



Tipologia di precipitazioni sulle Alpi piemontesi. Cosa sta cambiando e cosa dobbiamo aspettarci?

Simona Barbarino

Arpa Piemonte

Dip.to Rischi naturali e ambientali - Meteorologia, clima e qualità dell'aria



Torino, 20 novembre 2025



Cosa sta cambiando?

Scala europea

Temperatura

aumento

evidenze nette, statisticamente significative,
in tutte le stagioni e a tutte le quote.

Incremento più o meno marcato, a seconda delle aree considerate

Precipitazioni

grande variabilità interannuale

necessaria una distinzione tra andamento valori medi e

valori estremi/precipitazioni intense

nessun trend statisticamente significativo

per le precipitazioni intense, valori più elevati negli ultimi 10-15 anni

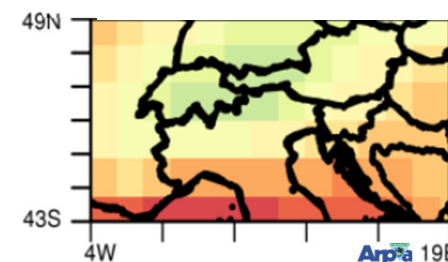
periodo troppo breve per valutazioni climatiche (30 anni)

Alpi

According to the Alpine Convention (2017), “**temperatures are increasing almost twice as quickly in the Alps** as in the rest of the northern hemisphere. **Since the late 19th century temperatures have risen by almost 2 °C**, a rate about **twice as large as the northern hemisphere average**’.”

Area di riferimento
Greater Alpine Region GAR

Auer et al. 2007



Il **Mar Mediterraneo** e le **Alpi** e il sono considerati tra gli **“HOTSPOT”** del cambiamento climatico, ovvero zone in cui il trend di aumento di temperatura registrato nell’ultimo trentennio è stato superiore a quello globale.



SLUSHFLOWS

- An abundant supply of free water in the snowpack is a principle requirement for triggering slushflows

The critical water supply may occur

- due to melting of new snow and rain during the autumn,
- due to high cyclonic activity in winter and
- during intense thaw in spring.

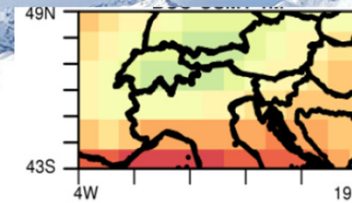
Hestnes, 1998; «Slushflow hazard-where, why and when? 25 years of experience with slushflow consulting and research», Annals of Glaciology

Cosa sta cambiando?

Neve

Greater Alpine Region GAR

Report on the effects of Climate Change on the Alpine Space



CAUSE?

Incremento temperature

- 1) maggior contributo pioggia VS neve
- 2) fusione anticipata

Snow Cover Alpi

Fenomeno molto complesso

Variabilità interannuale :variabilità naturale pattern meteorologici

+

Trend: più negativi a quote più basse : fattore principale FUSIONE NEVE

Durata copertura nevosa

1971-2019

RIDUZIONE 5.6%/ogni 10 anni (Matiu et al.,2021)

diminuzione media **18%**, fino a -34% alle quote più basse, 11% in alta quota.

Snow depth

Eurac Research (Bertoldi et al., 2023; Matiu et al., 2021; Matiu & Hanzer, 2022)

autunno e primavera

diminuzione generale a tutte le quote, su tutti i settori alpini

Pattern meteorologici

PRINCIPALI ZONE CLIMATICHE

circolazione Atlantica

- diminuzione da ovest a est

circolazione Mediterraneo

- diminuzione da sud a nord

clima continentale

- aumento da ovest a est

Influenza su

temperature (uniforme)

precipitazioni (patterns e trend più diversificati)

Teleconnessioni (NAO-inverni nevosi)

+

Elevational effects

+

small-scale climatic features from complex Alpine topography

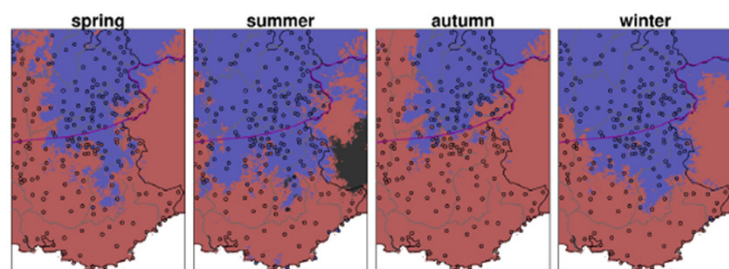
Cosa sta cambiando?

Alpi occidentali

Tipi di circolazione e influenza sui massimi di precipitazione stagionale

Dominant influence generating the annual maxima

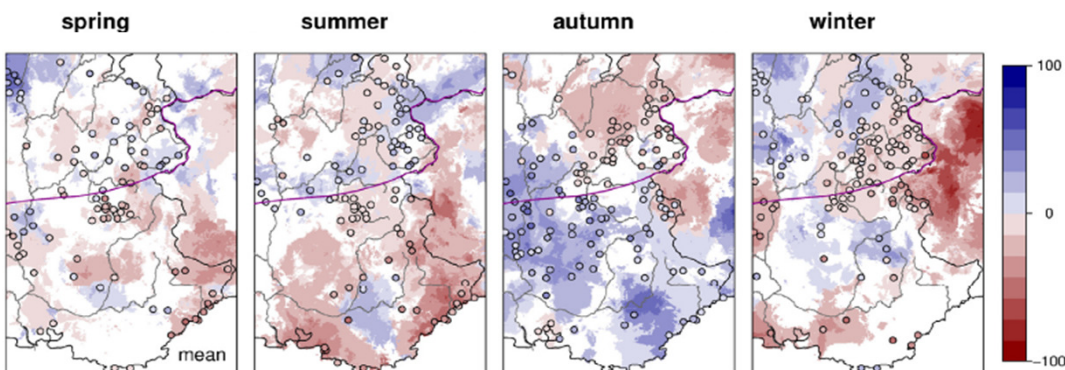
1958-2017



WP1 Atlantic circulation
WP2 Mediterranean circulation
WP3 Northeast circulation
WP4 Anticyclonic situation

