

**Condizioni  
favorevoli  
alla sciabilità e  
alla produzione di  
neve programmata**

# L'INNEVAMENTO

# NELLE ALPI

# PIEMONTESI

**Negli ultimi quindici anni**

**Mariaelena Nicoella,  
Elena Turroni**

ARPA Piemonte  
Dipartimento Sistemi Previsionali  
Via Pio VII, 9 - 10135 Torino  
m.nicoella@arpa.piemonte.it  
elena.turroni@regione.piemonte.it

La comunità scientifica internazionale, supportata dalle misure meteorologiche strumentali, documenta una fase di riscaldamento globale e ne attribuisce la responsabilità in gran parte all'attività umana. Tali teorie sono avvalorate dal IV rapporto IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), pubblicato nella primavera 2007, che al momento costituisce la fonte più aggiornata, completa e autorevole in tema di cambiamento climatico.

Quale effetto di tale riscaldamento, su quasi tutto il pianeta si assiste a una riduzione dell'innevamento, in termini di quantità di neve caduta, ma anche di spessore e durata del manto nevoso al suolo.

L'analisi effettuata ha l'obiettivo di fornire un quadro climatico dell'innevamento in Piemonte riferito agli ultimi quindici anni. Per ogni singolo anno delle serie di dati considerate è stato analizzato il periodo stagionale compreso tra dicembre e marzo, in quanto ritenuto significativo per valutare l'innevamento funzionale alla pratica dello sci, e sono stati presi come riferimento quattro settori geografici alpini della regione (settore Nord, Nord-Ovest, Ovest e Sud), caratterizzabili dal punto di vista geografico e da quello climatico.



## INTRODUZIONE

Il presente studio ha l'obiettivo di fornire un quadro climatico dell'innevamento in Piemonte riferito al periodo 1990-2009 ed in particolare all'ultimo decennio.

L'analisi è stata svolta con riferimento a quattro settori geografici alpini della regione, caratterizzabili dal punto di vista geografico e da quello climatico e così rappresentati (Figura 1):

- Settore Nord (Alpi Lepontine e Pennine): Ossola, Valsesia e Biellese;
- Settore Nord-Ovest (Alpi Graie): Canavese e Valli di Lanzo;
- Settore Ovest (Alpi Cozie): Valle di Susa, Monviso e Valle Maira;
- Settore Sud (Alpi Marittime): Valle Stura - Valle Vermentagna, Monregalese.

I parametri analizzati sono la quantità di neve fresca, l'altezza della neve al suolo e la temperatura di bulbo umido, legata alle condizioni meteorologiche per la produzione della neve programmata.

Allo scopo di caratterizzare in modo sintetico ed efficace le condizioni d'innevamento relative alla possibilità di praticare lo sci nordico e lo sci alpino, sono state effettuate elaborazioni relative all'altezza della neve al suolo per tre valori di soglia: 10 cm (valore rappresentativo della presenza di neve al suolo), 40 cm (valore minimo per la preparazione delle piste per lo sci nordico) e 70 cm (valore minimo per la preparazione delle piste per lo sci alpino). Per caratterizzare i periodi dell'anno favorevoli alla produzione di neve programmata è stato svolto uno studio sui parametri meteorologici che ne influenzano la produzione, riferito ad alcune stazioni significative per ogni singolo settore alpino analizzato.

Per ogni singolo anno delle serie di dati considerate è stato analizzato il periodo stagionale compreso tra dicembre e marzo, in quanto ritenuto significativo per valutare l'innevamento funzionale alla pratica dello sci.

## INNEVAMENTO E CONDIZIONI DI SCIABILITÀ NEGLI ULTIMI QUINDICI ANNI

Al fine di valutare l'evoluzione delle condizioni di innnevamento naturale nelle Alpi piemontesi nell'ultimo decennio, sono state effettuate delle elaborazioni dei dati rilevati dalle stazioni automatiche appartenenti alla rete meteorografica di ARPA Piemonte, integrate da alcune stazioni manuali, in modo da avere un dataset il più rappresentativo possibile dell'innevamento dei quattro quadranti e per diverse fasce altimetriche. Sono state selezionate 46 stazioni nivometeorologiche automatiche e 8 manuali ubicate a quote comprese tra 1200 e 2800 m, riferibili significativamente a località sciistiche delle rispettive valli di ubicazione, dal Cuneese alla Val Formazza, che dispongono di una serie storica sufficientemente estesa nel tempo (riferita mediamente agli ultimi 15 anni, e maggiormente omogenea per gli ultimi 8 anni). L'elenco delle stazioni, con la durata della serie e l'ubicazione sono riportati in Figura 2.

