

Lassù fa sempre più caldo: le montagne, sentinelle del clima futuro

Cambiamenti climatici e futuro dell'acqua

Elisa Palazzi

Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima (ISAC)

Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR)

Torino



Parco Nazionale del Gran Paradiso

16 Novembre 2018, Brugherio

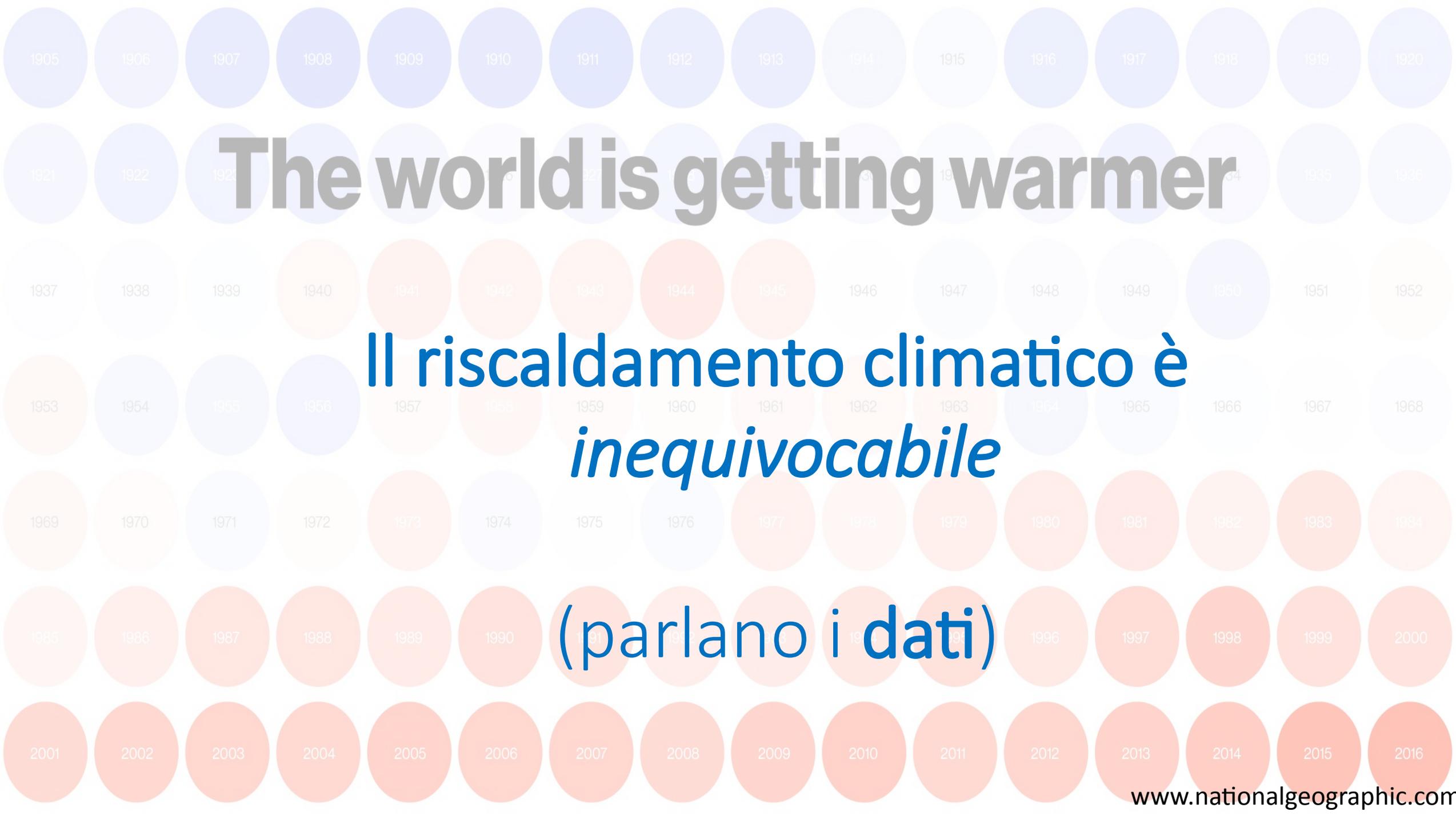
A global map showing temperature variations. The map uses a color scale from blue (colder) to red (warmer). The equatorial region is predominantly red, indicating higher temperatures, while the polar regions are blue, indicating lower temperatures. A vertical color scale on the left side of the map is labeled with degrees Fahrenheit (°F) and has markings at 4, 2, 0, -2, and -4. The text is overlaid on the map.

Prospettiva globale

Il mondo si sta scaldando?

Se si, da cosa dipende?

*Cosa c'è di diverso rispetto ai cambiamenti del lontano
passato?*



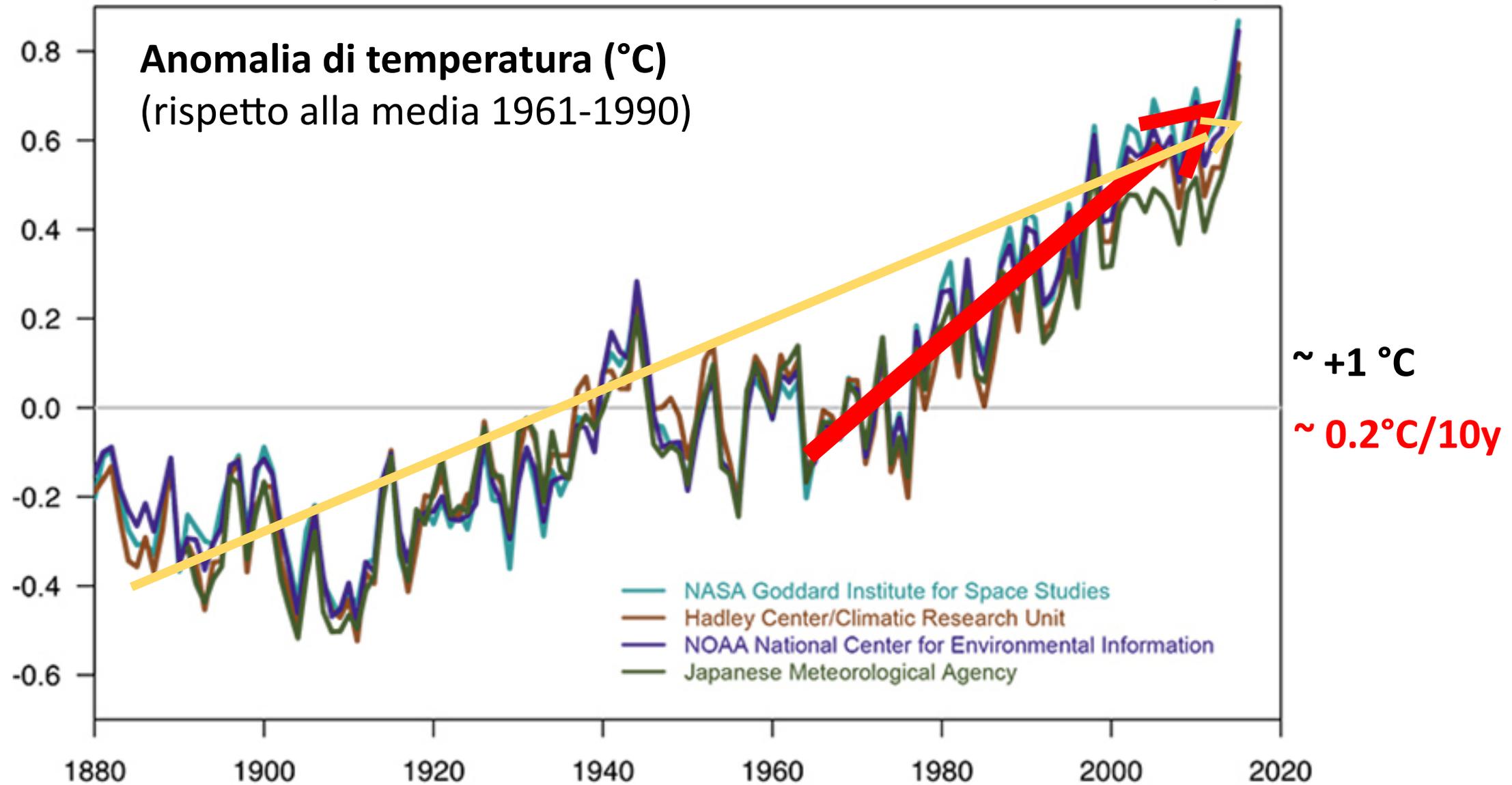
The world is getting warmer

**Il riscaldamento climatico è
*inequivocabile***

(parlano i dati)

Serie temporale della temperatura globale, dal 1880 a oggi

www.climate.nasa.gov

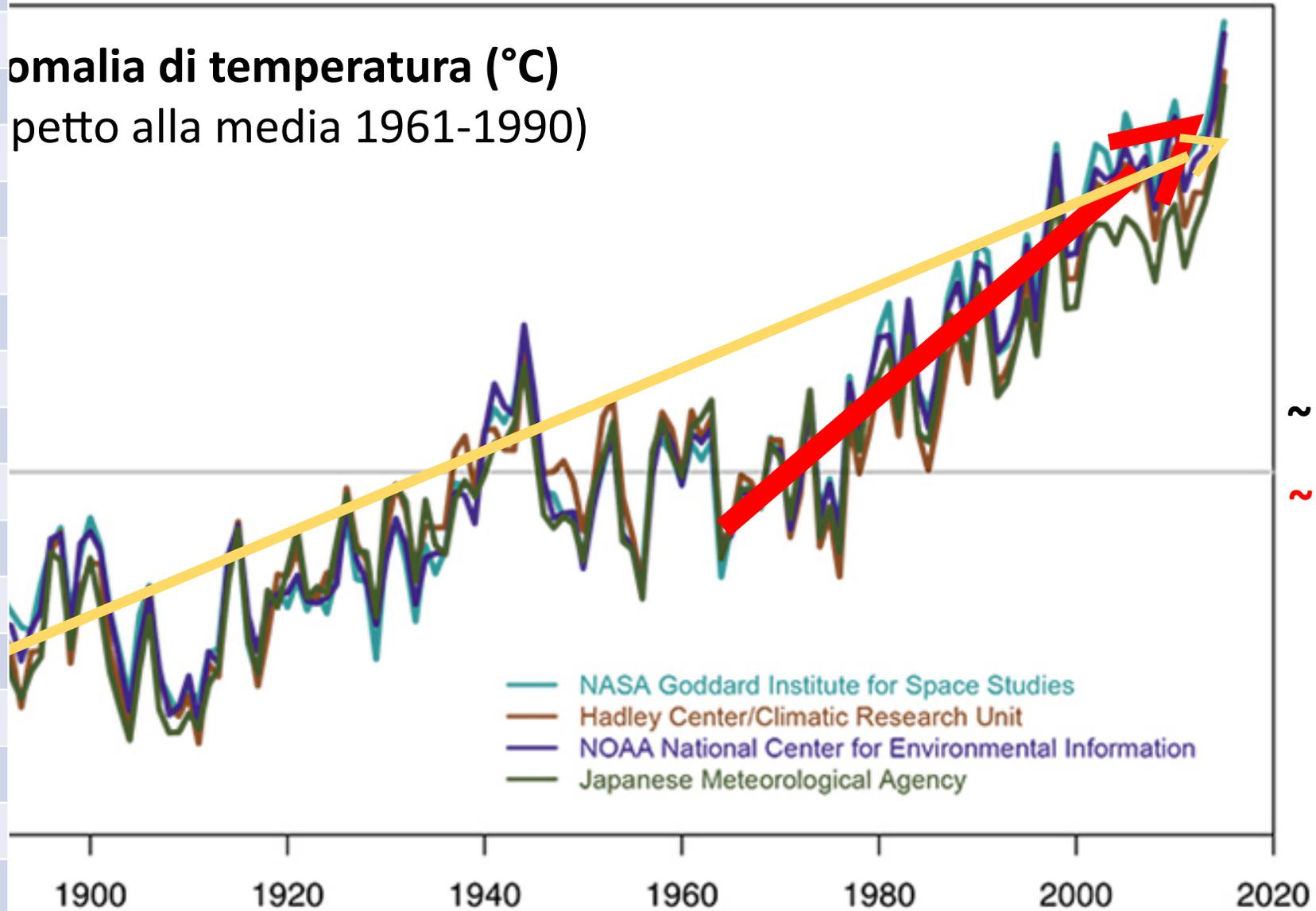


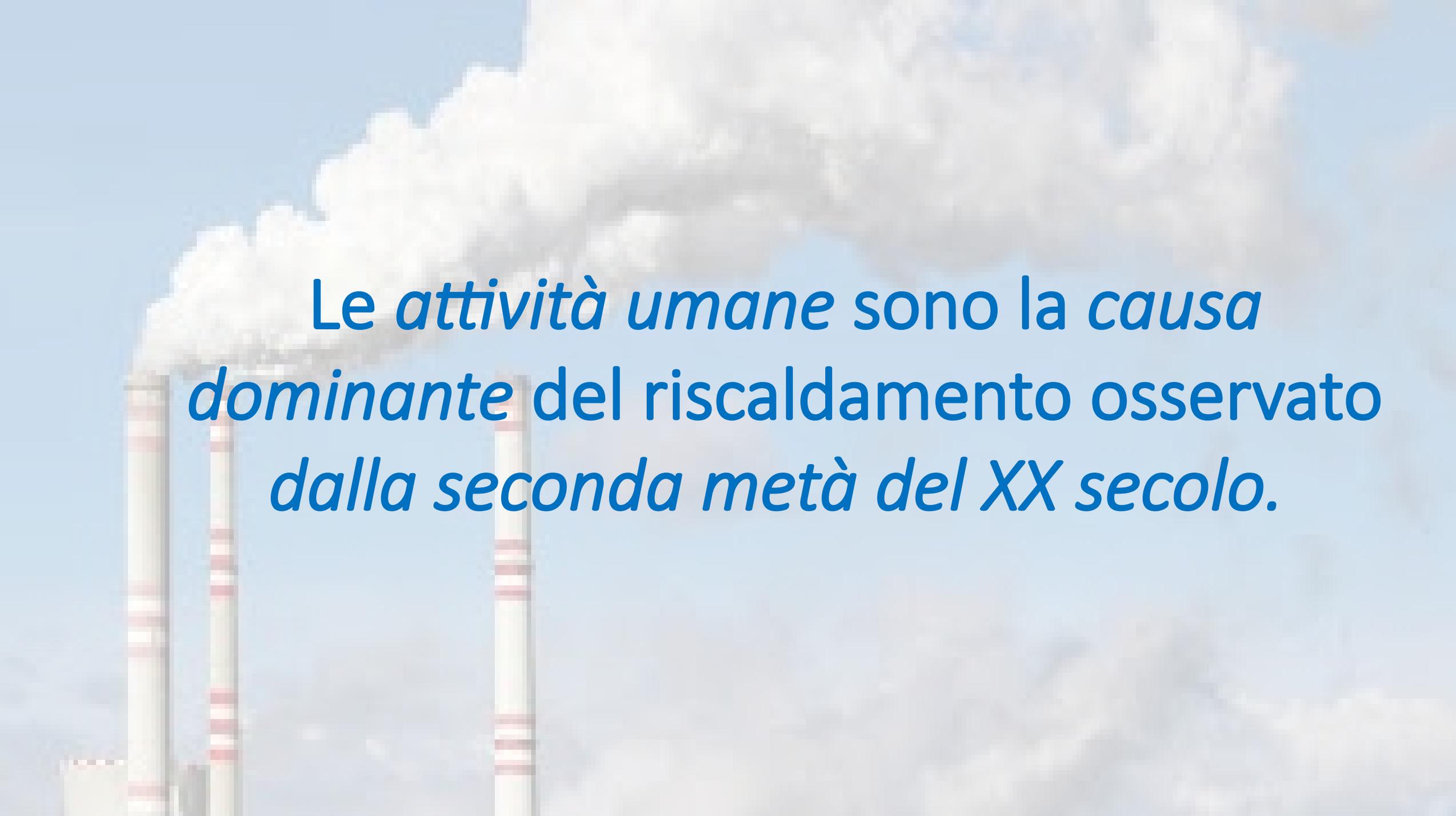
Serie temporale della temperatura globale, dal 1880 a oggi