Relative trend

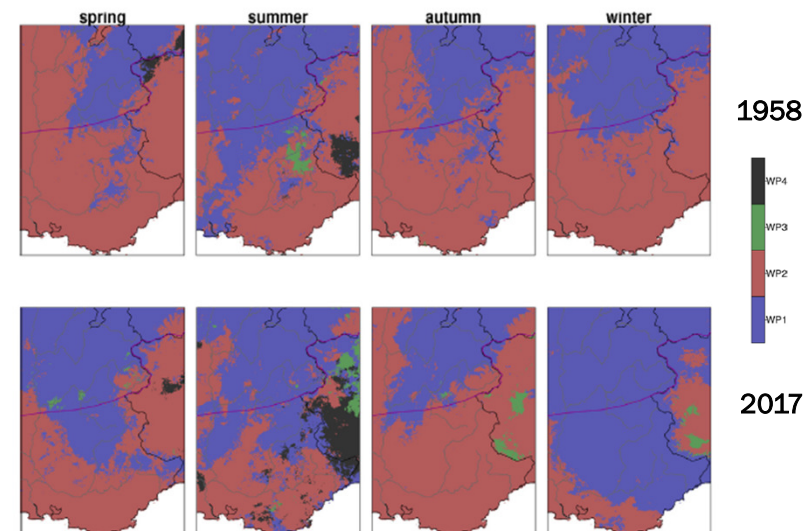
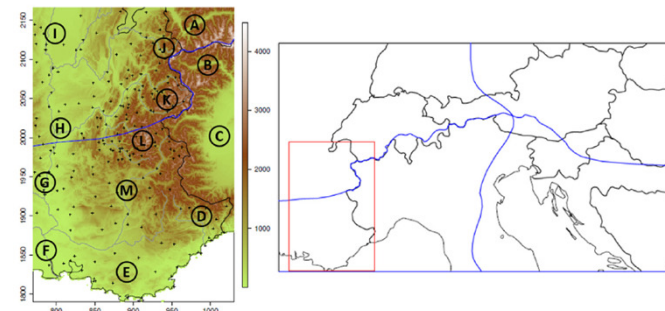
Change 1958-2017 normalized by the average value over the period (%/60 years)



dominant influence
generating
the annual maxima

dominant influence
generating
the annual maxima

BLANCHETT et al, 2021; "Explaining recent trends in extreme precipitation in the Southwestern Alps by changes in atmospheric influences".

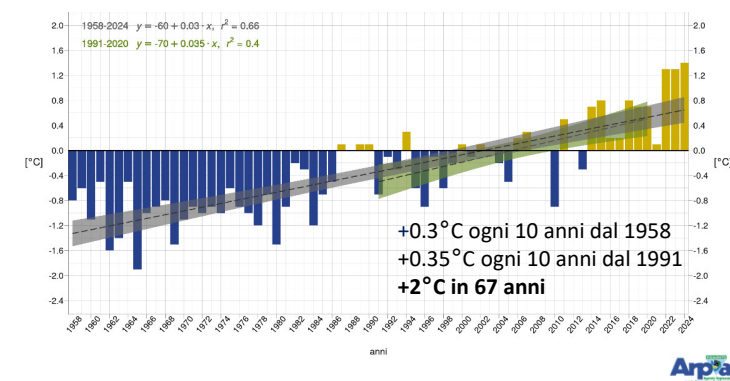


Cosa sta cambiando?

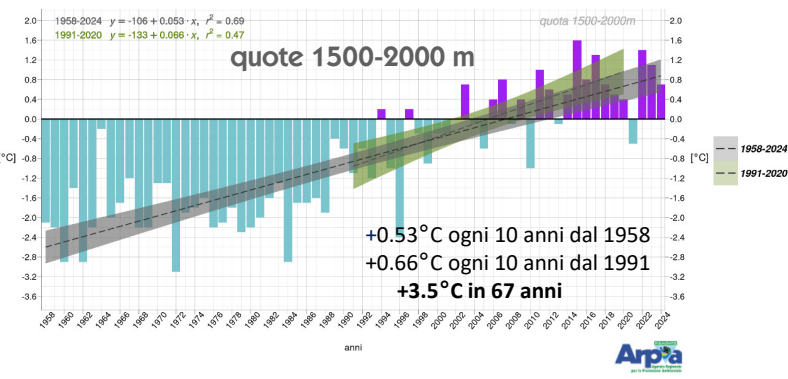
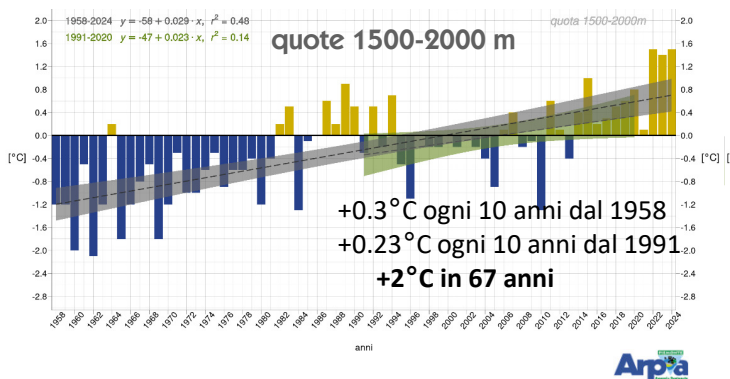
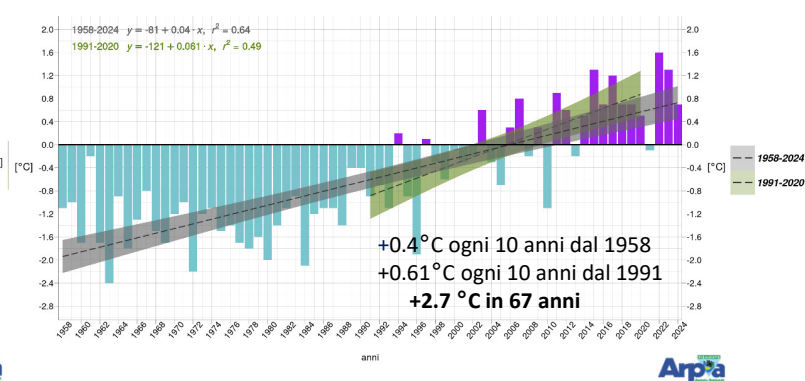
Piemonte