Allo scopo di caratterizzare in modo sintetico ed efficace le condizioni d'innevamento medie sul periodo dicembre-marzo, relative alla possibilità di praticare lo sci nordico e lo sci alpino, sono state effettuate elaborazioni relative all'altezza della neve al suolo ed in particolare:

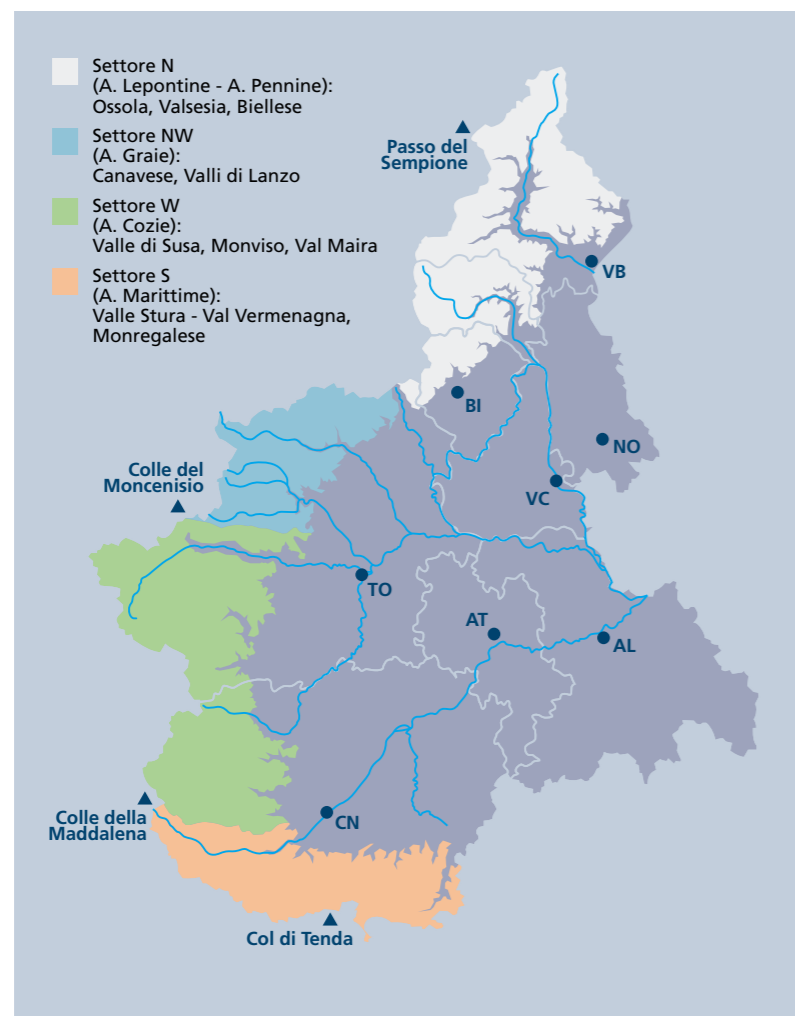
- numero di giorni con altezza della neve al suolo superiore a 10 cm (valore rappresentativo della presenza di neve al suolo);
- numero di giorni con altezza della neve al suolo superiore a 40 cm;
- numero di giorni con altezza della neve al suolo superiore a 70 cm.

Tali elaborazioni sono rappresentate per settore geografico e per tre diverse fasce altimetriche (1000-1500 m, 1500-2000 m, superiore 2000 m).

Le considerazioni deducibili dalle elaborazioni si riferiscono a condizioni medie dell'ultimo decennio, che ha visto una discreta variabilità nelle condizioni