1	2016
2	2017
3	2015
4	2014
5	2010
6	2013
7	2005
8	1998
8	2009
10	2012
11	2003
11	2006
11	2007
14	2002
15	2004
16	2011
17	2001
18	2008

www.climate.nasa.gov

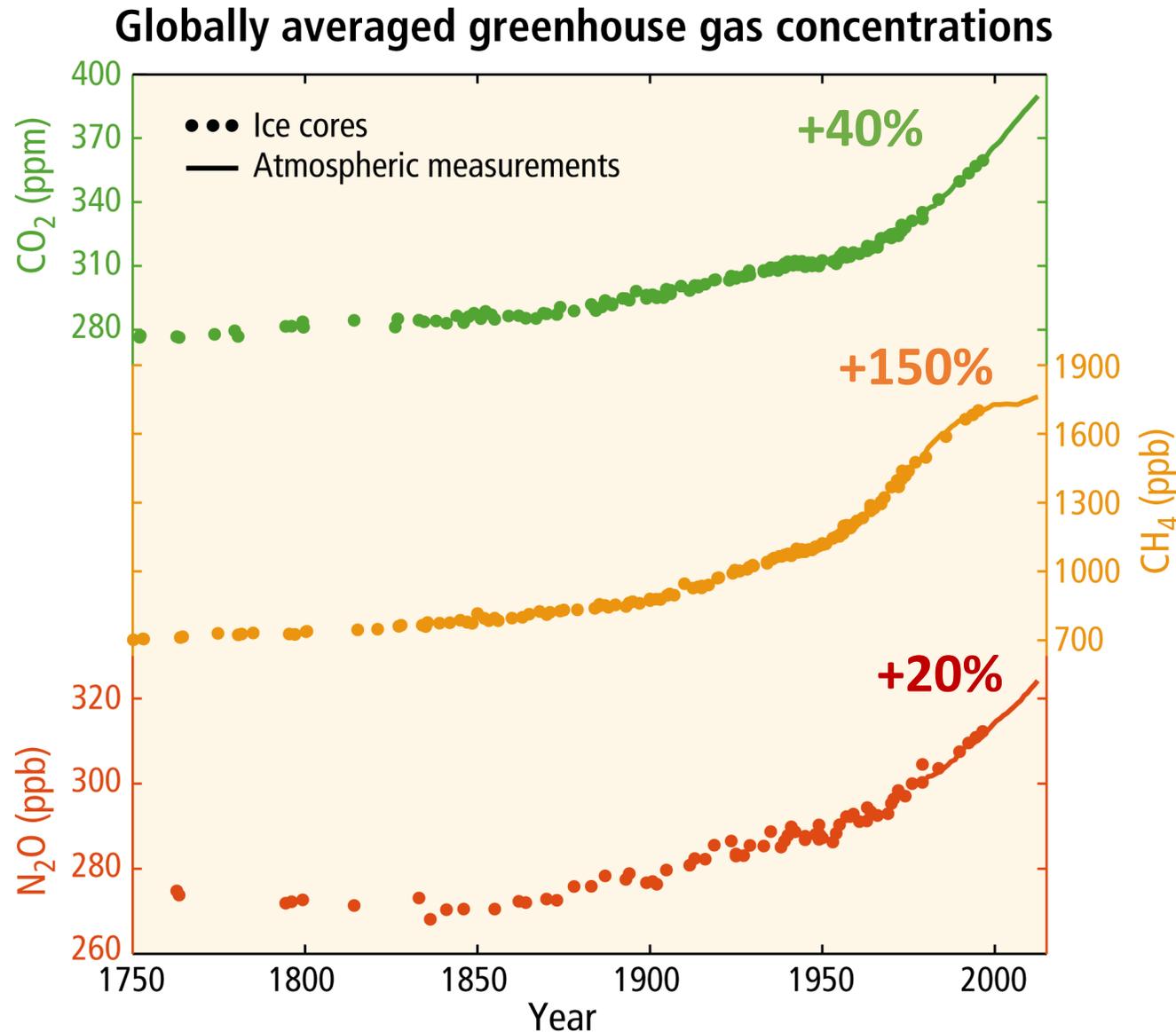
anomalia di temperatura (°C)
rispetto alla media 1961-1990)



The image shows several tall, white industrial smokestacks with red and white horizontal stripes. They are emitting thick, white plumes of smoke that rise into a clear blue sky. The smoke plumes are dense and billowing, creating a large, white cloud-like mass in the upper half of the frame. The overall scene is a classic representation of industrial pollution.

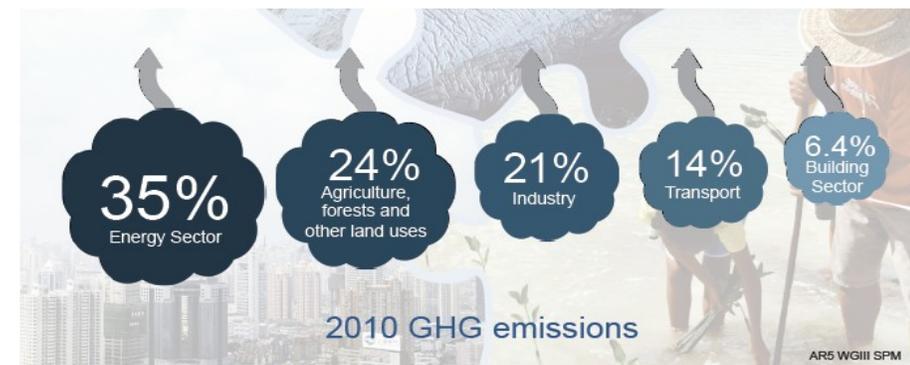
Le attività umane sono la causa dominante del riscaldamento osservato dalla seconda metà del XX secolo.

Aumenti *epocali* di gas a effetto serra

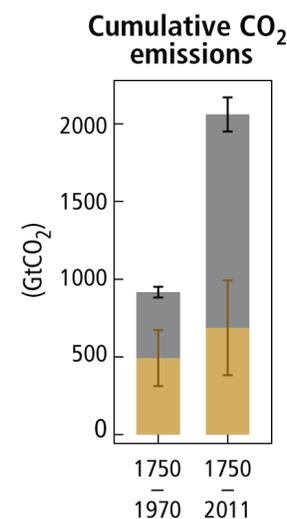
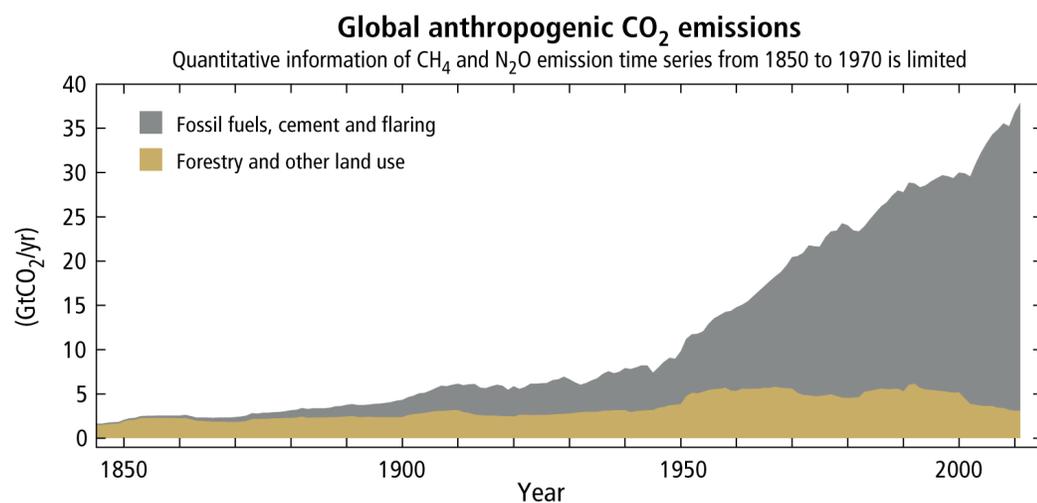


Le emissioni di gas serra sono aumentate dal 1750 ad oggi, con una forte **accelerazione negli ultimi 40 anni**, portando a un aumento di temperatura che è avvenuto con una **rapidità senza precedenti.**

Da dove viene la CO₂ antropica, e dove va a finire?



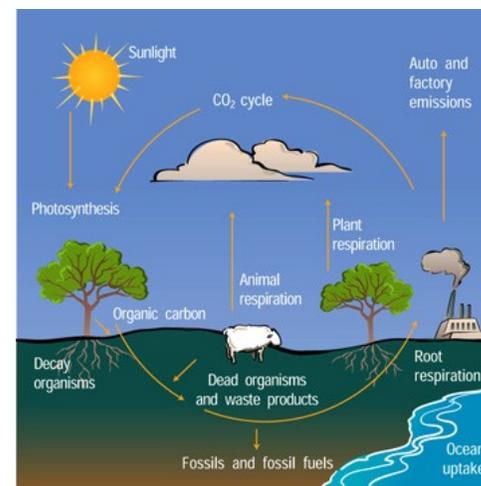
1. Produzione di energia
2. Agricoltura
3. Industria
4. Trasporti
5. Edilizia



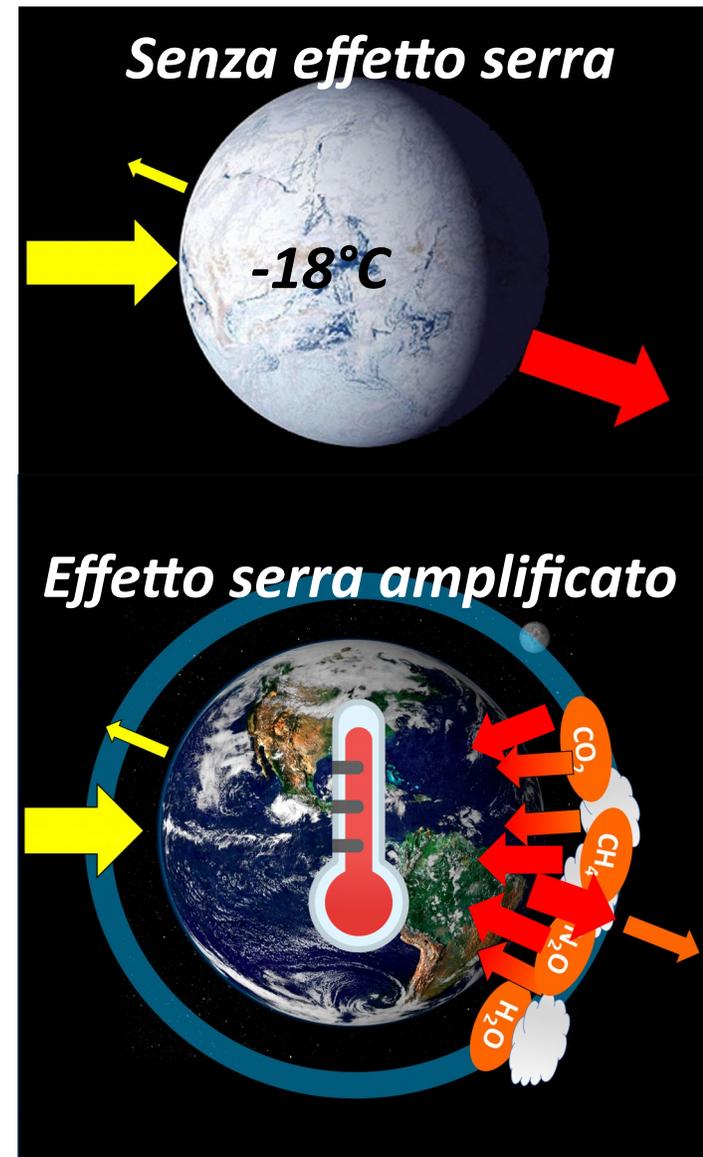
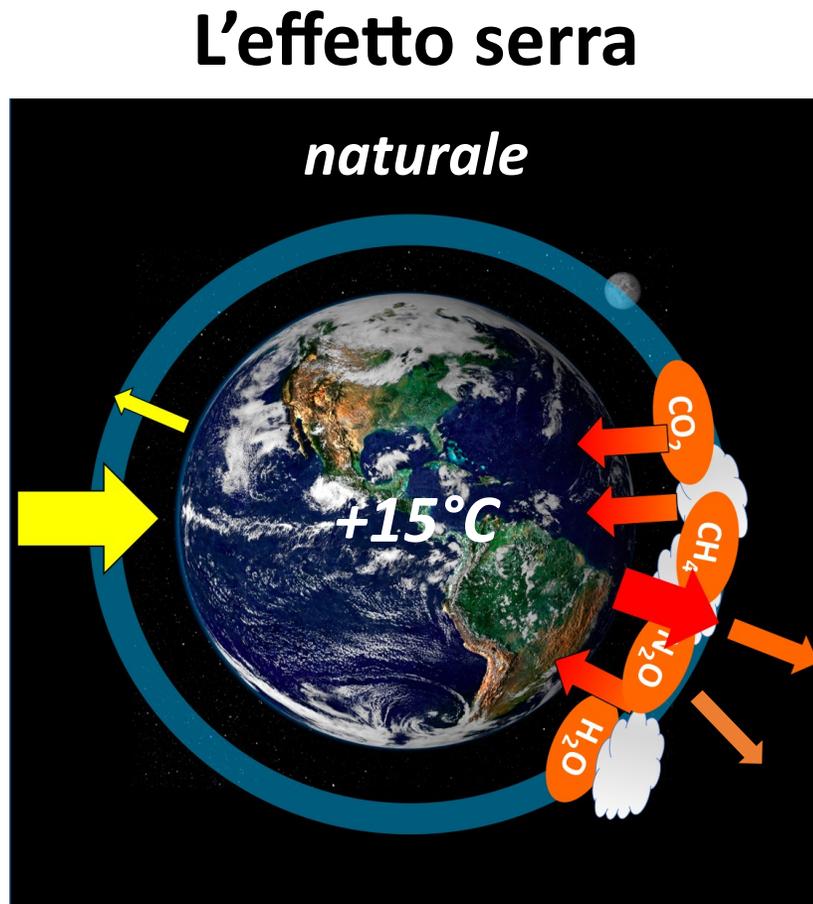
Da dove viene la CO2 antropica, e dove va a finire?



