

# EMERGENZA CLIMATICA: CAUSE ED EFFETTI

**Claudio Cassardo**

Docente di Fisica dell'atmosfera, meteorologia, fisica del clima, cambiamenti climatici  
Coordinatore del gruppo «cambiamenti climatici di UniToGO

[claudio.cassardo@unito.it](mailto:claudio.cassardo@unito.it)

Dipartimento di Fisica - Università di Torino



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO

# Sommario: una sorta di decalogo

1. Cos'è il clima e come si differenzia dal tempo (meteorologico)?
2. Come e quanto è variato recentemente il clima della Terra?
3. Come e quanto è variato recentemente il clima in Italia?
4. «Il clima è sempre variato». È vero? Se sì, perché?
5. Quali sono le componenti del sistema climatico terrestre?
6. Che cos'è l'effetto serra?
7. Perché si emette CO<sub>2</sub>, e dove va a finire?
8. Che clima farà?
9. Quali sono i principali impatti ed effetti sul nostro territorio?
10. Come si contrasta il cambiamento climatico?

# Domanda

1. Cos'è il clima e come si differenzia dal tempo (meteorologico)

# Sui mass media la confusione regna sovrana!



# Meteorologia e clima



Stazione Meteorologica di Fisica dell'Atmosfera  
Dipartimento di Fisica - Università degli Studi di Torino  
Via Pietro Giuria, 1 - Torino  
( Lat: 45°03'07,15" Nord , Long: 007°40'53,30" Est , Alt: 254 m s.l.m. )

meteo

dati

modello WRF

link

contatti

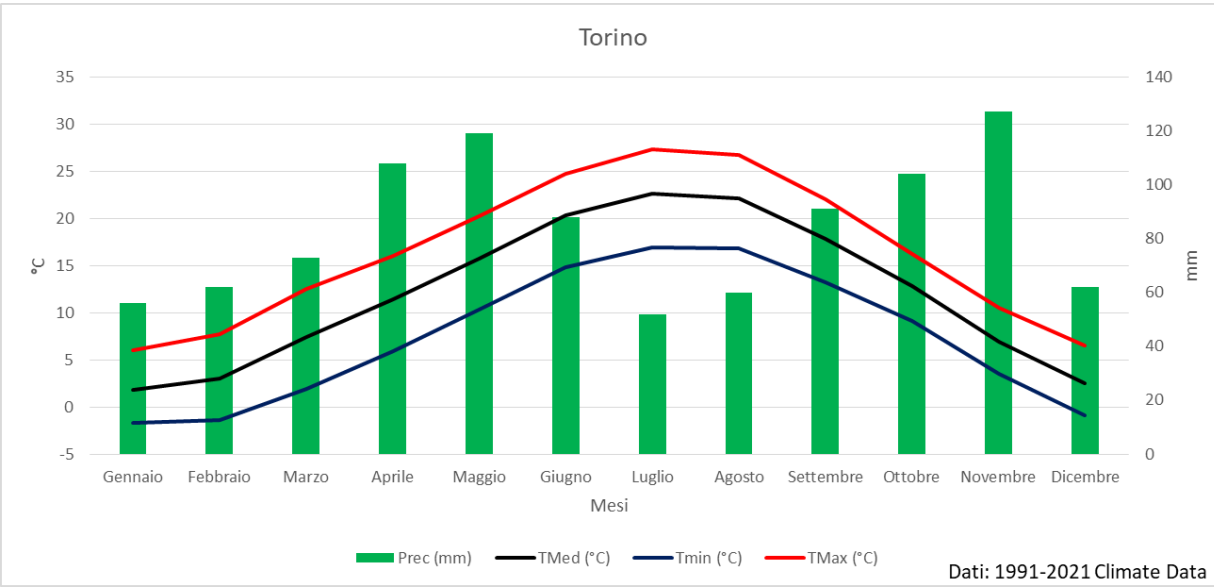
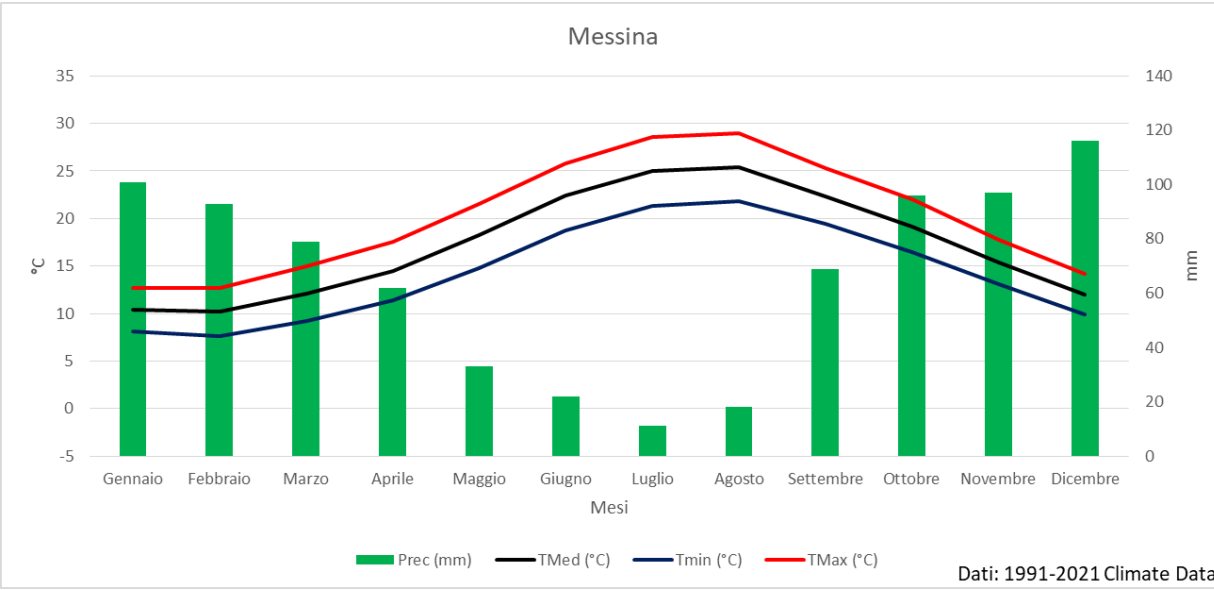
dati principali

Dati rilevati alle ore 04:38 del giorno 19/12/2023

| grandezza                                         | valore                | estremi giornalieri                           |                                       |
|---------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|
| temperatura dell'aria                             | 3.1 °C                | minima di oggi                                | massima di oggi                       |
|                                                   |                       | 2.9 °C (ore 04:28) <sup>[1]</sup>             | 5.0 °C (ore 00:06) <sup>[1]</sup>     |
| umidità relativa                                  | 82 %                  | minima di oggi                                | massima di oggi                       |
|                                                   |                       | 74 % (ore 00:31) <sup>[1]</sup>               | 82 % (ore 04:38) <sup>[1]</sup>       |
| velocità del vento                                | 1.0 m/s<br>(3.7 km/h) | massima di oggi                               |                                       |
|                                                   |                       | 1.4 m/s (5.0 km/h) (ore 03:30) <sup>[1]</sup> |                                       |
| pressione atmosferica                             | 999.0 hPa             | minima di oggi                                | massima di oggi                       |
|                                                   |                       | 999.0 hPa (ore 04:38) <sup>[1]</sup>          | 1001.2 hPa (ore 00:00) <sup>[1]</sup> |
| pressione atmosferica ridotta al livello del mare | 1030.7 hPa            | minima di oggi                                | massima di oggi                       |
|                                                   |                       | 1030.7 hPa (ore 04:38) <sup>[1]</sup>         | 1032.8 hPa (ore 00:01) <sup>[1]</sup> |
| pioggia cumulata giornaliera                      | 0.0 mm                |                                               |                                       |
| rateo orario della pioggia                        | 0.0 mm/h              | massima di oggi                               |                                       |
|                                                   |                       | 0.0 mm/h (ore 00:00) <sup>[1]</sup>           |                                       |

<sup>[1]</sup> valori calcolati, a partire dai dati mediati ogni minuto, dalle ore 00:00 alle 04:38 di oggi  
I dati riportati sono quelli forniti dagli strumenti e non validati.

Clima (κλίμα) ➡



Meteorologia  
(μετέωρα = μετά + αείρω)

# «Il tempo è ciò che si verifica, il clima è ciò che ti aspetti»

## Clima

Elenco di tutti i tipi  
di tempo possibili



## Tempo

Uno dei tipi di  
tempo possibili



4 febbraio 2012 – Torino

Lasacrasillaba su Wikipedia

4 febbraio 2024 – Torino

Torino Today

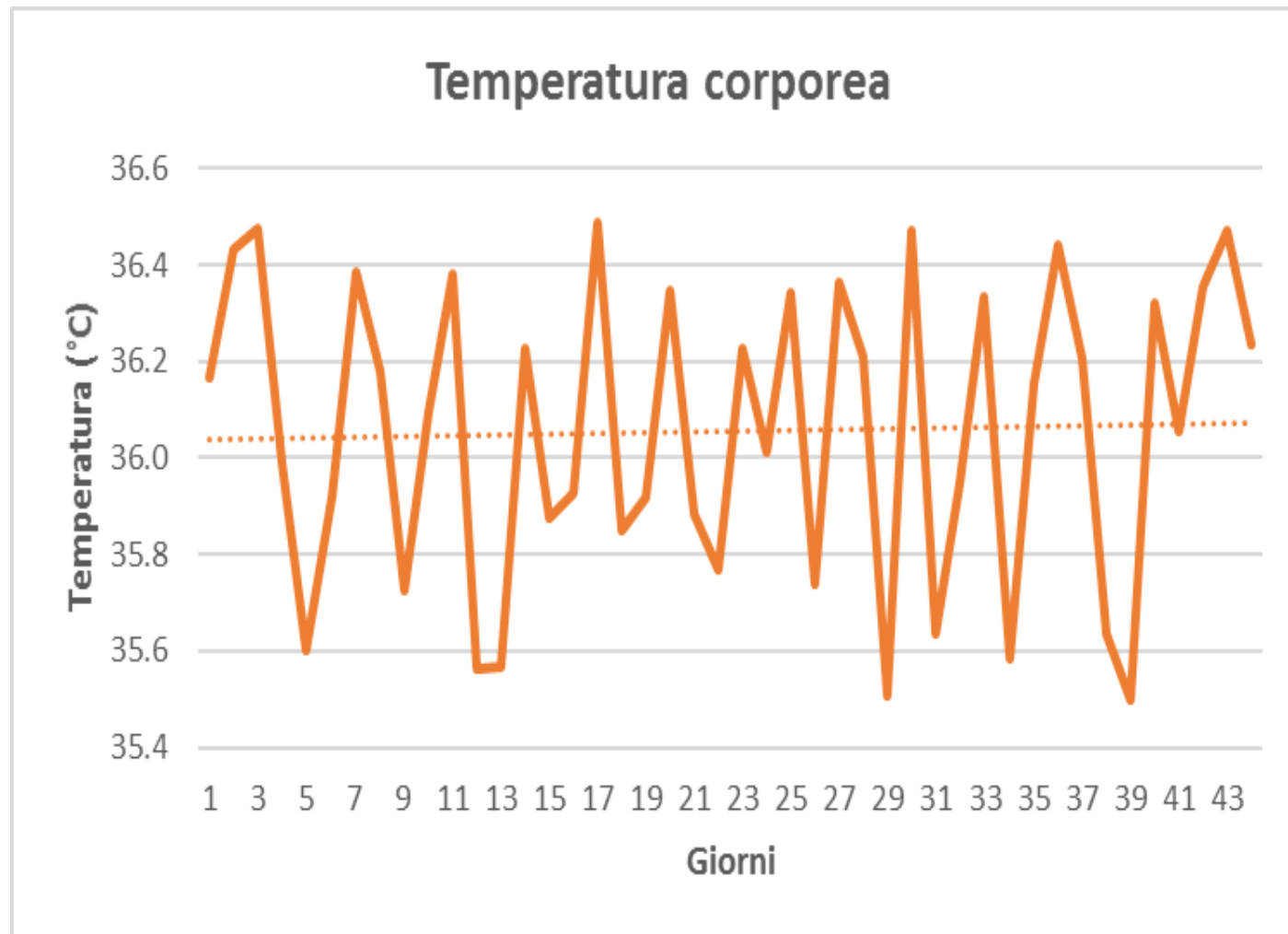


# Domanda

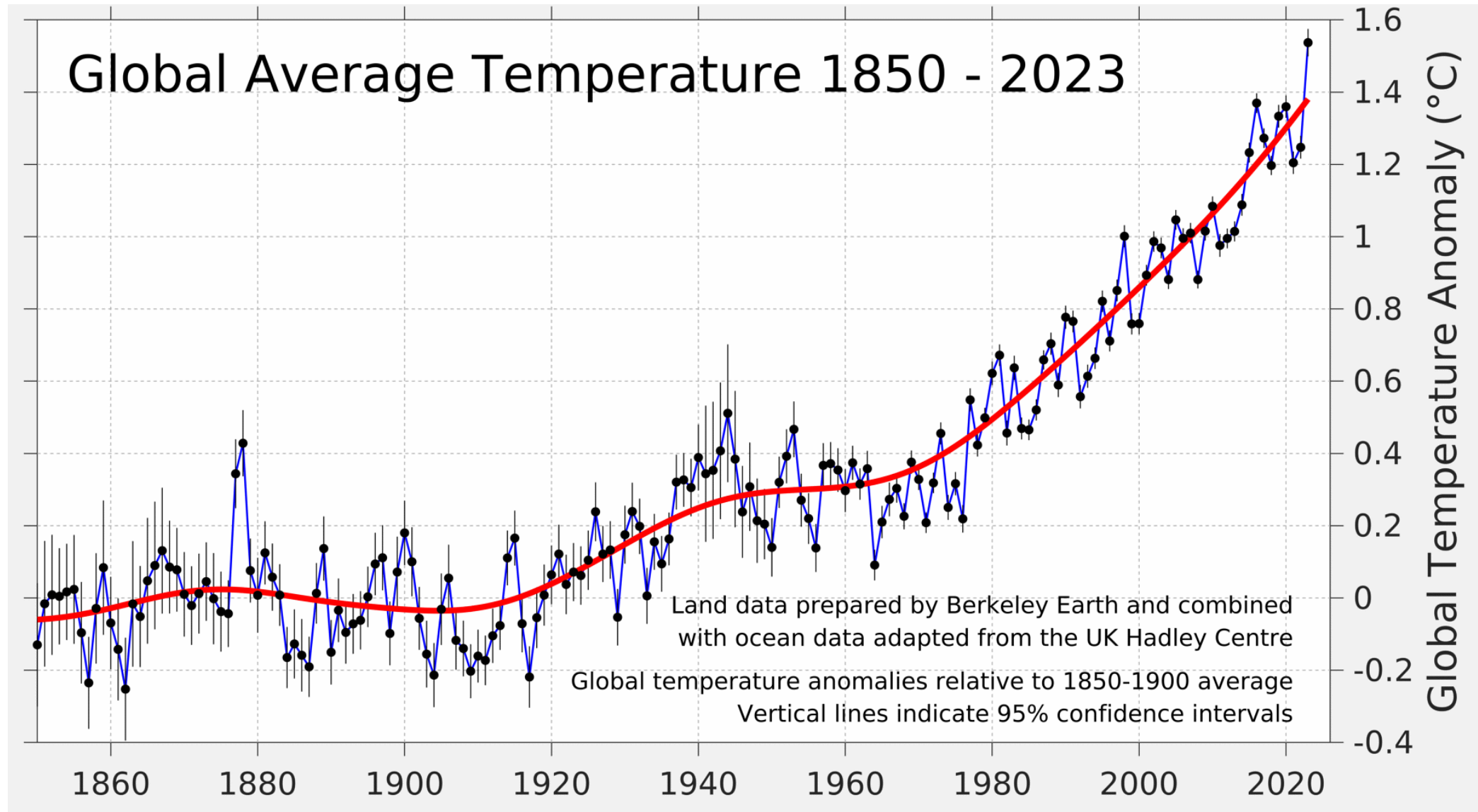
2. Come e quanto è variato recentemente il clima della Terra?