ELENCO STAZIONI NIVOMETRICHE AUTOMATICHE E MANUALI UTILIZZATE PER LE ELABORAZIONI													
N°	STAZ	PR	COMUNE	LOCALITÀ	QUOTA	PERIODO DI RILEVAMENTO	N°	STAZ	PR	COMUNE	LOCALITÀ	QUOTA	PERIODO DI RILEVAMENTO
1	A	CN	Crissolo	Pian Giasset	2150 m	2002-2009	28	A	TO	Locana	Lago di Valsoera	2365 m	1999-2009
2	A	CN	Sampeyre	Pian delle Baracche	2135 m	1993-2009	29	A	TO	Salbertrand	Graviere	1010 m	1992-2009
3	A	CN	Limone Piemonte	Pancani	2009 m	1993-2005	30	A	TO	Giaglione	Val Clarea	1135 m	2005-2009
4	A	CN	Roccaforte Mondovì	Rifugio Havis de Giorgio	1760 m	1999-2009	31	A	TO	Venaus	Barcenisio	1525 m	1994-2009
5	A	CN	Argentera	Argentera	1680 m	1997-2009	32	A	TO	Oulx	Rifugio Rey - Pra' Menier	1800 m	2002-2009
6	A	CN	Acceglio	Colombata	1610 m	1999-2009	33	A	TO	Sauze di Cesana	Valle Argentera	1840 m	1999-2009
7	A	CN	Pontechianale	Castello	1575 m	1999-2009	34	A	TO	Salbertrand	Gran Bosco di Salbertrand- Le Selle	1980 m	1992-2009
8	A	CN	Paesana	Bric Barsaia	1265 m	1997-2009	35	A	TO	Claviere	Claviere Mont Fort du Boeuf	2030 m	2001-2009
9	A	CN	Elva	Martini	1770 m	2001-2009	36	A	TO	Cesana Torinese	San Sicario Soleil Boeuf	2087 m	2001-2009
10	A	CN	Valdieri	Terme di Valdieri	1390 m	1999-2009	37	A	BI	Trivero	Alpe Camparient	1515 m	2000-2009
11	A	CN	Vernante	Palanfrè Gias Chiot	1625 m	2001-2009	38	A	BI	Piedicavallo	Piedicavallo	1040 m	1999-2009
12	A	CN	Castelmagno	San Magno	1755 m	1997-2009	39	A	VC	Alagna Valsesia	Bocchetta delle Pisse	2410 m	1993-2009
13	A	CN	Entracque	Diga del Chiotas	2020 m	2001-2009	40	A	VC	Alagna Valsesia	Miniere	1196 m	2001-2009
14	A	CN	Vinadio	Colle Lombarda	2305 m	1997-2009	41	A	VB	Baceno	Alpe Devero	1634 m	1997-2009
15	A	CN	Canosio	Gardetta	2337 m	2001-2009	42	A	VB	Antrona Schieranco	Alpe Cheggio	1460 m	1997-2009
16	A	TO	Sauze d'Oulx	Lago Pilon	2280 m	1993-2009	43	A	VB	Macugnaga	Pecetto	1360 m	1999-2009
17	A	TO	Cesana Torinese	Colle Bercia	2200 m	1997-2009	44	A	VB	Formazza	Bruggi	1226 m	1999-2009
18	A	TO	Pragelato	Clot della Soma	2150 m	1997-2009	45	A	VB	Montecrestese	Diga di Larecchio	1860 m	1999-2009
19	A	TO	Sestriere	Principi di Piemonte	2020 m	1996-2009	46	A	VB	Formazza	Piano dei Camosci	2453 m	1997-2009
20	A	TO	Usseglio	Malciaussia	1800 m	2000-2009	47	M	VB	Macugnaga	Capoluogo	1300 m	1983-2009
21	A	TO	Ceresole Reale	Villa	1581 m	1999-2009	48	M	VB	Antrona	Alpe Cavalli	1500 m	1983-2009
22	A	TO	Valprato Soana	Piamprato	1555 m	1997-2009	49	M	VB	Formazza	Lago Vannino	2177 m	1986-2009
23	A	TO	Praly	Villa	1385 m	1999-2009	50	M	VB	Alagna	Capoluogo	1200 m	1983-2009
24	A	TO	Bardonecchia	Prerichard	1353 m	1993-2009	51	M	TO	Ceresole	Lago Serrù	2296 m	1983-2009
25	A	TO	Groscavallo	Forno Alpi Graie	1215 m	1999-2009	52	M	TO	Bardonecchia	Rochemolles	1975 m	1983-2009
26	A	TO	Collettero Castelnuovo	Santa Elisabetta	1240 m	1999-2009	53	M	CN	Limone Piemonte	Limonetto	1300 m	1986-2009
27	A	TO	Ceresole Reale	Lago Agnel	2304 m	1997-2009	54	M	CN	Entracque	Chiotas	2010 m	1983-2009

Fig. 1 - Individuazione dei settori alpini oggetto dello studio



dell'innevamento, in particolare nel mese di dicembre.