Con questa velocità di crescita delle emissioni, **oceano e vegetazione non sono in grado di rimuovere efficacemente la CO2 dall'atmosfera**, come avveniva nei passati secoli e millenni



Amplificazione dell'effetto serra naturale

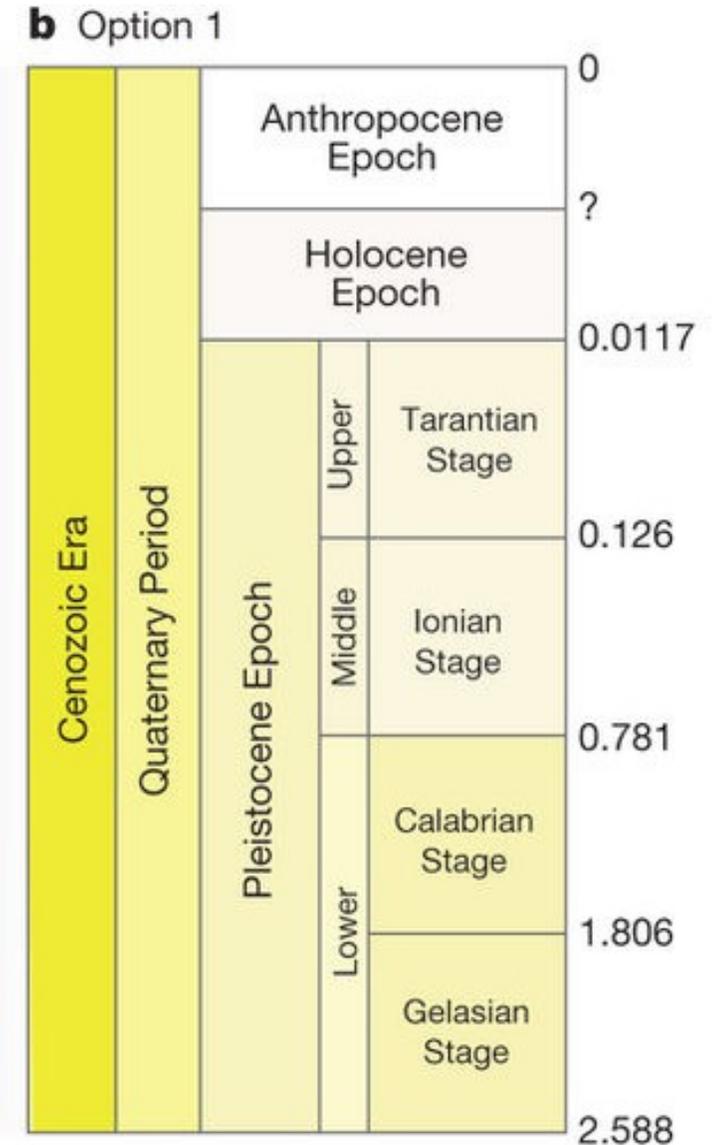
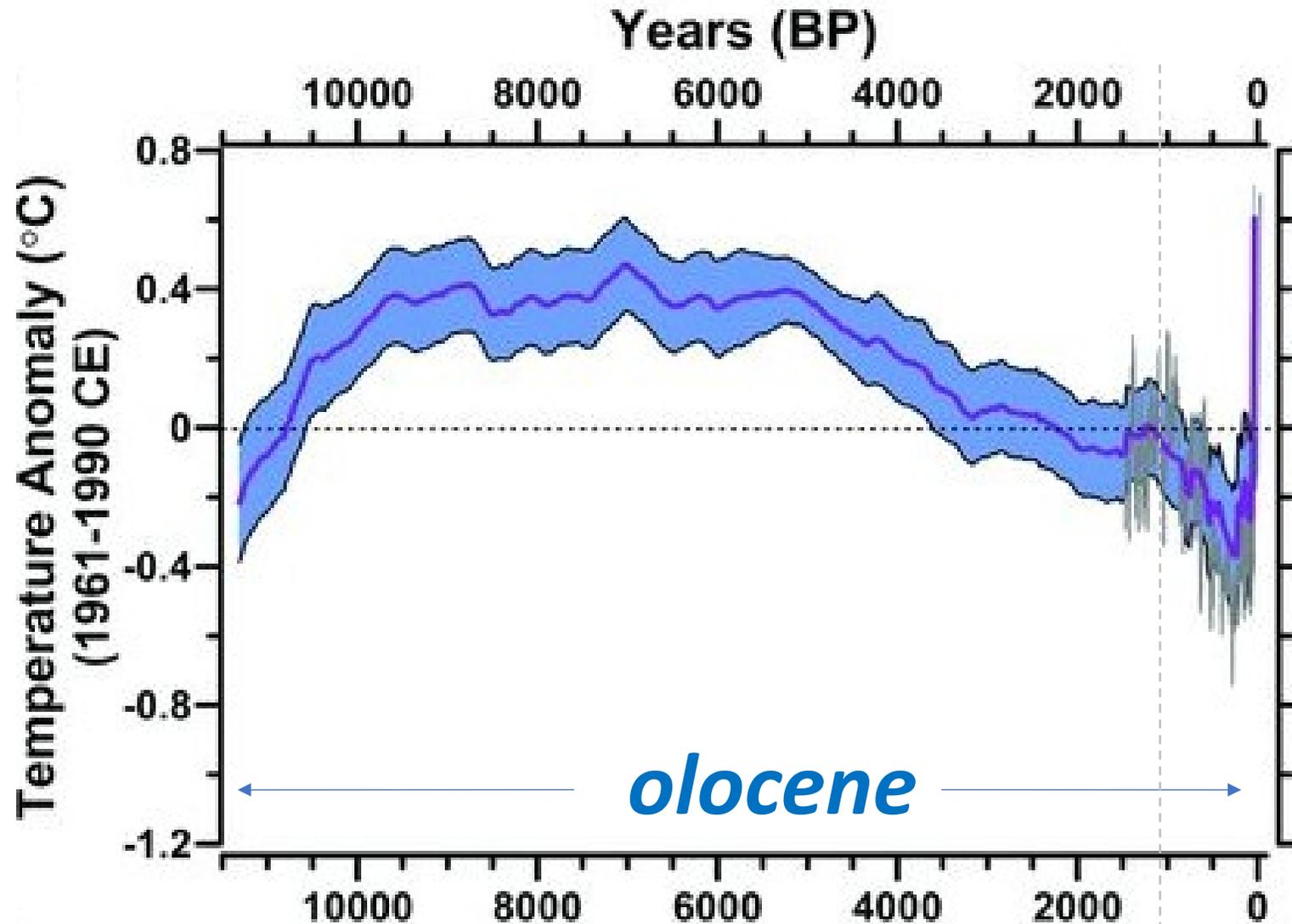


da 3 miliardi di anni, ha mantenuto la temperatura della Terra entro un intervallo di valori buoni per la vita



I cambiamenti climatici nel passato sono avvenuti *in tempi più lunghi e per cause diverse*

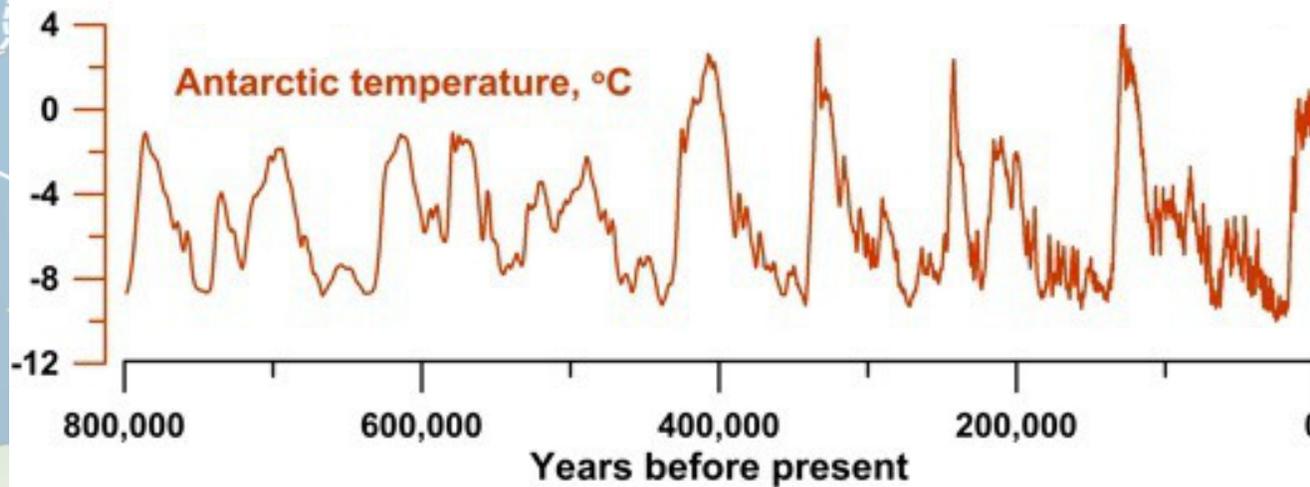
Temperatura globale, ultimi 12000 anni



Temperatura e CO2, ultimo milione di anni



8 glaciazioni,
intervallate da
periodi più caldi



The 800,000-year record of atmospheric CO₂ from the EPICA Dome C and Vostok ice cores, and a reconstruction of local Antarctic temperature based on deuterium/hydrogen ratios in the ice. The current CO₂ concentration of 392 ppmv is shown by the blue star. (data from Lüthi et al., 2008, Nature, 453, 379-382, and Jouzel et al., 2007, Science, 317, 793-797).

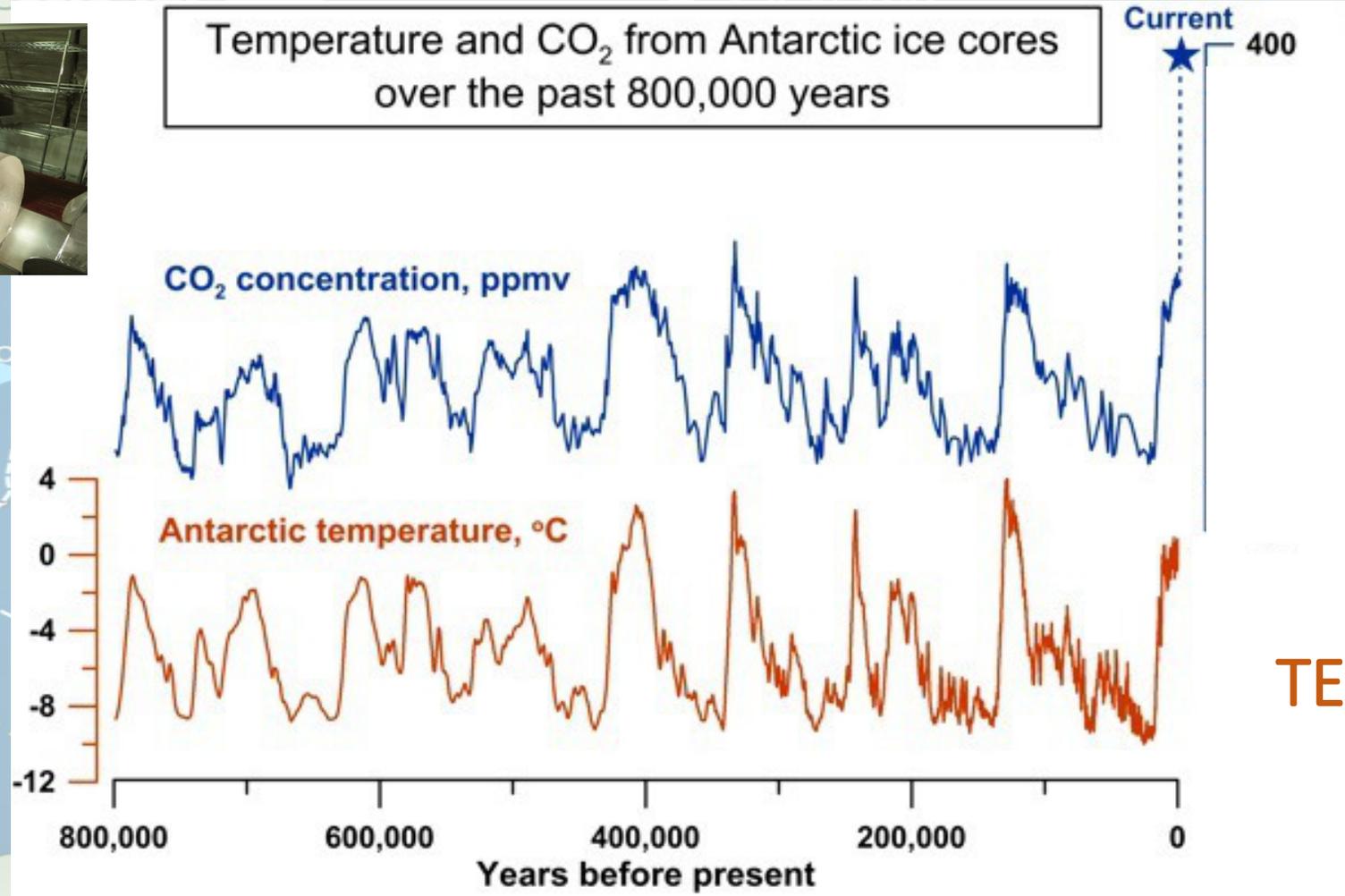
CO₂

TEMPERATURA

Temperatura e CO₂, ultimo milione di anni



Temperature and CO₂ from Antarctic ice cores over the past 800,000 years



8 glaciazioni, intervallate da periodi più caldi

CO₂
TEMPERATURA

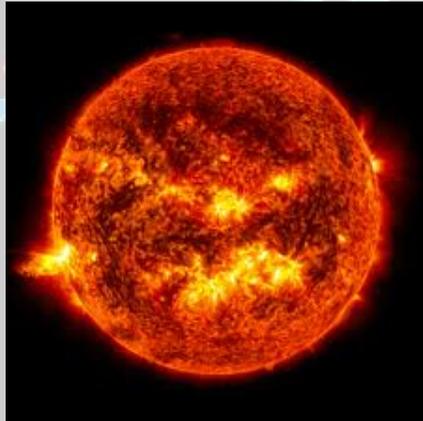
The 800,000-year record of atmospheric CO₂ from the EPICA Dome C and Vostok ice cores, and a reconstruction of local Antarctic temperature based on deuterium/hydrogen ratios in the ice. The current CO₂ concentration of 392 ppmv is shown by the blue star. (data from Lüthi et al., 2008, Nature, 453, 379-382, and Jouzel et al., 2007, Science, 317, 793-797).