- aumento più marcato sul periodo più recente
- incrementi maggiori oltre i 1000 m in INVERNO e in PRIMAVERA

Temperature minime



Temperature massime

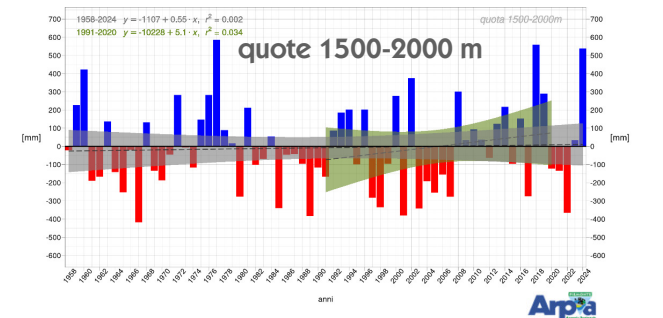
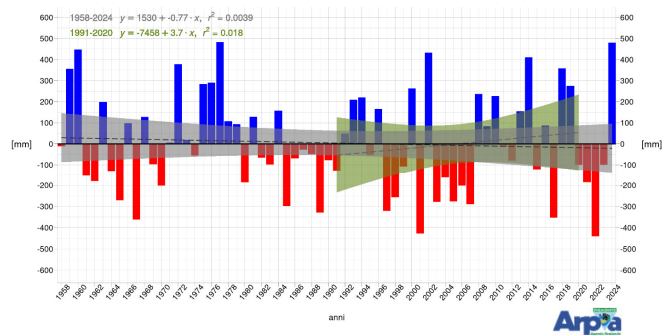


Precipitazione

- 1958-2024 – lungo periodo andamento stazionario
- 1991-2020 – ultimi 30 anni lieve aumento alle quote più elevate, ma statisticamente non significativo

Grande variabilità interannuale

Negli ultimi 10-15 anni variazioni più marcate a scala stagionale, ma periodo troppo breve per valutazioni CLIMATICHE



Cosa sta cambiando? Piemonte

Lettura consigliata

[dati stazioni nivometriche Arpa Piemonte]

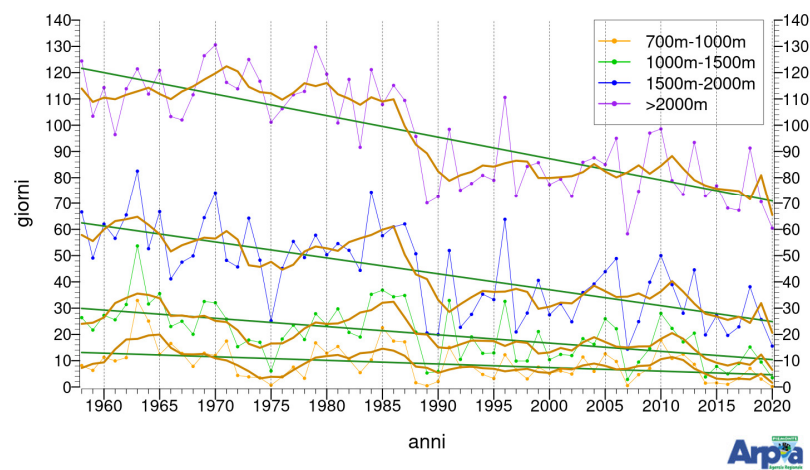
Observed snow depth trends in the European Alps:
1971 to 2019, Matiu et al., 2021

Effetti del cambiamento climatico sull'innevamento delle Alpi piemontesi.pdf 

Giorni senza disgelo

ALPI PIEMONTESI

numero di giorni con $T_{max} < 0$ (periodo dicembre-aprile)



Forte **diminuzione** dei giorni senza disgelo

- 2000 m
-45% (-50 gg)
- 1500 - 2000 m
-74% (-37 gg)
- 700-1500 m -60%--70%

Innalzamento della quota potenziale delle nevicate,
100m/10 anni sulla montagna piemontese nel suo complesso

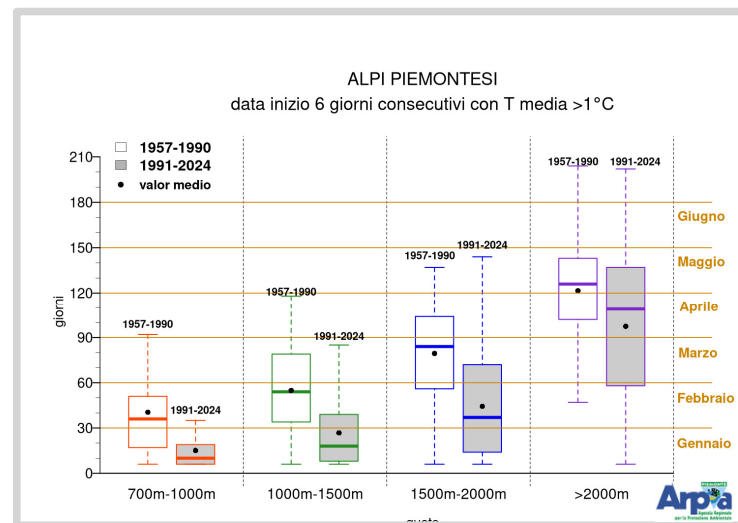
Negli ultimi 10-15 anni (periodo rif.1991-2020)

"Proxy" data inizio fusione neve primaverile

Data inizio condizioni potenzialmente favorevoli alla fusione del manto nevoso

Anticipo processi di fusione, più marcato a quote < 2000 m

- <1500 m da metà gennaio, anticipo di circa un mese.
- > 2000 m mediamente da maggio, è anticipato ad aprile, con un incremento della variabilità interannuale nella data di inizio



Zero termico e quota neve nov-mag: persistenti anomalie positive nov-mag

Giorni di foehn nov-mag 2000-2025: lieve aumento negli ultimi 10-15 anni

Cosa sta cambiando?

