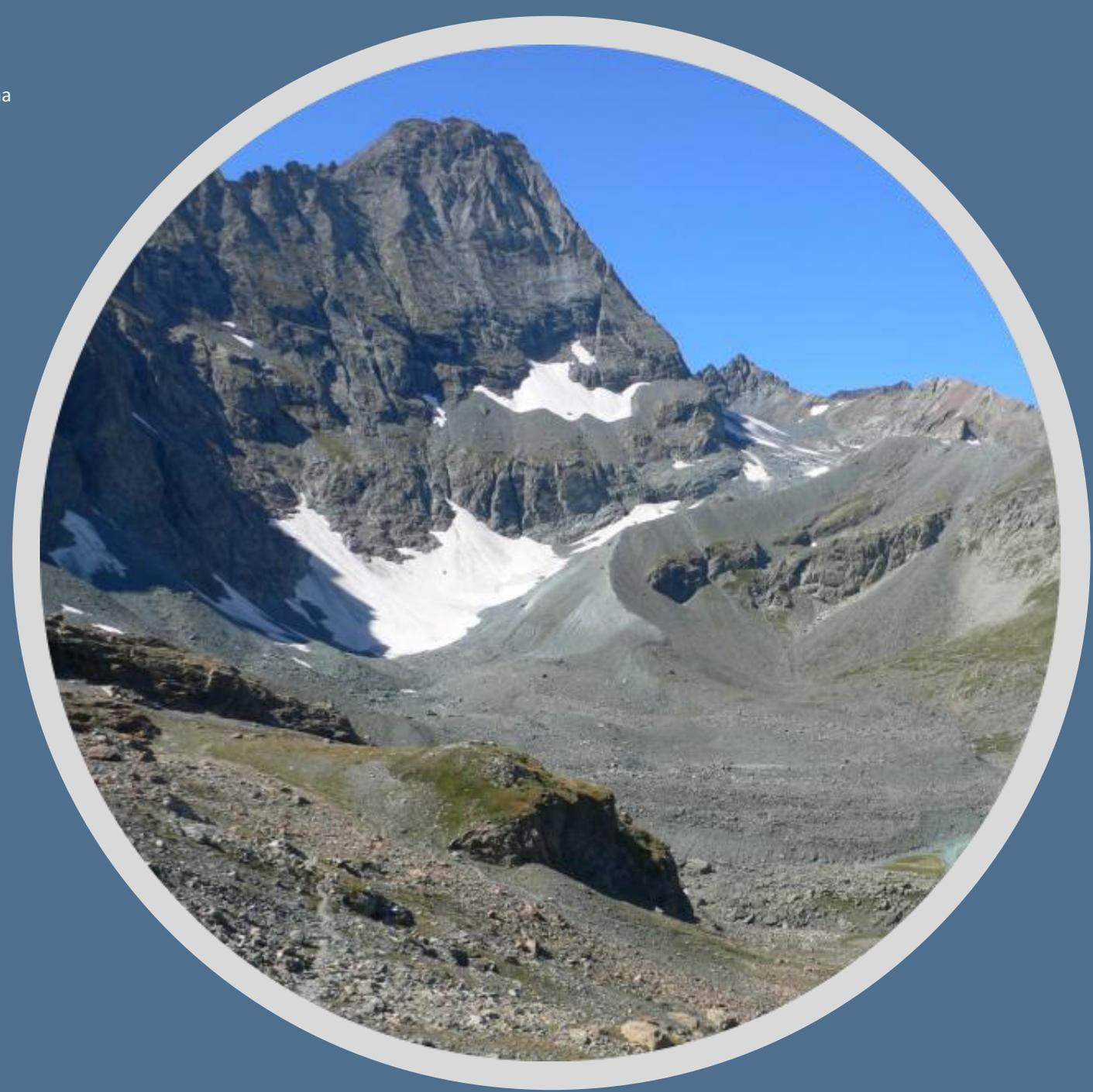


Seminario di aggiornamento CAI  
Cambiamenti climatici e trasformazione dell'ambiente naturale e antropico in montagna  
Ruolo dell'accompagnatore  
27 novembre 2021

## Alpi e cambiamenti climatici

---

Il caso della Bessanese, ma non solo...



## L'ambiente alpino di alta quota

---



Immagine QGIS Bing Satellite

## L'ambiente alpino di alta quota

Ottimo indicatore dei cambiamenti climatici.

- Forte riduzione delle masse glaciali;
- Riduzione copertura nevosa;
- Degradazione del permafrost;
- «Upward shift» ecologici;
- Aumento dei processi di instabilità naturale;
- ...



Ghiacciaio di Arguerey, La Thuile (AO).

## L'ambiente alpino di alta quota

---

Ottimo indicatore dei cambiamenti climatici.

- Forte riduzione delle masse glaciali;
- Riduzione copertura nevosa;
- Degradazione del permafrost;
- «Upward shift» ecologici;
- Aumento dei processi di instabilità naturale;
- ...



Ghiacciaio di Arguerey, La Thuile (AO). Un breve video qui <https://tinyurl.com/cc5video>

## L'ambiente alpino di alta quota

---

Ottimo indicatore dei cambiamenti climatici.

- Forte riduzione delle masse glaciali;
- Riduzione copertura nevosa;
- Degradazione del permafrost;
- «Upward shift» ecologici;
- Aumento dei processi di instabilità naturale;
- ...



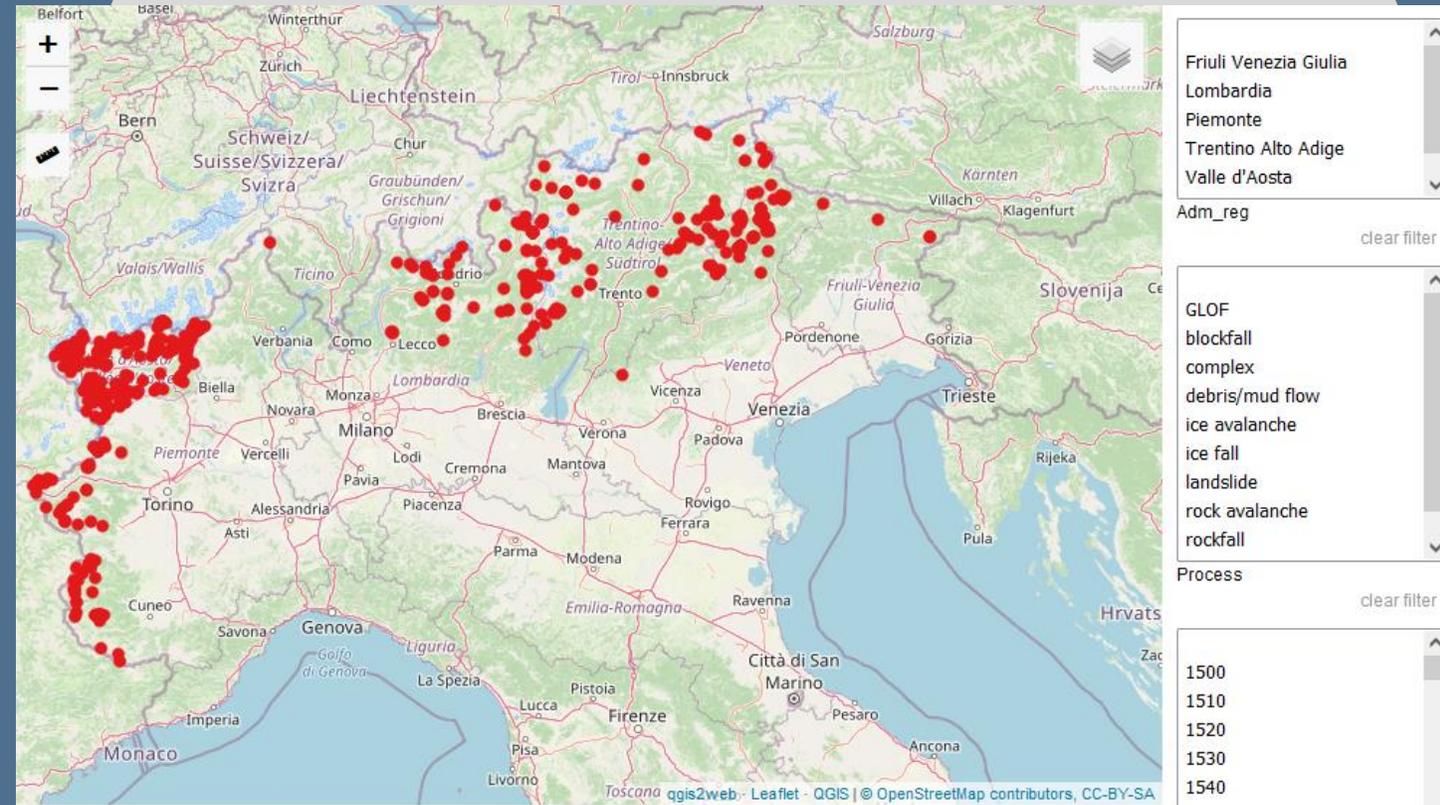
Ghiacciaio di Argueray, La Thuile (AO). Un breve video qui <https://tinyurl.com/cc5video>

# L'ambiente alpino di alta quota

Ottimo indicatore dei cambiamenti climatici.

- Forte riduzione delle masse glaciali;
- Riduzione copertura nevosa;
- Degradazione del permafrost;
- «Upward shift» ecologici;
- Aumento dei processi di instabilità naturale;
- ...

## Catasto delle frane di alta quota nelle Alpi



<https://geoclimalp.irpi.cnr.it/catasto-frane>

## Uno sguardo a scala locale

### Il bacino glaciale della Bessanese

Il bacino glaciale della Bessanese è la nostra area sperimentale attrezzata di alta quota. In essa svolgiamo molte attività di ricerca, di sperimentazione, di formazione e di divulgazione.

Il bacino è ubicato nelle Alpi Graie, nel comune di Balme, in provincia di Torino, ha un'estensione areale di circa 6 km<sup>2</sup> e si sviluppa tra i 2580 e 3601 m di quota.

Abbiamo scelto questo bacino perché qui l'evoluzione dei processi che caratterizzano l'ambiente glaciale e periglaciale nel contesto dei cambiamenti climatici è intensa, ben osservabile e concentrata in una ristretta area.