Milankovitch Cycles

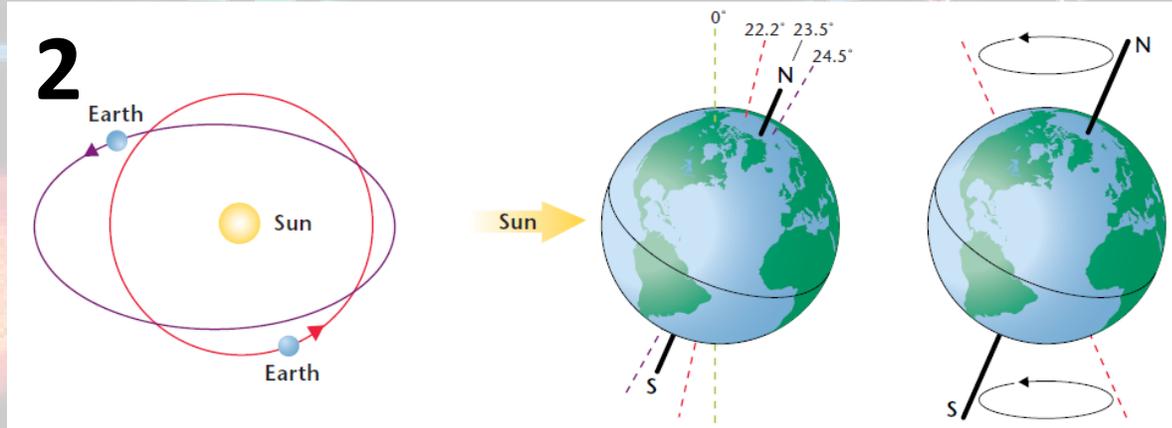
Le cause dei cambiamenti del clima nel passato

Nel lontano passato il clima cambiava **solo per cause naturali**

1



2



3



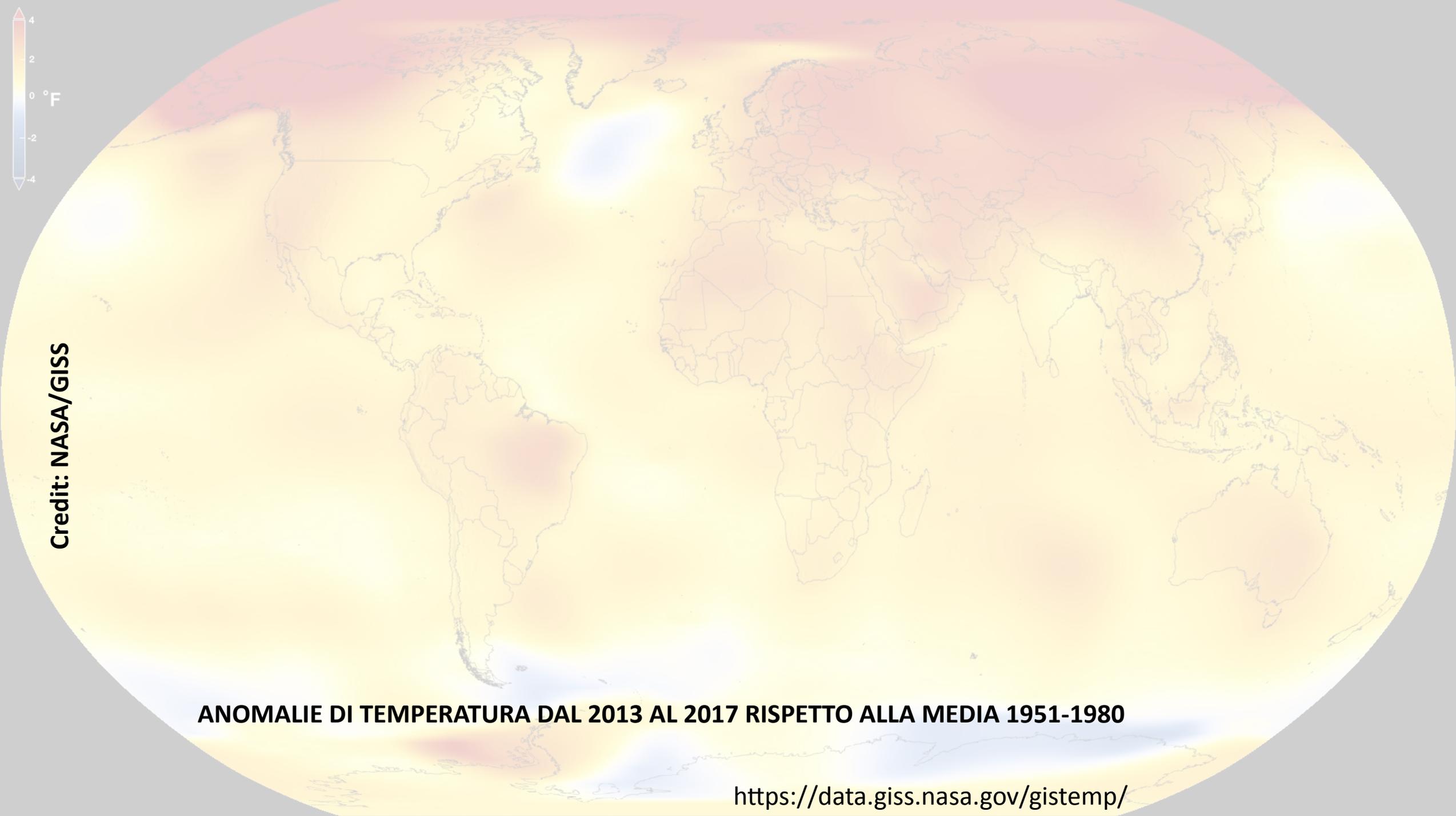
1. Attività solare
2. Variazioni nei parametri orbitali
3. Eruzioni vulcaniche

21.5°–24.5°
Currently 23.5°

A world map showing temperature anomalies. The map uses a color scale from -4 to 4 degrees Fahrenheit. The scale is shown on the left side of the map, with 4 at the top (red), 2 in the middle (orange), 0 in the center (yellow), -2 in the middle (light blue), and -4 at the bottom (dark blue). The map shows significant warming (red and orange) in the Northern Hemisphere, particularly in the Arctic region, and some warming in the Southern Hemisphere. The equatorial region is mostly yellow, indicating moderate warming. The text "Regioni hotspot" is written in black at the top center of the map.

Regioni hotspot

Il riscaldamento è uguale dappertutto?



Credit: NASA/GISS

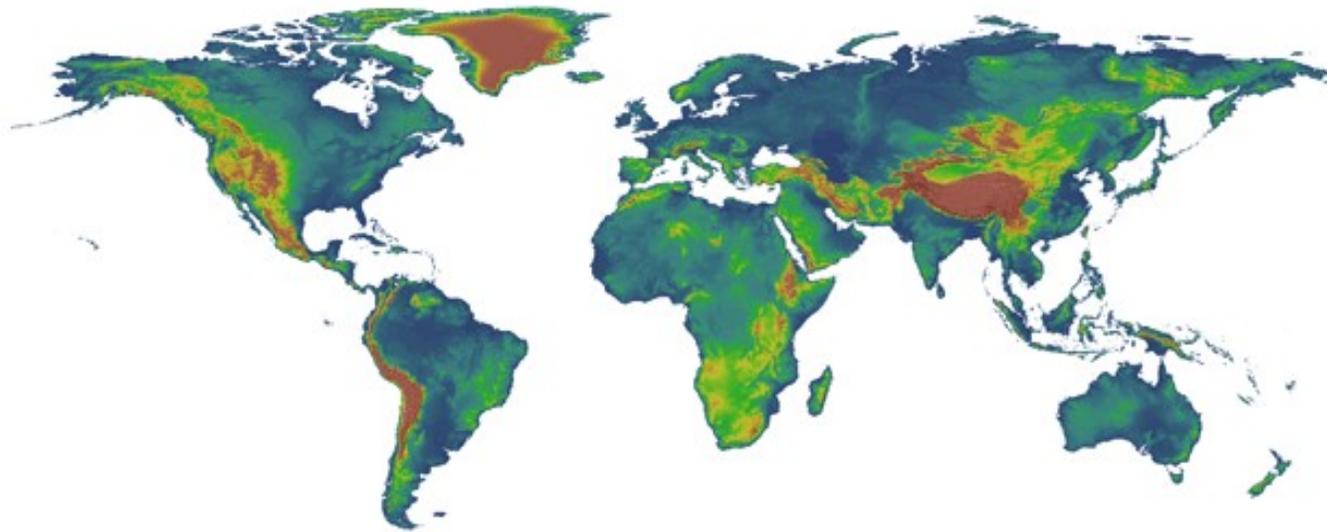
ANOMALIE DI TEMPERATURA DAL 2013 AL 2017 RISPETTO ALLA MEDIA 1951-1980

<https://data.giss.nasa.gov/gistemp/>

A high-altitude mountain landscape. In the foreground, a valley floor is covered with patches of snow and green grass. The middle ground shows a deep valley with steep, rocky slopes. In the background, several mountain peaks are visible, some partially obscured by a thick layer of white clouds that fills the valley. The sky is overcast with grey clouds.

Le zone fredde rispondono in maniera
amplificata al riscaldamento

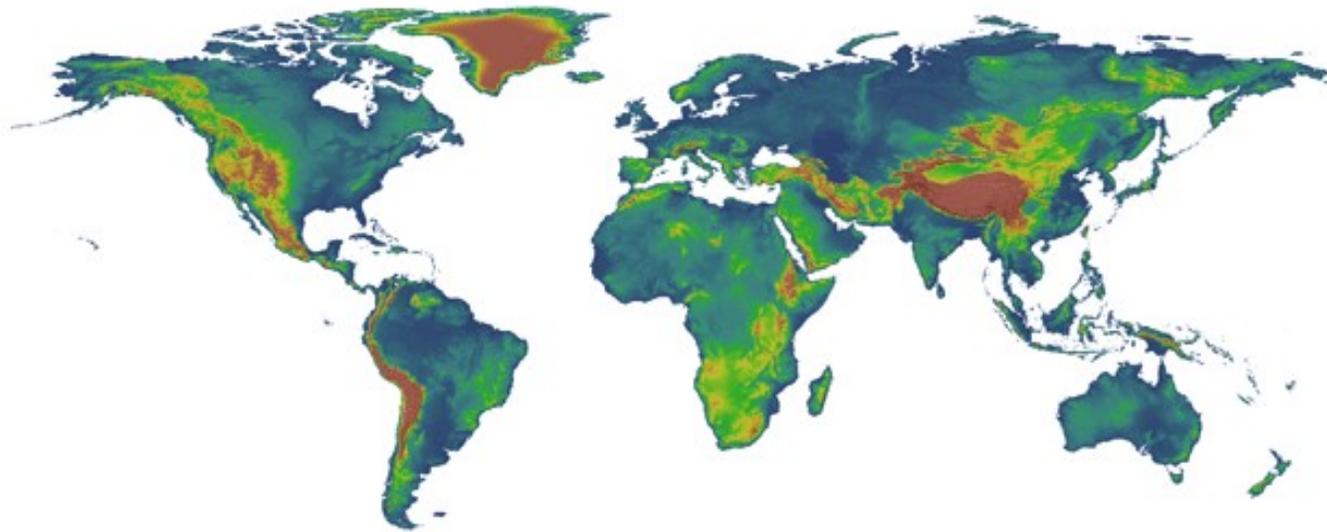
Le regioni di alta quota: «punti caldi» del clima



Le montagne sono **IMPORTANTI**

- Sono **globali** e trascendono i confini politici
- Forniscono un certo numero di **servizi** alle regioni di pianura
- Sono le **TORRI d'ACQUA** per le regioni di pianura