A tale scopo si è scelto di riferire il quadro dell'innevamento medio per ogni singolo settore alpino indagato a un valore di giornate di funzionamento di una località sciistica pari a 100, considerandolo, sulla base di informazioni tratte dalla bibliografia di settore, il numero minimo di giorni utile a garantire la funzionalità del comprensorio.

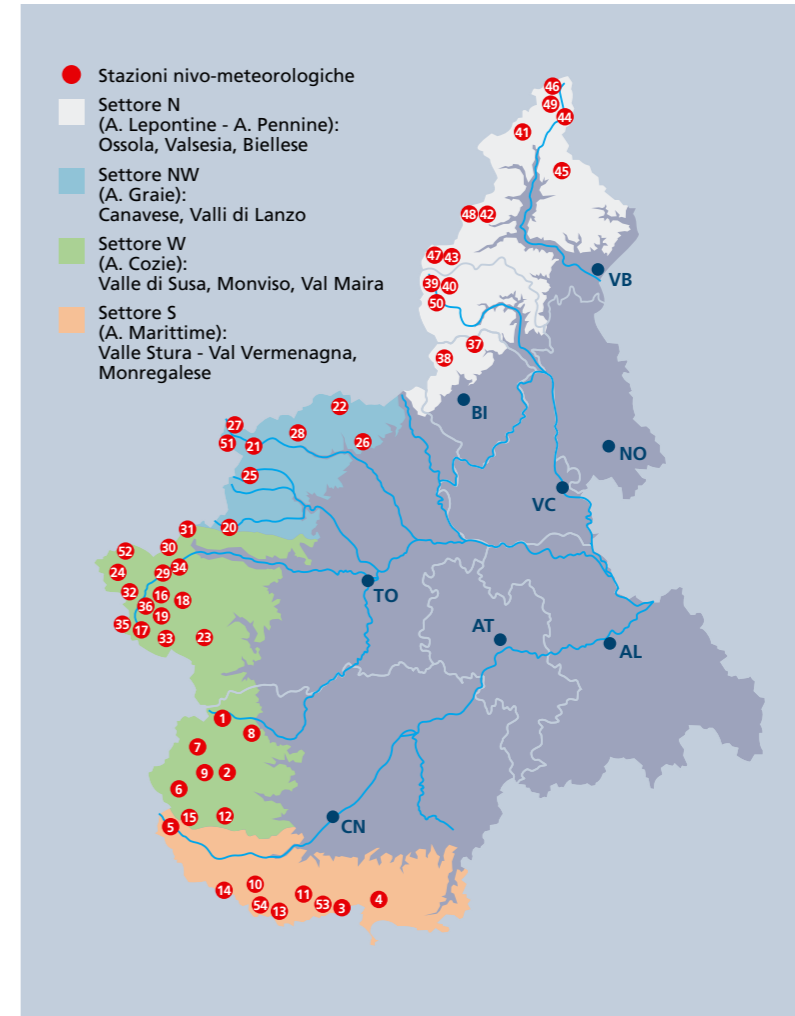


Fig. 2 - (a) elenco, (b) ubicazione delle stazioni nivometriche automatiche e manuali utilizzate per le elaborazioni.

Foto - Stazione nivometrica di Alagna-Bocchetta delle Pisse della rete meteorologica automatica di ARPA Piemonte.

Fig. 3 - Numero di giorni medio degli ultimi dieci anni, nel periodo dicembre-marzo, con altezza della neve al suolo superiore a 10 cm, 40 cm e 70 cm per ciascuno dei quattro settori e per quota compresa tra 1000 e 1500 m. La linea rossa evidenzia i 100 giorni.