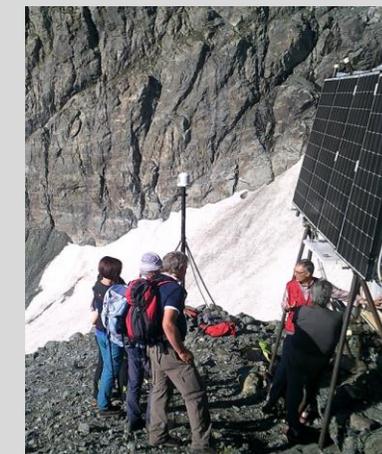


Bacino glaciale della Bessanese, Balme (TO)

# Uno sguardo a scala locale

Ricerca  
Sperimentazione  
Formazione  
Divulgazione

3 progetti attivi (2 con CAI)  
12 collaborazioni in corso



Viani C., Chiarle M., Paranunzio R., Merlone A., Musacchio C., Coppa G., Nigrelli G. (2020) An integrated approach to investigate climate-driven rockfall occurrence in high alpine slopes: the Bessanese glacial basin, Western Italian Alps. *J. Mt. Sci.* 17, 2591–2610. <https://doi.org/10.1007/s11629-020-6216-y>

<https://bessanese.panomax.com>



# Il caso della Bessanese

---

Stazione meteorologica Rifugio Gastaldi

2659 m di quota

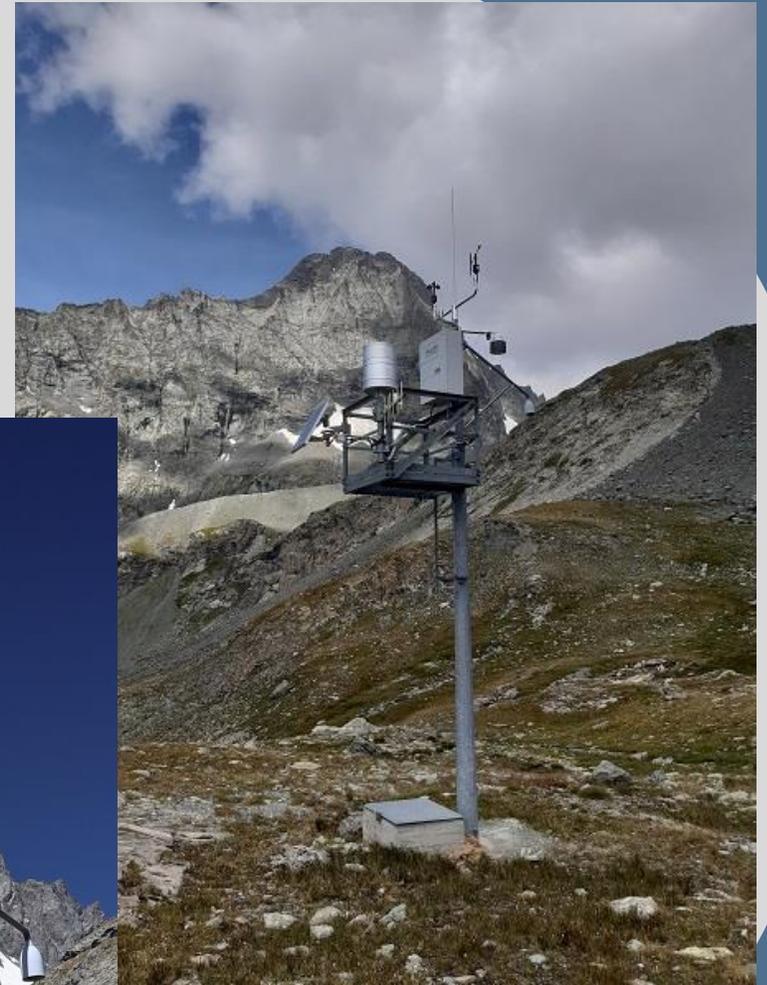
ARPA Piemonte

Oltre 30 anni di dati

Ottime serie storiche di temperatura

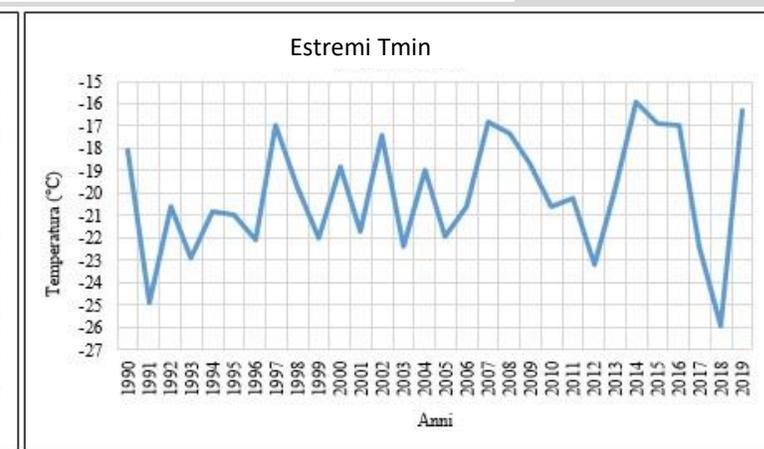
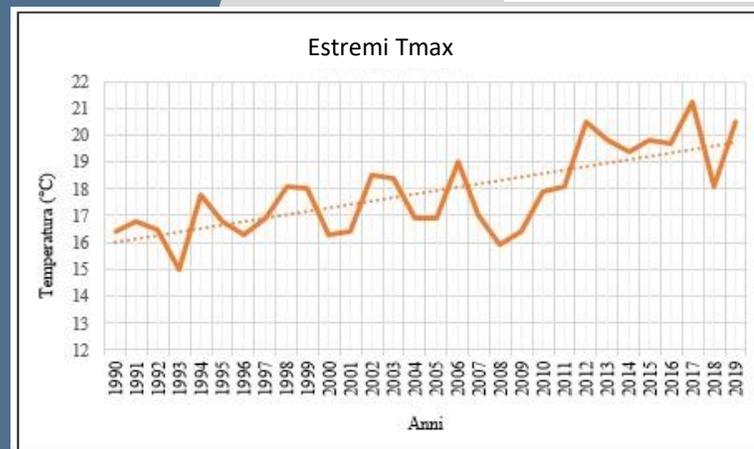
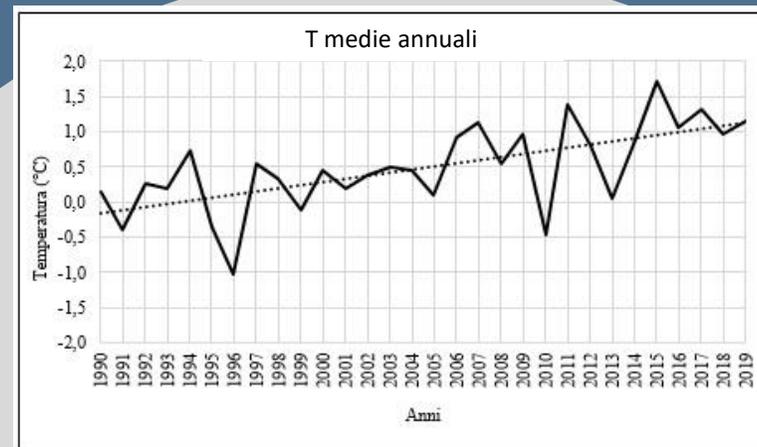
Elaborazione del periodo 1990-2019

Utilizzo dati giornalieri



# Il caso della Bessanese

## Le tendenze delle temperature



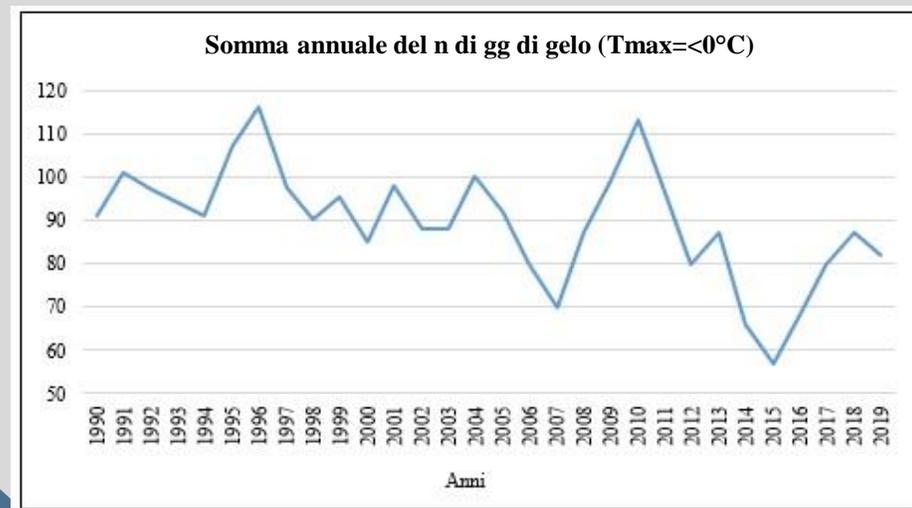
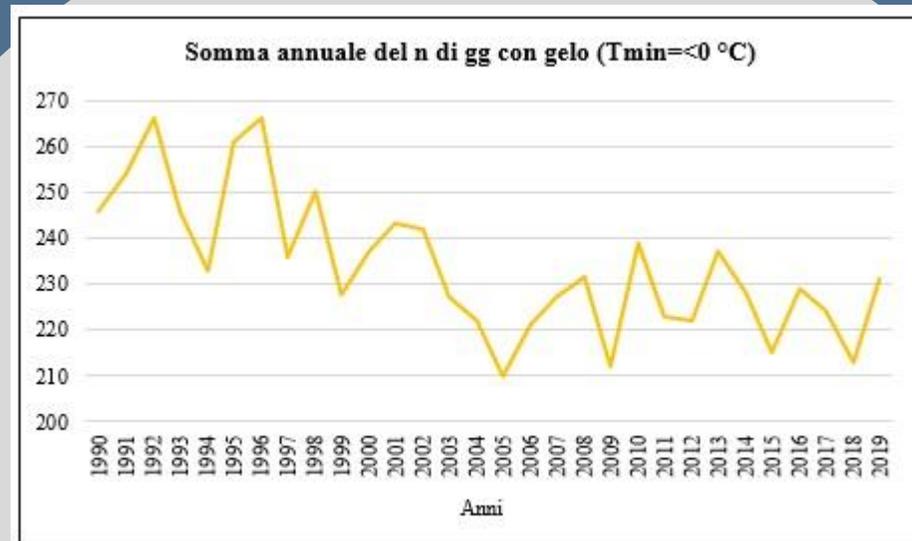
## Tendenze stagionali e annuali (°C/10 anni)

	Inverno	Primavera	Estate	Autunno	Anno
Tmed		0,7	0,8	0,6	0,5
Estremi Tmax		0,5	1,2	0,9	1,2
Estremi Tmin			1,6		

Estremi giornalieri della serie:  
 Tmin giornaliera: -25,9 °C (27/02/2018)  
 Tmax giornaliera: 21,2 °C (11/06/2017)

