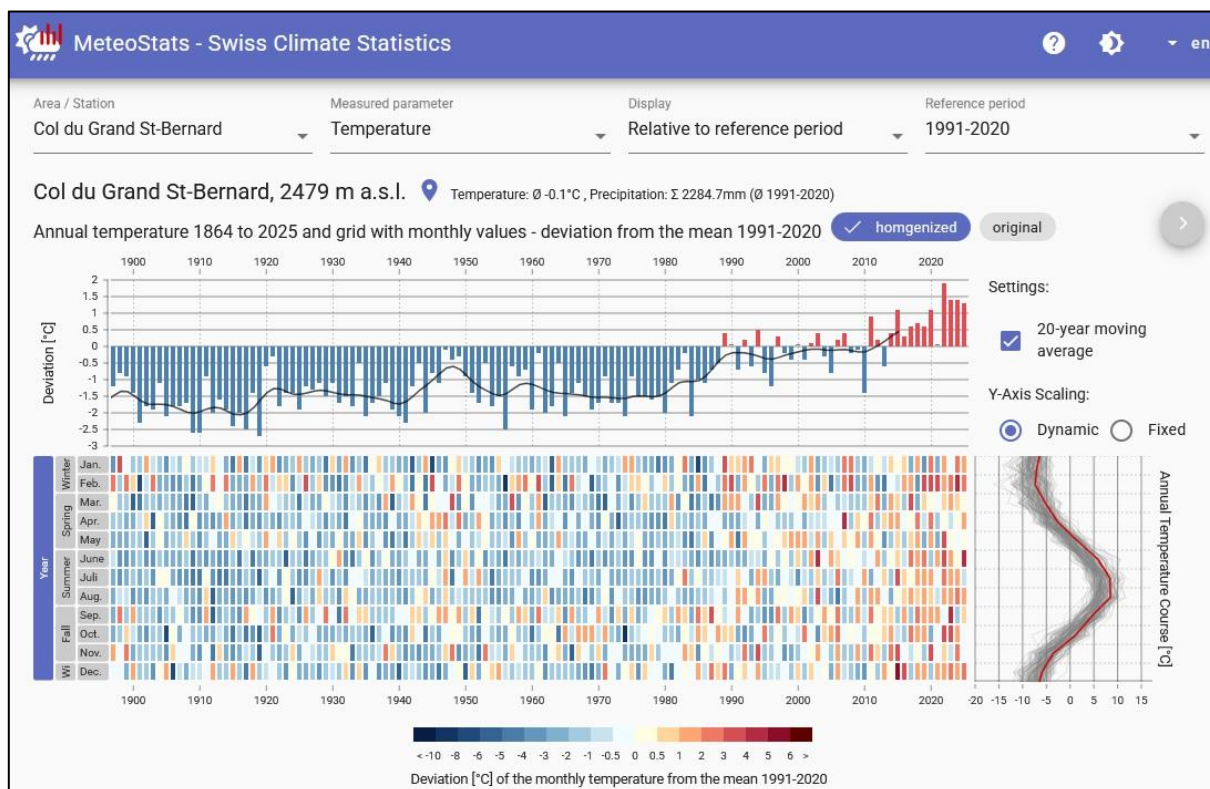


Figura 11 – Deviazione della temperatura media annuale rispetto al periodo climatologico normale 1991-2020 per la stazione di Col du Grand St-Bernard (XI).

L'andamento dell'indice standardizzato di anomalia climatica della stazione GSB per il periodo 1818-2025 è riportato in Figura 12. Questo indice rappresenta in modo diverso l'andamento della Tmed hom presente in Figura 10 e consente di ottenere altre utili informazioni sull'evoluzione di questo parametro nel tempo. Osservando la Figura 11 si può notare come dall'inizio della serie e fino al 1988, l'anomalia sia nella norma, cioè all'interno della deviazione standard (0,9 °C). A partire dal 1989, questa anomalia va aumentando, passando da valori moderati a valori forti, per diventare eccezionale nel 2022, con oltre 3 °C di differenza rispetto alla media.

La tendenza all'aumento della temperatura determina anche un cambiamento sugli indici termici: i giorni senza gelo aumentano mentre i giorni di gelo e con gelo diminuiscono.