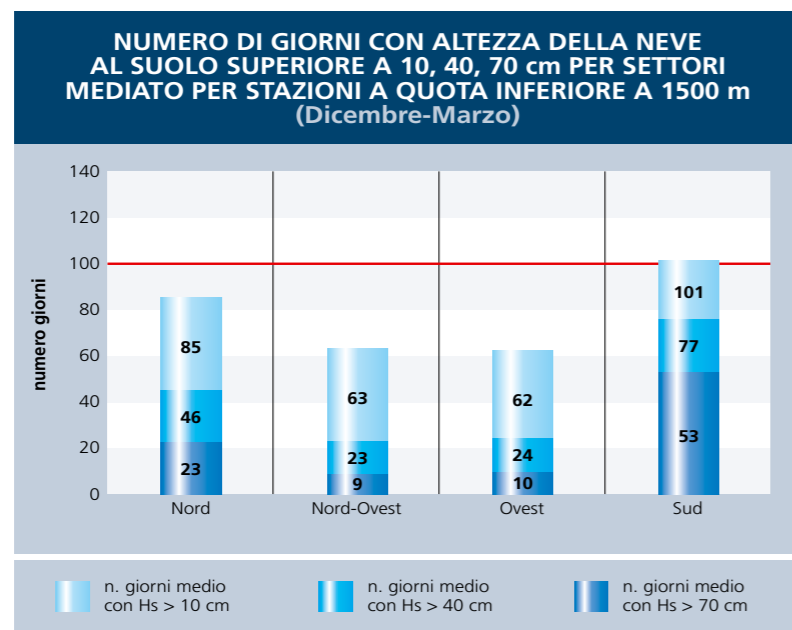


Fig. 4 - Numero di giorni medio degli ultimi dieci anni, nel periodo dicembre-marzo, con altezza della neve al suolo superiore a 10 cm, 40 cm e 70 cm per ciascuno dei quattro settori e per quota compresa tra 1500 e 2000 m. La linea rossa evidenzia i 100 giorni.

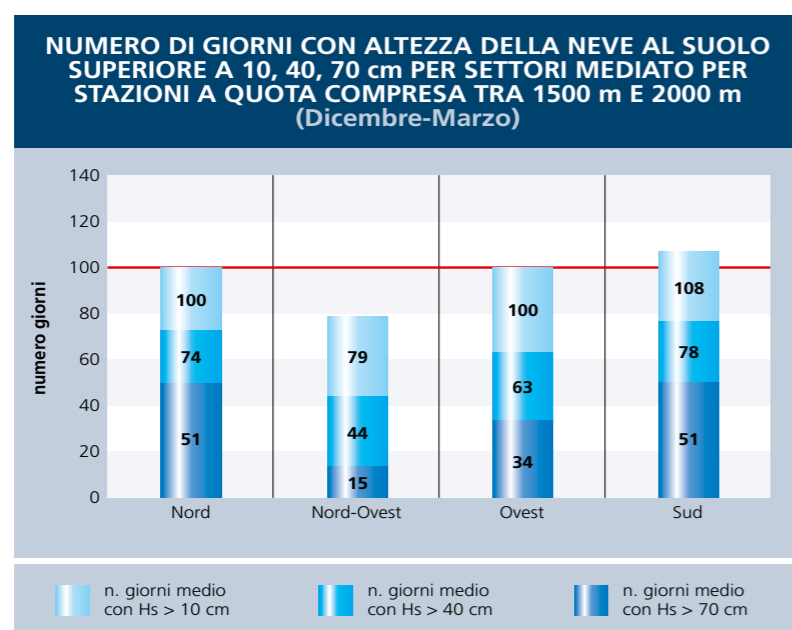
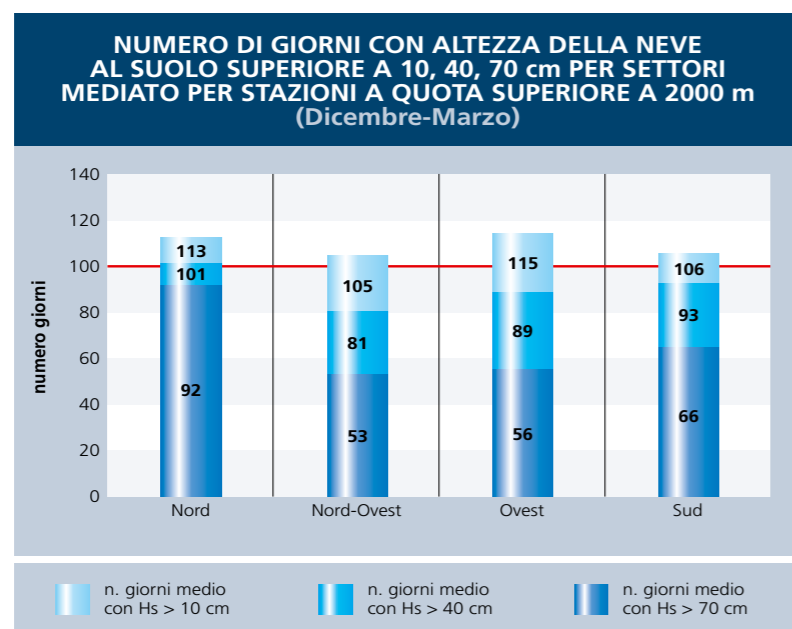


Fig. 5 - Numero di giorni medio degli ultimi dieci anni, nel periodo dicembre-marzo, con altezza della neve al suolo superiore a 10 cm, 40 cm e 70 cm per ciascuno dei quattro settori e per quota superiore a 2000 m. La linea rossa evidenzia i 100 giorni.