# Il caso della Bessanese

Somme termiche



## Il caso della Bessanese

---

Effetto albedo



Radiazione solare globale

Radiazione solare riflessa

# Il caso della Bessanese

---

Effetto albedo

11.10.2019



16.10.2019



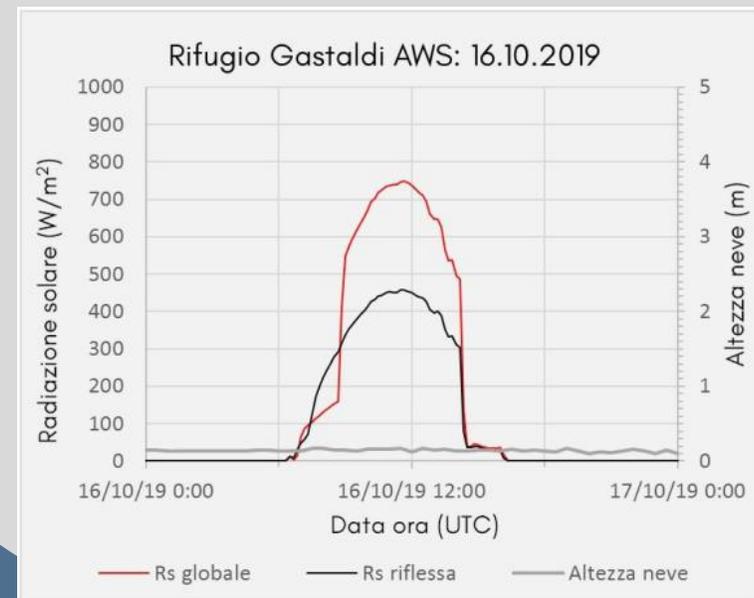
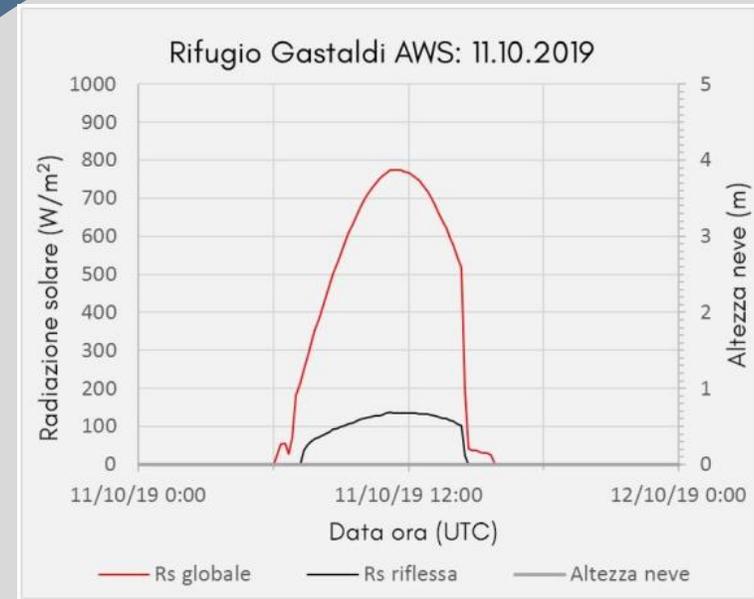
# Il caso della Bessanese

Effetto albedo

11.10.2019



16.10.2019



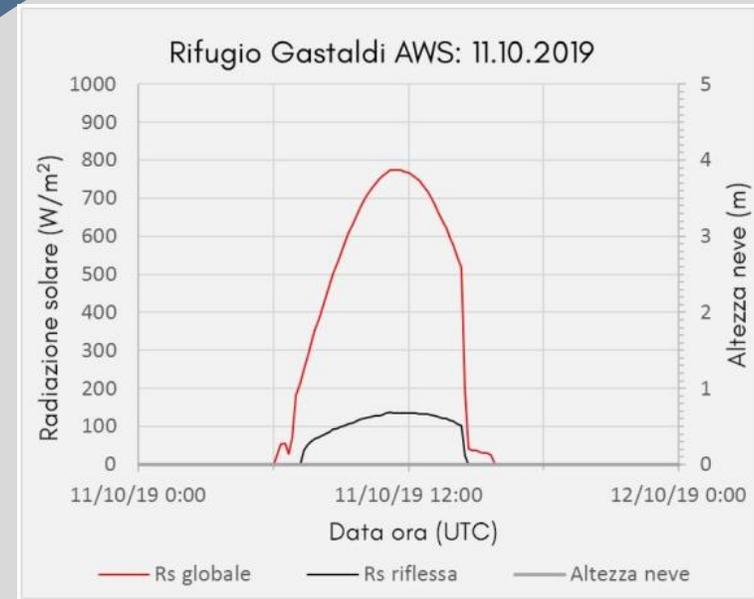
# Il caso della Bessanese

## Effetto albedo

11.10.2019

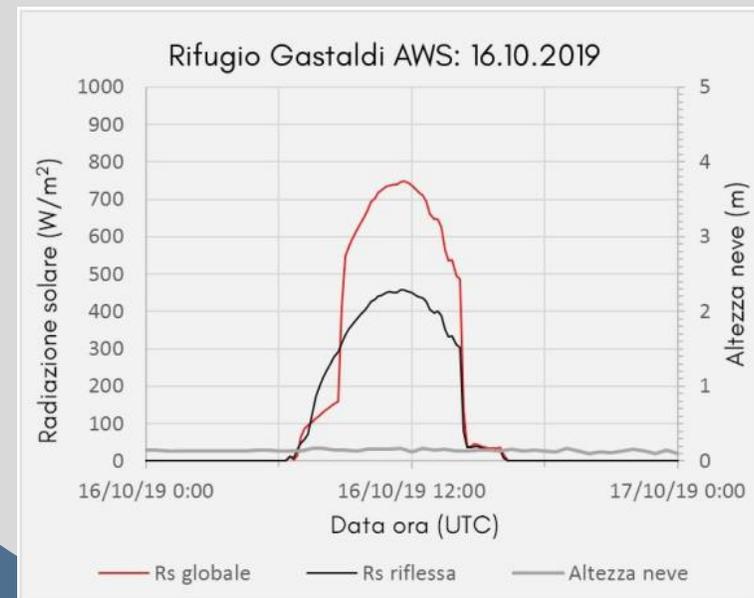


16.10.2019



Dati di picco:

Ore 11:20  
Rs globale:  $775 W/m^2$   
Rs riflessa:  $136 W/m^2$   
rif/glob: 17 %



Ore 11:40  
Rs globale:  $748 W/m^2$   
Rs riflessa:  $457 W/m^2$   
rif/glob: 61 %



## Il clima sulle Alpi

---



Base cartografica: ESRI QGIS. Perimetro Alpi <https://www.alpconv.org>

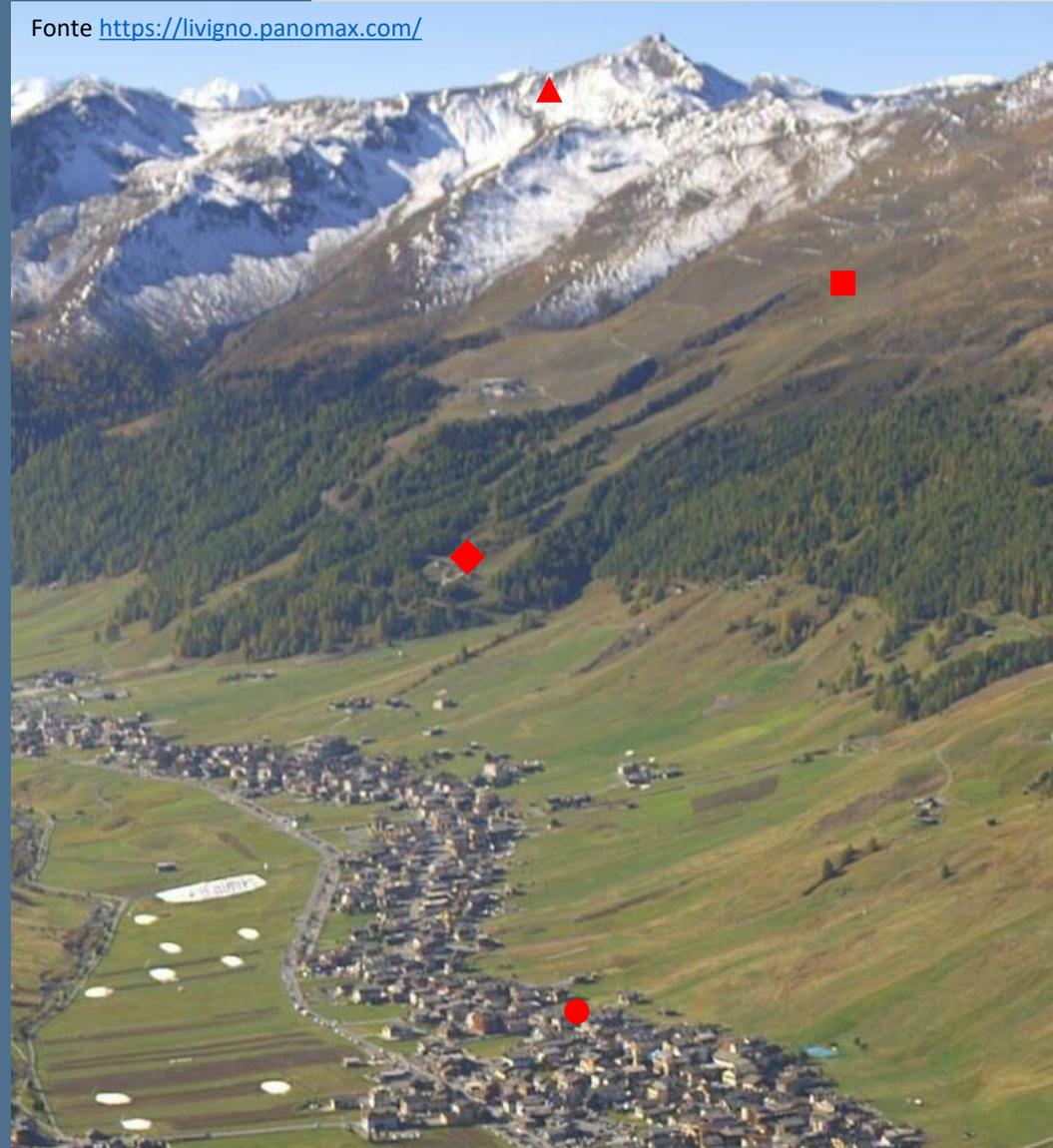
# Il clima sulle Alpi

Periodo 1990 – 2019

4 zone climatiche:

- Glaciale
- Alpina
- Subalpina
- Aree urbane

Fonte <https://livigno.panomax.com/>



Zone climatiche

▲ Glaciale

■ Alpina

◆ Subalpina

● Aree urbane

# Il clima sulle Alpi

Periodo 1990 – 2019

4 zone climatiche:

- Glaciale (4)
- Alpina (10)
- Subalpina (11)
- Aree urbane (11)

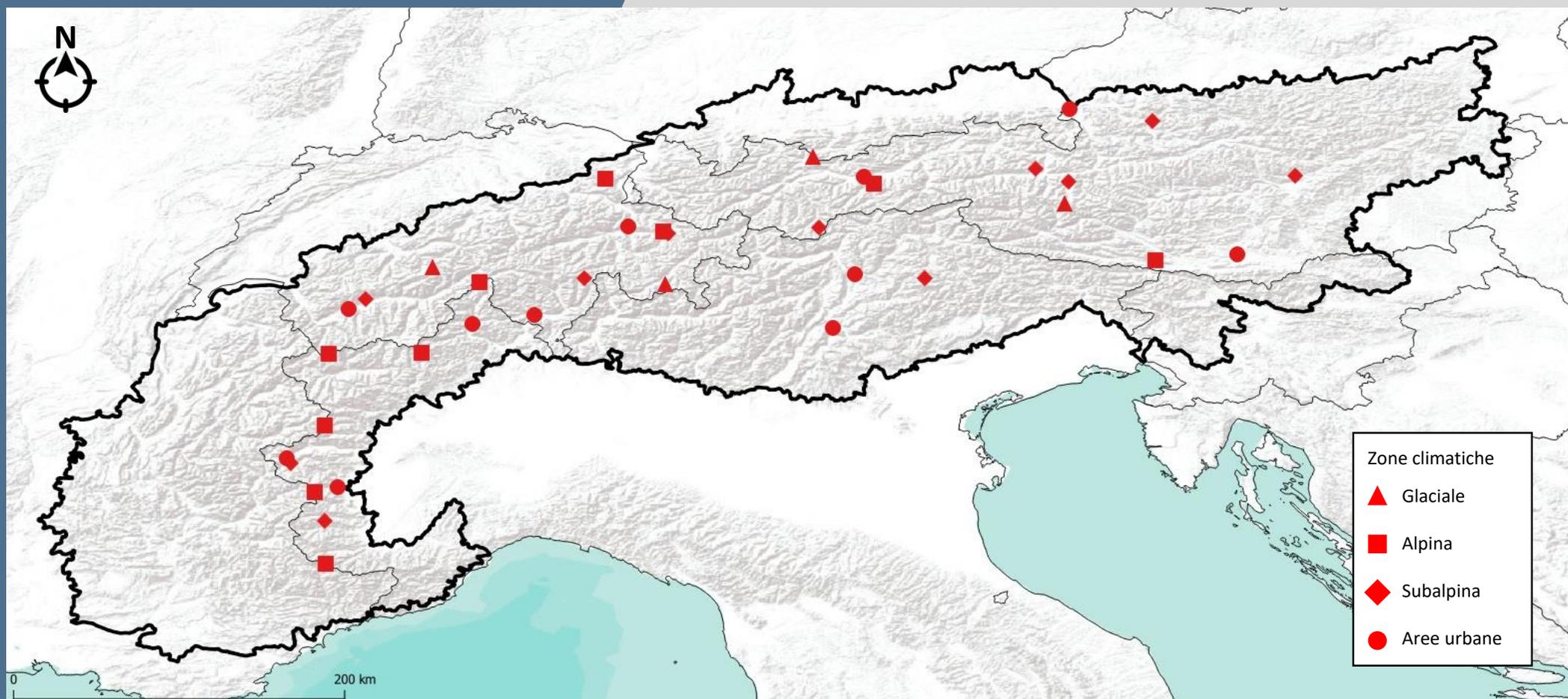
36 stazioni meteorologiche (da reti ufficiali)

Temperature medie giornaliere

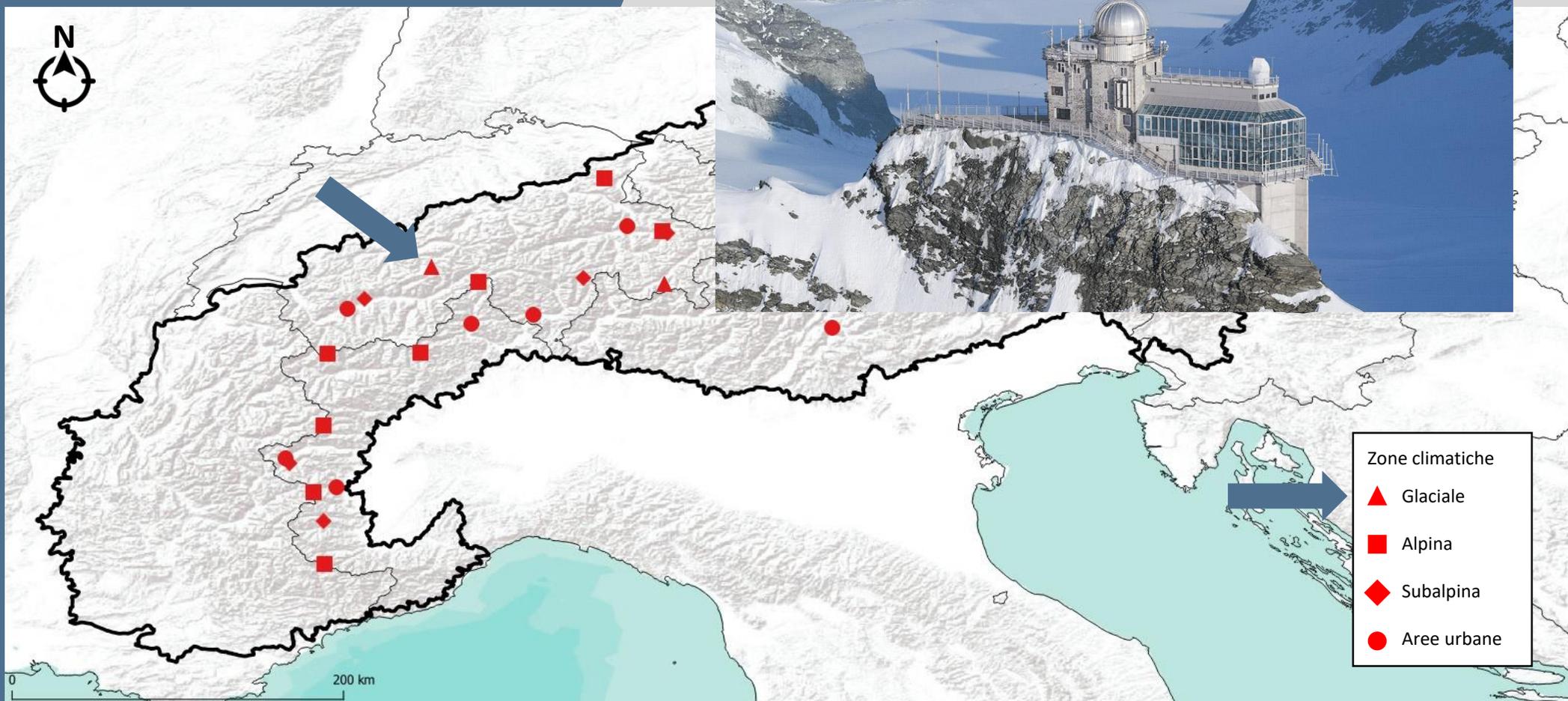
$$T_{med} = (T_{min} + T_{max}) / 2$$

N	Stazione, nazione (zona climatica)	Lat. (N)	Long. (E)	Quota. (m)	Fonte dei dati
1	Jungfrauoch, CH, (G)	46.54755	7.98544	3571	Meteoswiss
2	Piz Corvatsch, CH, (G)	46.41803	9.82130	3297	Meteoswiss
3	Sonnblick, AT, (G)	47.05403	12.95800	3106	HISTALP
4	Zugspitze, DE, (G)	47.42090	10.98458	2962	CRUTEM4
5	Weissfluhjoch, CH, (A)	46.83332	9.80639	2694	Meteoswiss
6	Rifugio Gastaldi, IT, (A)	45.29806	7.14274	2659	ARPA Piemonte
7	Säntis, CH, (A)	47.24944	9.34346	2504	Meteoswiss
8	G. S. Bernard, CH, (A)	45.86909	7.17068	2472	Meteoswiss
9	Formazza, IT, (A)	46.43343	8.35824	2453	ARPA Piemonte
10	Bocchetta Pisse, IT, (A)	45.87586	7.90118	2410	ARPA Piemonte
11	Colle Lombarda, IT, (A)	44.20742	7.14768	2305	ARPA Piemonte
12	Colle Barant, IT, (A)	44.77437	7.06062	2294	ARPA Piemonte
13	Patscherkofel, AT, (A)	47.20883	11.46230	2247	HISTALP
14	Villacher Alpe, AT, (A)	46.60364	13.67276	2160	HISTALP
15	Lago Pilone, IT, (S)	45.00242	6.87592	2280	ARPA Piemonte
16	Pian d. Baracche, IT, (S)	44.54926	7.13555	2135	ARPA Piemonte
17	Pian Fedaia, IT, (S)	46.45903	11.86287	2063	Meteotrentino
18	Schmittenhohe, AT, (S)	47.33000	12.73700	1973	HISTALP
19	Obergurgl-Vent, AT, (S)	46.86677	11.02459	1938	HISTALP
20	San Bernardino, CH, (S)	46.46354	9.18470	1641	Meteoswiss
21	Davos, CH, (S)	46.81296	9.84355	1596	Meteoswiss
22	Montana, CH, (S)	46.29880	7.46081	1424	Meteoswiss
23	Rauris, AT, (S)	47.22400	12.99300	941	HISTALP
24	Seckau, AT, (S)	47.27100	14.77900	855	HISTALP
25	Bad Ischl, AT, (S)	47.70700	13.65000	512	HISTALP
26	Quix, IT, (U)	45.04251	6.84020	1065	ARPA Piemonte
27	Innsbruck, AT, (U)	47.26058	11.38516	609	HISTALP
28	Cora, CH, (U)	46.87036	9.53051	558	Meteoswiss
29	Sion, CH, (U)	46.21865	7.33020	481	Meteoswiss
30	Luserna S. G., IT, (U)	44.81308	7.24159	475	ARPA Piemonte
31	Klagenfurt, AT, (U)	46.64839	14.31837	459	HISTALP
32	Salzburg, AT, (U)	47.80063	13.00135	450	HISTALP
33	Locarno Monti, CH, (U)	46.17225	8.78749	369	Meteoswiss
34	Trento, IT, (U)	46.07185	11.13579	312	Meteotrentino
35	Bolzano, IT, (U)	46.49773	11.31279	254	Meteo Alto Adige
36	Domodossola, IT, (U)	46.10302	8.30244	252	ARPA Piemonte