# Tempo e clima nelle misure di temperatura corporea

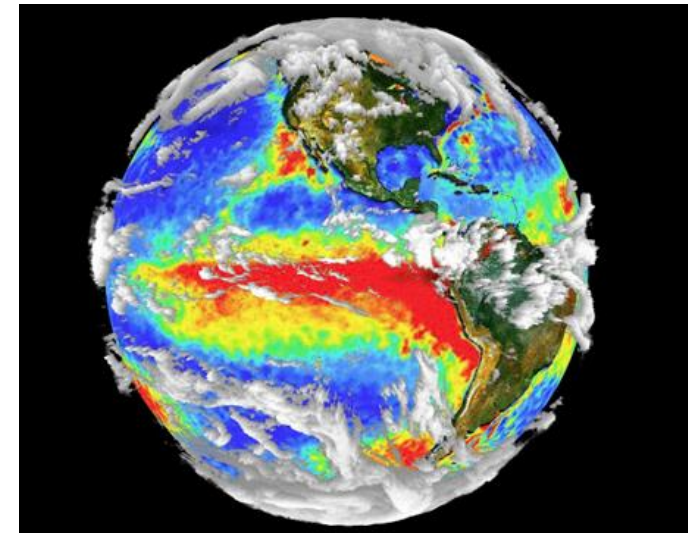
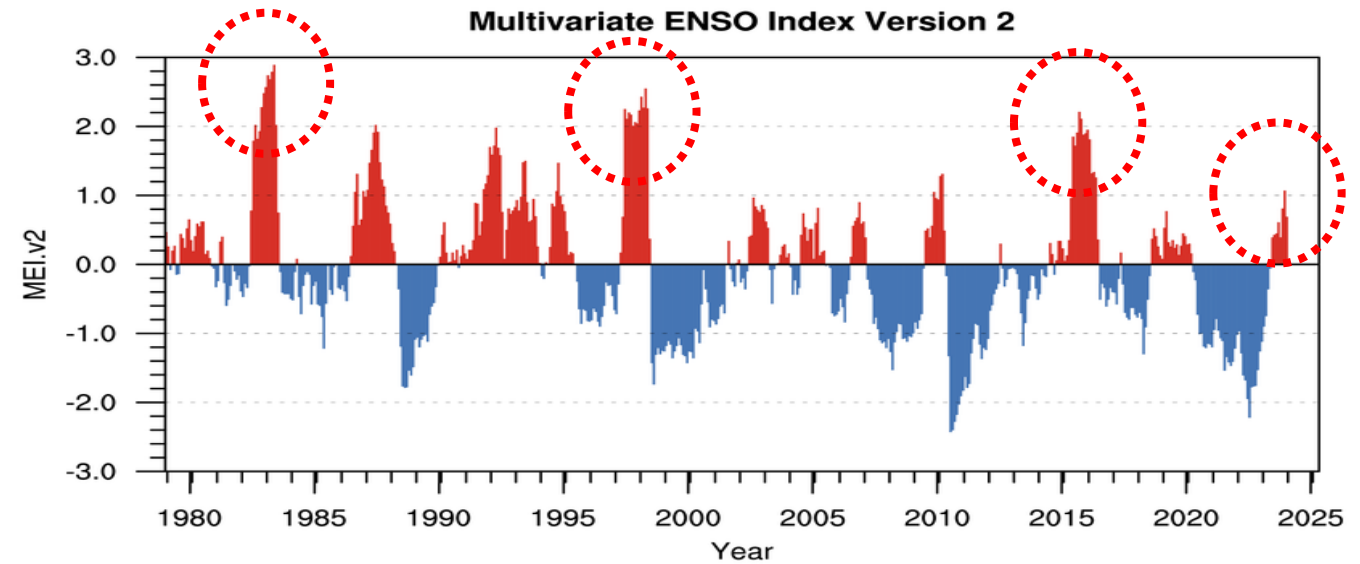
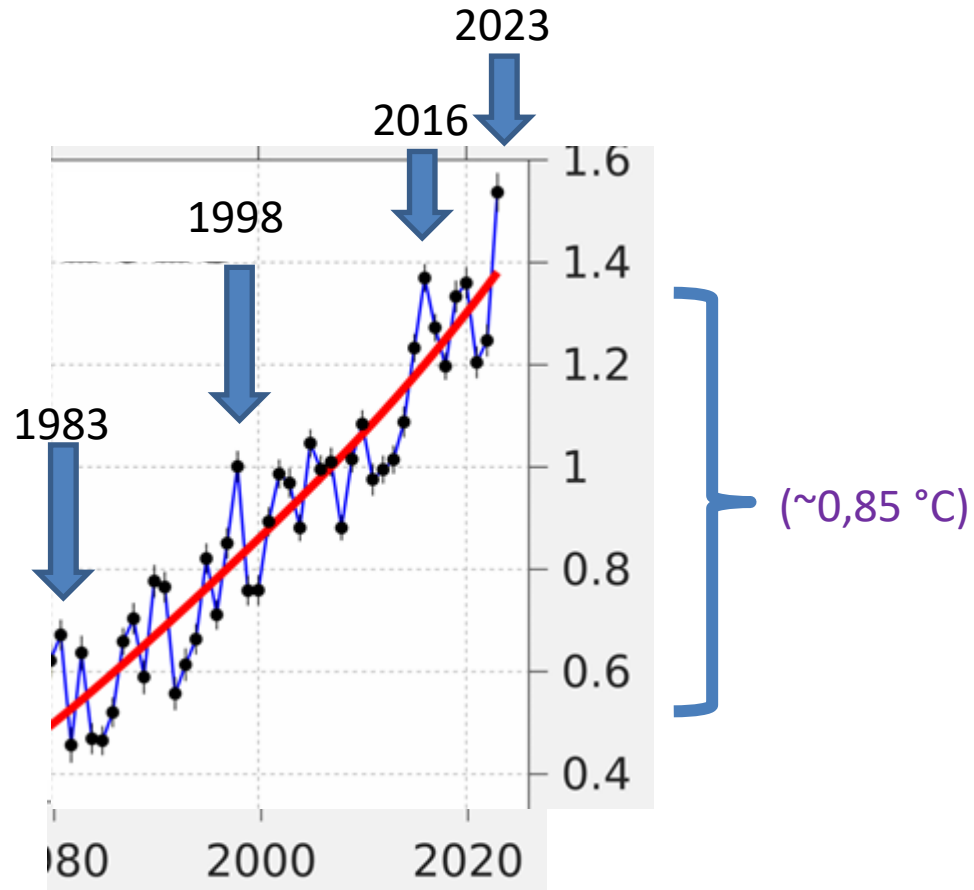
- **Tempo:** la misura del singolo momento (o giorno)
  - Le temperature oscillano tra una minima di 35,5 °C e una massima di 36,5 °C
  - In qualche giorno i valori superano 36,4 °C, in qualche altro giorno sono inferiori a 35,6 °C. Come mai?
- **Clima:** il trend delle temperature
  - ❑ Il trend è lievemente crescente, ma rimane al di sotto dell'errore di misura (circa 0,1 °C): infatti è di 0.00 °C/giorno



# Aumento delle temperature globali, dal 1850 a oggi



# La correlazione tra gli anni più caldi e El Niño (ENSO)



- Negli anni di El Niño il Pacifico tropicale è molto più caldo della media

# Solo un grado in più: è tanto? È poco?



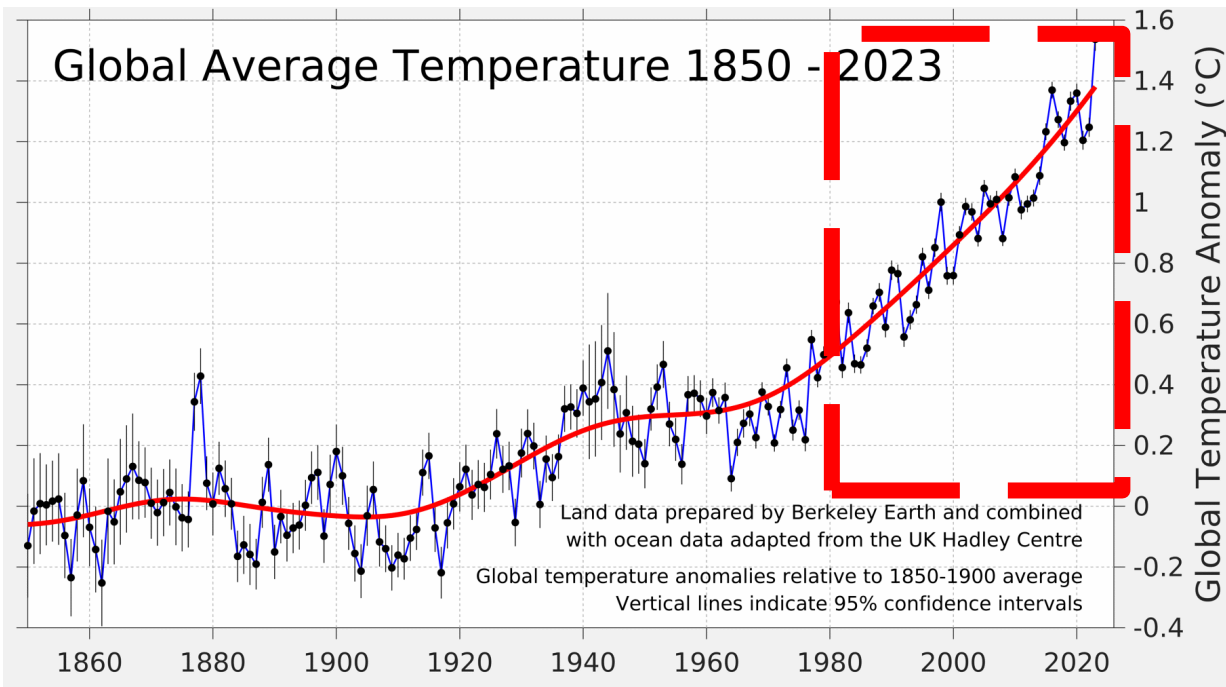
# Domanda

3. Come e quanto è variato recentemente il clima in Italia?

# L'Italia è uno «hot-spot»: le temperature dal 1980 (43 anni) sono aumentate (e aumenteranno) più del doppio

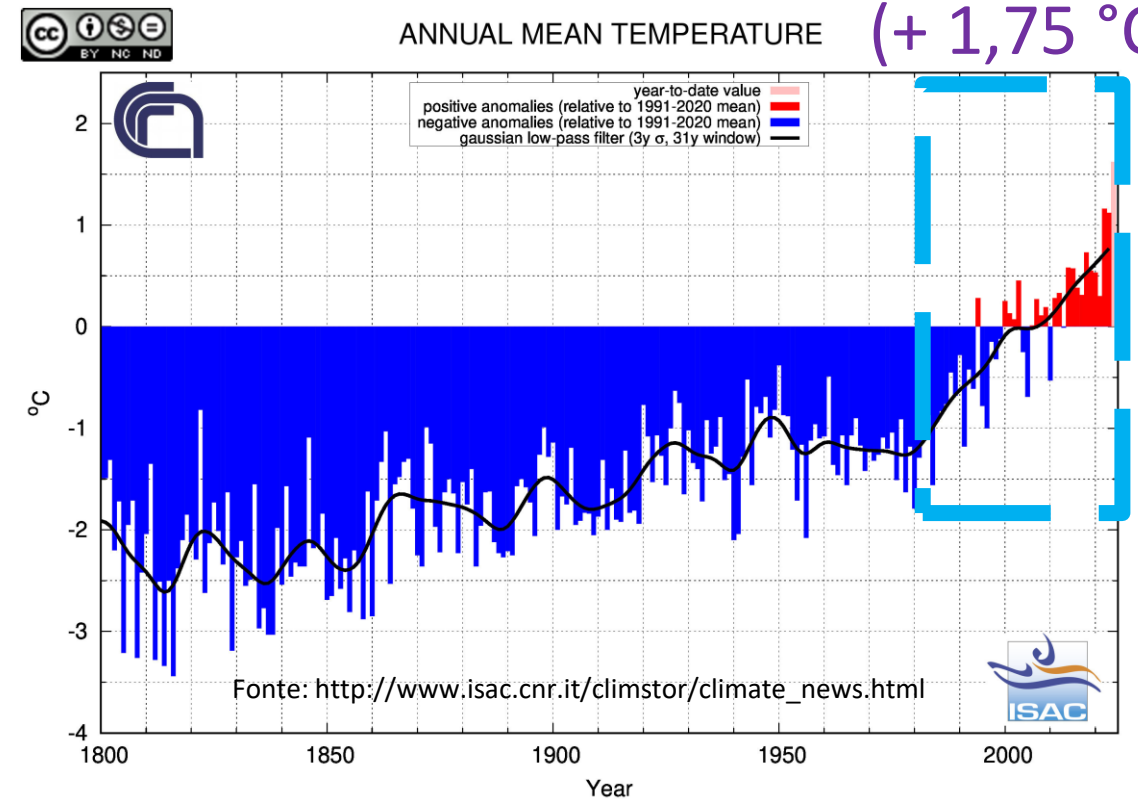
## Mondo

(+ 0,8 °C)

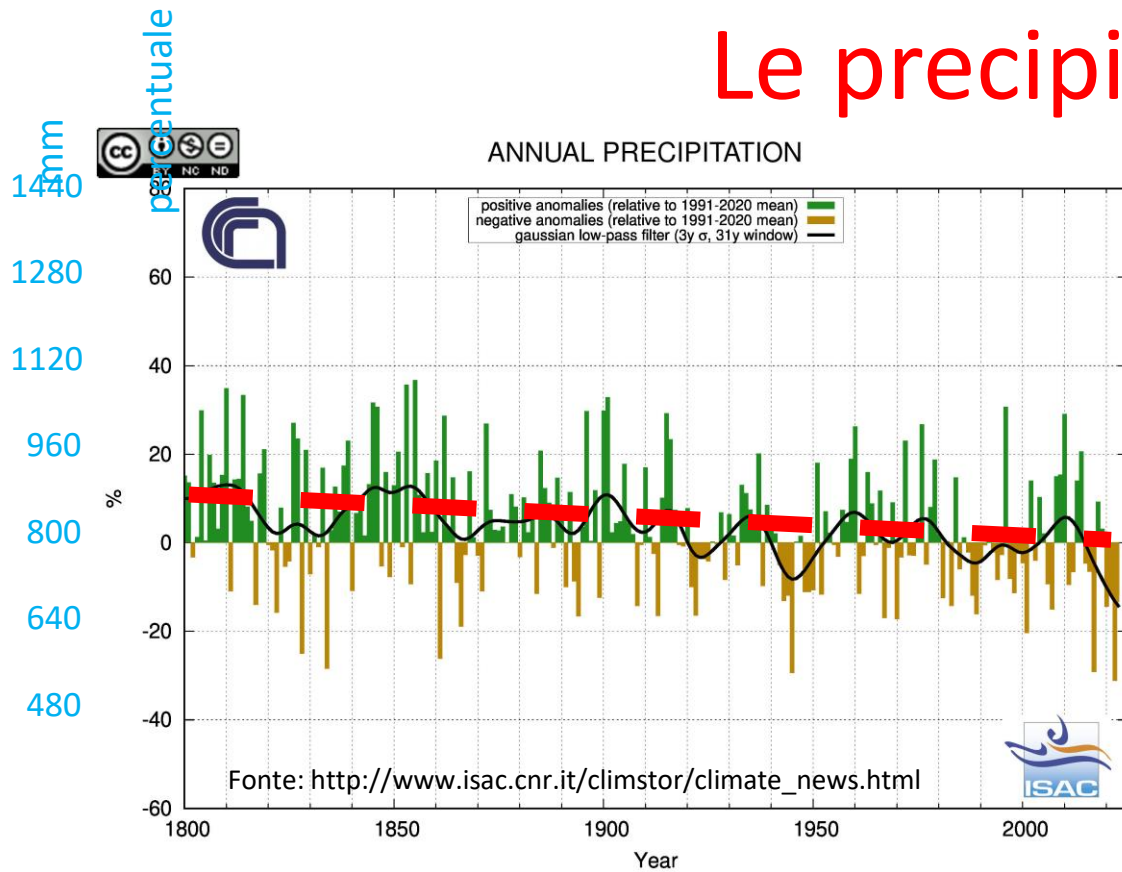


## Italia

ANNUAL MEAN TEMPERATURE (+ 1,75 °C)