Per quanto riguarda i comprensori posti a quote più basse (Figura 3) si osserva un numero limitato di giorni con innevamento naturale sufficiente alla pratica dello sci alpino e dello sci nordico.

In particolare i settori Ovest e Nord-Ovest presentano percentuali di giorni rispettivamente del 20% e del 19% con un innevamento naturale per la pratica dello sci nordico.

Tali percentuali si riducono considerevolmente per lo sci alpino.

Nel settore Nord la percentuale di giorni con innevamento naturale sufficiente alla pratica dello sci nordico è del 38% e sufficiente alla pratica dello sci alpino è del 19%.

Nel settore meridionale del Piemonte le condizioni sono più favorevoli, con percentuali che salgono rispettivamente al 64% e al 44%.

Considerando comunque 100 come il numero minimo di giorni in cui deve essere garantita la funzionalità del comprensorio, anche nel settore con condizioni più favorevoli è necessaria la produzione di neve programmata per i 47 giorni in cui l'altezza di neve al suolo è inferiore ai 70 cm o i 23 giorni in cui l'altezza di neve al suolo è inferiore ai 40 cm. Il ruolo della produzione di neve programmata per comprensori al di sotto dei 1500 m si rivela necessario per tutti e quattro i settori e risulta essere per quelli Nord-Ovest ed Ovest la risorsa prevalente per garantire la pratica dello sci alpino.

Per quanto riguarda i comprensori posti a quote tra i 1500 m e i 2000 m (Figura 4) si osserva che l'innnevamento naturale garantisce una buona percentuale di giorni con altezza neve al suolo sufficiente alla pratica dello sci alpino e dello sci nordico ad eccezione del settore Nord-Ovest. Interessante è notare come a queste quote l'innnevamento nel settore Ovest si avvicini a quello dei settori Sud e Nord. In particolare il settore Nord-Ovest presenta una percentuale di giorni del 36% con un innevamento naturale per la pratica dello sci nordico e del 12% per la pratica dello sci alpino.



I settori Nord e Sud continuano ad essere le zone con un maggior numero di giorni con innevamento naturale sufficiente alla pratica dello sci nordico e dello sci alpino. In particolare per il settore Sud le percentuali (64% dei giorni con altezza della neve al suolo superiore a 40 cm e 42% dei giorni con altezza neve al superiore a 70 cm) non sono dissimili da quelle ottenute per le quote più basse. Considerando comunque 100 come il numero minimo di giorni in cui deve essere garantita la funzionalità del comprensorio, anche nel settore Sud è necessaria la produzione di neve programmata per i 49 giorni in cui l'altezza di neve al suolo è inferiore ai 70 cm o i 22 giorni in cui l'altezza di neve al suolo è inferiore ai 40 cm.

Il ruolo della produzione di neve programmata per comprensori tra i 1500 m e i 2000 m continua ad essere la risorsa prevalente per il settore Nord-Ovest mentre risulta comunque necessaria negli altri tre settori. Per quanto riguarda i comprensori posti a quote superiori ai 2000 m (Figura 5) si osserva che l'innnevamento naturale garantisce una buona percentuale di giorni con altezza neve al suolo sufficiente alla pratica dello sci alpino e dello sci nordico. Il settore Nord-Ovest, seppure continui ad essere l'area più penalizzata, registra una percentuale di giorni del 44% con un innevamento naturale per la pratica dello sci nordico e del 67% per la pratica dello sci alpino. I settori Nord-Ovest e Sud

presentano un comportamento analogo seppur in quello meridionale il numero di giorni con altezza di neve al suolo significativa risulta superiore. Interessante è notare come nel settore Nord l'innnevamento naturale a queste quote sia pressoché sufficiente anche alla pratica dello sci alpino senza ricorrere all'innnevamento programmato (76% dei giorni con altezza della neve al suolo superiore a 70 cm). Il ruolo della produzione di neve programmata per comprensori superiori a 2000 m risulta quindi di forte necessità per il settore nord-occidentale, necessario per quello occidentale e meridionale e di supporto per quello settentrionale negli inverni più secchi.