# Il clima sulle Alpi

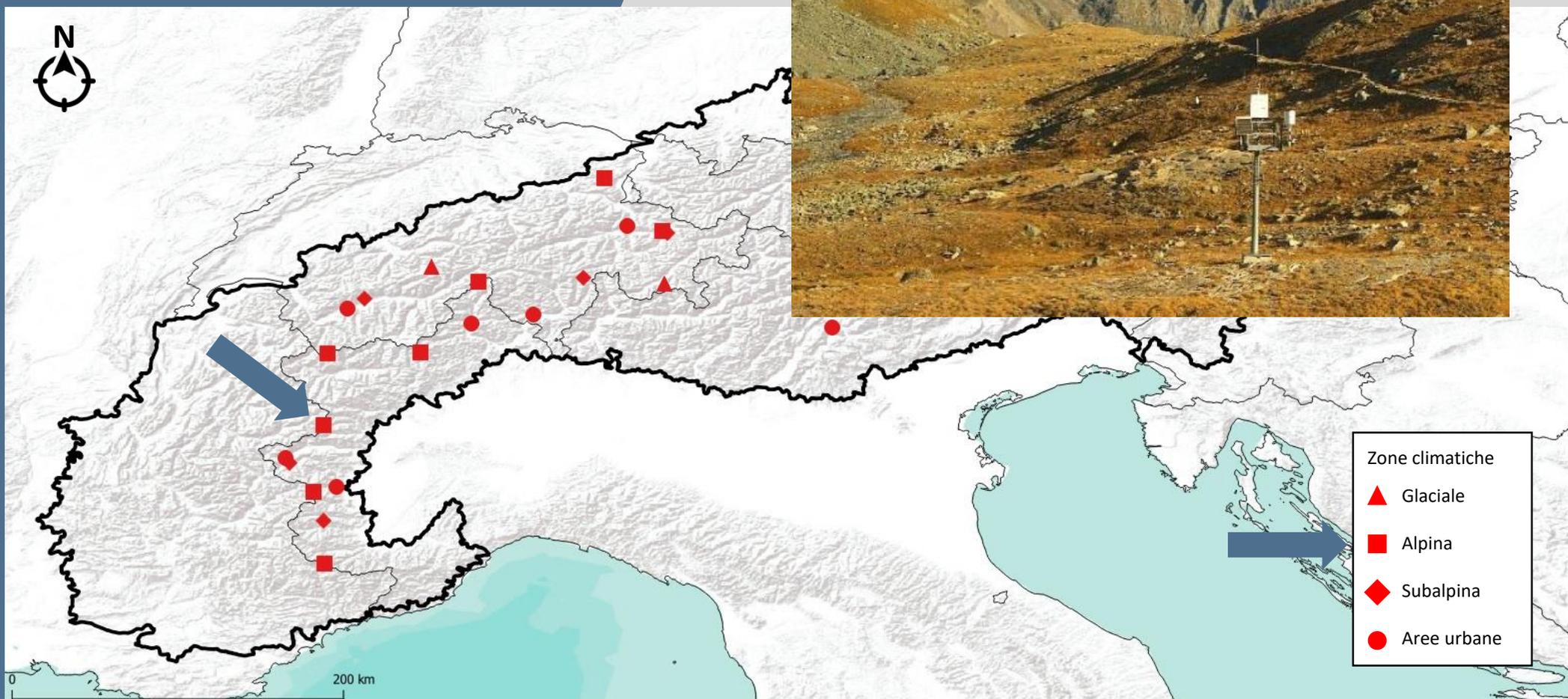


# Il clima sulle Alpi



# Il clima sulle Alpi

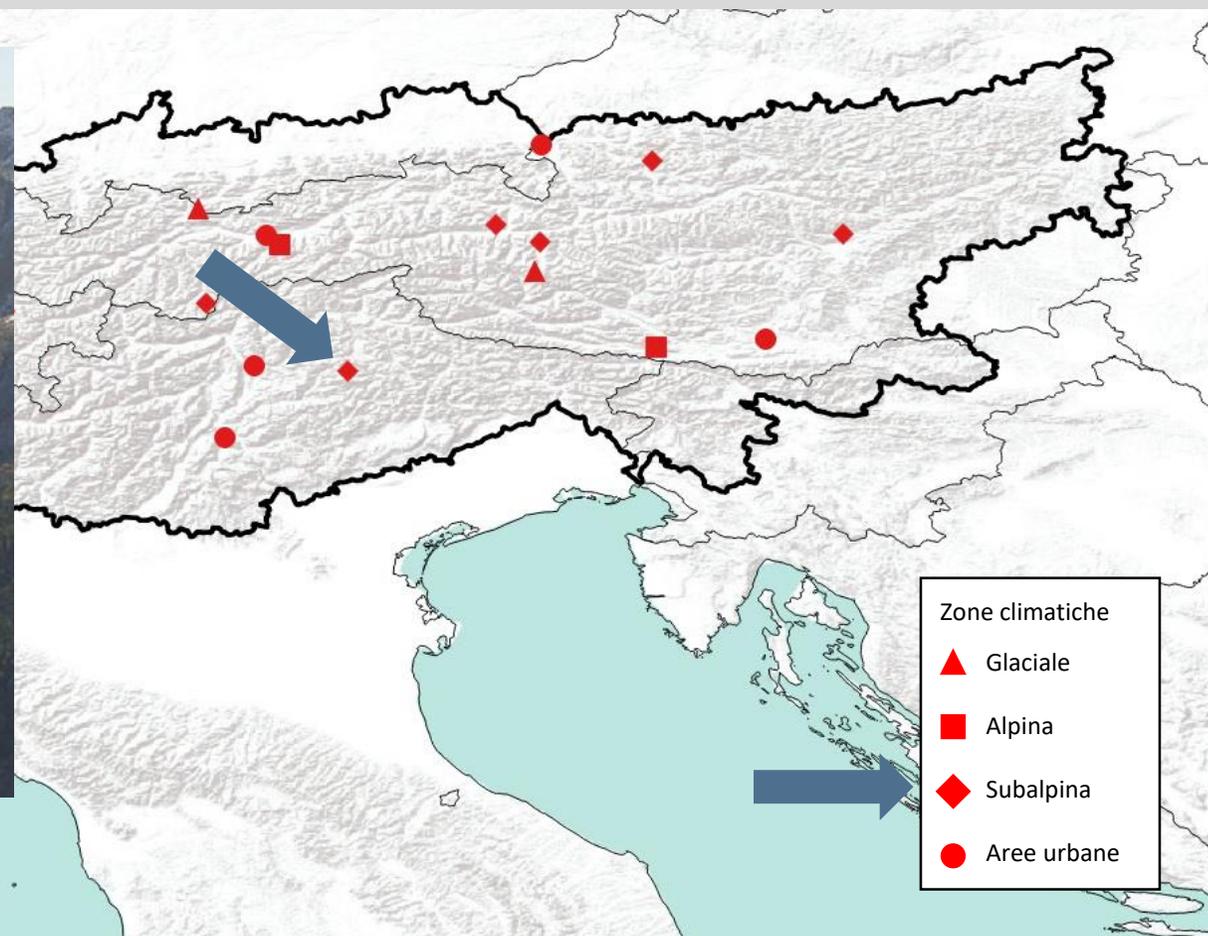
Bessanese, IT (2659 m s.l.m.).  
Fonte <https://bessanese.panomax.com>



# Il clima sulle Alpi

Pian Fedaia, IT (2063 m s.l.m.).

Fonte <https://www.visittrentino.info/>



Zone climatiche

▲ Glaciale

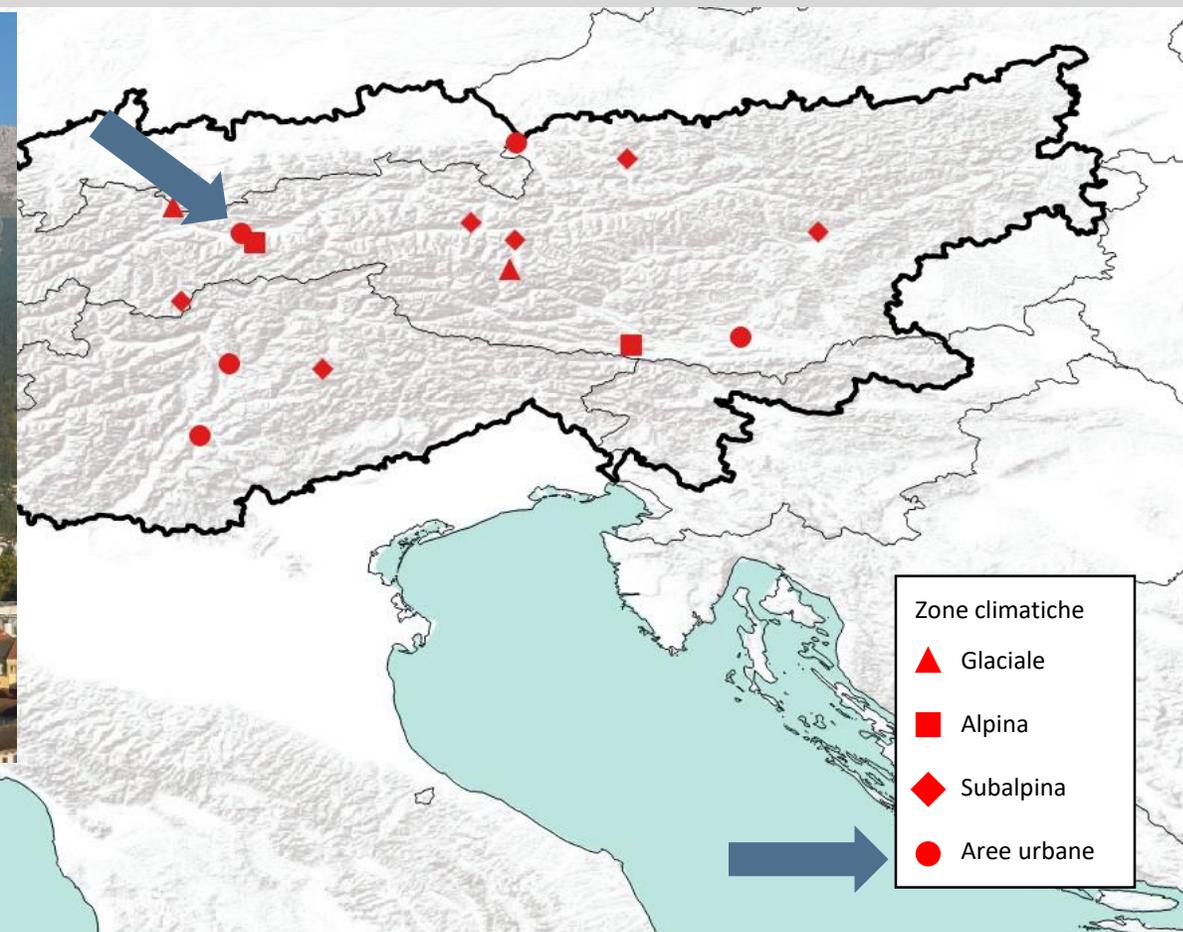
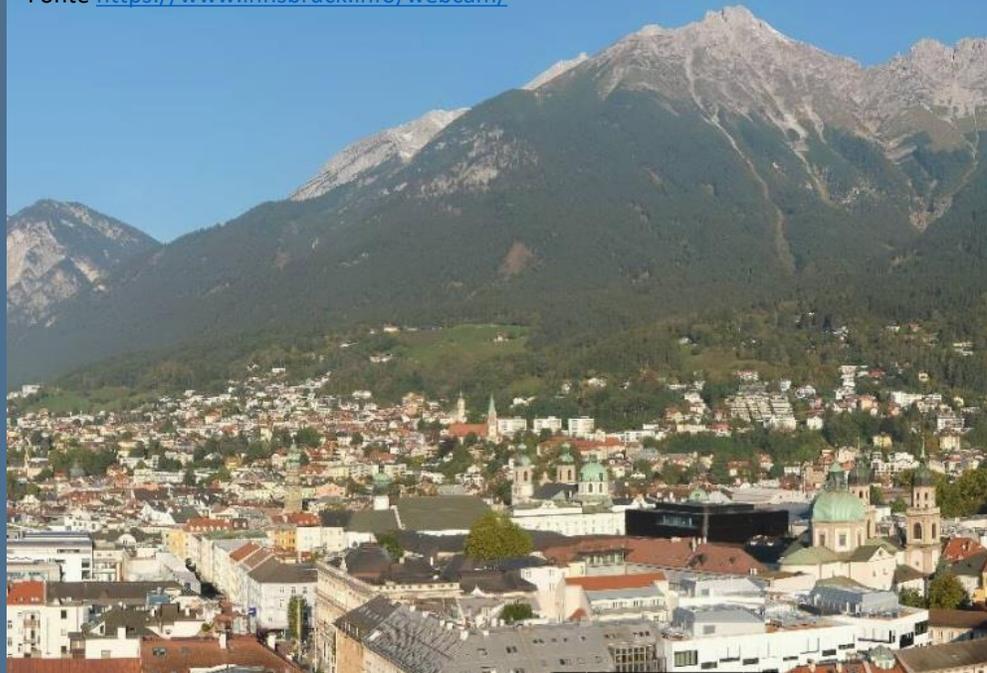
■ Alpina