Le regioni di alta quota: «punti caldi» del clima

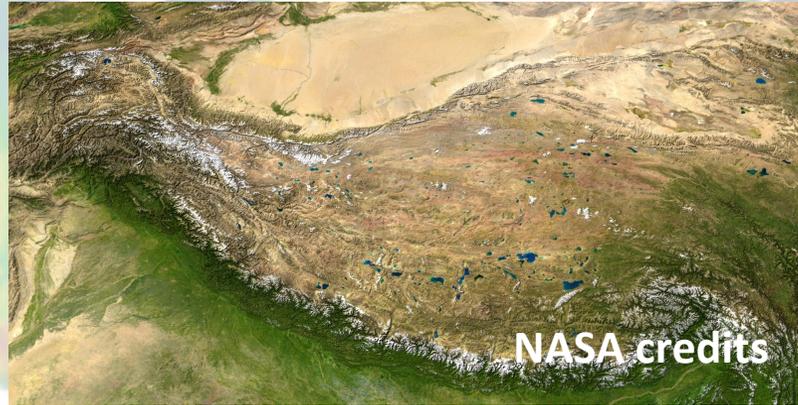


Le montagne sono **VULNERABILI**

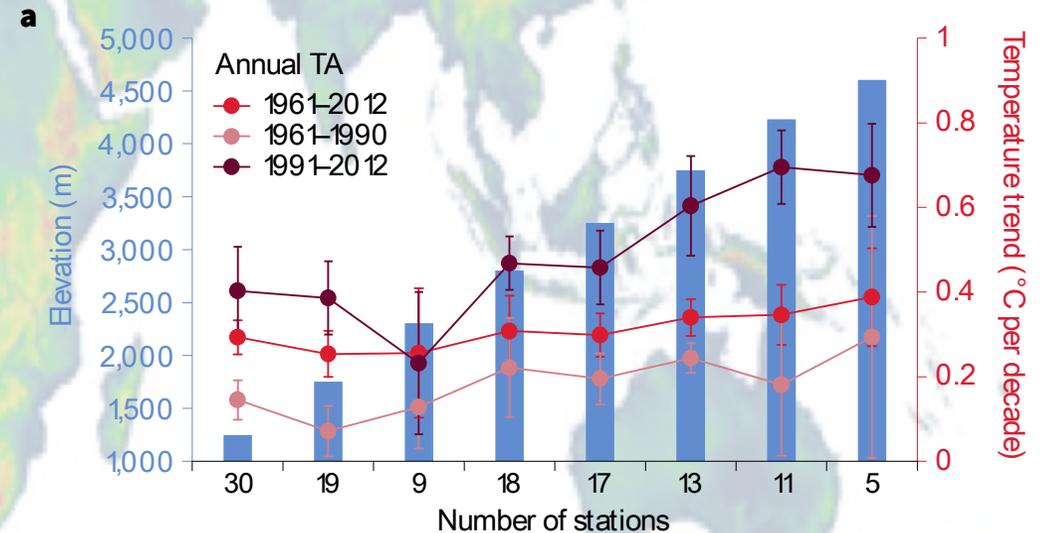
- Rispondono in maniera **amplificata** all'aumento di temperatura
- Sono **indicatori** naturali e a noi vicini **dello stato di salute del pianeta**

Amplificazione del riscaldamento in montagna

Himalaya-Plateau Tibetano



La temperatura tra il 1991 e il 2012 è aumentata con un tasso di **0.7-0.8°C/decennio al di sopra dei 4.000 m** e di **0.3-0.4°C/decennio sotto i 2500 m**



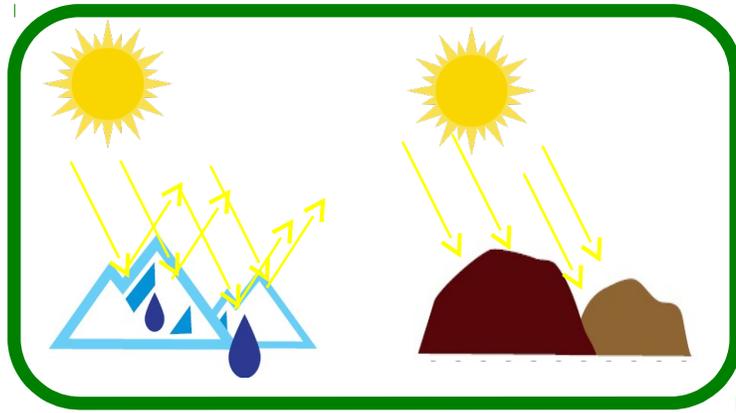
Tasso di riscaldamento maggiore

alle quote più elevate

nel periodo più recente

Cause dell'amplificazione del riscaldamento in montagna

Retroazione ghiaccio-albedo



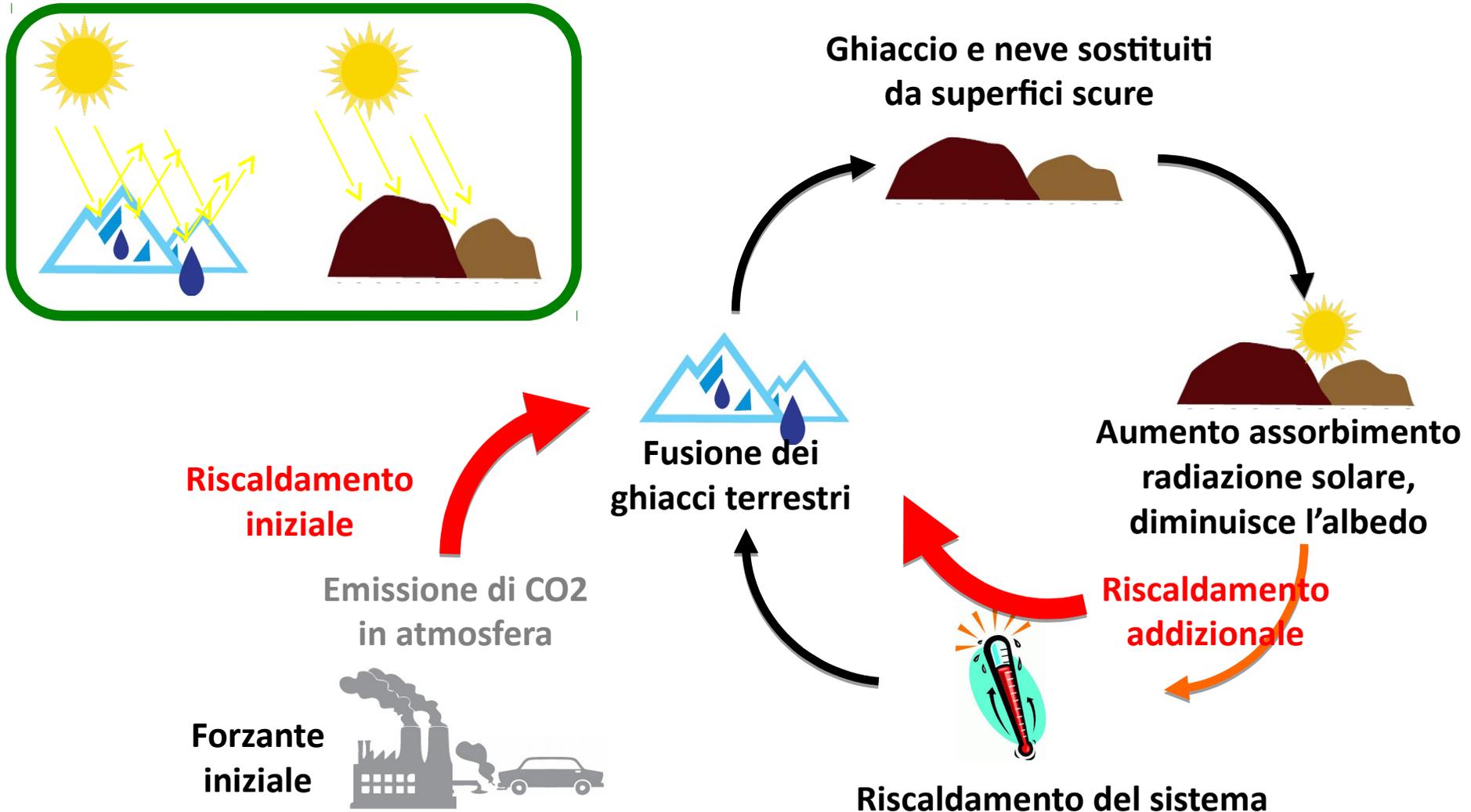
Meno
riscaldamento

Più
riscaldamento

Albedo

Cause dell'amplificazione del riscaldamento in montagna

Retroazione ghiaccio-albedo



Conseguenze/indicatori del riscaldamento in montagna

GHIACCIAI IN DECLINO



1897
(f. Druetti)

2005
(f. L. Mercalli)

2012
(f. L. Mercalli)

Il ritiro dei ghiacciai: un robusto indicatore degli effetti regionali del riscaldamento globale, facilmente percepibile da chiunque

Conseguenze/indicatori del riscaldamento in montagna

GHIACCIAI IN DECLINO



Dipinto del **ghiacciaio del Rodano**,
Caspar Wolf (1735-1783)

Svizzera



Conseguenze/indicatori del riscaldamento in montagna

GHIACCIAI IN DECLINO

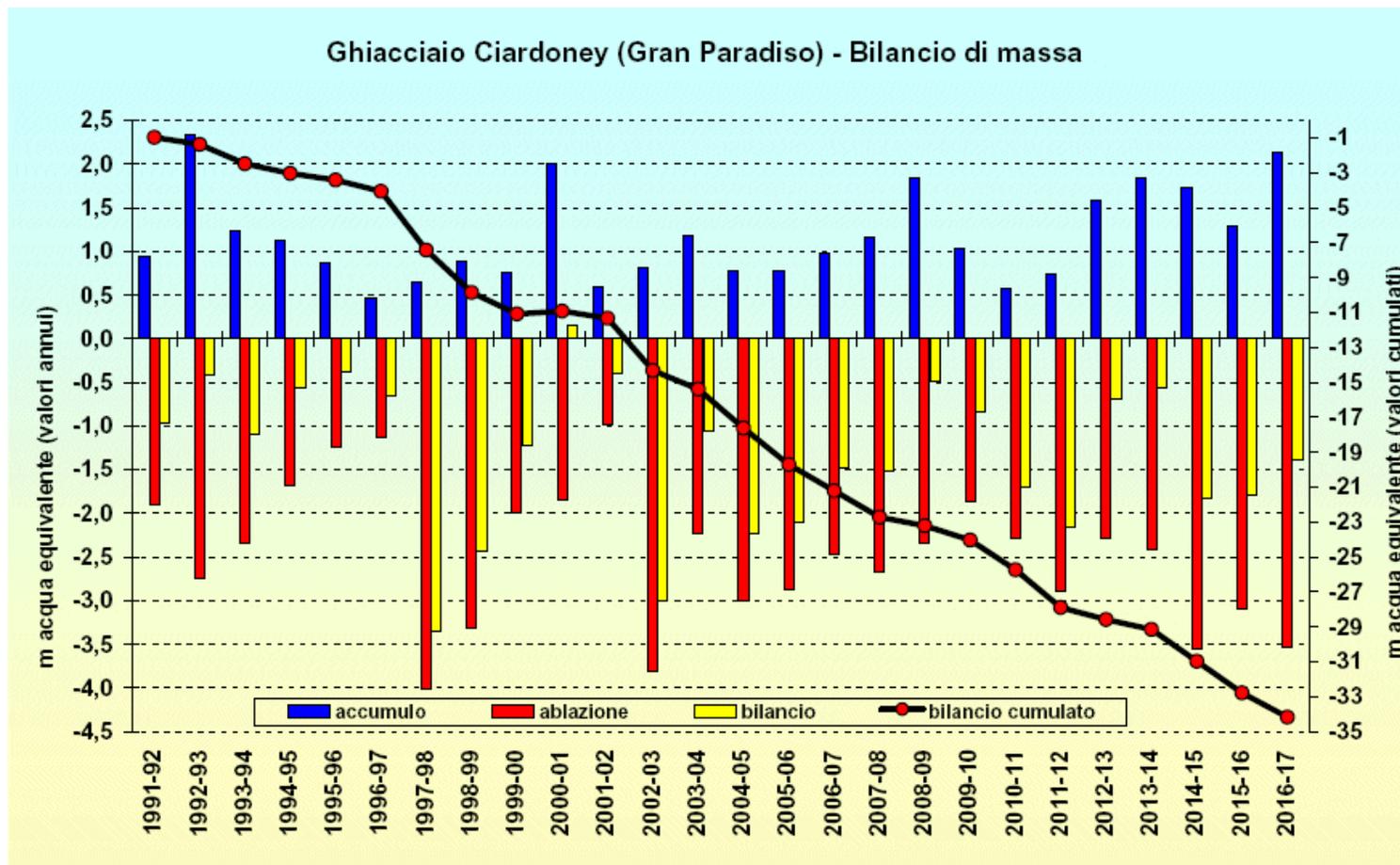


Fradusta, Pale di San Martino, Trentino

Conseguenze/indicatori del riscaldamento in montagna

GHIACCIAI IN DECLINO

Ghiacciaio Ciardoney (Gran Paradiso) – Bilancio di massa



Accumulo invernale
e **fusione estiva**, si
verificano ogni anno.

**Ma la tendenza a
lungo termine
evidenzia un bilancio
di massa negativo**

Le montagne sentinelle dei cambiamenti climatici

(rassegna stampa dell'estate 2017)

LA STAMPA ITALIA

SEGUICI SU    ACCEDI 



o picnic in compagnia?

Via al ponte di Ferragosto, code e rallentamenti sulle autostrade. Tregua dal

Lite in strada a Bologna per l'ibernazione della madre. intervengono i

"Voi trans non vi vogliamo", cacciate dal ristorante

Morta la donna aggredita in ospedale a Taranto

Milano: tampona e uccide un altro automobilista, arrestato perché guidava

In maglietta a quota tremila metri sul ghiacciaio che non esiste più

Il racconto del climatologo dal Sommeiller (Alpi Cozie)



Ghiacciaio del Sommeiller, Francia. Ancora florido negli anni 1970-80, ha poi iniziato la sua ritirata, fino a rendere inservibili gli impianti sciistici, chiusi nel 1985.

*“16 gradi a quota 3000 m. Troppo per quelle antiche montagne che s’interrogano su quale nuova era geologica stia iniziando. Noi lo sappiamo, si chiama **Antropocene**, e nulla facciamo per fermarla prima che sia tardi.”*



Le montagne sentinelle dei cambiamenti climatici

(rassegna stampa dell'estate 2017)

R.it

Torino

Home

Cronaca

Sport

GIUBILEO
www.giubileo.com
011-811
la Cerimonia Funebre

L'estensione dei nevai in quota intorno al 20 Luglio è stata pari a quella che nel 2016 si misurava a fine agosto (deficit fino al 60% in alcune regioni)

Il nevaio si esaurisce e manca l'acqua, sul Monte Bianco il rifugio chiude

Al Gonella, sul versante italiano del massiccio, la situazione è drammatica

di GUIDO ANDRUEITTO

“Da adesso fino a settembre, con la forte esposizione al sole e con il caldo che ha fatto a giugno, non so come farà la nevicata del prossimo inverno a compensare la perdita che si è registrata quest'estate”

f 634 t g+ in

“[...] quando sparisce un nevaio si può sperare ancora che si riformi l'anno dopo grazie ad un inverno nevoso, all'arretramento dei ghiacciai non c'è rimedio, se non in tempi geologici.”