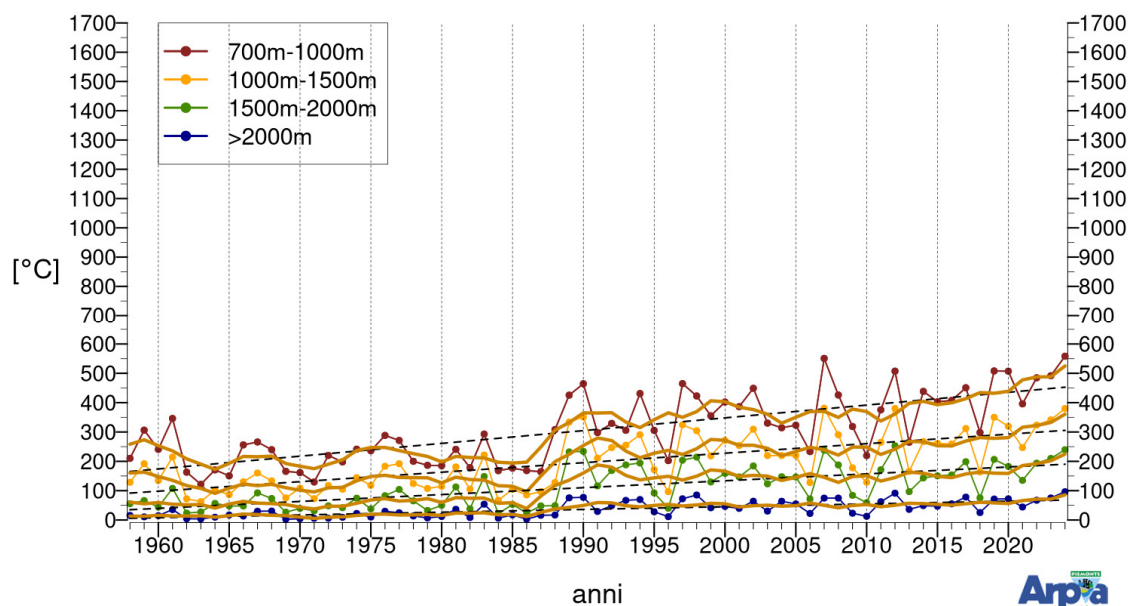
Piemonte

Effetti del cambiamento climatico sull'innevamento delle Alpi piemontesi.pdf 

Stima della potenzialità (intensità e rapidità) della fusione del manto nevoso

ALPI PIEMONTESI

Melting degree days-MDD (periodo gennaio-marzo)



Indice MDD (Melting Degree Days)

Sommatoria termica, da gennaio a maggio, della differenza della temperatura media giornaliera rispetto alla soglia di 0°C, quando positiva, cioè quando la temperatura media risulta superiore a 0°C.

Tendenza all'aumento a tutte le quote

*** **gennaio – marzo: aumento più marcato**, alle quote più alte quasi il doppio a quote > 2000 m rispetto fascia 700-1000 m

*** gennaio –maggio incremento più contenuto,

Fusione neve al suolo grande probabilità di verificarsi e di essere efficace già nel periodo tardo invernale.

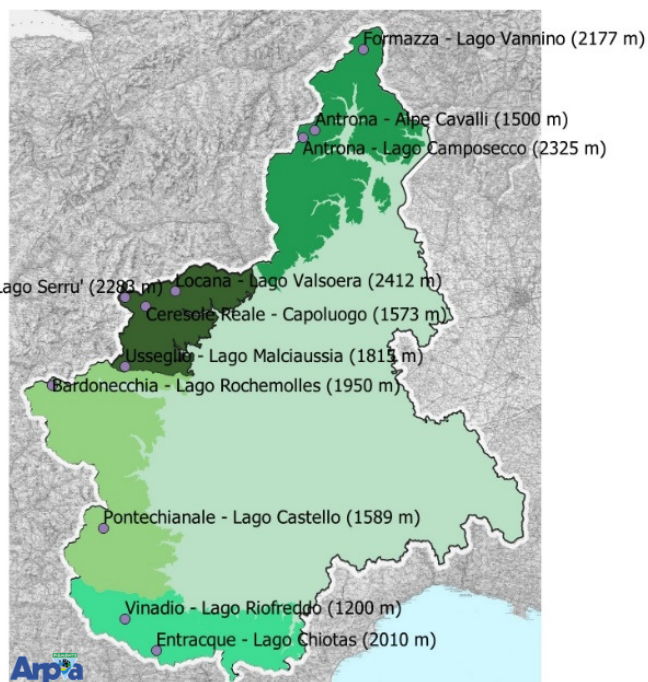
Torino 20 novembre 2025

	700-1000 m	1000 -1500 m	1500-2000 m	> 2000 m
gennaio-maggio	46%	51%	62%	84%
gennaio-marzo	94%	109%	139%	163%

Cosa sta cambiando?

Piemonte

Effetti del cambiamento climatico sull'innevamento delle Alpi piemontesi.pdf 



Dati delle stazioni nivometriche manuali di riferimento pubblicati annualmente sul rendiconto nivometrico di Arpa Piemonte.

Serie continue di dati di lungo periodo - indicazioni su cambiamenti di medio/lungo periodo senza risentire della variabilità interannuale o interdecadale che caratterizza la climatologia dell'innevamento naturale.

Cosa sta cambiando?