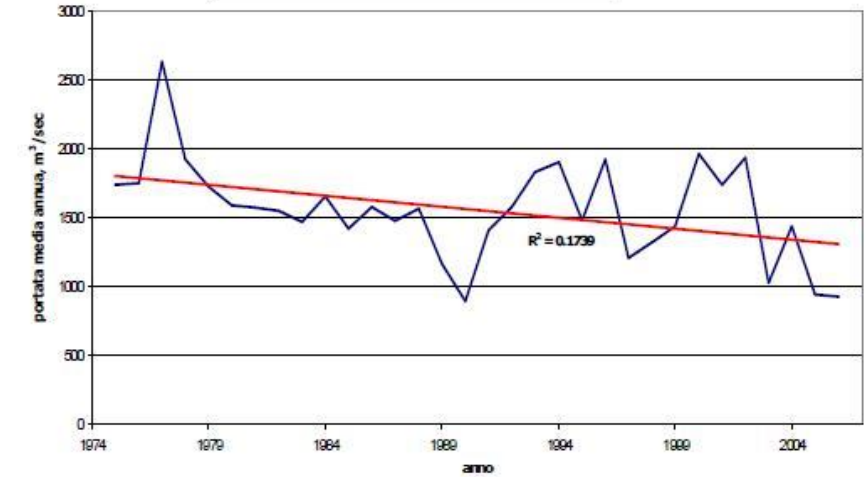
# Le precipitazioni in Italia



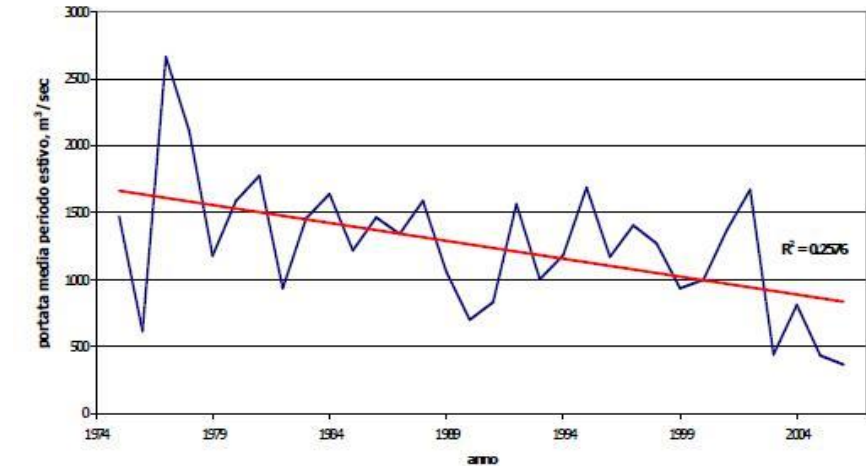
- Calo in due secoli del 10% (statisticamente non significativo) della piovosità media annua
- Calo recente (statisticamente non significativo) della portata del Po (annua e soprattutto nella stagione calda)



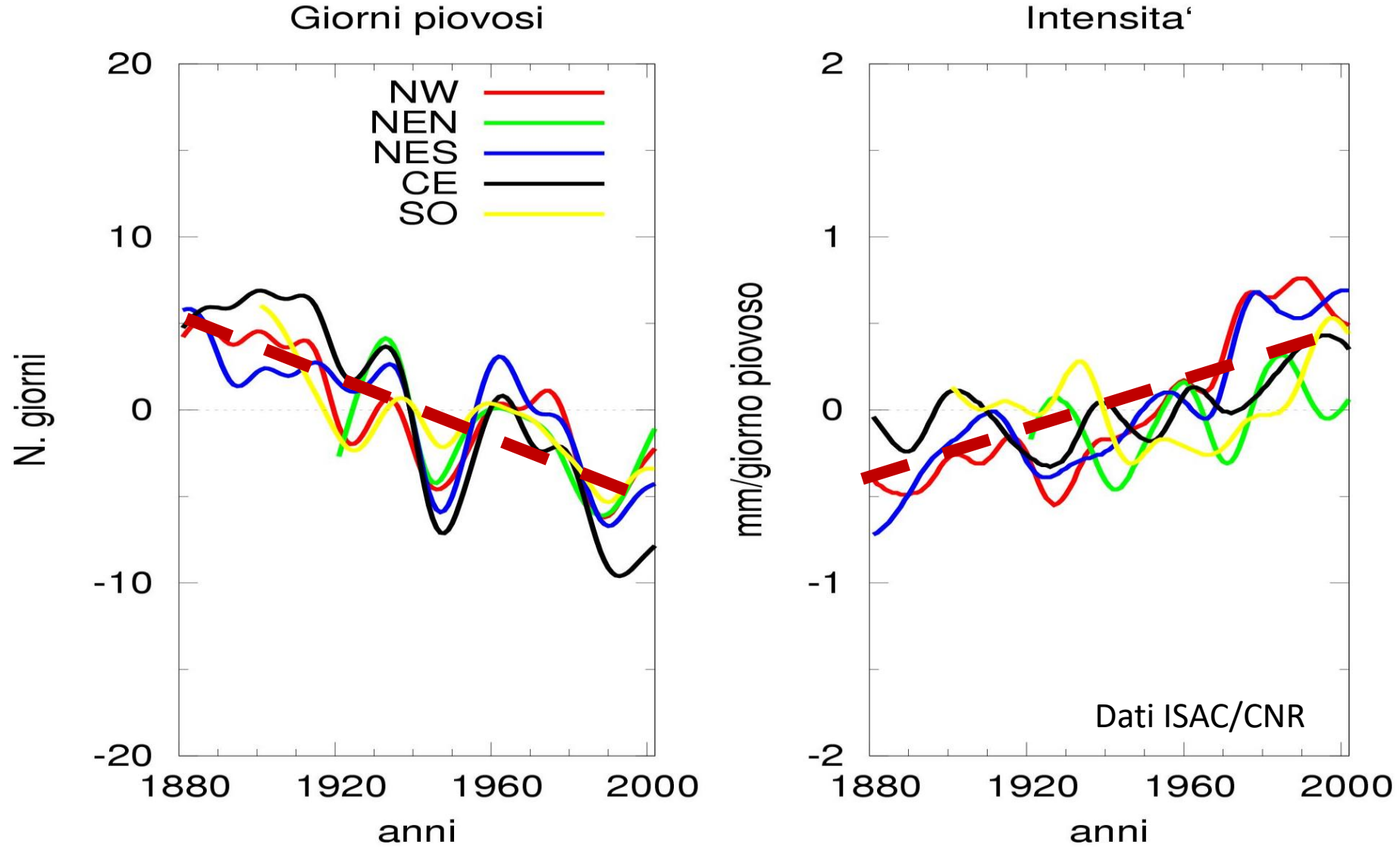
Portate medie annuali del Po a Pontelagoscuro 1975-2006  
25-30% di riduzione



Portate medie solo periodo estivo a Pontelagoscuro  
riduzione del 45-50%



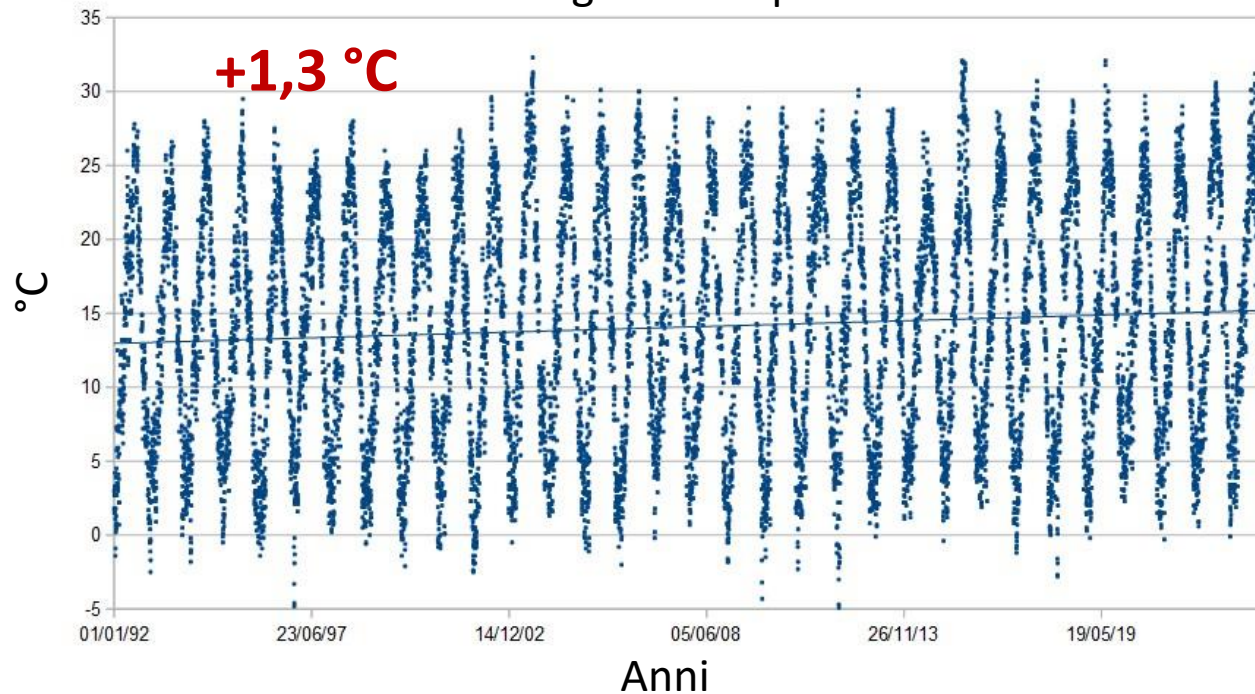
# Aumentano le piogge intense: piove di più e meno spesso



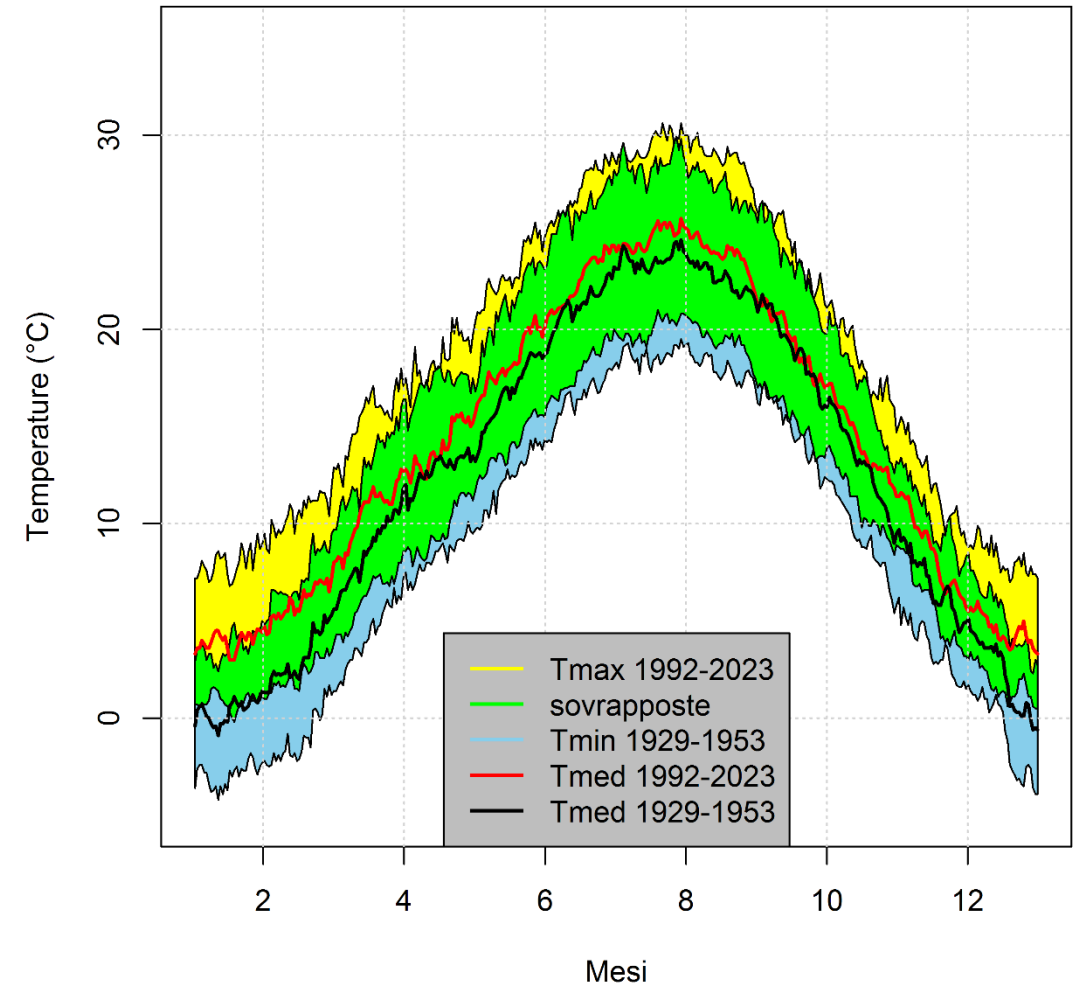
# Temperature «torinesi»