Il grido d'allarme degli scienziati: la neve in quota fonde troppo rapidamente

La situazione in alta montagna è un campanello d'allarme per chi vive in pianura

di VALENTINA ACORDON

Le montagne sentinelle dei cambiamenti climatici

(rassegna stampa dell'estate 2017)

Le sorgenti del Po (2020 m) sono in secca a Pian del Re, alla base del Monviso, evento molto raro.

Poco più a valle diversi rivoli si uniscono per dare vita al torrente destinato a diventare il fiume più lungo d'Italia.



AMBIENTE



56

Allarme siccità, in secca le sorgenti del Po: niente acqua su Monviso



Ai 2.020 metri di quota del Pian del Re, accanto alla pietra scolpita con la celebre frase «Qui nasce il Po», dalla roccia non esce una goccia d'acqua. I primi otto mesi del 2017 sono stati i più «asciutti» dal 1800



di Beatrice MontiniBeatrice Montini

“La secca del Po mette a **rischio** oltre un terzo della produzione agricola italiana, così come più della metà degli allevamenti”
(Coldiretti)

Le montagne sentinelle dei cambiamenti climatici

(rassegna stampa dell'estate 2017)

Le sorgenti del Po (2020 m) sono in secca a Pian del Re, alla base del Monviso, evento molto raro.

Poco più a valle diversi rivoli si uniscono per dare vita al torrente destinato a diventare il fiume più lungo d'Italia.

1. Riserve glaciali e di neve quasi del tutto esaurite in particolare nella zona del Monviso

+

2. Estate torrida

Da dicembre 2016 ad agosto 2017 è stato registrato un deficit del 40% di precipitazione e i primi 8 mesi del 2017 sono i più secchi in questa regione dal 1800



AMBIENTE

Allarme siccità, in secca le sorgenti del Po: niente acqua su Monviso



56



Ai 2.020 metri di quota del Pian del Re, accanto alla pietra scolpita con la celebre frase «Qui nasce il Po», dalla roccia non esce una goccia d'acqua. I primi otto mesi del 2017 sono stati i più «asciutti» dal 1800



di Beatrice MontiniBeatrice Montini

“La secca del Po mette a rischio oltre un terzo della produzione agricola italiana, così come più della metà degli allevamenti”
(Coldiretti)

Conseguenze/indicatori del riscaldamento in montagna

DEGRADAZIONE DEL PERMAFROST

Il gigante dormiente del clima

Causata dalla “propagazione” del riscaldamento al di sotto della superficie

Effetti sulla stabilità dei versanti, aumento della probabilità di frane e crolli, problemi di sicurezza di un territorio maggiormente esposto a **rischi**.

Emissioni di metano e anidride carbonica, gas a effetto serra se il permafrost fonde → potenziale feedback positivo

Conseguenze/indicatori del riscaldamento in montagna

DURATA INNEVAMENTO

- Cambiamenti nella precipitazione e aumento di temperatura → **diminuzione della copertura nevosa (sia come spessore sia come permanenza)**
- Cambiamento nella stagionalità della fusione nivale (Anticipo della fusione) → **il rischio è che la fusione della neve sia già terminata nel momento di maggiore richiesta a valle, quando piove poco e fa caldo come avviene in estate.**

The Water Cycle

Se in montagna fa più caldo



il ciclo dell'acqua cambia

Se in montagna fa più caldo

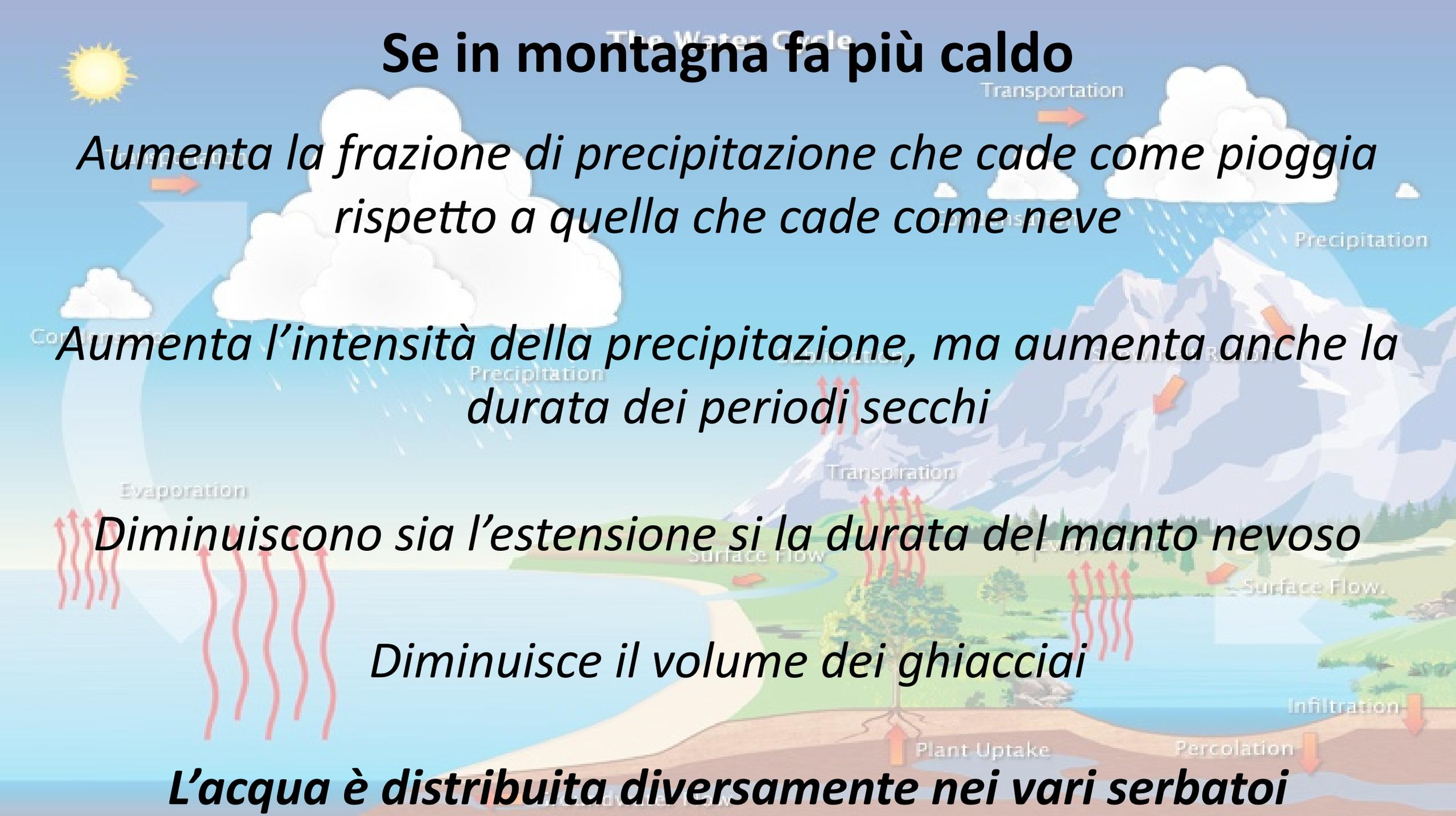
Aumenta la frazione di precipitazione che cade come pioggia rispetto a quella che cade come neve

Aumenta l'intensità della precipitazione, ma aumenta anche la durata dei periodi secchi

Diminuiscono sia l'estensione sia la durata del manto nevoso

Diminuisce il volume dei ghiacciai

L'acqua è distribuita diversamente nei vari serbatoi



**«What happens in the mountains ...
does not stay in the mountains»**

*I cambiamenti nel ciclo idrologico montano hanno
conseguenze anche nelle regioni distanti dalle montagne*

Quali gli **impatti** principali?

Perché si parla di **rischio**?

Impatti sulle risorse idriche e rischio



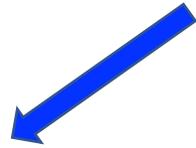
Acqua, se ce n'è troppo poca (carenza di risorse idriche) → siccità, carestie, rischio incendi



Acqua, se ce n'è troppa e in poco tempo → Più eventi di precipitazione intensa e alluvioni con rischi per instabilità dei versanti, frane, e geo-idrologici

Gli eventi estremi e il rischio

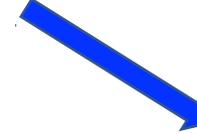
Rischio = Pericolosità x Vulnerabilità



Dovuta alla presenza di agenti esterni
come quelli meteo-climatici

*I cambiamenti climatici stanno
aumentando la frequenza e/o intensità
degli eventi meteo-climatici estremi?*

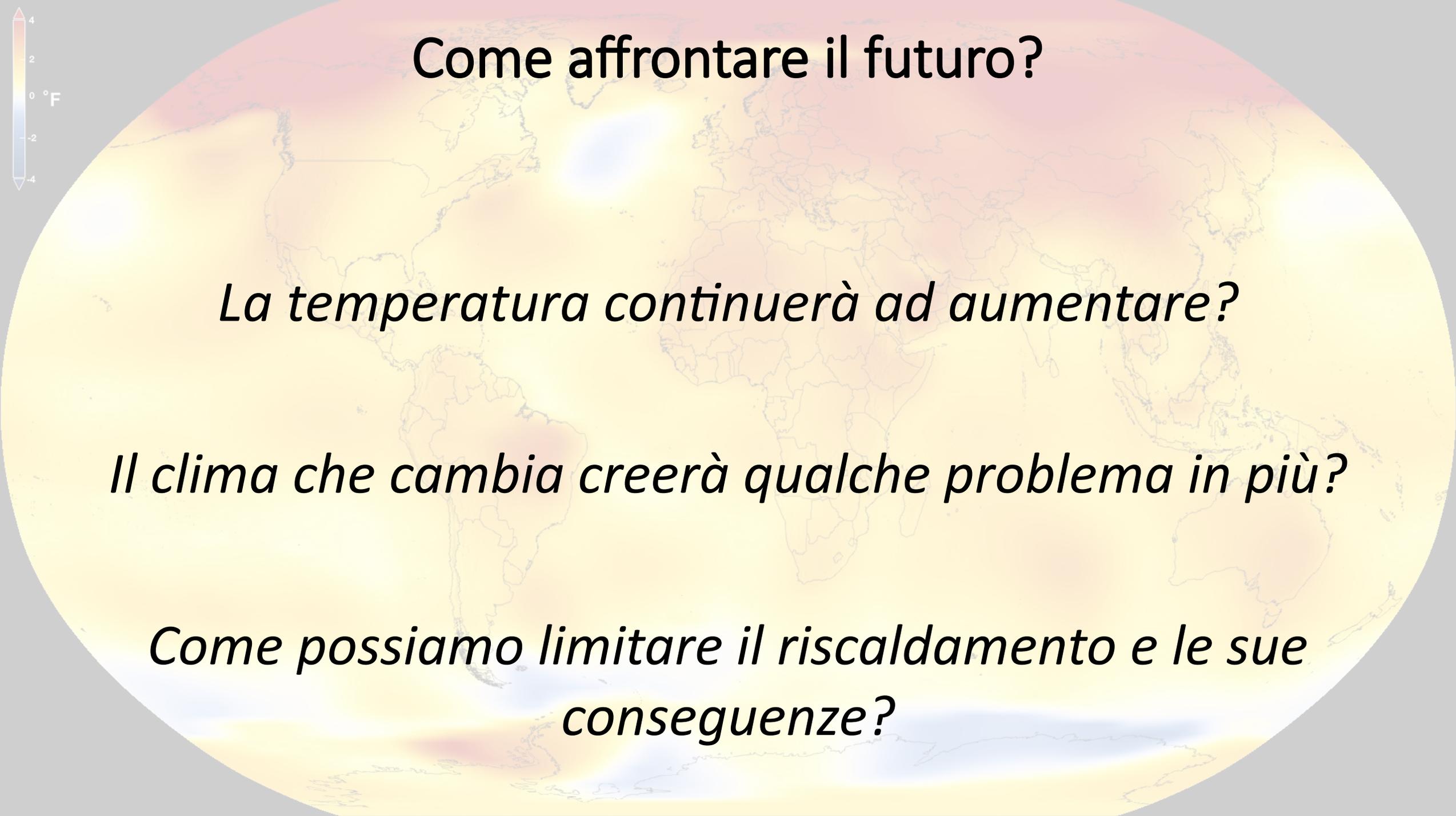
Per l'intensità (legata alla quantità di vapore
acqueo e di energia presenti in atmosfera)
sicuramente sì; per la frequenza è un po' più
complicato



Vulnerabilità del territorio su
cui l'agente esterno agisce

*Il nostro territorio sta diventando
sempre più vulnerabile?*

Sì, a causa dell'antropizzazione del
territorio, cambiamenti nell'uso del
suolo (cementificazioni, abitazioni
costruite in luoghi non idonei, etc.)

A world map showing temperature variations. A vertical color scale on the left indicates temperature in degrees Fahrenheit, ranging from -4 to 4. The map shows a color gradient from blue (cooler) to red (warmer), with the warmest areas (red) concentrated in the northern hemisphere and the coldest areas (blue) in the southern hemisphere. The text is overlaid on the map.

Come affrontare il futuro?

La temperatura continuerà ad aumentare?

Il clima che cambia creerà qualche problema in più?

Come possiamo limitare il riscaldamento e le sue conseguenze?