## LE CONDIZIONI METEOROLOGICHE PER LA PRODUZIONE DELLA NEVE PROGRAMMATA

Negli ultimi anni tutte le stazioni sciistiche che ne hanno avuto la possibilità si sono dotate di impianti di innevamento programmato per innevare vaste superfici o anche solo per assicurare la continuità del manto nevoso nei punti meno favorevoli e più esposti. La produzione di neve programmata dipende da fattori climatici vincolanti, e precisamente la temperatu-

ra e l'umidità, che determinano la resa, e il vento che presenta una capacità di trasporto proporzionale al cubo della velocità. Per tenere conto dei primi due parametri si considera la temperatura di bulbo umido, un parametro dipendente da temperatura ed umidità relativa. In media le migliori condizioni per la produzione della neve si trovano per temperature di bulbo umido al di sotto di  $-4^{\circ}\text{C}$ . Per temperature di bulbo umido comprese tra  $-4^{\circ}\text{C}$  e  $-2^{\circ}\text{C}$  è molto costoso produrre neve, mentre per temperature di bulbo umido al di sopra di  $-2^{\circ}\text{C}$  non è possibile

la produzione di neve. La temperatura di bulbo umido è stata calcolata per quattro stazioni prese come riferimento per ciascun settore della regione, utilizzando i dati orari e ipotizzando di poter produrre neve in qualsiasi momento della giornata. Considerando la temperatura di bulbo umido, nella stazione di Alpe Devero (settore Nord), nel periodo dicembre-marzo, si registra una frequenza del 33% di avere buone condizioni meteorologiche per produrre neve, tale percentuale si attesta sul 20% se si fa riferimento ad una temperatura di bulbo umido inferiore a  $-6^{\circ}\text{C}$ . Nella stazione di Piamprato, stazione a quota relativamente bassa, ubicata nel settore Nord-Ovest della regione, la percentuale di ore per produrre neve in buone condizioni scende al 19% e si abbassa all'8% considerando invece le condizioni ottimali ( $T_w < -6^{\circ}\text{C}$ ).

Considerando la temperatura di bulbo umido nella stazione di Sestriere Principi (settore Ovest), nel periodo dicembre-marzo, si registra una frequenza del 29% di avere discrete condizioni per produrre neve, sebbene la frequenza di produrla nelle migliori condizioni scenda al 15%. Anche nel settore meridionale del Piemonte (stazione di Limone Pancani), così come nel settore occidentale, si registra una frequenza del 26% di avere discrete condizioni per produrre neve, sebbene la frequenza di produrla nelle migliori condizioni scenda al 14%.

In generale si può affermare che nei settori Nord, Nord-Ovest e Sud le condizioni meteorologiche per produrre neve nel periodo dicembre-marzo si hanno nel 50% dei casi, tale percentuale scende al 38% nel settore Nord-Ovest. Le migliori condizioni ( $T_w < -4^{\circ}\text{C}$ ) passano dal 33% nel settore Nord al 19% nel settore Nord-Ovest. Nel settore Nord le condizioni ottimali si verificano più frequentemente che negli altri settori.

E' da osservare che, poiché nel presente studio non è stato considerato il vento, la frequenza delle condizioni favorevoli per la produzione di neve programmata potrebbe essere sensibilmente più bassa, in particolare alle quote più elevate.



Fig. 6 - Temperatura di bulbo umido media (espressa in percentuale) riferita al periodo dicembre-marzo a partire dalla stagione invernale 1997-98 al 2008-09, relativa a quattro stazioni prese come riferimento per ciascun settore della regione.