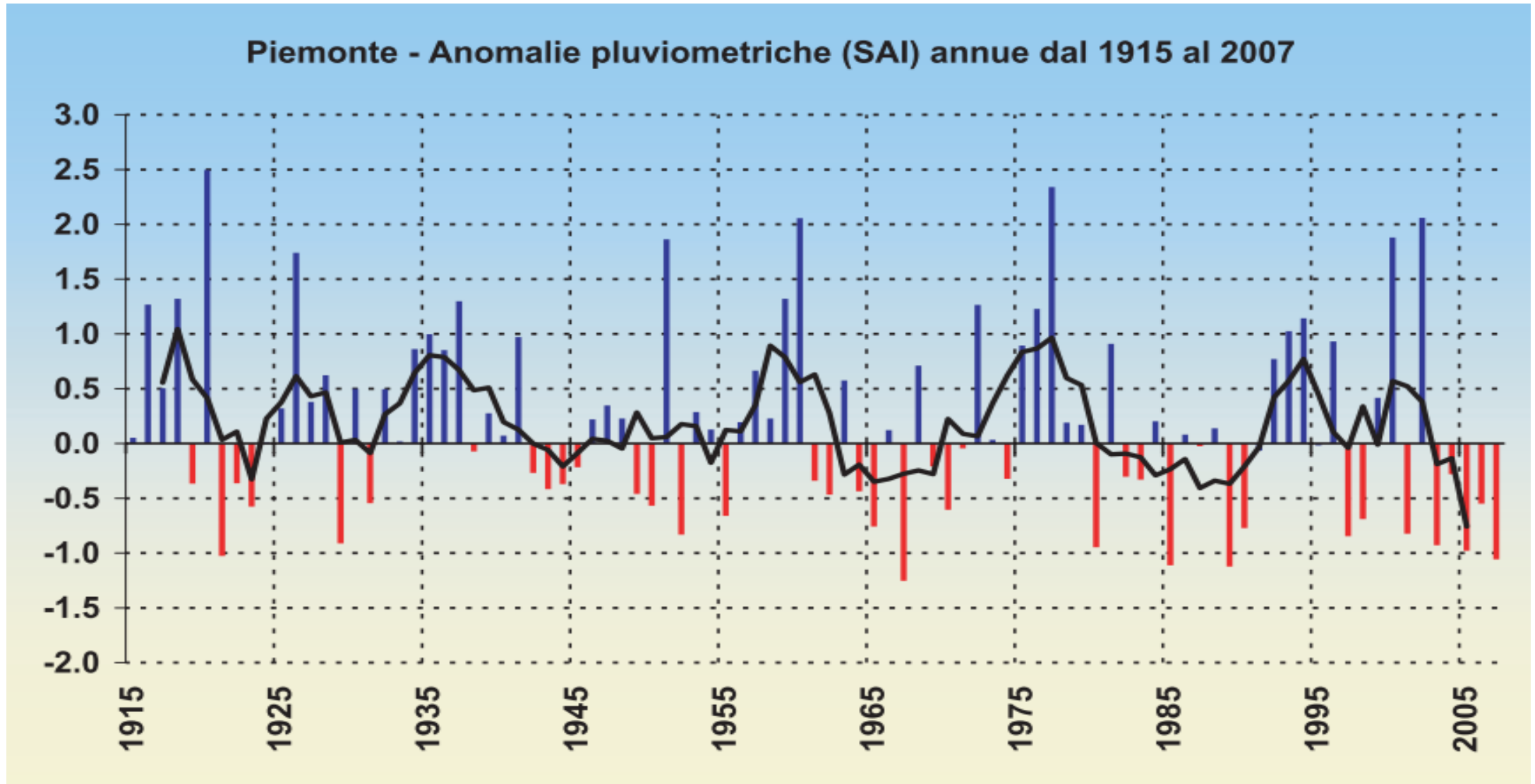
Stazione meteorologica del Dipartimento di Fisica



Temperature medie giornaliere - Torino Dip. di Fisica



# Pluviometria in Piemonte: stabile



Fonte: Mercalli et al., Cambiamenti climatici sulla montagna piemontese. 2008

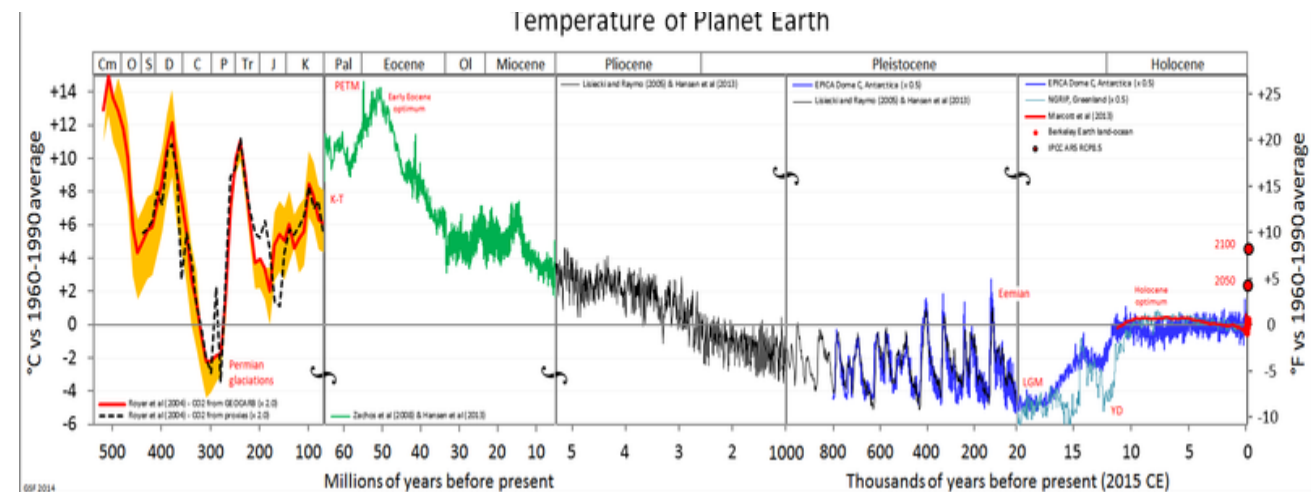
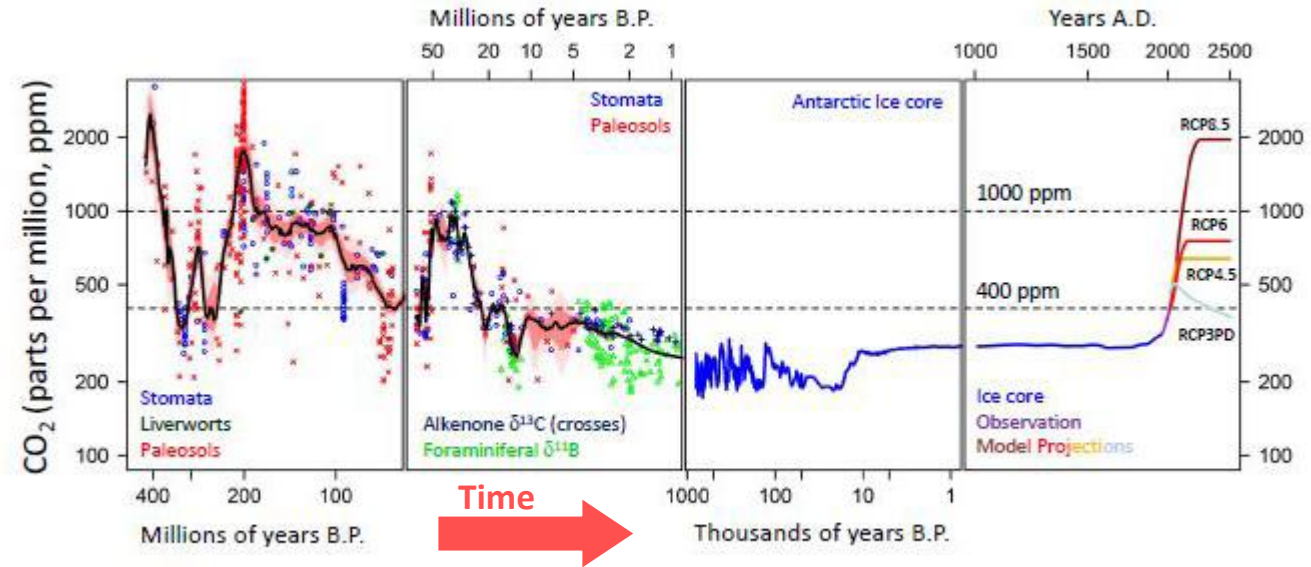
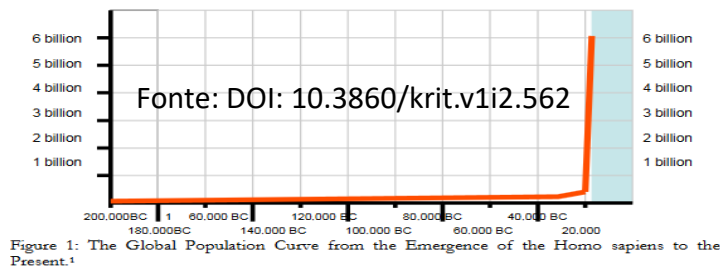
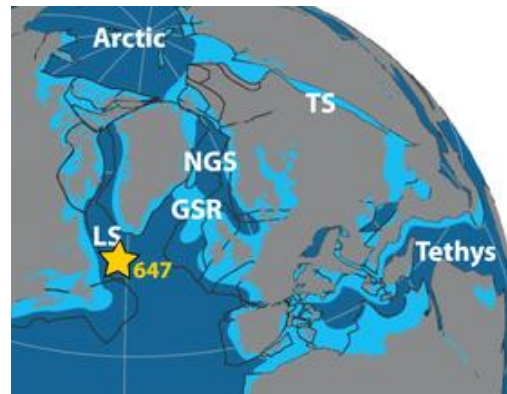
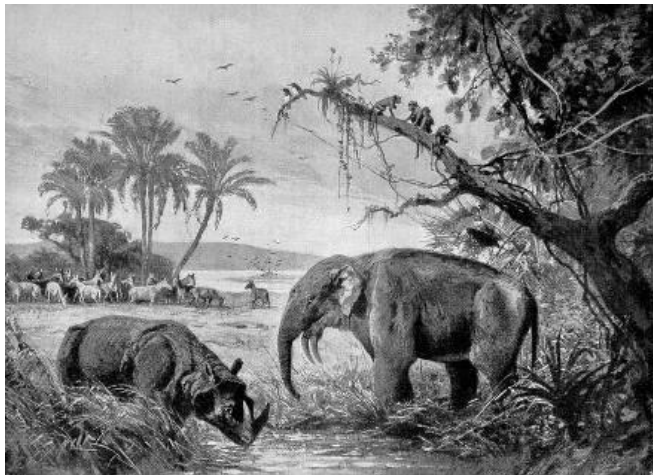
# Domanda

4. «Il clima è sempre variato». È vero? Se sì, perché?

# Si, è vero. Ma ...

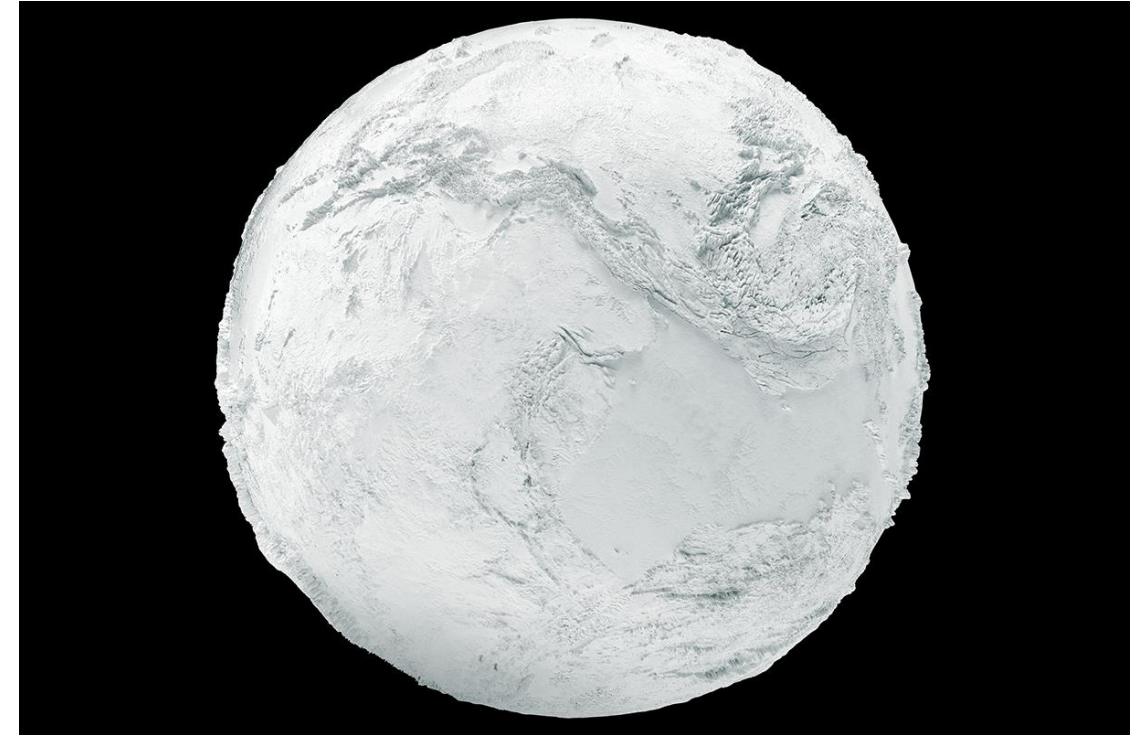
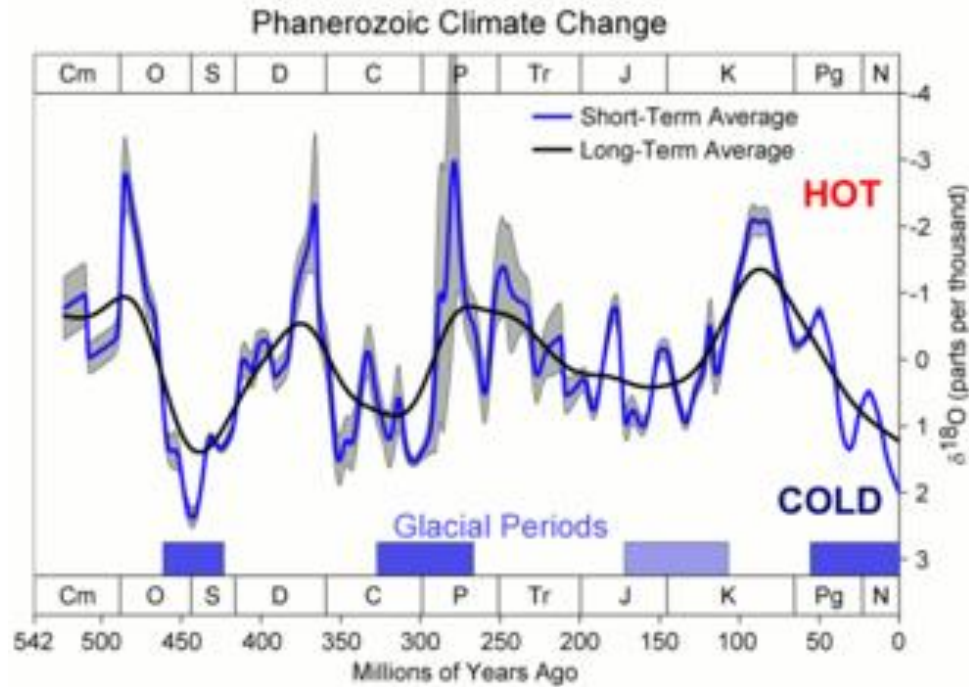
➤ L'ultima volta in cui i valori di CO<sub>2</sub> superarono la soglia di 1000 ppm (30-50 milioni di anni fa), la Terra era molto diversa da oggi:

- I poli non erano ricoperti dai ghiacci
- La temperatura media della Terra era molto superiore a oggi
- Flora e fauna erano spostate di 15° di latitudine
- I continenti avevano posizioni diverse da oggi



Fonte: earth.org

# E «prima» ci sono stati periodi climaticamente estremi...



Dinosauri (Giurassico-Cretaceo)