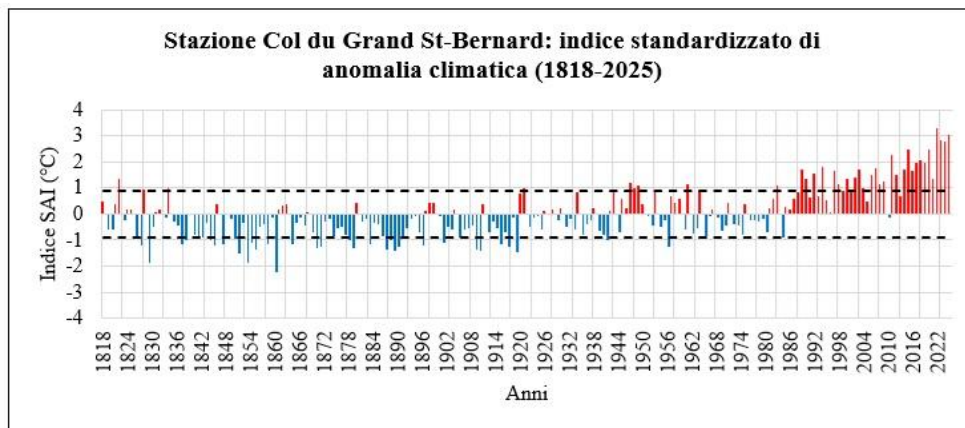


Figura 12 – Stazione meteorologica del Col du Grand St-Bernard: indice standardizzato di anomalia climatica.

4.4 Confronti GSB - SRB

Al fine di fornire un ulteriore contributo in termini di mera curiosità scientifica, si riporta qui un confronto tra i dati acquisiti dalla stazione del GSB con quelli acquisiti dalla stazione di SRB (Figura 13). Il confronto non consente approfondite considerazioni poiché fatto su un periodo di pochi anni di dati (17), tuttavia, può tornare utile per ottenere qualche indicazione sugli andamenti mensili delle cinque variabili considerate e sui valori degli estremi.

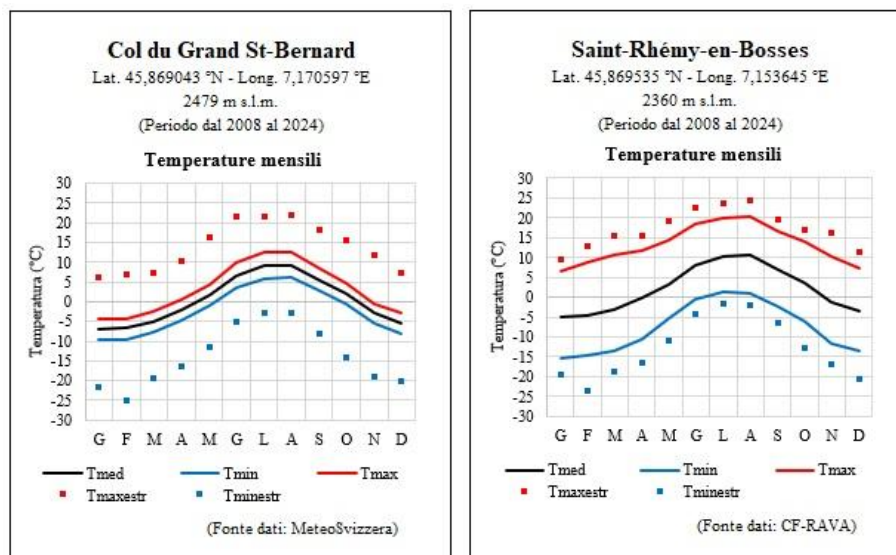


Figura 13 – Confronto tra i dati di temperatura della stazione del GSB con quelli della stazione di SRB.

Le sostanziali differenze che si notano, soprattutto nei valori di Tmin e Tmax, sembrano essere dovute non tanto alla differenza di quota, quanto alla differenza di esposizione e di ubicazione dei sensori, come riportato in Figura 5.

5. Conclusioni

Lo scopo di questo lavoro è stato quello di elaborare i dati di temperatura della stazione meteorologica del Colle del Gran San Bernardo, acquisiti dal 1818 al 2025. Il lungo periodo delle osservazioni ha dato modo di conoscere l'evoluzione di questo fondamentale elemento del clima durante gli ultimi due secoli. La variabilità mostrata dai dati è stata analizzata anche facendo riferimento ai periodi climatologici normali: la temperatura sta aumentando anche qui, con incrementi simili a quelli di altre stazioni dell'arco alpino.