Piemonte

Settore alpino	Stazioni	Quota (m)	Media annua spessore neve al suolo (cm) nov-mag			Numero di giorni con suolo innevato			Variazione Percentuale del totale annuo di neve fresca
			1961-1990	1991-2020	variazione %	1961-1990	1991-2020	variazione %	
A. Lepontine	Formazza – Lago Vannino	2177	149	138	-7%	207	206	0%	-7%
A. Pennine	Antrona – Alpe Cavalli	1500	47	31	-35%	163	136	-17%	-20%
A. Pennine	Antrona – Lago Camposecco	2325	128	107	-16%	202	203	0%	-10%
A. Graie	Locana – Lago Valsoera	2412	145	102	-30%	204	202	-1%	-20%
A. Graie	Ceresole Reale – Lago Serrù	2283	138	94	-32%	203	203	0%	-11%
A. Graie	Ceresole Reale – Capoluogo	1573	41	25	-38%	150	132	-12%	-19%
A. Graie	Usseglio – Lago Malciaussia	1815	41	31	-25%	154	133	-14%	-19%
A. Cozie Nord	Bardonecchia – Lago Rochemolles	1950	82	46	-44%	184	166	-10%	-20%
A. Cozie Sud	Pontechianale – Lago Castello	1589	27	23	-16%	137	120	-12%	-7%
A. Marittime	Vinadio – Lago Riofreddo	1200	30 (1)	23	-22%	125	100	-20%	-27%
A. Marittime	Entracque – Lago Chiotas	2010	58 (2)	76	32%	168	172	2%	-3%



Neve fresca

- Alpi Occidentali
- quote sui 1500 m.

diminuzione % più marcata

calo più modesto sulle Alpi settentrionali

Variazioni neve

- latitudine maggiore
- orientamento e conformazione valli
- perturbazioni atlantiche-mediterranee + perturbazioni in transito a nord delle Alpi

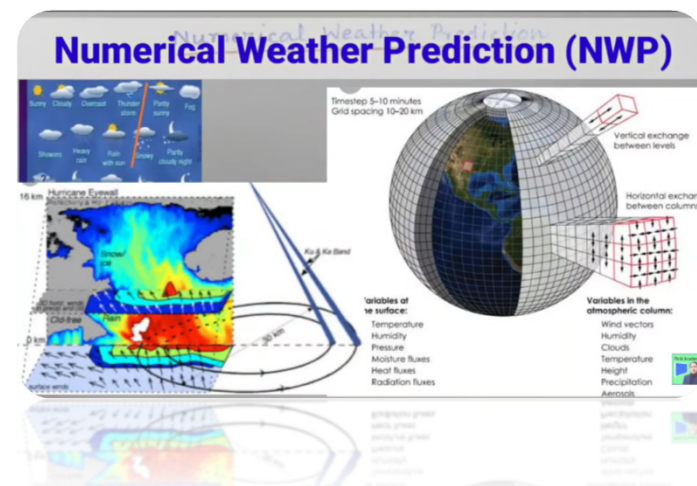
Spessore medio neve

diminuzione quasi ovunque (20-30%) più marcate su Alpi Occidentali [-44% Bardonecchia Rochemolles]

Effetti diminuzione della neve fresca + effetti fusione più accelerata del manto nevoso causati da temperature invernali e primaverili più elevate

Cosa dobbiamo aspettarci?

Proiezioni climatiche future



Cosa dobbiamo aspettarci?

Greater Alpine Region

Future Climate Change in the European Alps

Andreas Gobiet and Sven Kotlarski 2020

- Until the middle of the 21st century **slightly dependance on the specific emission scenario**.
- **Projected robust changes** of the climate of the European Alps **by the end of the century**:
RCP8.5 scenario most prominent changes
- Temperature increase in all seasons and at all elevations
- Significant **decrease** in natural snow cover
- Precipitation changes subject to **larger uncertainties**
 - ☐ annual precipitation sums rather constant
 - ☐ winter precipitation projected to **increase**
 - ☐ summer precipitation changes most likely negative, but with model **uncertainty range**.
 - ☐ **precipitation extremes increased ntensify in all seasons** (Miczka et al, 2025)
*Convective precipitation extremes

Snow Cover

CONERMA ANDAMENTI GIA' OSSERVATI NEL CLIMA RECENTE

Generale diminuzione nevicate (Kotlarski et al., 2023)

Diminuzione lunghezza stagione nevosa a tutte le quote, a causa di un minor numero di nevicate autunnali e di una precoce fusione primaverile (Gobiet, et al., 2018)

Temperature fattore dominante della copertura nevosa

quote < 1500-2000 m **forte diminuzione** cumulate e durata

quote > 2000 m **aumento** precipitazioni (anche nevose) **in pieno inverno**, **ma** non compensato dalla marcata perdita di volume per aumento temperature, quindi **ma durata stagione più breve (primavera)**
(Gobiet et al., 2014)

- ☐ **fusione anticipata**
- ☐ shift stagionale deflusso in molti bacini idrografici
- ☐ **forte diminuzione** prevista (Miczka et al, 2025)