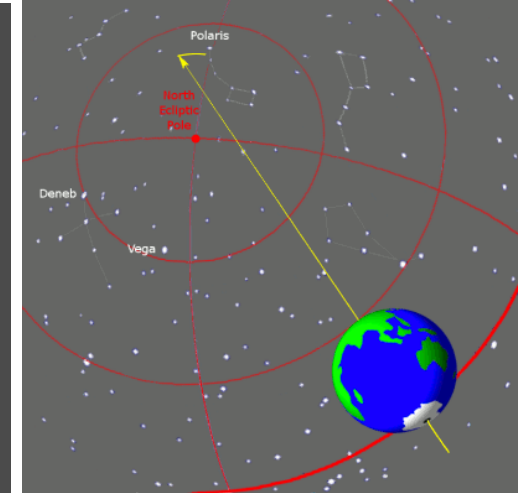
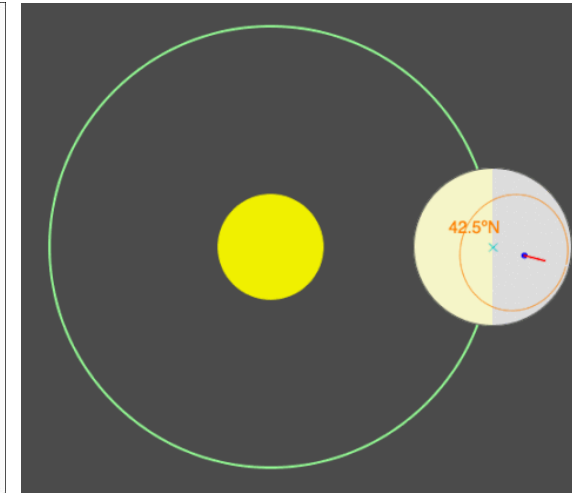
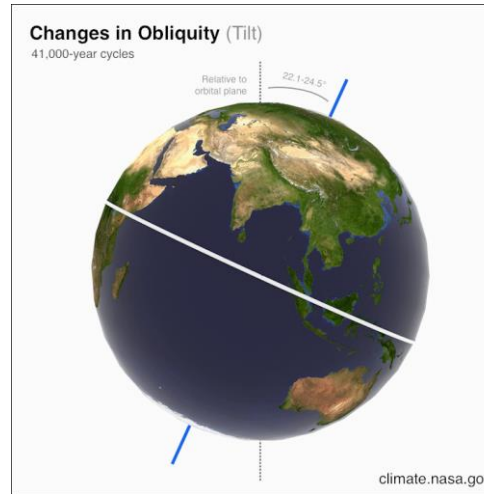
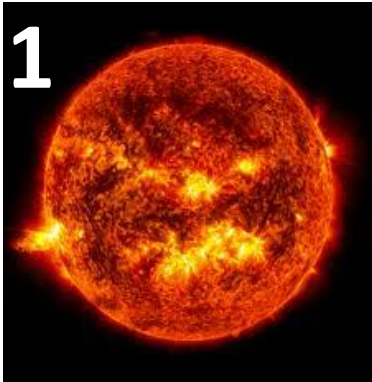
Estemmenosuchi (Carbonifero-Permiano)

La Terra a palla di neve (ere glaciali):

- l'Uroniana (2100-2400 Ma)
- la Criogeniana (800-635 Ma)
- l'Andino-Sahariana (450-420 Ma)
- la Glaciazione del Karoo (360-260 Ma)

# Perchè il clima passato è cambiato?

Solo cause naturali:



2

1. Attività solare
2. Variazioni dei parametri orbitali
3. Eruzioni vulcaniche (→ atmosfera)
4. Impatto di asteroidi

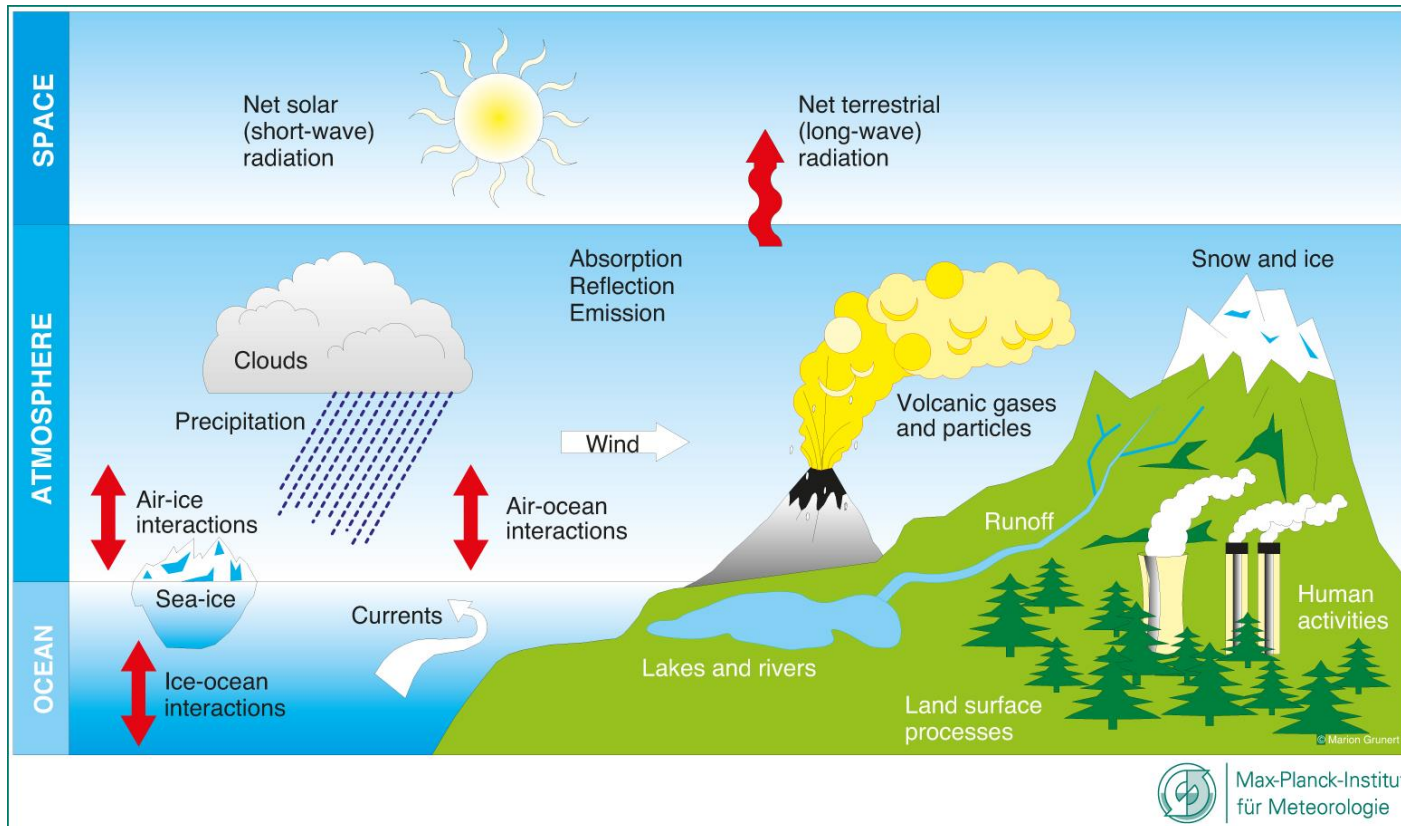
# Domanda

5. Quali sono le componenti del sistema climatico terrestre?

# La definizione di sistema climatico

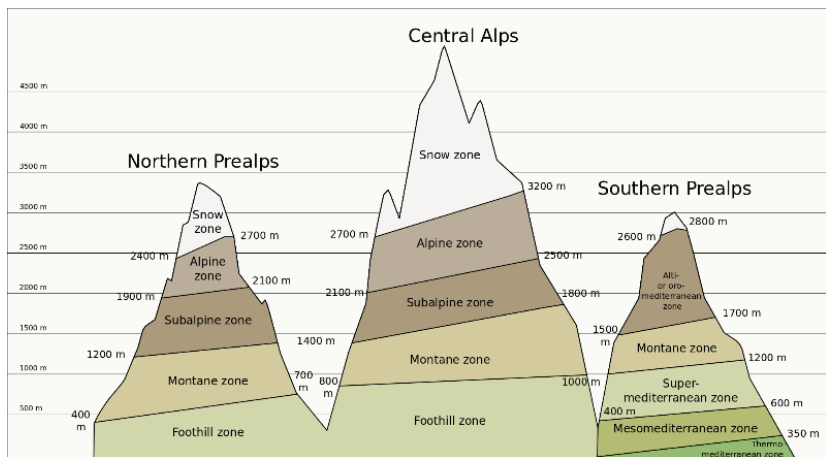
## ➤ IPCC AR5 2013:

- *"il sistema climatico dinamico altamente complesso consiste in cinque componenti principali: l'atmosfera, l'idrosfera, la criosfera, la litosfera e la biosfera, e nelle loro reciproche interazioni"*



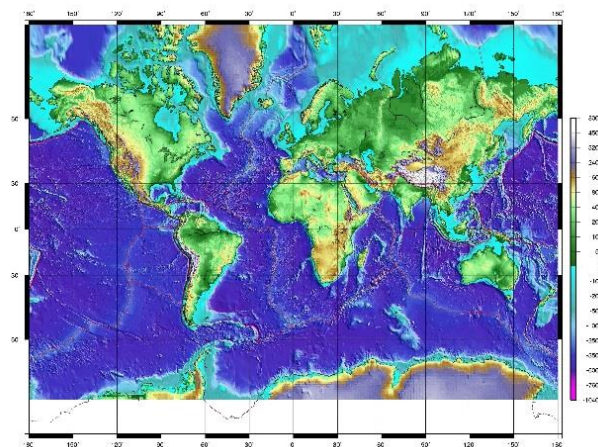
Source: <https://slideplayer.com/slide/15398059/>

# I fattori climatici

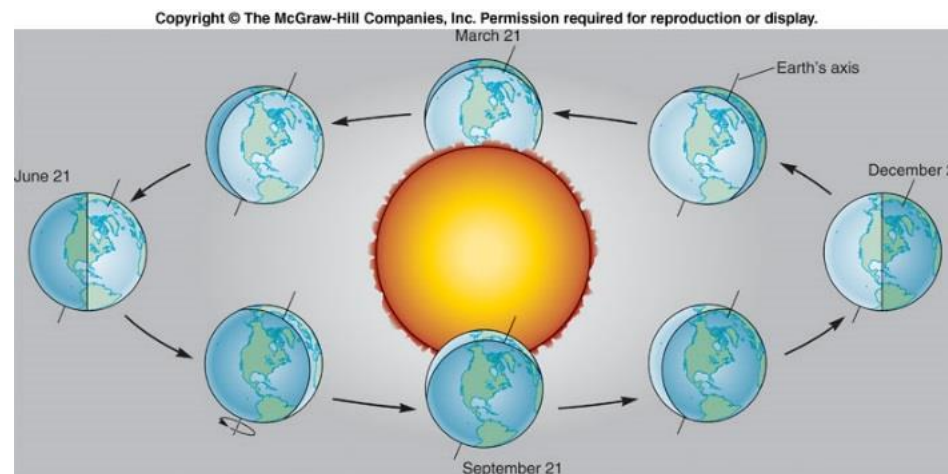


Altitudine

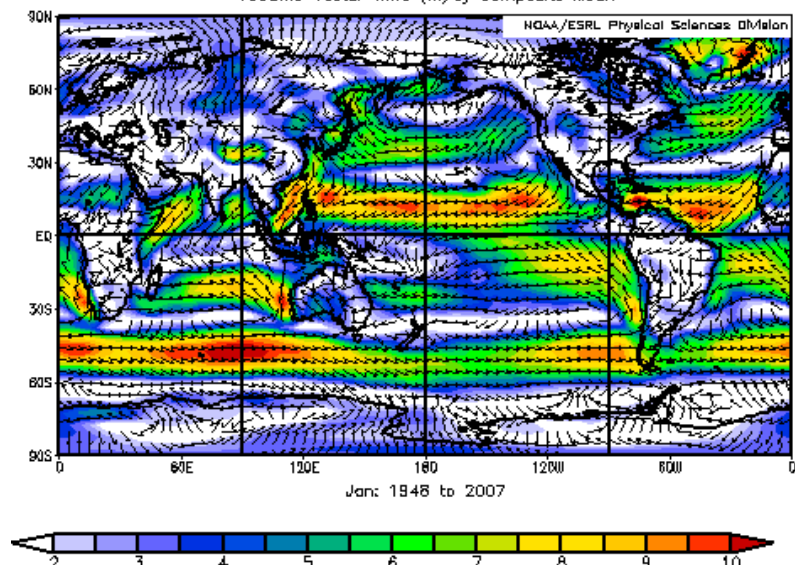
NCEP/NCAR Reanalysis  
1000mb Vector Wind (m/s) Composite Mean