Ampliando le considerazioni a livello di possibili scenari futuri, i modelli climatici ci dicono che l'intera regione alpina dovrà affrontare un clima più caldo nel corso del ventunesimo secolo. Il riscaldamento maggiore è previsto per la stagione estiva e per le regioni a sud della principale dorsale alpina, quindi le Alpi italiane. A seconda della stagione, le quote medio-alte potrebbero subire un riscaldamento amplificato. L'incertezza del modello può essere considerevole, ma i principali modelli di riscaldamento sono coerenti in tutto l'insieme (Kotlarski et al. 2023). La complessità geografica e geomorfologica della regione alpina pone notevoli sfide ai modelli climatici, che si traducono in incertezze nelle proiezioni climatiche. I risultati mostrano che oltre alle temperature, anche le precipitazioni, la radiazione globale e l'umidità relativa subiranno significative trasformazioni, con impatti strettamente correlati come inondazioni, siccità, e pericoli/rischi naturali. Tali cambiamenti nei parametri climatici e nelle relative quantità avranno un impatto considerevole sugli ecosistemi e sulla società e metteranno alla prova le loro capacità di adattamento (Gobiet et al. 2014).

Scenari quindi non certo rassicuranti, ma il poterli conoscere è un'arma a nostra disposizione, a disposizione di noi *Sapiens*: la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici sono azioni che oramai dobbiamo applicare e anche urgentemente.

Le considerazioni sopra riportate non hanno la pretesa di essere esaustive: ulteriori indagini possono confermare o modificare le indicazioni qui riportate. La ricerca scientifica procede così, a piccoli passi e senza certezze assolute.

Ringraziamenti

Si ringrazia l'Ufficio federale di meteorologia e climatologia di Meteo Svizzera e il Centro Funzionale della Regione Autonoma Valle d'Aosta per la messa a disposizione in rete ed in forma gratuita dei metadati e dei dati meteorologici attraverso i loro portali pubblici.

Bibliografia

1. Angela A. (2025) – Cesare. Mondadori libri, Milano

2. Auer I., Böhm R., Jurkovic A. et al. (2007) - HISTALP—historical instrumental climatological surface time series of the Greater Alpine Region. *International Journal of Climatology*, 27, 17-46. <https://doi.org/10.1002/joc.1377> (accesso 04/01/2026)
3. Begert M., Schlegel T., Kirchhofer W. (2005) - Homogeneous temperature and precipitation series of Switzerland from 1864 to 2000. *International Journal of Climatology*, 25, 65-80. <https://doi.org/10.1002/joc.1118> (accesso 21/12/2025)
4. Brockedon W. (1828) – Illustrations of the Passes of the Alps, by which Italy communicates with France, Switzerland and Germany. Londra. Da e-rara.ch. <https://doi.org/10.3931/e-rara-68734> (accesso 21/12/2025)
5. Camanni E. (2017) – Storia delle Alpi. Edizioni Biblioteca dell'Immagine, Pordenone
6. Domonkos P., Venema V., Auet I., Mestre O., Brunetti M. (2012) - The historical pathway towards more accurate homogenisation. *Advances in Science & Research*, 8, 45-52. <https://doi.org/10.5194/asr-8-45-2012> (accesso 01/01/2026)
7. Ferrero E. (1893) – Nuovi scavi nell'area del tempio di Giove Penino. Estratto da “Notizie degli scavi”, dicembre 1892. Tipografia R. Accademia dei Lincei, Roma
8. Framarin P. Amabili G. (2015) – Elementi per la copertura degli edifici in Alpe Graia e in Summo Poenino. *Bollettino Soprintendenza Beni e Attività Culturali*, 11, 47-54
9. Gobiet A., Kotlarski S., Beniston M., Heinrich G., Rajczak J., Stoffel M. (2014) - 21st century climate change in the European Alps—A review. *Science of The Total Environment*, 493, 1138-1151. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.07.050> (accesso 24/01/2026)
10. Grande S. (1930) – Piemonte. UTET Torino
11. Kats R. W., Glantz M. H. (1986) – Anatomy of a Rainfall Index. *Monthly Weather Review*, 114, 4, 764-771. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1986\)114<0764:AOARI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1986)114<0764:AOARI>2.0.CO;2) (accesso 17/01/2026)
12. Klein Tank A. M. G., Zwiers F. W. (2009) – Guidelines on Analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation. WMO-TD No. 1500. Geneva, Switzerland
13. Kotlarski S., Gobiet A., Morin S., Olefs M., Rajczak J., Samacoïts R. (2023) – 21st Century alpine climate change. *Climate Dynamics*, 60, 65-86. <https://doi.org/10.1007/s00382-022-06303-3> (accesso 24/01/2026)
14. Nigrelli G., Chiarle M. (2021) - Evolution of temperature indices in the periglacial environment of the European Alps in the period 1990–2019. *Journal of Mountain Science*. 18, 2842–2853. <https://doi.org/10.1007/s11629-021-6889-x> (accesso 06/01/2026)