◆ Subalpina

● Aree urbane

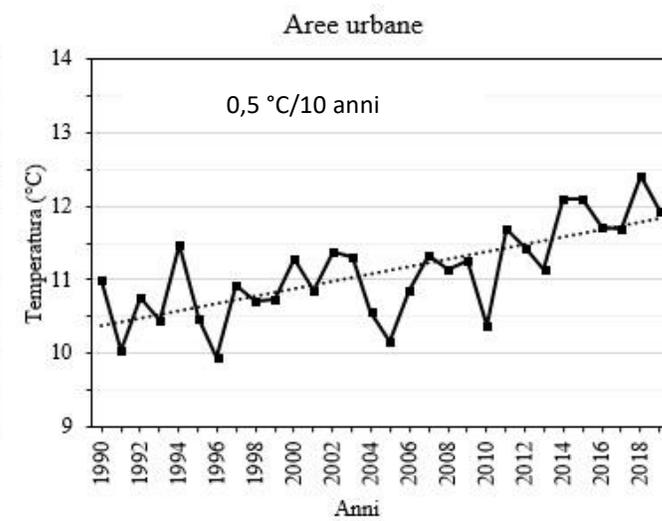
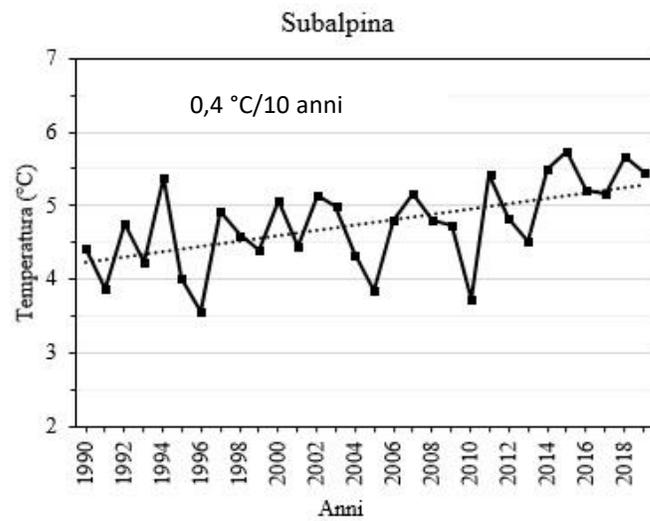
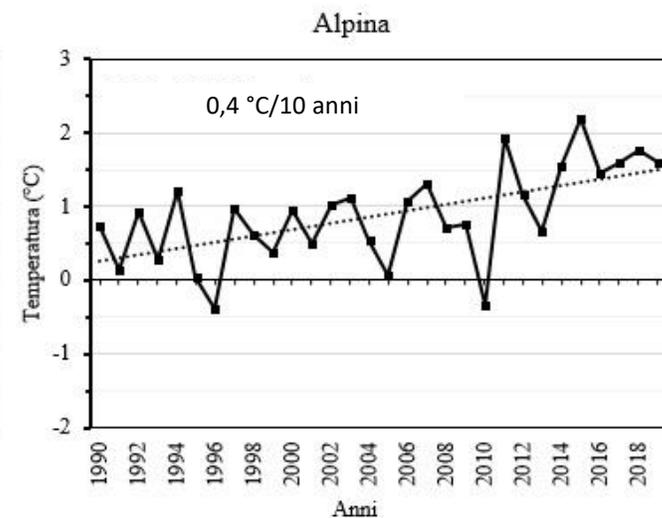
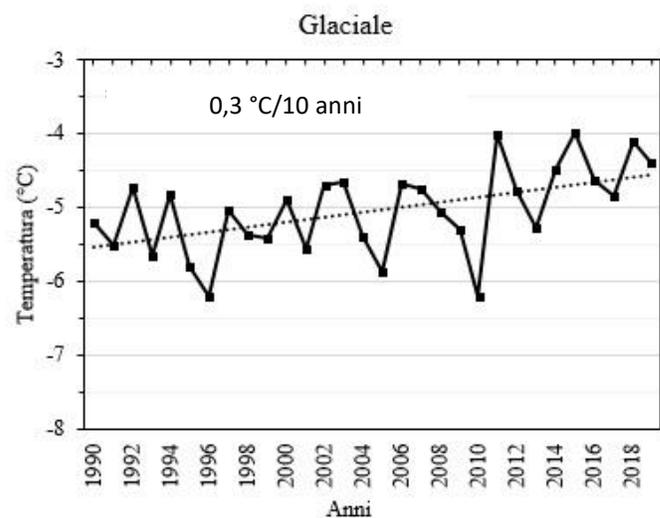
# Il clima sulle Alpi

Innsbruck, AT (609 m s.l.m.).  
Fonte <https://www.innsbruck.info/webcam/>



# Il clima sulle Alpi

## Tendenze annuali



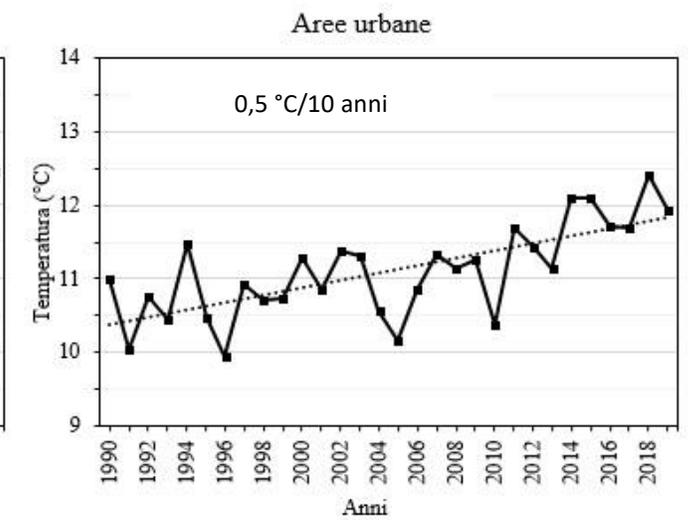
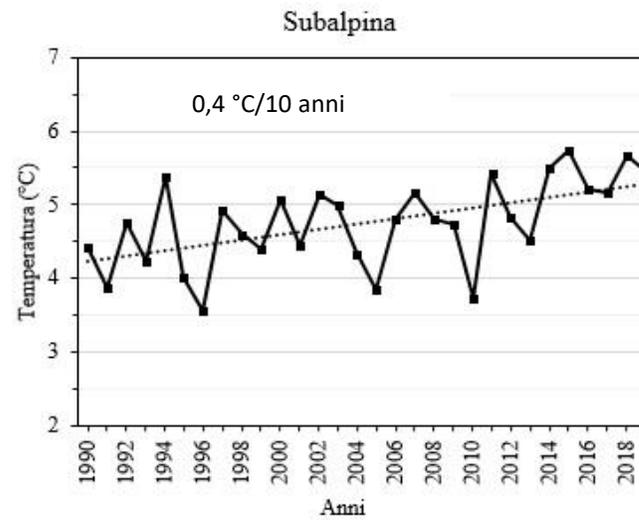
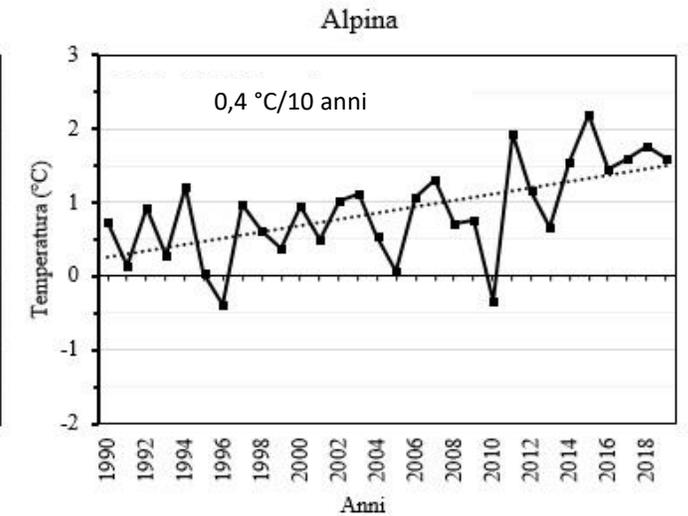
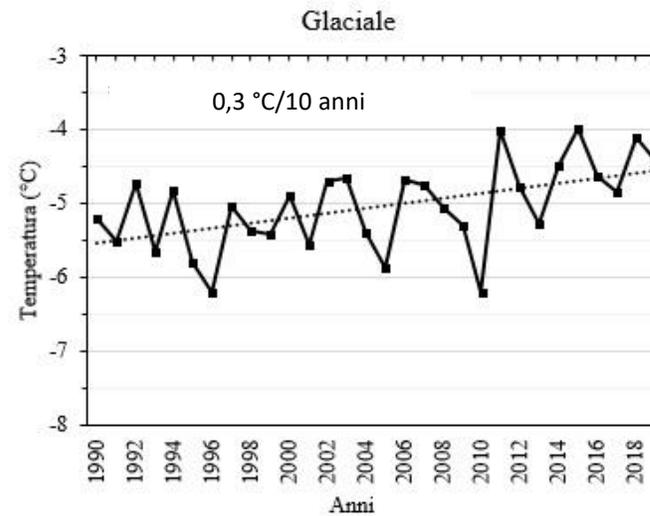
# Il clima sulle Alpi