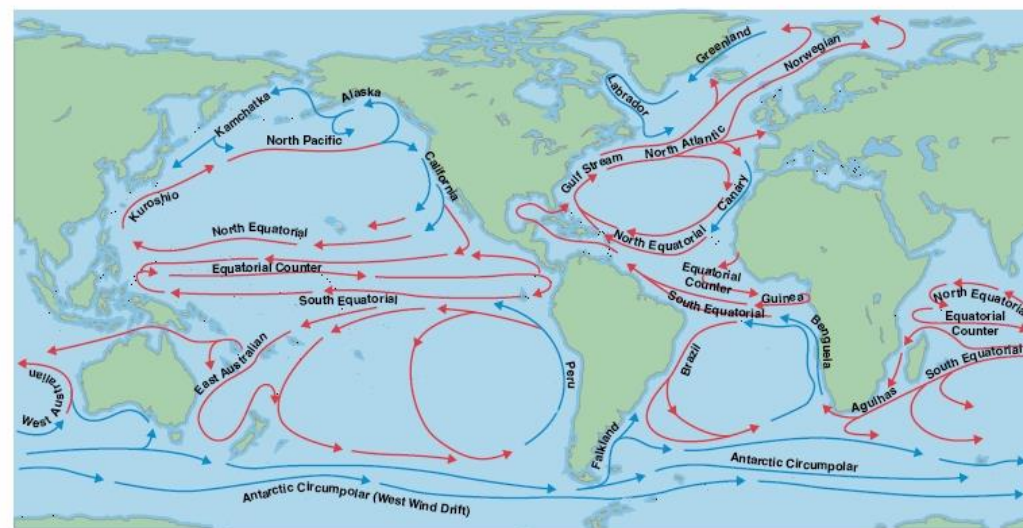
Topografia



Latitudine e stagioni



Venti



Correnti oceaniche

# Domanda

6. Che cos'è l'effetto serra?

# L'effetto serra naturale non è negativo!

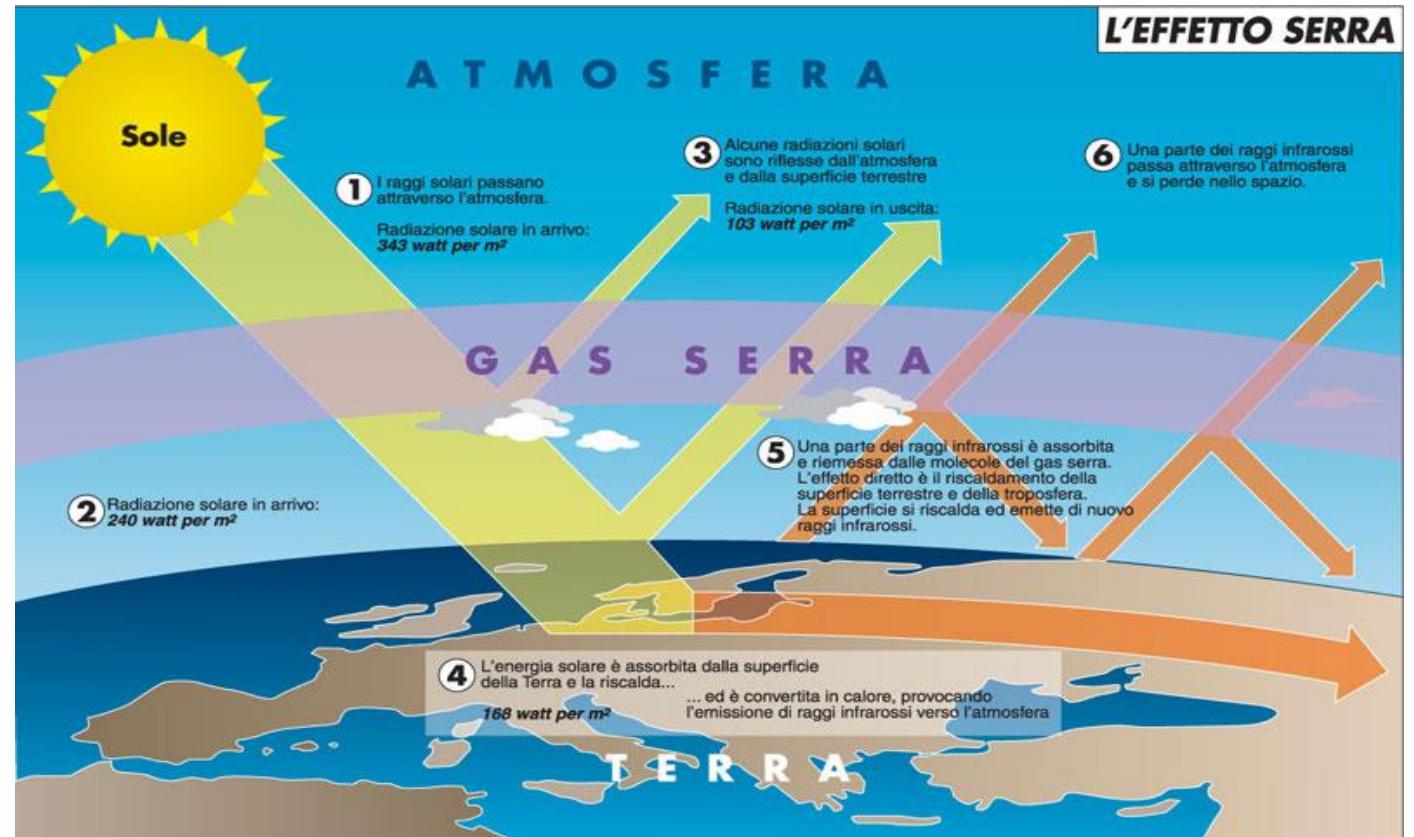
Terra senza effetto serra: - 18 °C



Terra con effetto serra naturale: + 14 °C



Terra con effetto serra naturale + antropico: +15 °C

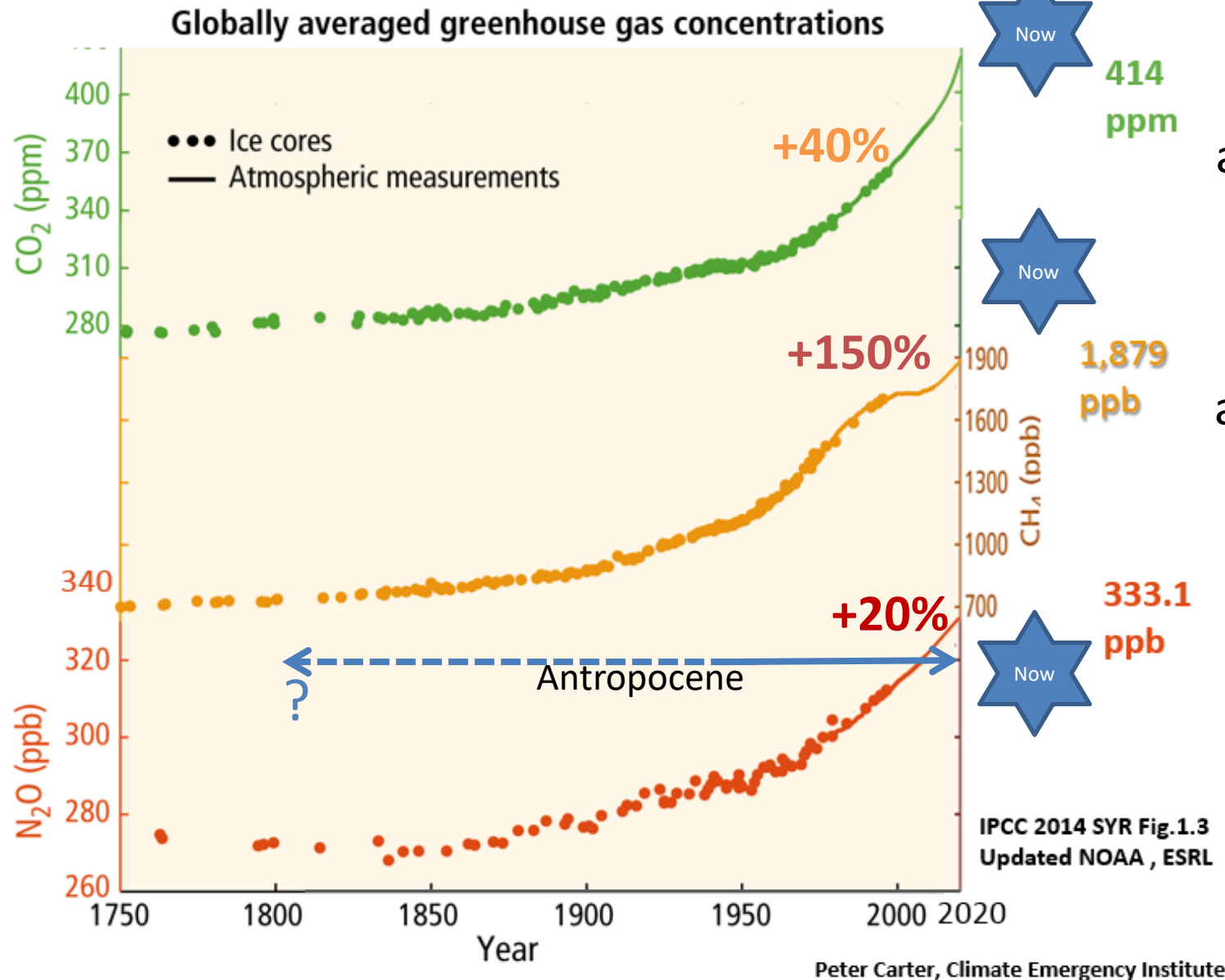


I gas serra più importanti sono:

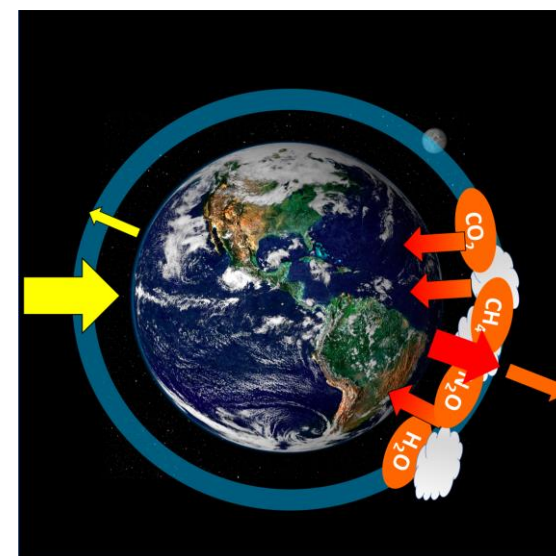
H<sub>2</sub>O – Vapore acqueo  
CH<sub>4</sub> – Metano  
O<sub>3</sub> – Ozono  
HFC – Idrofluorocarburi

CO<sub>2</sub> – Biossido di carbonio (anidride carbonica)  
N<sub>2</sub>O – Protossido di azoto  
CFC e HCFC – Clorofluorocarburi  
CF<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>, SF<sub>6</sub>, and NF<sub>3</sub> – Perfluorocarburi

# Aumenti *epocali* di gas a effetto serra



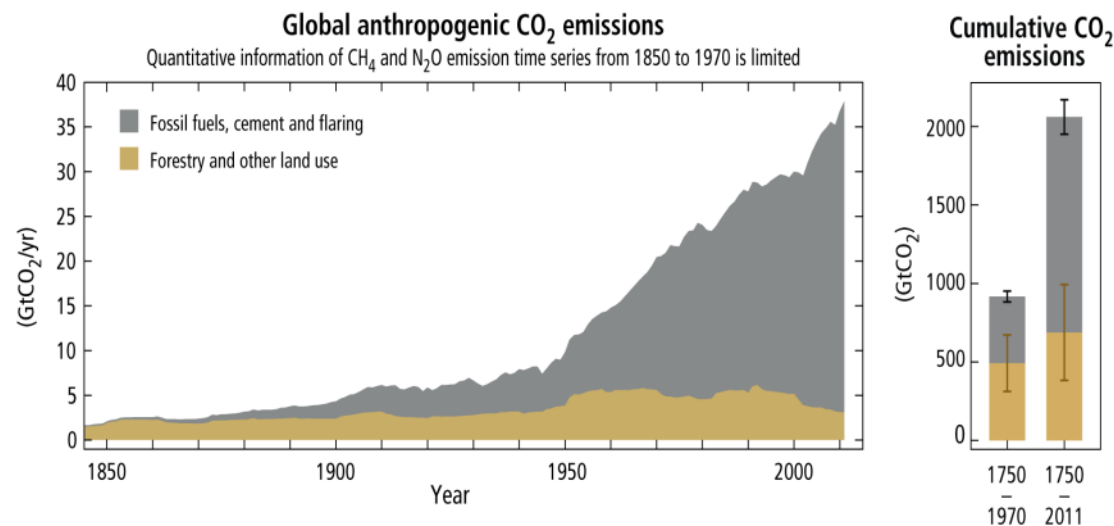
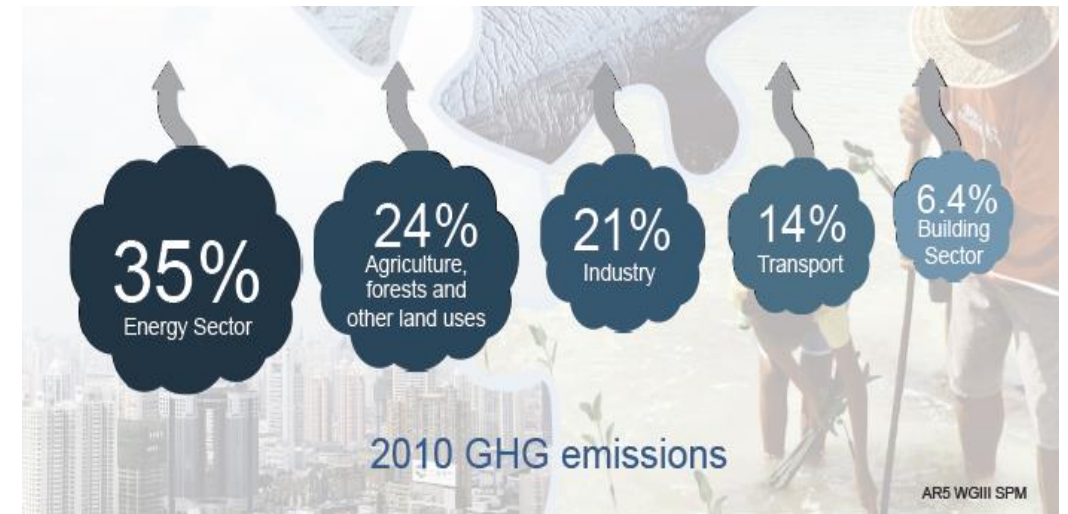
Le emissioni di gas serra sono aumentate dal 1750 ad oggi, con **una forte accelerazione negli ultimi 40 anni**, portando a un aumento di temperatura che è avvenuto con **una rapidità senza precedenti**



# Domanda

7. Perché si emette CO<sub>2</sub>, e dove va a finire?

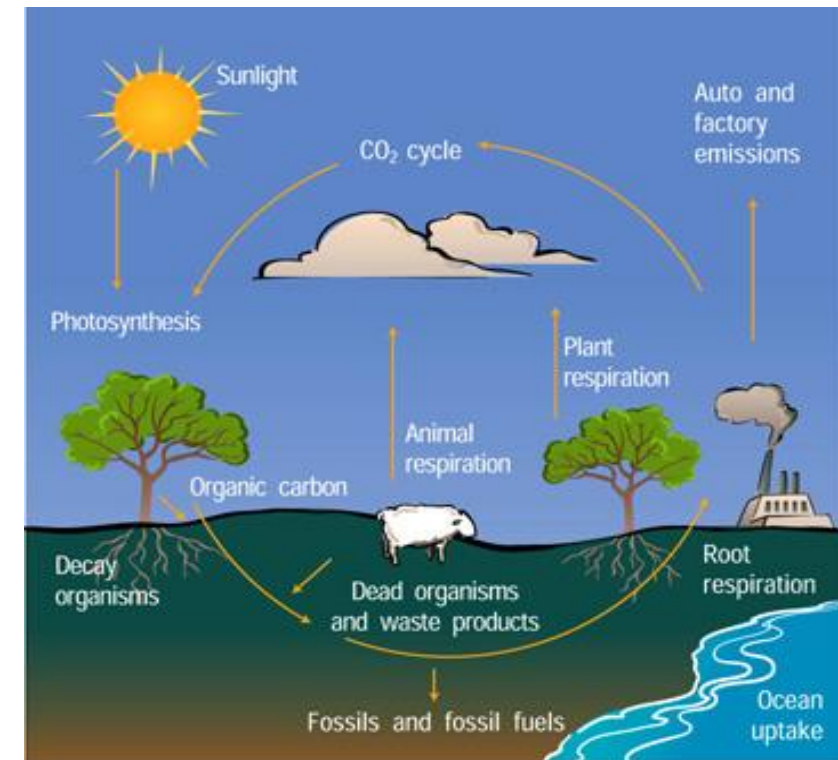
# Da dove viene la CO<sub>2</sub> antropica?



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

# Dove va a finire la CO<sub>2</sub> antropica?

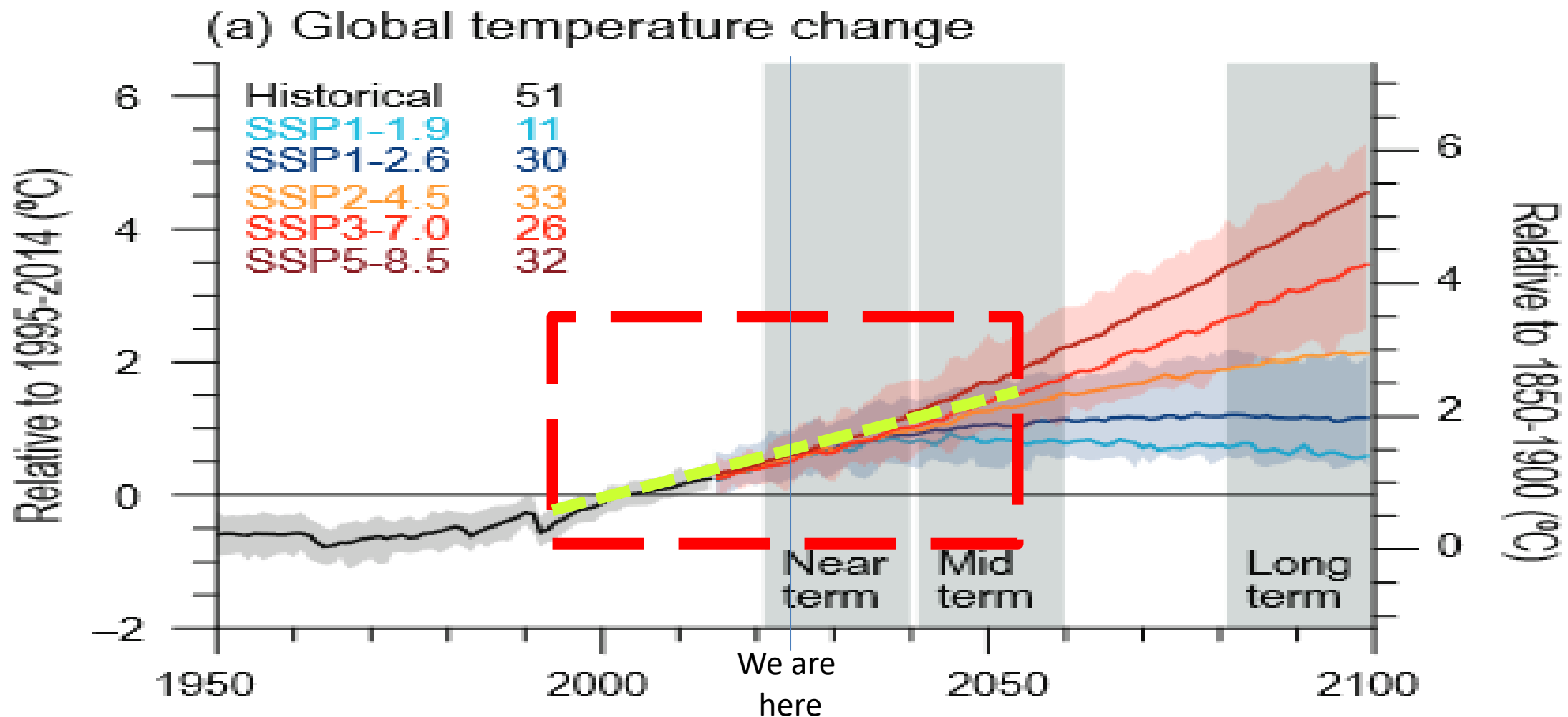
Con questa velocità di crescita delle emissioni, **oceano e vegetazione non sono in grado di rimuovere efficacemente la CO<sub>2</sub> dall'atmosfera**, come avveniva nei passati secoli e millenni