☐ SHIFT ALTITUDINALE

scenario a +2 °C, shift +[250-500] m

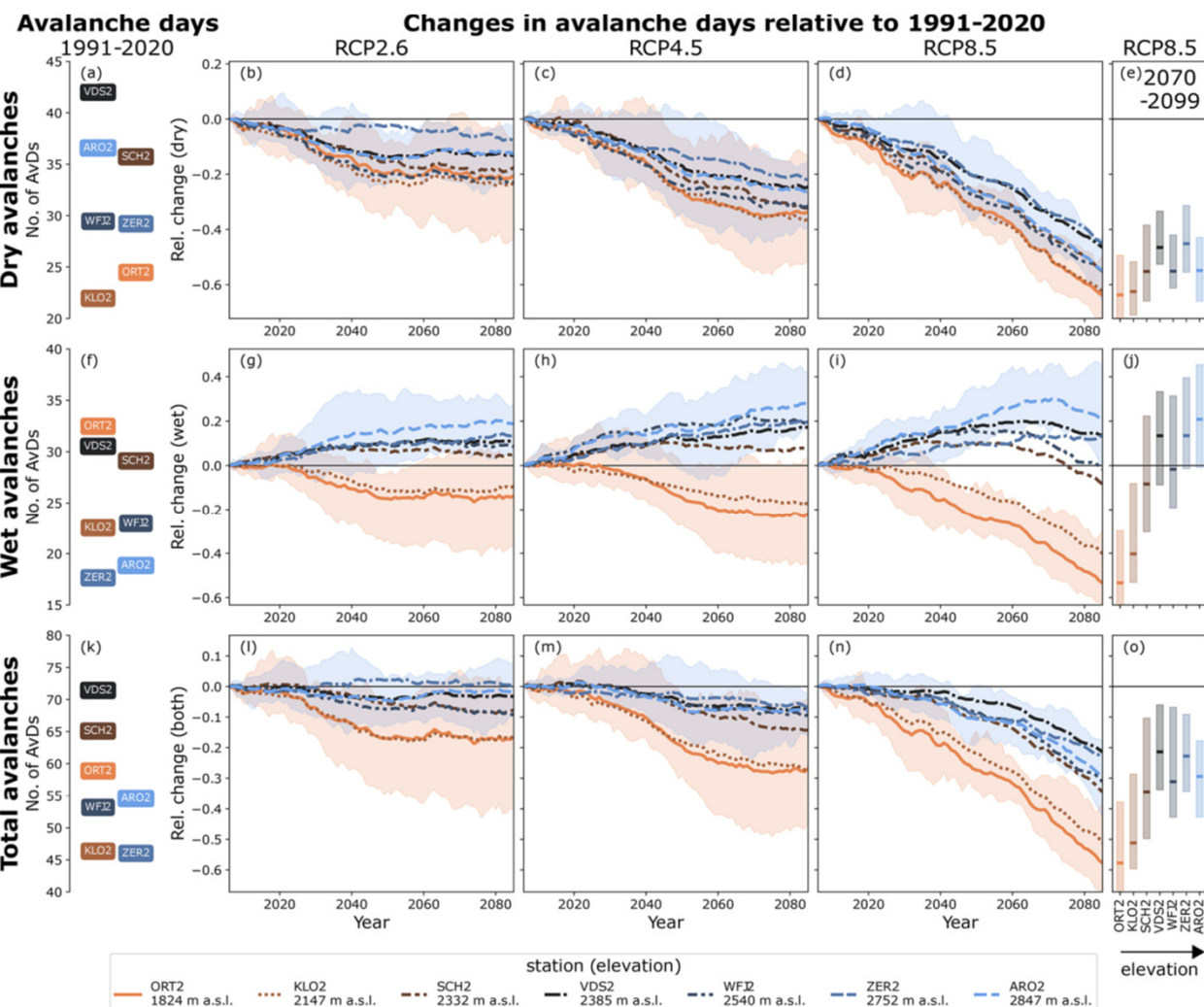
scenario +SSP a 3 °C :shift +[500 -1.000] m

nel 2100, a 2.000 m condizioni simili a quelle attuali **tra 1000-1500 m**

Cosa dobbiamo aspettarci?

Valanghe - Alpi Svizzere

Mayer et al, 2024. "Impact of climate change in snow avalanche activity in the Swiss Alps"



Elevation-dependent patterns of change

- dry-snow AvDs
decrease in the number of
- wet-snow AvDs
increase in > 2300 m for all emission scenarios-
Shift of wet-snow activity to earlier winter months,
driven by the increased frequency of wetting events
(scenario RCP 8.5)

Questi risultati mostrano due aspetti:

- 1) mettono in discussione le ipotesi più semplicistiche su un calo costante delle valanghe dovuto alla diminuzione del manto nevoso
- 2) sottolineano l'importanza di distinguere tra i due tipi di valanghe «Dry-Snow» e «Wet-Snow»

Cosa dobbiamo aspettarci?

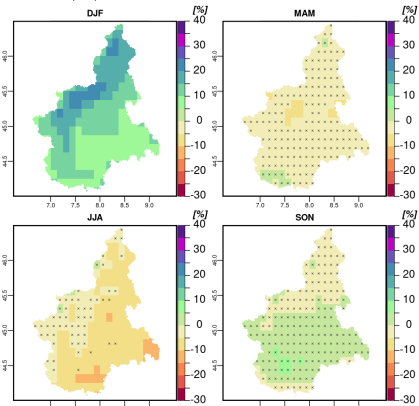
Precipitazione cumulata stagionale variazione % (rif. 1976-2005)

Piemonte

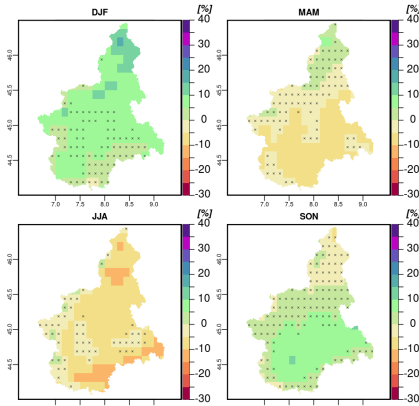
2041-2070

2071-2100

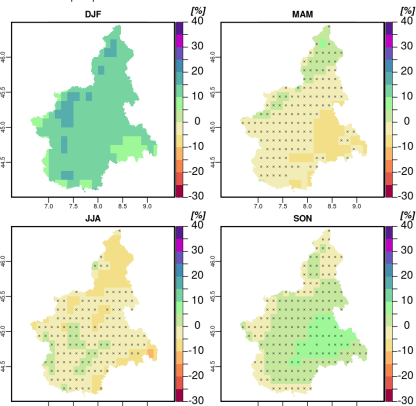
Variazione % precipitazione cumulata media : 2041-2070 VS 1976-2005 - RCP4.5