15. Nigrelli G., Chiarle M. (2023) - 1991–2020 climate normal in the European Alps: focus on high-elevation environments. *Journal of Mountain Science*, 20, 2149–2163. <https://doi.org/10.1007/s11629-023-7951-7> (accesso 06/01/2026)
16. Painter T. H., Flanner M. G., Kaser G., Marzeion B., VanCuren R. A., Abdalati W. (2013) - End of the Little Ice Age in the Alps forced by industrial black carbon. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110, 15216-15221. <https://doi.org/10.1073/pnas.1302570110> (accesso 05/01/2026)
17. Promis C. (1862) – August Praetoria Salassorum. Stamperia Reale, Torino
18. Sen P.K. (1968) – Estimates of the regression coefficient based on Kendall’s tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63 (324), 1379-1389. <https://doi.org/10.1080/01621459.1968.10480934> (accesso 25/01/2026)
19. Sigl M., Abram N. J., Gabrieli J., Jenk T. M., Osmont D., Schwikowski M. (2018) - 19th century glacier retreat in the Alps preceded the emergence of industrial black carbon deposition on high-alpine glaciers. *The Cryosphere*, 12, 3311–3331. <https://doi.org/10.5194/tc-12-3311-2018> (accesso 05/01/2025)
20. Vincent C., Le Meur E., Six D., Funk M. (2005) - Solving the paradox of the end of the Little Ice Age in the Alps. *Geophysical Research Letters*, 32, 9. <https://doi.org/10.1029/2005GL022552> (accesso 17/01/2026)
21. Wilks D.S. (2020) – Statistical methods in the atmospheric sciences. Fourth Edition, Elsevier, Oxford
22. World Meteorological Organization, WMO (2017) – Guidelines on the Calculation of Climate Normals. WMO No. 1203, Geneva, Switzerland
23. World Meteorological Organization, WMO (2018) – Guide to Climatological Practices. WMO-No. 100. Geneva, Switzerland
24. Zhang X., Alexander L., Hegerl G. C. et al. (2011) - Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data. *Advanced Reviews*, 2, 6, 851-870. <https://doi.org/10.1002/wcc.147> (accesso 17/01/2026)

Sitografia

- I. [WMO Centennial Observing Stations](#) (accesso 25/01/2026)
- II. [La Via Francigena](#) (accesso 25/01/2026)
- III. [Le plan de Jupiter, archeologia sulla sommità del colle del Gran San Bernardo](#) di Patrizio Vichi, un video (accesso 25/01/2026)
- IV. [Cani e preti del Gran S. Bernardo](#) edavtv, un video (accesso 25/01/2026)

- V. [Hospice du Grant-Saint-Bernard](#) (accesso 25/01/2026)
- VI. [San Bernardo da Mentone](#) (accesso 25/01/2026)
- VII. [Hotel Albergo Italia al Gran San Bernardo](#) di Gianfranco Ialongo, un video (accesso 25/01/2026)
- VIII. [Stazione meteorologica Col du Grand St-Bernard](#): dati in tempo quasi reale (accesso 25/01/2026)
- IX. [Stazione meteorologica Saint-Rhémy-en-Bosses](#): dati in tempo quasi reale (accesso 25/01/2026)
- X. [B. Fagan, La lunga estate](#), recensione del libro (accesso 25/01/2026)
- XI. [MeteoStats – Swiss Climate Statistics](#): tendenze della temperatura osservate alla stazione del Gran San Bernardo per il periodo 1864-2025 (accesso 25/01/2026)

www.naturacene.it