Tendenze stagionali della Tmed (°C/10 anni)

	Inverno	Primavera	Estate	Autunno
Glaciale		0,4	0,6	0,6
Alpina		0,5	0,7	0,6
Subalpina			0,6	0,5
Aree urb.		0,4	0,7	0,7

Dati in corso di pubblicazione

## Tendenze annuali



# Il clima sulle Alpi

Tendenze stagionali della Tmed (°C/10 anni)

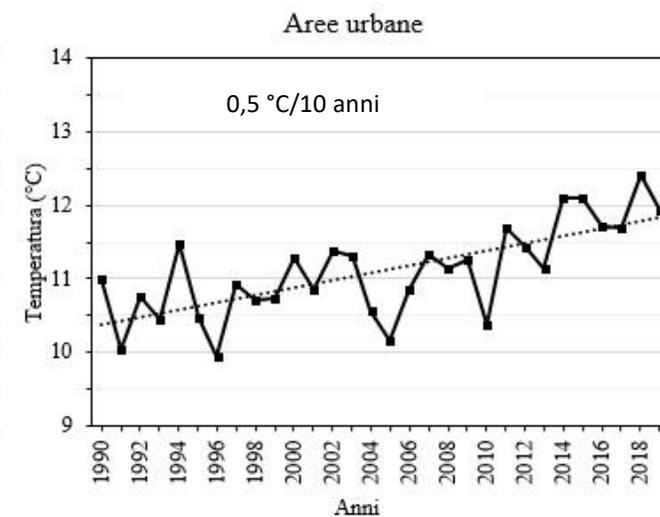
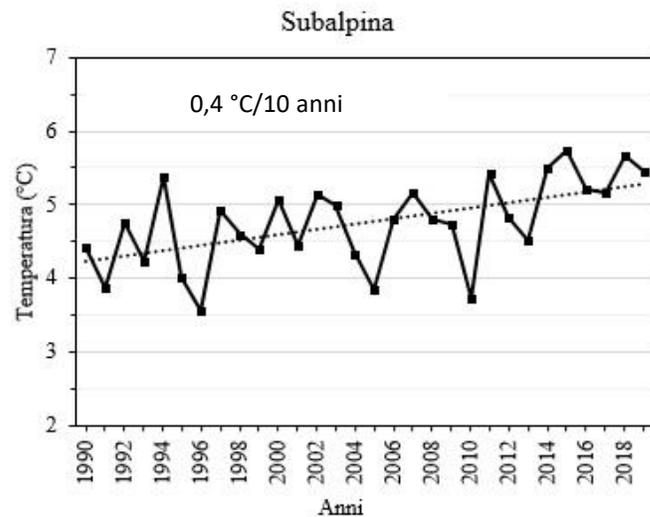
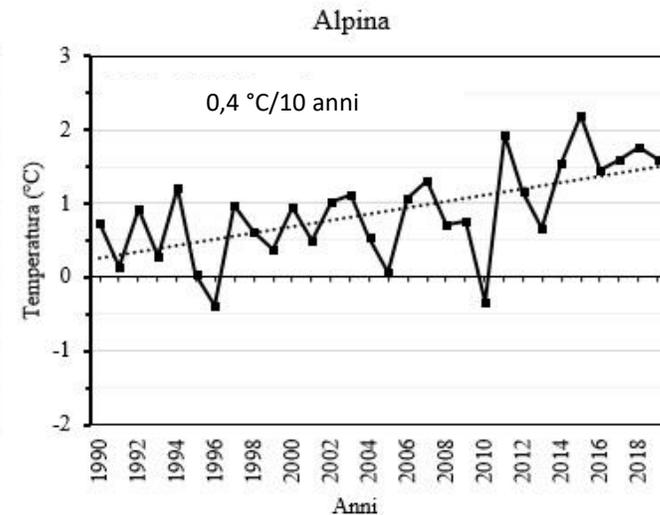
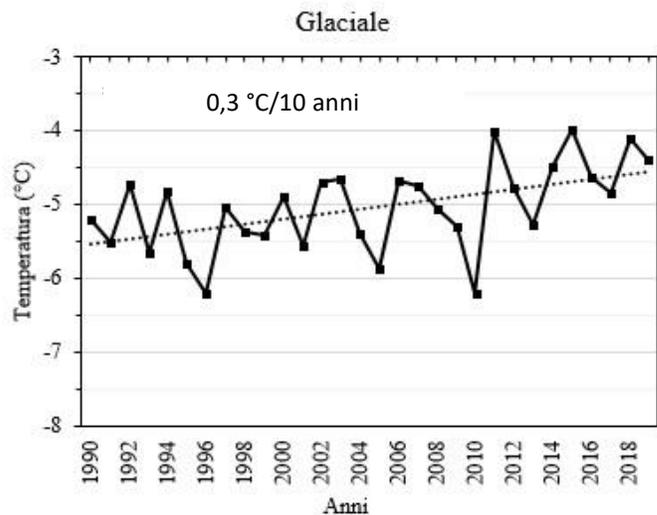
	Inverno	Primavera	Estate	Autunno
Glaciale		0,4	0,6	0,6
Alpina		0,5	0,7	0,6
Subalpina			0,6	0,5
Aree urb.		0,4	0,7	0,7

Dati in corso di pubblicazione

(per confronti)

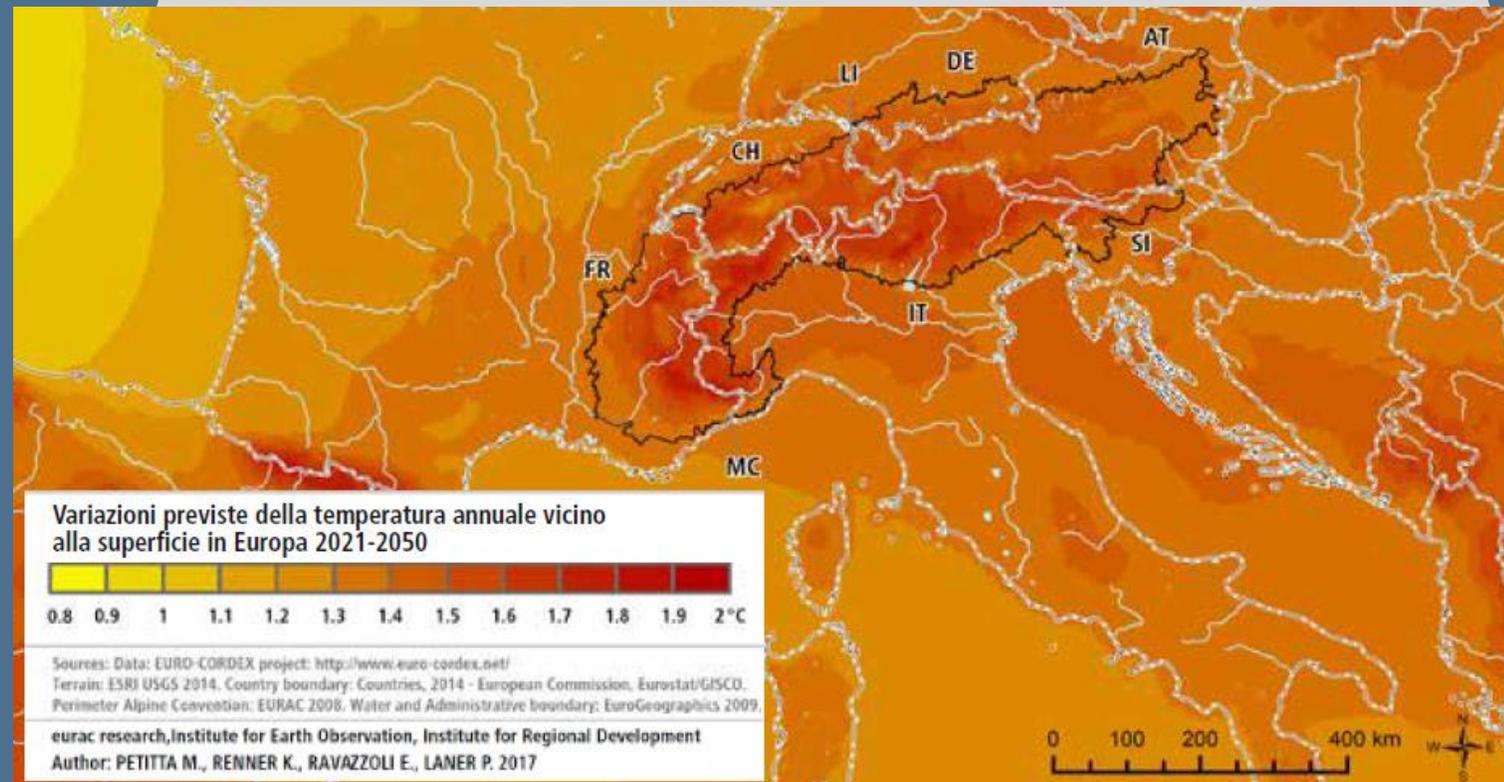
	Inverno	Primavera	Estate	Autunno
Gastaldi		0,7	0,8	0,6