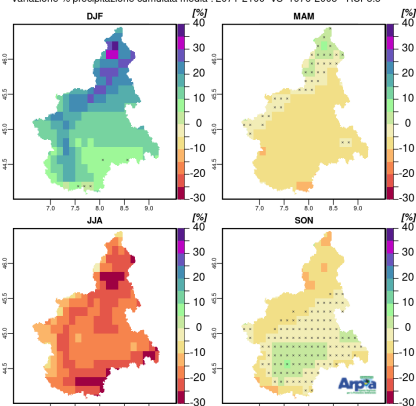
Variazione % precipitazione cumulata media : 2041-2070 VS 1976-2005 - RCP8.5



Variazione % precipitazione cumulata media : 2071-2100 VS 1976-2005 - RCP4.5



Variazione % precipitazione cumulata media : 2071-2100 VS 1976-2005 - RCP8.5

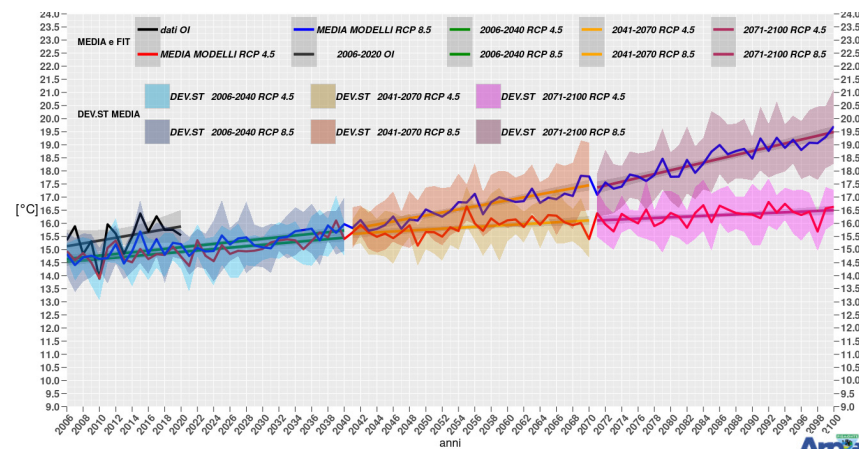


scenario
RCP 4.5

scenario
RCP 8.5

Temperature massime

medie annuali 2006-2100



Temperature medie

- Aumento in tutti i periodi, stagioni e scenari
- Incrementi maggiori su fascia montana e pedemontana alpina
- Scenario RCP 8.5
2071-2100 incrementi estivi, fino a +5°C sulle creste

Conseguenze:

aumento della *quota media delle nevicate*

ulteriore diminuzione dei giorni senza disgelo

Aumento in inverno, a carattere liquido e non solido a quote < 2000 m

Maggiore frequenza alternanza eventi piovosi e nevosi

a discapito della qualità della neve e a favore di una riduzione dello spessore al suolo.

Fonte: Arpa Piemonte

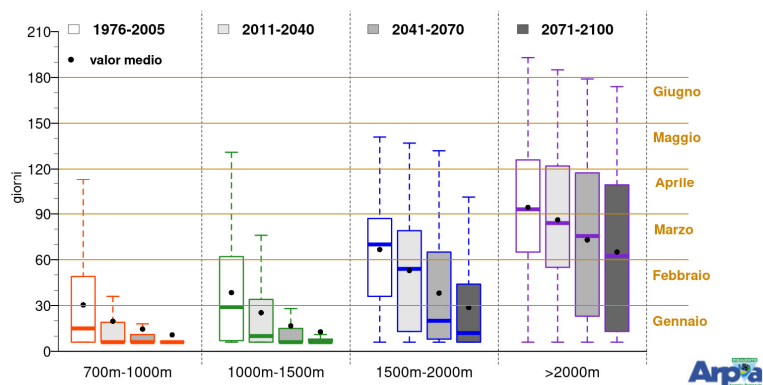
Torino 20 novembre 2025

Cosa dobbiamo aspettarci?

Piemonte

"Proxy" data inizio fusione neve primaverile

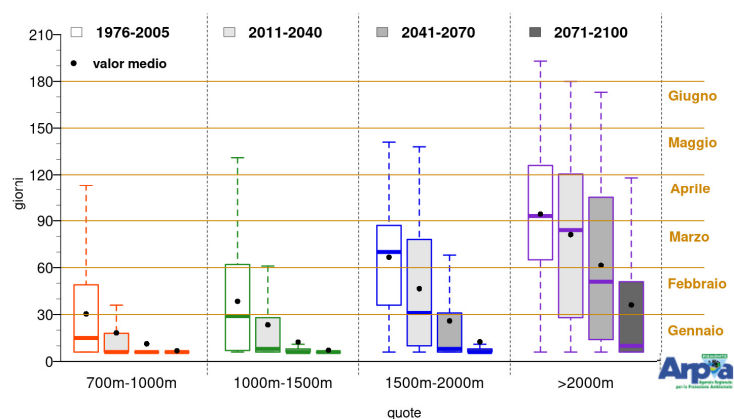
ALPI PIEMONTESI
data inizio 6 giorni consecutivi con T media >1°C - Scenario RCP 4.5



- < 1500 m
fusione in media già all'inizio dell'anno a partire dal periodo 2030 circa
e per gli anni successivi non si avrà praticamente neve in condizioni fredde.