# Domanda

## 8. Che clima farà?

# Dipende dagli scenari; probabilmente farà (molto) più caldo



Source: AR6 WGI IPCC page 570

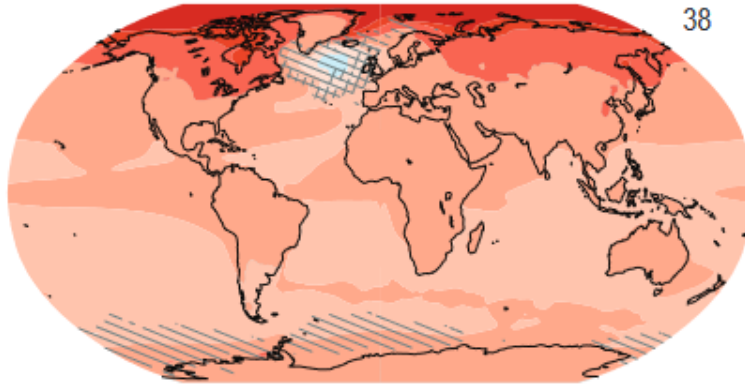
- Change in global mean temperature depending on SSP (shared socioeconomic pathways) scenarios: SSP1-1.9 (very low GHG emissions), SSP1-2.6 (low), SSP2-4.5 (intermediate), SSP3-7.0 (high), SSP5-8.5 (very high)

# Distribuzione della temperatura media globale ...

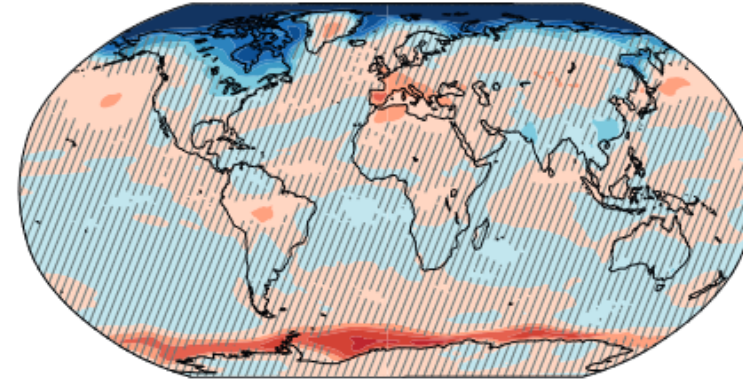
(2 scenarios)

SSP1-2.6 (2081–2100)

38

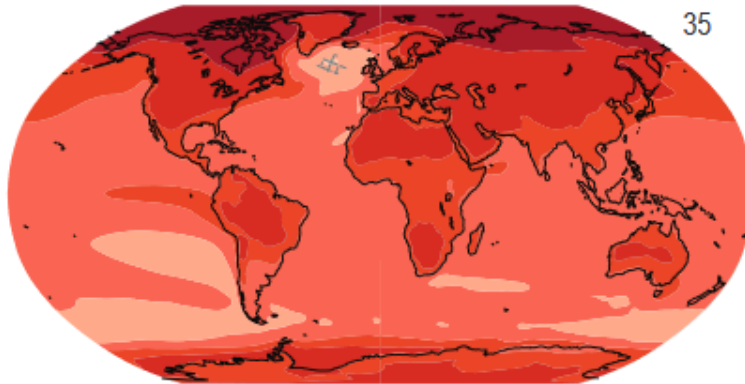


Warming difference JJA vs. DJF (SSP1-2.6)

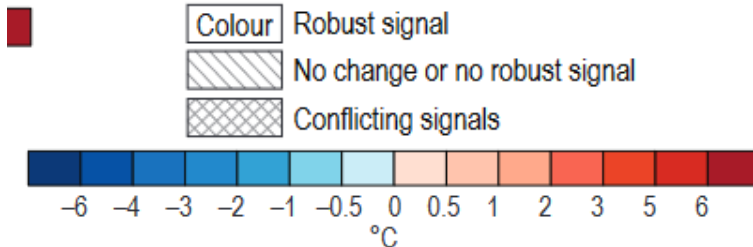
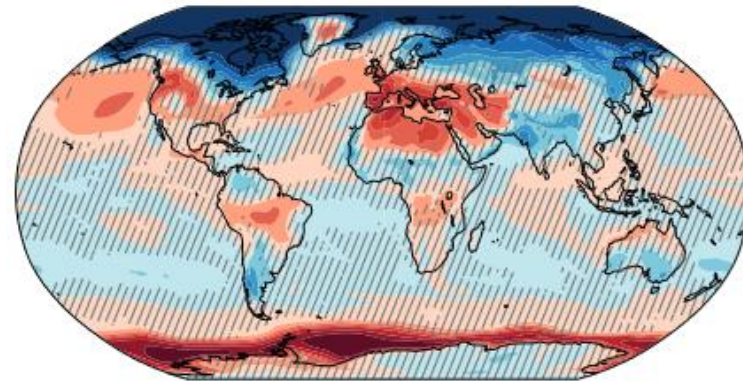


SSP3-7.0 (2081–2100)

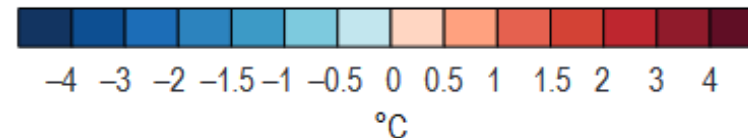
35



Warming difference JJA vs. DJF (SSP3-7.0)



Source: AR6 WGI IPCC



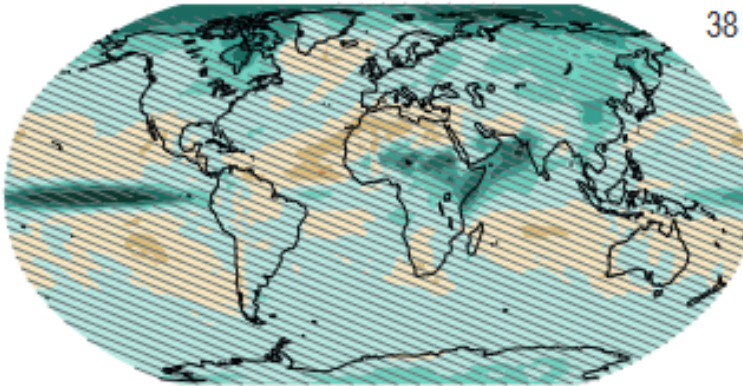
# Distribuzione delle precipitazioni medie globali ...

(2 scenarios)

Seasonal mean precipitation change

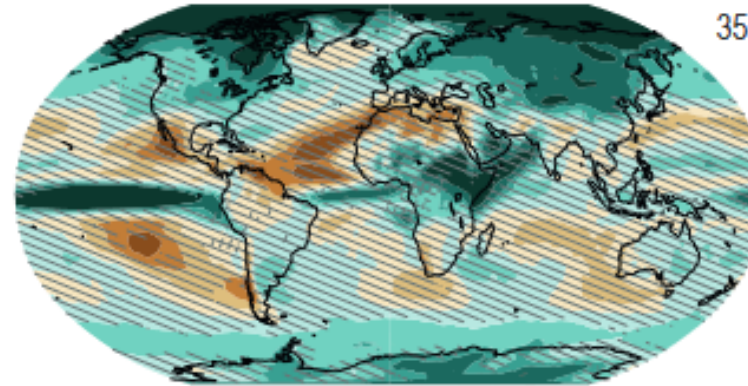
DJF SSP1-2.6 (2081–2100)

38



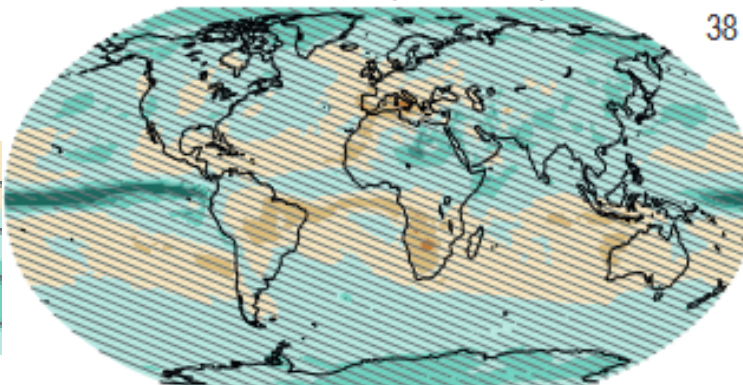
DJF SSP3-7.0 (2081–2100)

35



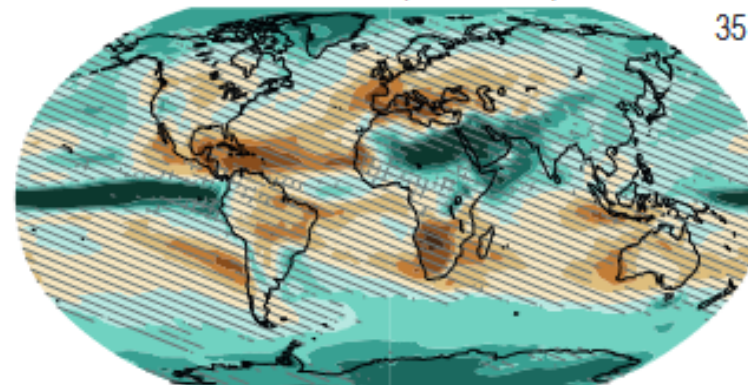
JJA SSP1-2.6 (2081–2100)

38

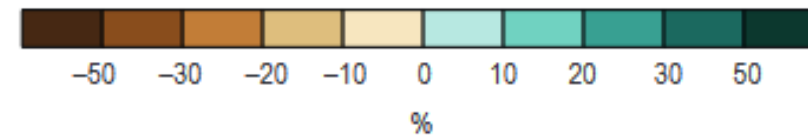
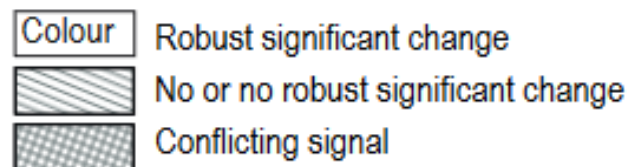


JJA SSP3-7.0 (2081–2100)