## Tendenze annuali



# Il clima sulle Alpi

I prossimi trent'anni sulle Alpi

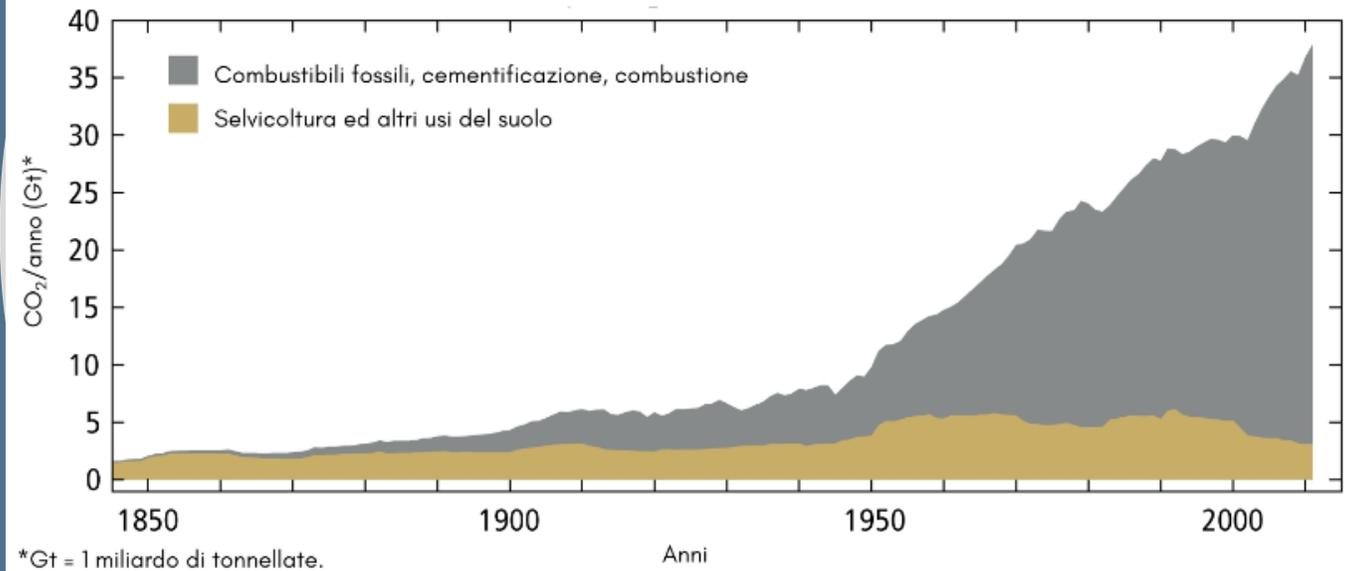


<https://www.alpconv.org/>

# Perché?

Antropocene = grande accelerazione

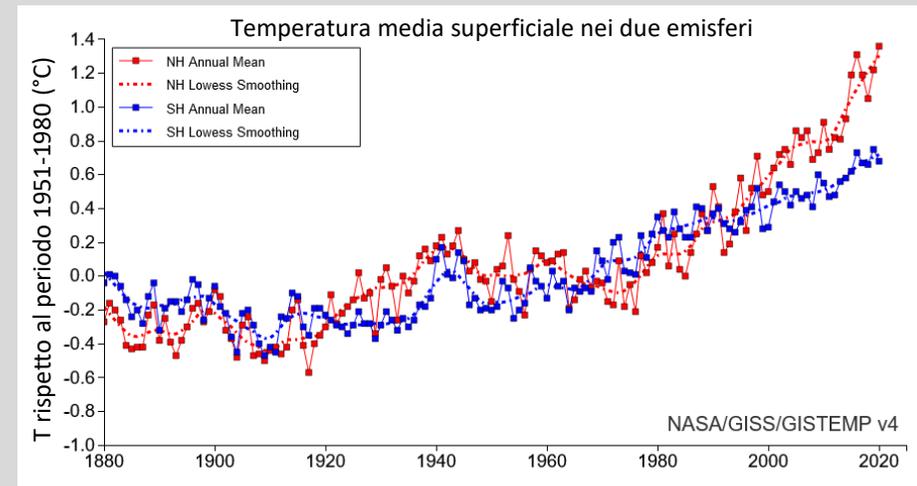
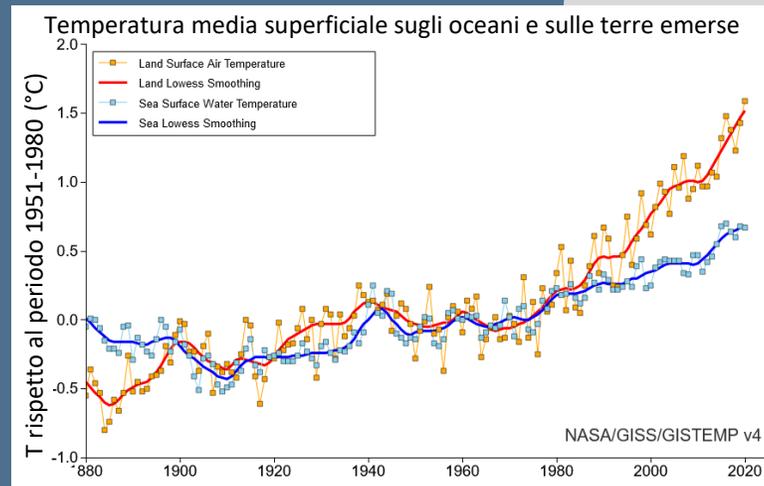
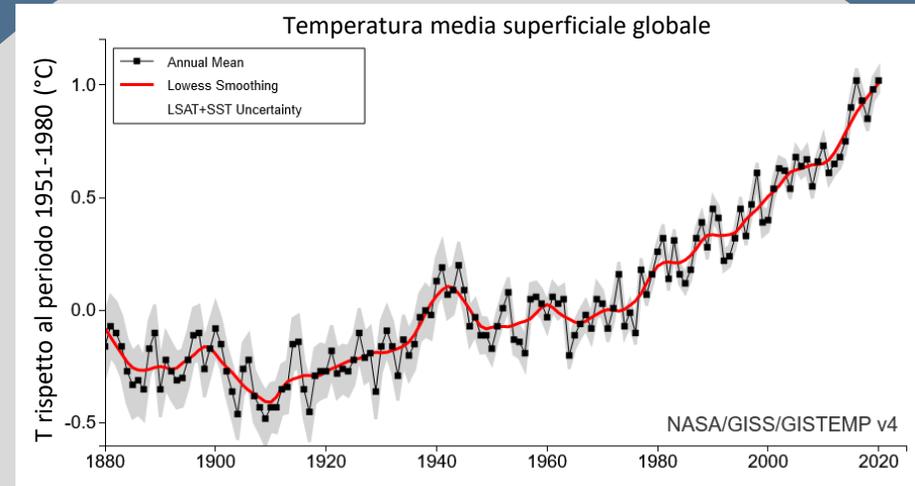
## Emissioni antropogeniche annuali globali di CO<sub>2</sub>



[https://ar5-syr.ipcc.ch/topic\\_observedchanges.php](https://ar5-syr.ipcc.ch/topic_observedchanges.php) modificata

# Perché?

Antropocene = grande accelerazione



<https://data.giss.nasa.gov/>, modificate

## Due video di approfondimento



SunStudio-conferenza Luca Mercalli - Dip. Fisica, Univ. di Torino 31-5-19

<https://tinyurl.com/cc1video>

<https://tinyurl.com/cc2video>

A YouTube video player showing a PowerPoint slide titled "Le sentinelle del riscaldamento dal 1880 al 2020". The slide contains a line graph showing temperature anomalies from 1880 to 2020. The graph shows a clear upward trend, with a slope of 0.2 °C/decennio. The x-axis is labeled "YEAR" and ranges from 1900 to 2020. The y-axis represents temperature anomalies. A play button is overlaid on the graph. To the right of the graph is a small video feed of a woman, Elisa Palazzi.

Anno	Temperature Anomaly (°C)
1	2016, 2020
3	2019
4	2015
5	2017
6	2018
7	2014
8	2010
9	2005, 2013
11	1998
12	2003, 2006
16	2002, 2007
18	2004, 2011
20	2001

0.2 °C/decennio

Baseline 1951-1980

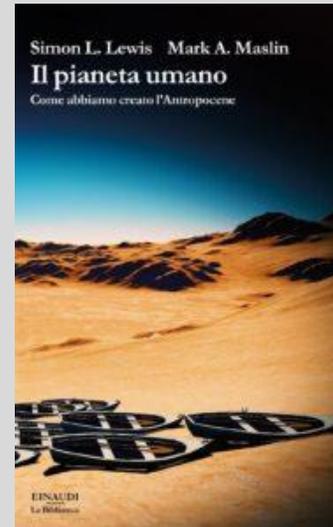
0:02 / 1:19:00

Giornata Mondiale della Terra 2021 - Le sentinelle del riscaldamento globale

## Un libro nello zaino

---

Lewis S. L., Maslin M. A. (2019) – Il pianeta umano.  
Einaudi Editore



Per la prima volta nei 4,5 miliardi di anni di storia della Terra, un'unica specie ne sta dettando sempre di più il futuro. Antropocene: il punto di svolta di una specie e di un pianeta

Seminario di aggiornamento CAI  
Cambiamenti climatici e trasformazione dell'ambiente naturale e antropico in montagna  
Ruolo dell'accompagnatore  
27 novembre 2021



Grazie per l'attenzione

✉ [guido.nigrelli@irpi.cnr.it](mailto:guido.nigrelli@irpi.cnr.it)

🌐 <https://geoclimalp.irpi.cnr.it/>

**GeoClimAlp** Personale Progetti Ricerca Pubblicazioni Formazione Laboratorio Webcams

**Divulgazione**

**2021**

- 26 Agosto, sopralluogo al ghiacciaio dell'Invergnan
- Corso di giornalismo scientifico, 10 giugno: La stabilità ecologica del paesaggio culturale delle Alpi (Dino Genovese)
- Corso di giornalismo scientifico, 27 Maggio: Metrologia e terminologia (Andrea Merlone)
- Open access data: Solar radiation at the Bessanese high-elevation experimental site (Italy)
- Corso di giornalismo scientifico, 20 Maggio: Pericoli e rischi in alta quota (Marta Chiarle)
- L'Antropocene al corso di giornalismo scientifico del CNR-IRPI

**In evidenza**

- Catasto delle frane di alta quota nelle Alpi italiane
- Ambienti montani: relazioni tra cambiamenti climatici e processi di instabilità naturale
- Clima e crolli in ambiente alpino: gli studi a scala di bacino sono la soluzione
- Alpi: l'aumento della temperatura favorisce l'aumento di frane, soprattutto crolli di roccia

**Divulgazione scientifica**

Esplora le nostre attività  
Guarda i nostri video su YouTube

Il pdf di questa presentazione è disponibile sul ns sito web