- 1500-2000 m
scenario di mitigazione RCP 4.5 : anticipo limitato fino a metà secolo
scenario tendenziale RCP 8.5 anticipo già determinante al 2030-2040,
mediamente gennaio data inizio fusione

ALPI PIEMONTESI
data inizio 6 giorni consecutivi con T media >1°C - Scenario RCP 8.5



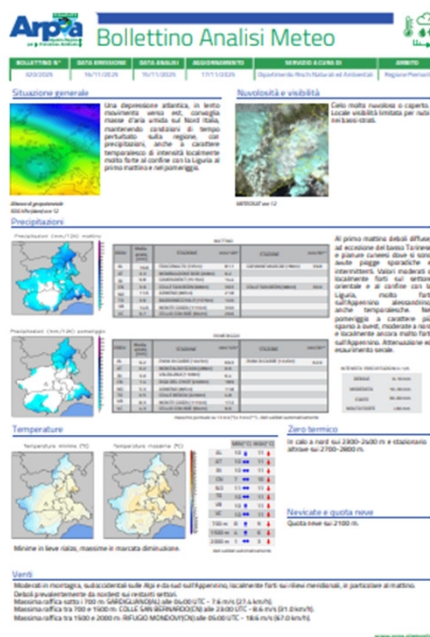
- > 2000 m
scenario di mitigazione RCP 4.5: diminuzione più contenuta per lo scenario di mitigazione,
anticipo di un mese (inizio marzo),
scenario tendenziale RCP 8.5: diminuzione più pronunciata,
inizio prevalente nel mese di gennaio a fine secolo.

Dati disponibili

I rapporti sul clima regionale

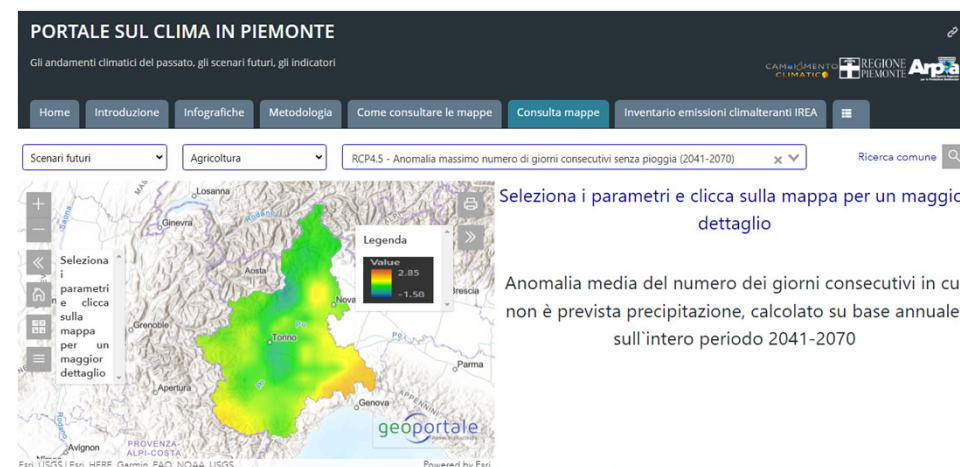


Analisi meteorologica



Portale climatico Arpa Piemonte

https://webgis.arpa.piemonte.it/secure_apps/portale-sul-clima-in-piemonte/



PORTALE SUL CLIMA IN PIEMONTE

Gli andamenti climatici del passato, gli scenari futuri, gli indicatori

Documenti tecnici - Impianti sciistici - elementi predisposizione SIA

- Relazione tematica: "Gli effetti del cambiamento climatico sull'innervamento naturale delle Alpi piemontesi a supporto della Valutazione di Impatto Ambientale delle opere"

https://webgis.arpa.piemonte.it/secure_apps/cambiamenti_climatici_webapp/documentazione_tecnica/Effetti_camb_clim_innevamento_Alpi_piemontesi.pdf



Bibliografia

Cosa sta cambiando?

Auer et al. HISTALP—historical instrumental climatological surface time series of the Greater Alpine Region." *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society* 27.1 (2007): 17-46.

Blanchet et al.. "Explaining recent trends in extreme precipitation in the Southwestern Alps by changes in atmospheric influences." *Weather and Climate Extremes* 33 (2021): 100356.

Hestnes, «Slushflow hazard-where, why and when? 25 years of experience with slushflow consulting and research», *Annals of Glaciology* 26 (1996): 370-376.

Matiu et al. "Observed snow depth trends in the European Alps: 1971 to 2019." *The Cryosphere* 15.3 (2021): 1343-1382.

Report on the effects of Climate Change on the Alpine Space

<https://www.alpine-space.eu/wp-content/uploads/2024/03/Beyondsnow-Report-on-the-effects-of-CC-on-the-AS-Snow-Tourism-Destinations-deliverable-1.1.1-april-2023-DEF.pdf>

Cosa dobbiamo aspettarci?

Gobiet et al. "21st century climate change in the European Alps—A review." *Science of the total environment* 493 (2014): 1138-1151.

Gobiet et al. "Climate change in the Alps and its consequences for snow." *International Snow Science Workshop Proceedings*. 2018.

Gobiet, Andreas, and Sven Kotlarski. "Future climate change in the European Alps." *Oxford research encyclopedia of climate science*. 2020.

Kotlarski et al. "21st Century alpine climate change." *Climate Dynamics* 60.1 (2023): 65-86.

Mayer, Stephanie, et al. "Impact of climate change on snow avalanche activity in the Swiss Alps." *The Cryosphere* 18.11 (2024): 5495-5517.

Miczka et al. "The climate change vulnerability of mountain huts in the French-Swiss Alps." *Via. Tourism Review* 27 (2025).



Bibliografia

Dati disponibili

Portale climatico Arpa Piemonte

https://webgis.arpa.piemonte.it/secure_apps/portale-sul-clima-in-piemonte/

Rapporto climatico - Analisi del clima regionale del periodo 1981-2010 e tendenze negli ultimi 60 anni

https://www.regione.piemonte.it/web/sites/default/files/media/documenti/202102/analisi_clima_regionale_1981-2010.pdf

Rapporto climatico - Analisi degli scenari di clima regionale del periodo 2011- 2100

https://webgis.arpa.piemonte.it/secure_apps/cambiamenti_climatici_webapp/documentazione_tecnica/Analisi_scenari_clima_regionale_periodo_2011-2100.pdf

Relazione tematica: "Gli effetti del cambiamento climatico sull'innevamento naturale delle Alpi piemontesi a supporto della Valutazione di Impatto Ambientale delle opere"

https://webgis.arpa.piemonte.it/secure_apps/cambiamenti_climatici_webapp/documentazione_tecnica/Effetti_camb_clim_innevamento_Alpi_piemontesi.pdf