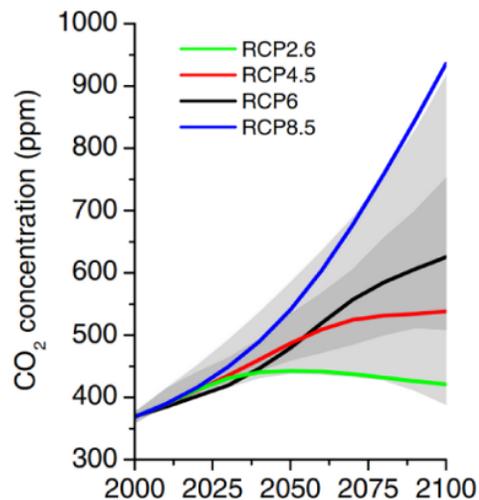
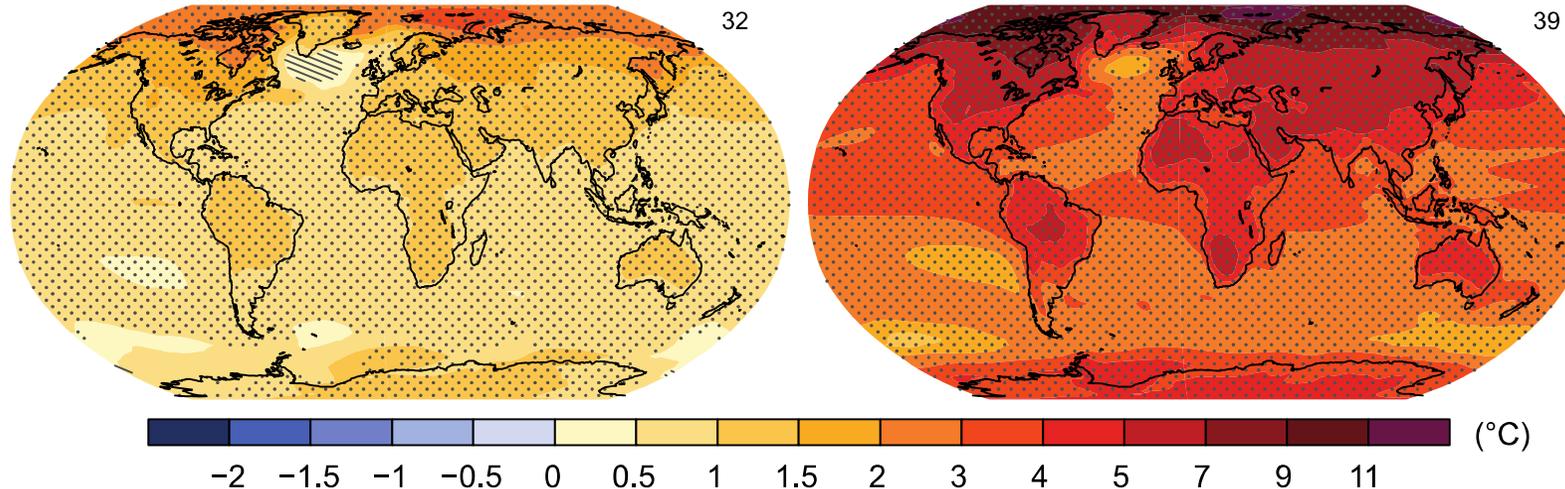
Scenari di aumento di temperatura **globale** nel XXI secolo

Temperature globali

RCP 2.6

RCP 8.5

(a) Change in average surface temperature (1986–2005 to 2081–2100)



P.S: Sulla base di una serie di assunzione su come potrà evolvere la società in futuro (queste prendono il nome di “scenari”) i modelli climatici vengono fatti “correre” per fornire proiezioni su come potrà evolvere il clima in futuro. Gli scenari oggi utilizzati sono 4 ed ciò equivale a immaginare 4 possibili mondi.

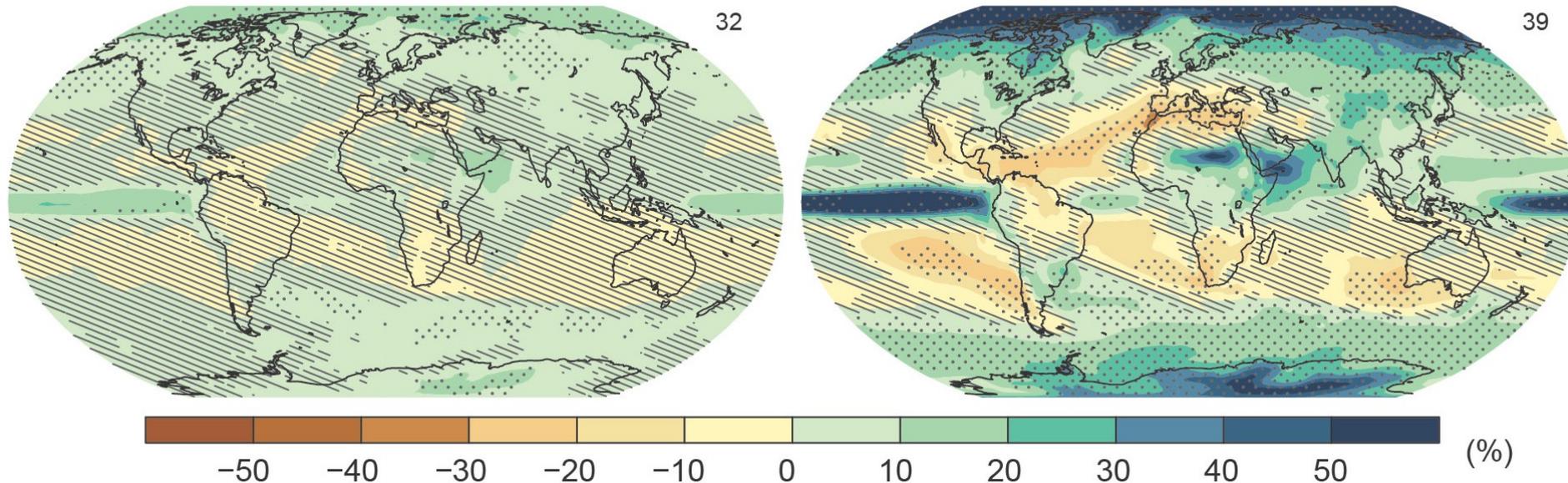
Scenari di cambiamento nella precipitazione nel XXI secolo

RCP 2.6

RCP 8.5

(b)

Change in average precipitation (1986–2005 to 2081–2100)



Scenari di cambiamento nella precipitazione nel XXI secolo

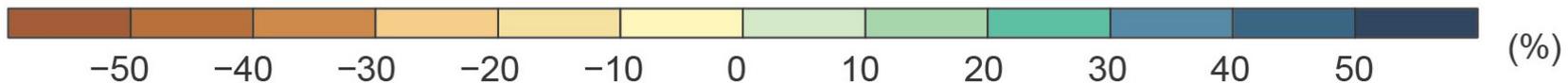
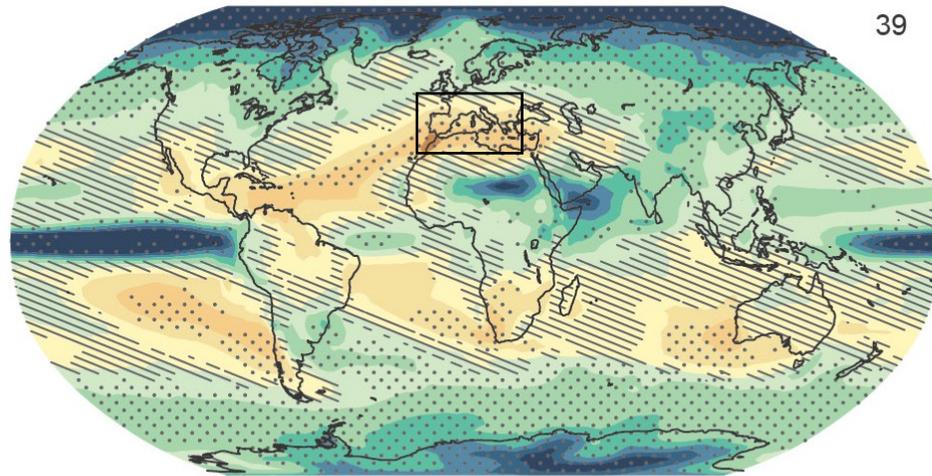
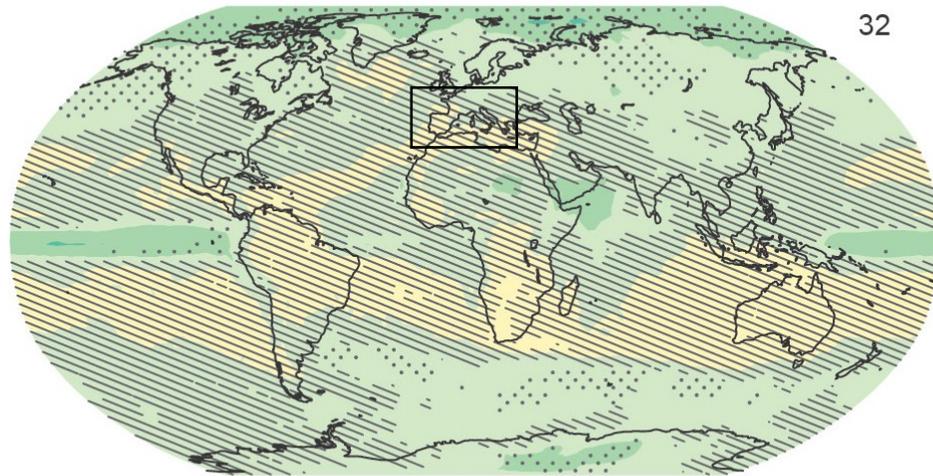
10% riduzione



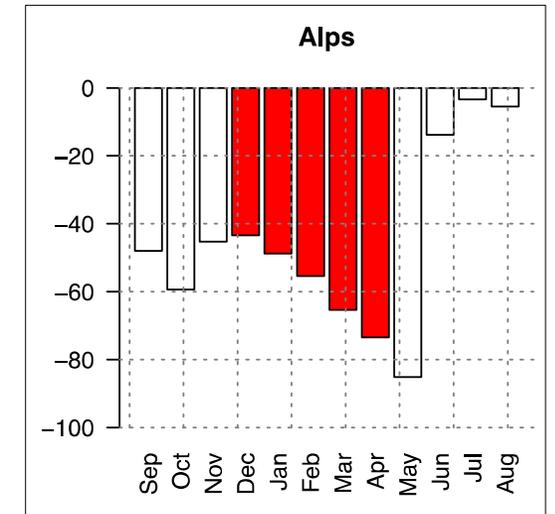
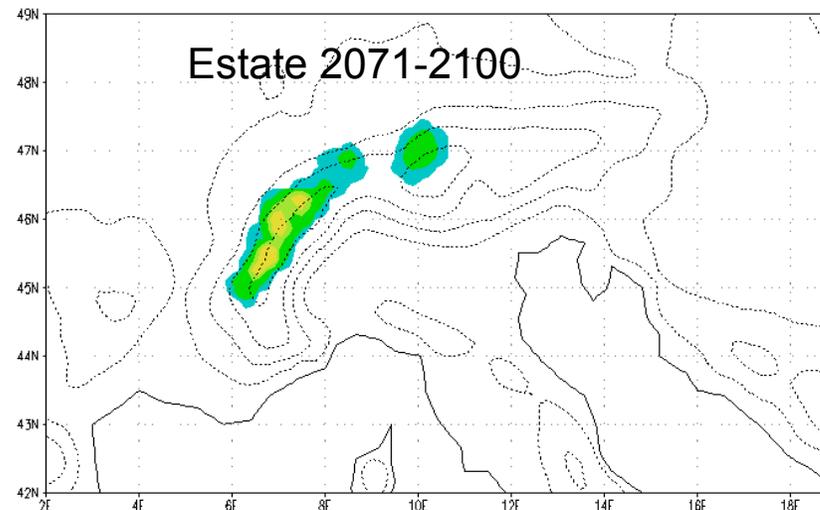
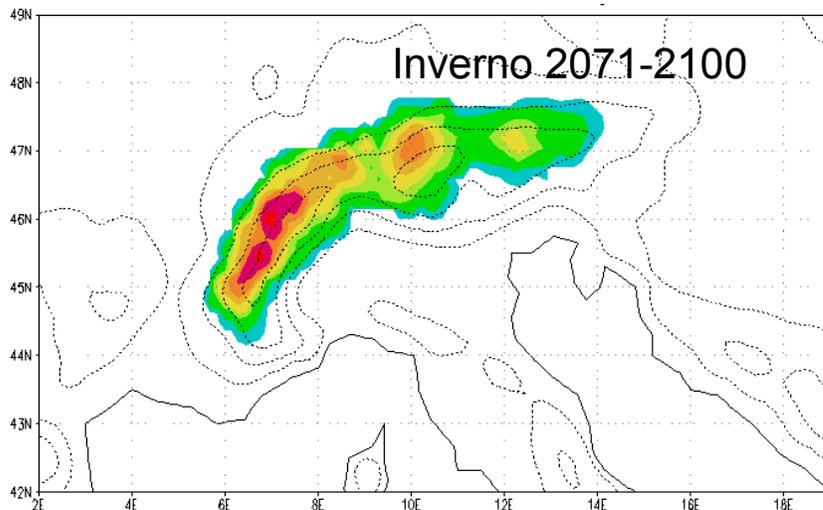
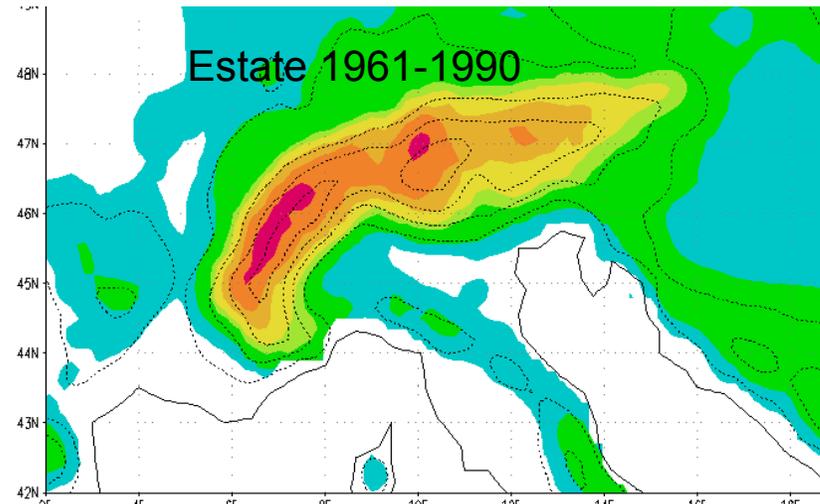
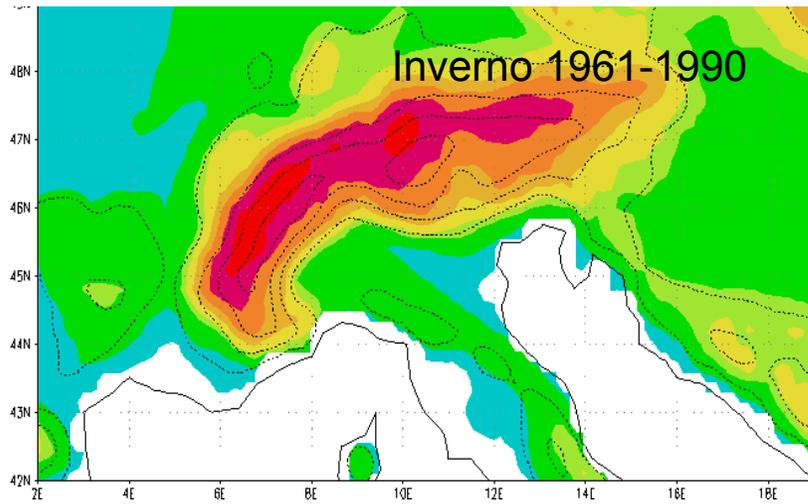
(b)

precipitation (1986-2020)

10-20% riduzione



Conseguenze sulla copertura nevosa e glaciale, Alpi



(RegCM, 20 km, A2 Scenario, F. Giorgi)

Cosa possiamo fare?