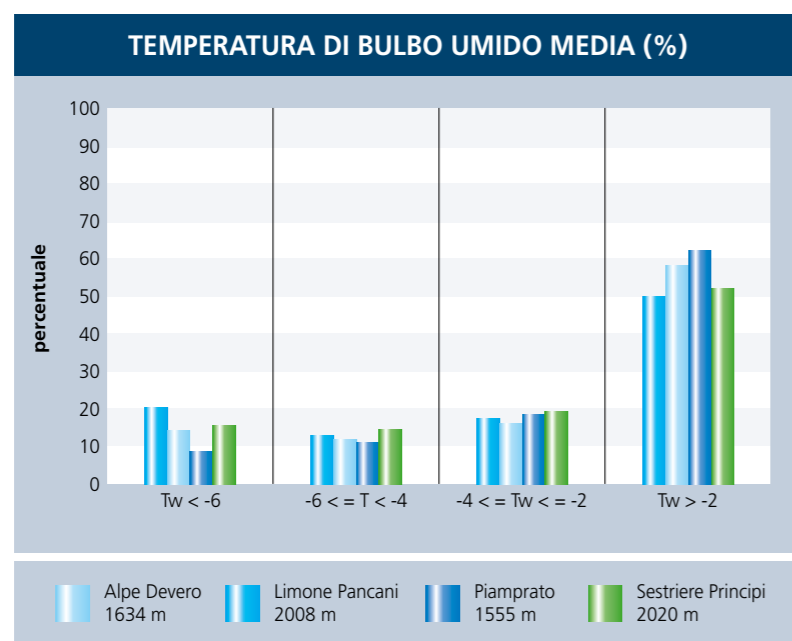


Foto - Versante Nord-Est del Monte Chersogno-Valle Maira.



## CONCLUSIONI

L'analisi effettuata mostra come la quantità di neve che cade sulle Alpi Piemontesi sia in diminuzione. Questo si manifesta in modo più marcato alle quote inferiori ai 1500 m ed in particolare nel settore Nord-Ovest considerato nello studio. Anche la temperatura invernale mostra una tendenza all'aumento, con trend più importanti sulle zone montuose, che porta ad avere stagioni invernali meno fredde e che mediamente terminano prima, cioè ad un anticipo dell'episodio più precoce di fusione del manto nevoso. L'effetto risultante si evidenzia soprattutto in termini di decremento dello spessore del manto nevoso al suolo, anche per valori di spessore utile alla pratica dello sci alpino e nordico, più marcato nei mesi di febbraio e marzo. L'innevamento programmato risulta un elemento importante ed essenziale per le quote più basse, per garantire la fruibilità dei comprensori per almeno 100 giorni all'anno. Le condizioni meteorologiche che consentono la produzione di neve

programmata non sono tuttavia quelle più frequenti, e tenderanno a diminuire ulteriormente, richiedendo pertanto una gestione degli impianti sempre più attenta. Lo spostamento via via a quote più elevate delle condizioni di innevamento sufficienti per la pratica degli sport invernali su neve suggerisce che con un buon innevamento programmato è possibile sopperire alla mancanza di neve naturale nei prossimi 15-20 anni, per comprensori che si estendono al di sopra dei 1500 m. Per orizzonti temporali più lunghi le proiezioni sulle condizioni di temperatura diminuiranno sia la possibilità di produrre neve programmata sia il suo mantenimento, se non a quote superiori ai 1800-2000m. L'ultima stagione invernale considerata nello studio (2008-2009) è stata caratterizzata, in Piemonte, da nevicata eccezionali, sia per quantità di neve caduta, sia per estensione delle aree interessate. Tale situazione è anomala rispetto al quadro climatologico degli ultimi 20 anni, ma non sufficiente a modificarne i trend.

## Bibliografia

- BARBIER B., BEVILACQUA E., BILLET J., HERBIN J., JULG F., GRAF P., GOSAR A. (1994) - Alpin tourisme, 25° congrès international de Géographie, Paris, 1, VI, 51-168
- BENISTON, M. (2005) - Mountain climates and climatic change: An overview of processes focusing on the European Alps. *Pure and Applied Geophysics* 162, 1587-1606.
- CICCARELLI N., VON HARDENBERG J., PROVENZALE A., RONCHI C., VARGIU A., PELOSINI R. (2008) - Climate Variability in North-Western Italy during the Second Half of the 20<sup>th</sup> Century, *Global and Planetary Change*, 63, 185-195.
- GIGLI S., AGRAWALA S. (2007) - *Stocktaking of progress on integrating adaptation to climate change into development co-operation activities*. OECD. 83 pp.
- GUMUCHIAN H. (1983) - *La neige dans les Alpes françaises du Nord : une saison oubliée, l'hiver*. Editions des "Cahiers de l'Alpe, Grenoble", 102-124
- HAHN F. (2004) - *Innevamento artificiale nelle Alpi*. AlpMedia. CIPRA