Mitigazione: ridurre le emissioni di gas serra da combustibili fossili, utilizzare meglio il suolo (in agricoltura, fermando la deforestazione, riforestando)

Azioni di adattamento: preparare il territorio agli eventi che già avvengono e pensando che la loro intensità potrebbe aumentare

Trasformazioni culturali: educazione, gesti quotidiani, stili di vita, comunicazione, formazione

COP21, Accordo di Parigi e oltre

OBIETTIVO 2°C

Mantenere l'incremento della temperatura media globale ben sotto i 2°C rispetto ai livelli pre-industriali, perseguendo sforzi per limitare questo aumento a 1.5°C, riconoscendo che ciò ridurrebbe significativamente i rischi e gli impatti del cambiamento climatico".



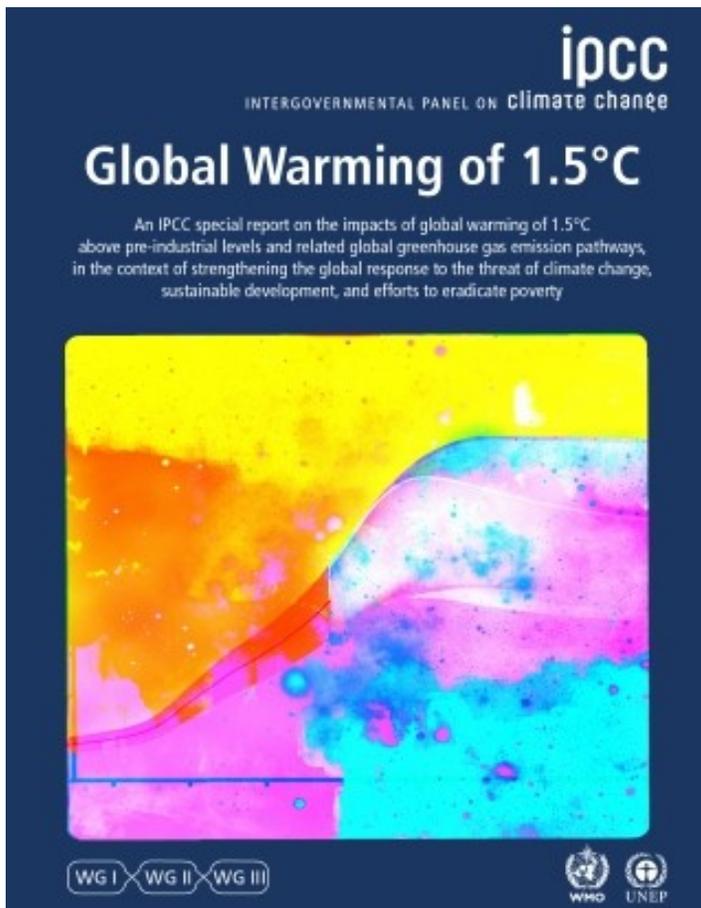
CO2 in atmosfera stabile a un valore non superiore a 450 ppm nel 2100

RICETTA

+1.5°C → diminuire le emissioni del 45% nel 2030 (rispetto a quelle del 2010) e azzerarle nel 2050.

+2°C → diminuire le emissioni del 20% nel 2030 e azzerarle nel 2075

Il mezzo grado in meno che fa la differenza RAPPORTO SPECIALE IPCC 1,5°C



Un rapporto speciale IPCC sugli impatti del riscaldamento globale di 1.5°C rispetto al pre-industriale e i relativi percorsi di emissione dei gas serra.

<http://www.ipcc.ch/report/sr15/>

Il mezzo grado in meno che fa la differenza

RAPPORTO SPECIALE IPCC 1,5°C

Con la tendenza attuale delle emissioni di gas serra arriveremo a un aumento di temperatura di 1.5°C nel periodo che va dal 2030 al 2052.

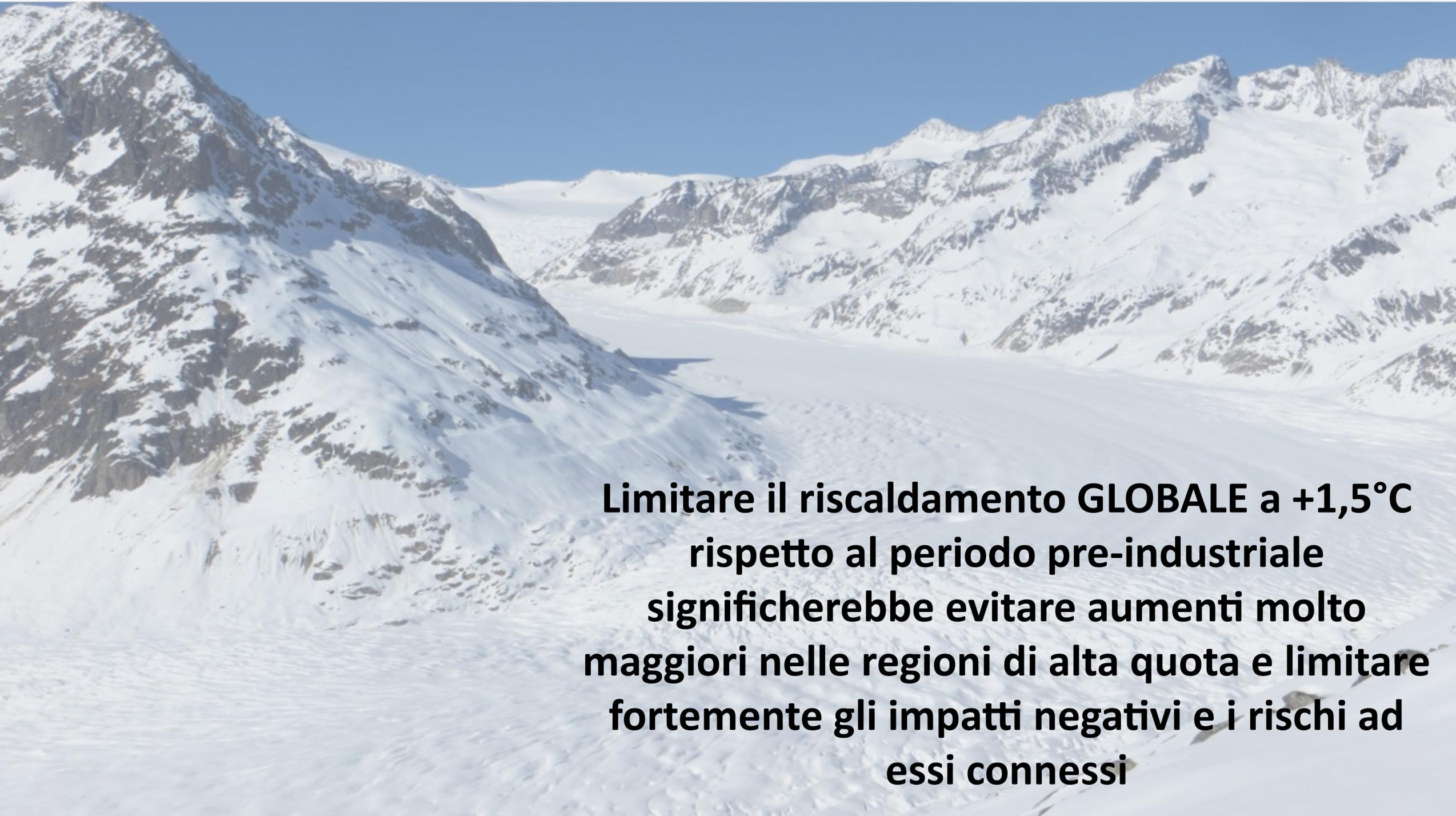
Il clima ha una forte inerzia e, anche smettendo di emettere immediatamente, la temperatura continuerebbe ad aumentare, un pò. Tuttavia, l'aumento di temperatura resterebbe entro il mezzo grado. Obiettivo molti difficile ma possibile, il futuro non è già segnato da quanto abbiamo emesso in passato.

Il mezzo grado in meno che fa la differenza

RAPPORTO SPECIALE IPCC 1,5°C

Limitando il riscaldamento a 1,5°C rispetto a 2°C

- Il livello dei mari sarebbe inferiore di circa 10cm
 - **La biodiversità sarebbe più tutelata**
 - L'acidità del mare aumenterebbe meno
 - Le barriere coralline non scomparirebbero
- Al polo nord avremo un'estate senza ghiacci ogni secolo (contro una ogni 10 anni con +2°C)
 - **I Rischi per la salute, per la sicurezza alimentare e per i rifornimenti idrici aumenterebbero meno**



**Limitare il riscaldamento GLOBALE a +1,5°C
rispetto al periodo pre-industriale
significherebbe evitare aumenti molto
maggiori nelle regioni di alta quota e limitare
fortemente gli impatti negativi e i rischi ad
essi connessi**



Grazie!

e.palazzi@isac.cnr.it

Fonti e siti utili

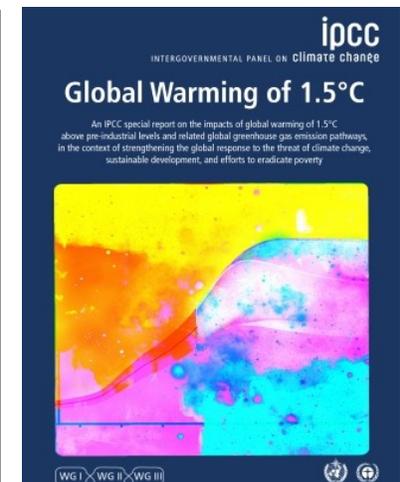
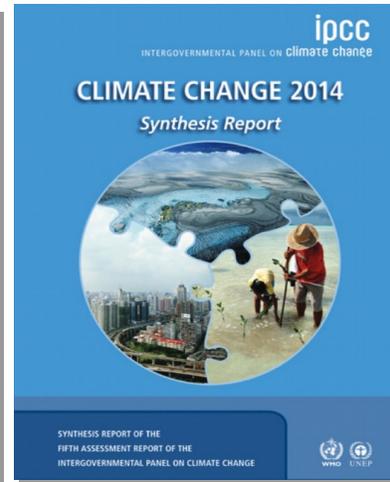
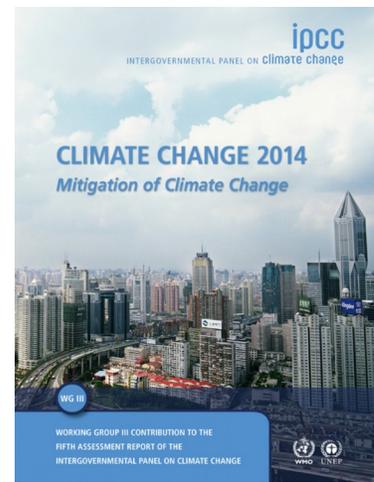
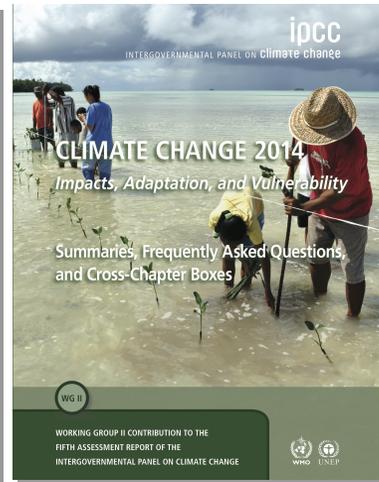
I rapporti IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change): www.ipcc.ch

Report: <http://www.climatechange2013.org/report/>

Technical Summary: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_TS_FINAL.pdf

Summary for Policy Makers: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SPM_FINAL.pdf

IPCC 1.5°C Report: <http://www.ipcc.ch/report/sr15/>



Istituito nel **1988** da WMO e UNEP, con l'obiettivo di fornire ai governi **periodici aggiornamenti sullo stato delle conoscenze riguardo i cambiamenti climatici associati alle attività antropiche, il loro impatto e le azioni di mitigazione e adattamento**, utilizzabili dai governi per elaborare le politiche ambientali.

Fonti e siti utili

Siti web enti ricerca/Istituzioni/agenzie con sezioni divulgative (immagini, video)

- **NASA:** <https://climate.nasa.gov/> (*Evidence, Causes, Effects, Scientific Consensus, Vital Signs, FAQs*)
- **NOAA:** <http://www.noaa.gov/climate>
 - Evoluzione CO2 nel tempo : <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/history.html>
- **CO2.Earth:** www.co2.earth
- **Global Carbon Project:** <http://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/>

Blog/portali di discussione e informazione su clima, impatti

- **Climalteranti:** www.climalteranti.it
- **Il Kyoto fisso:** <http://pasini-lescienze.blogautore.espresso.repubblica.it/>
- **Carbon Brief:** www.carbonbrief.org
- **Climate Central:** <http://www.climatecentral.org/>
- **Inside Climate News:** <https://insideclimatenews.org/>
- **Real Climate:** <http://www.realclimate.org/>
- **Climate outreach:** <https://climateoutreach.org/>
- **The conversation:** <https://theconversation.com/how-to-use-critical-thinking-to-spot-false-climate-claims-91314>

Troppa: una «flash-flood» montana



Adattamento

Convivere con gli effetti già in corso e attesi

- **utilizzare le risorse idriche scarse** in modo efficiente
- **Adeguare le norme edilizie** per far fronte alle future condizioni climatiche e ai fenomeni meteorologici estremi
- **Costruire difese contro le inondazioni e innalzare argini artificiali**
- Sviluppare **colture resistenti** alla siccità, selezionare specie e prassi silvicole meno sensibili alle precipitazioni violente e agli incendi
- elaborare **piani territoriali e corridoi per favorire la migrazione delle specie**

Mitigazione

Affrontare le cause per ridurre e/o eliminare gli effetti futuri

- **Riduzione delle emissioni** di gas-serra e di aerosol atmosferici
 - **Aumentare l'efficienza energetica**
- Aumentare l'uso di **energia no- e low-carbon**
- **Aumentare i "carbon sinks"** (bloccare o ridurre la deforestazione e aumentare la riforestazione)
 - **Modificare** alcuni nostri **stili di vita**