35



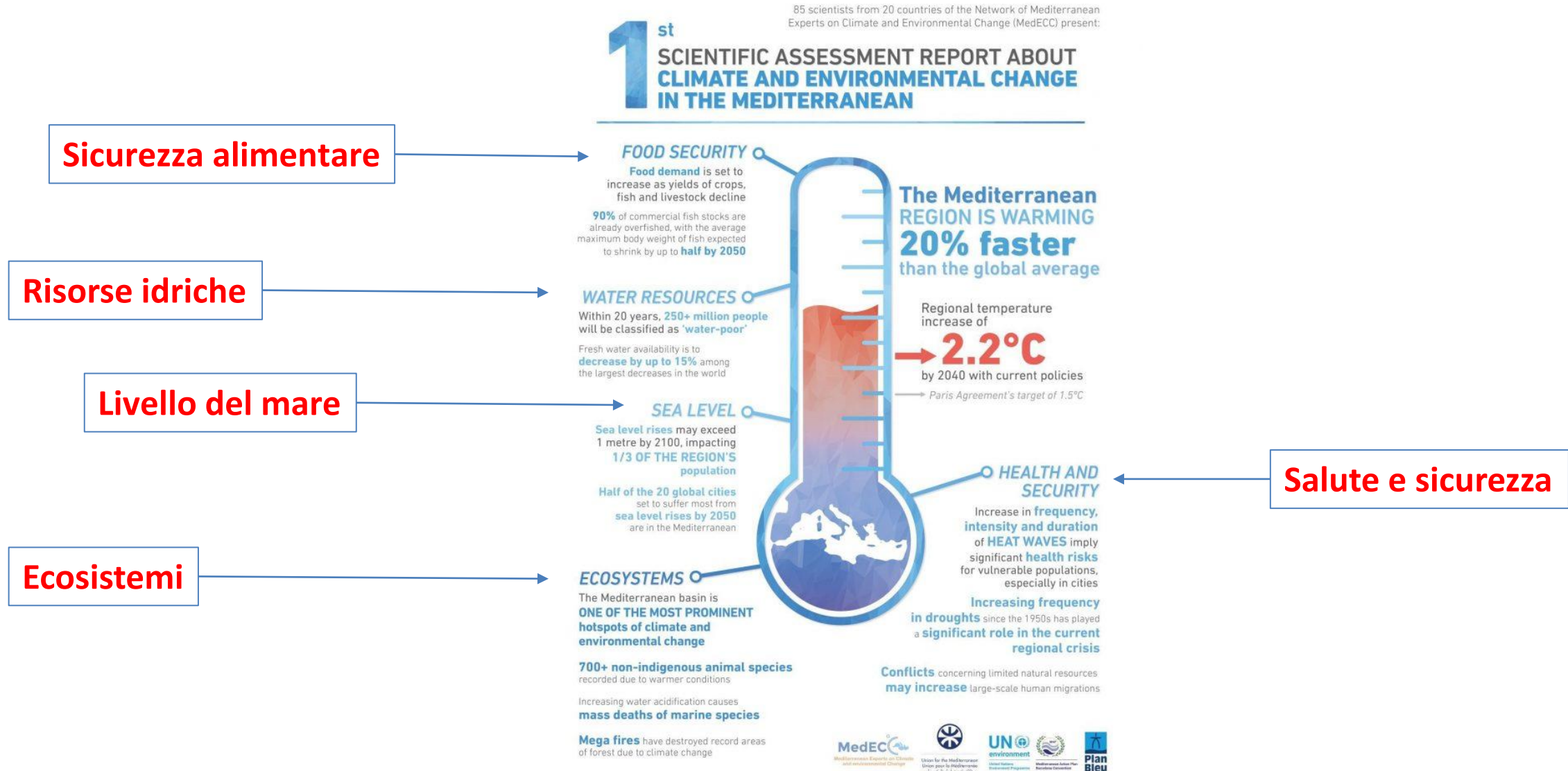
Source: AR6 WGI IPCC



# Domanda

9. Quali sono i principali impatti ed effetti sul nostro territorio?

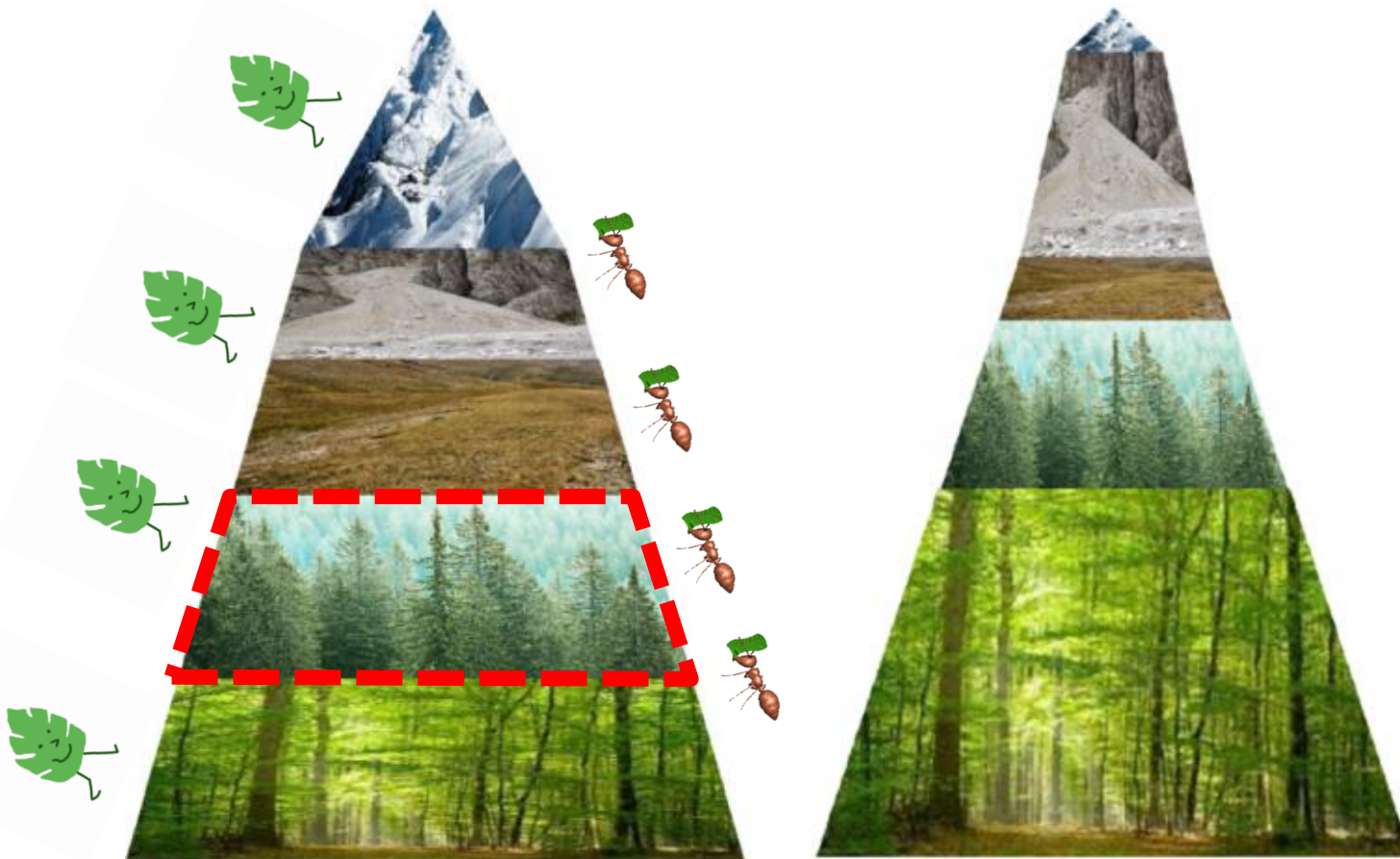
# Impatti dei cambiamenti climatici sul Mediterraneo



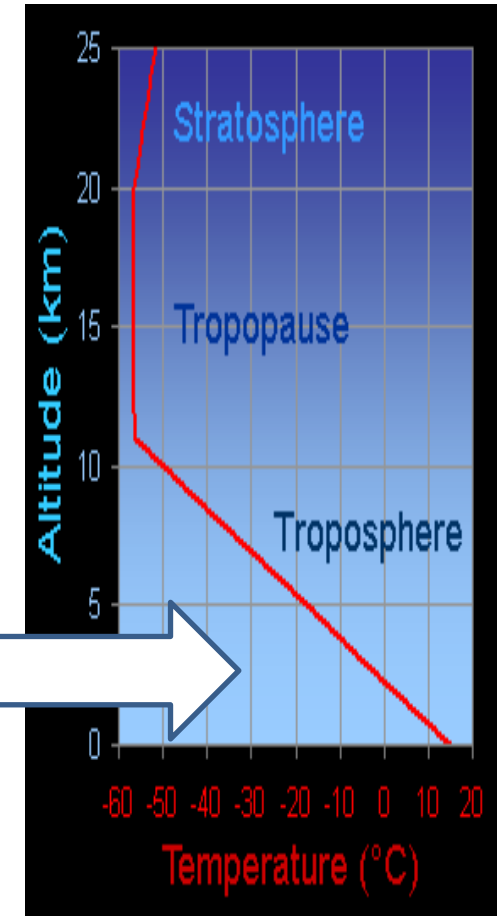
# Impatti: ecosistemi e biodiversità montana in rapido declino

## Due grossi problemi

1. Gli habitat si spostano verso l'alto. In Italia **+1,7 °C in 40 anni**: animali e piante debbono salire di 300 metri per inseguire il loro microclima (e chi è già in cima?)
2. Gli areali si restringono progressivamente



$$\frac{dT}{dz} = \frac{0,6\text{ °C}}{100\text{ m}}$$

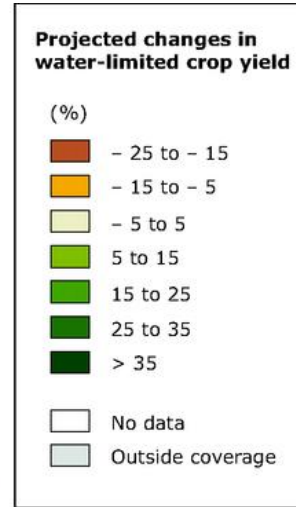
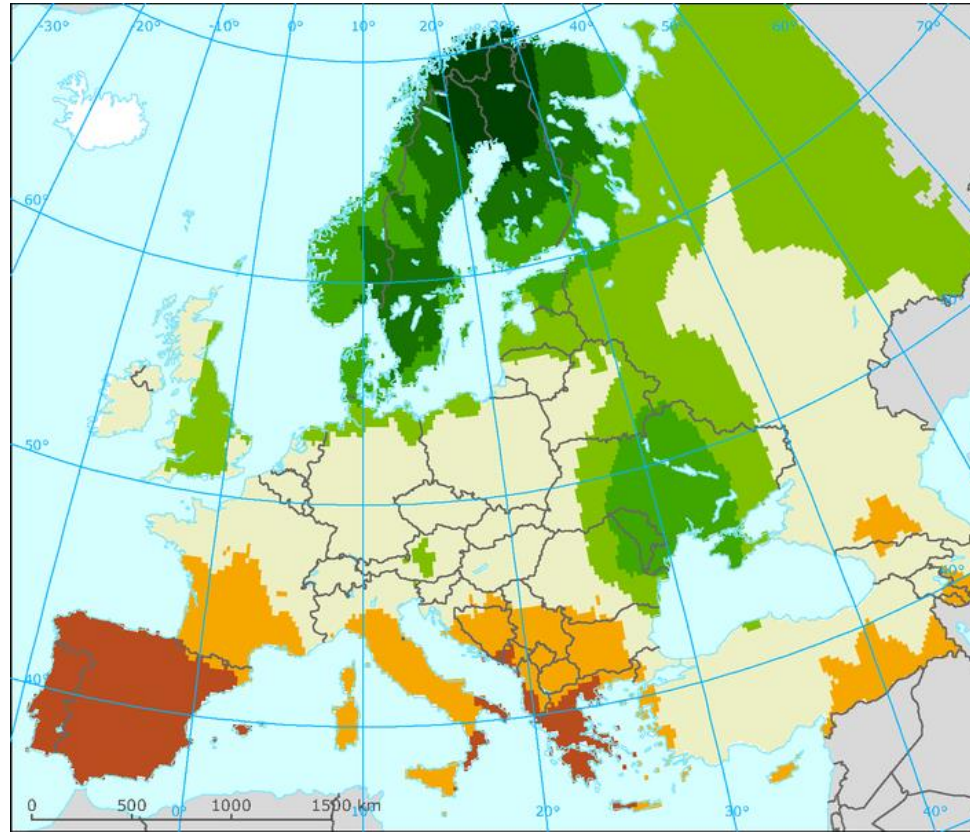


# Impatti in agricoltura

- **Meno pioggia implica:**
  - maggiori periodi siccitosi;
  - anticipo della stagione irrigua;
  - necessità di ottimizzazione dei sistemi irrigui.
- **Maggiori temperature implicano:**
  - introduzione di specie e varietà diverse;
  - incremento delle produzioni;
- **Quindi:**
  - un generale adattamento dell'agrotecnica

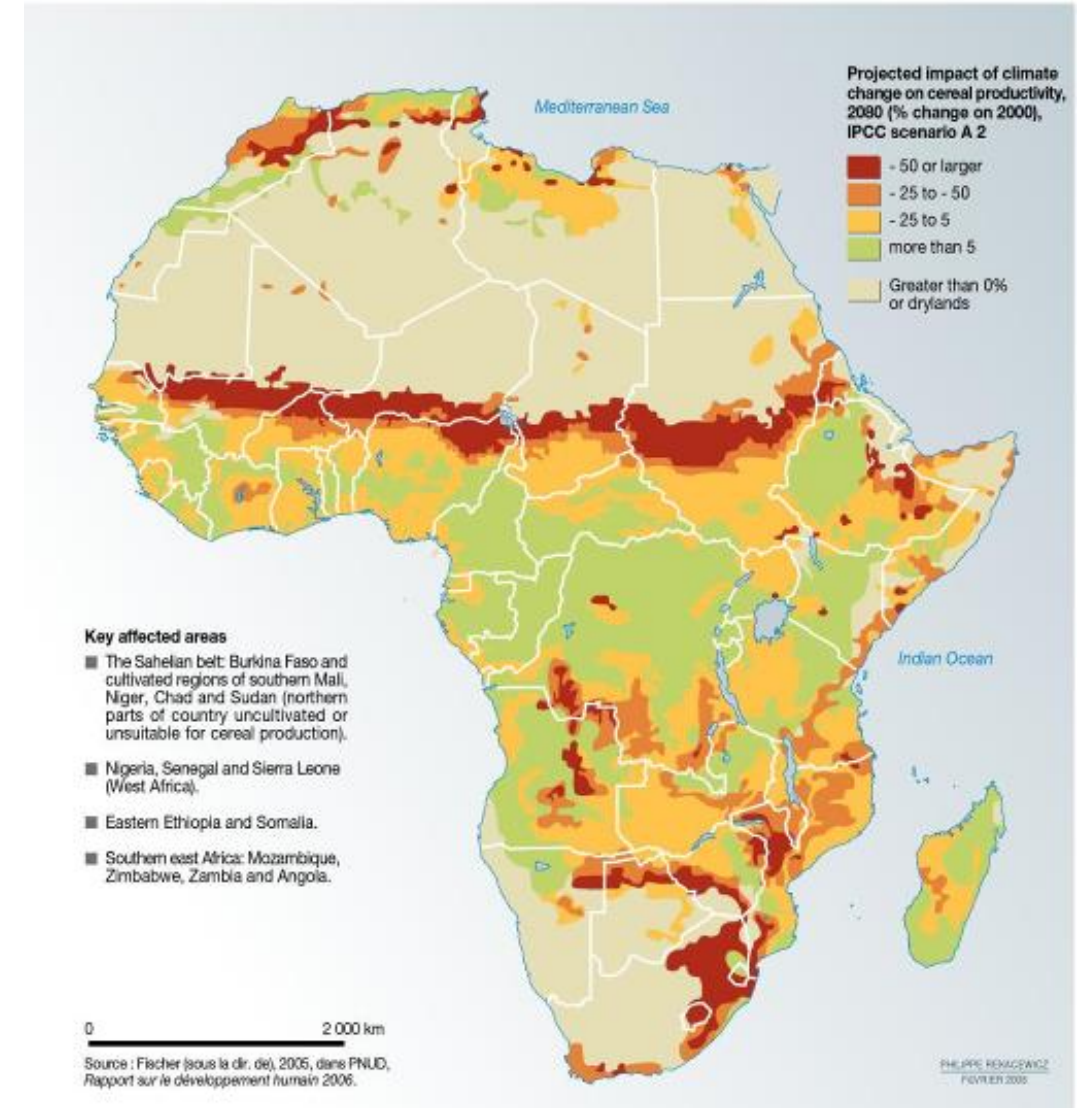


# Produttività agricola futura: Africa ed Europa

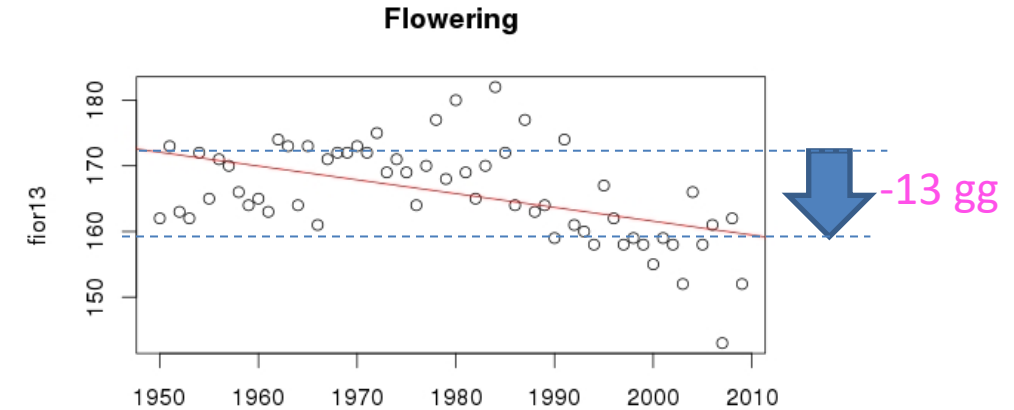
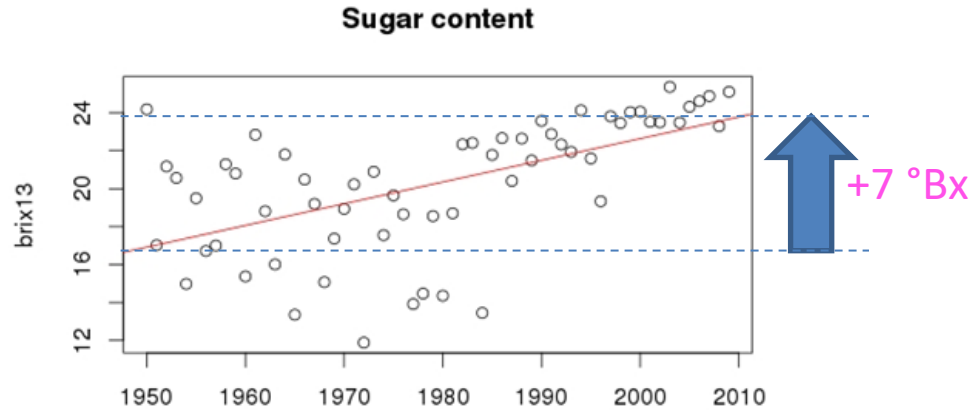


Nel Mediterraneo e in Africa la produttività agricola è prevista **in forte calo!**

Cereal productivity in Sub-Saharan Africa under a scenario of the IPCC that shows CO<sub>2</sub> atmospheric concentrations a level at 520-640 ppm by 2050



# Il caso della vite in Piemonte

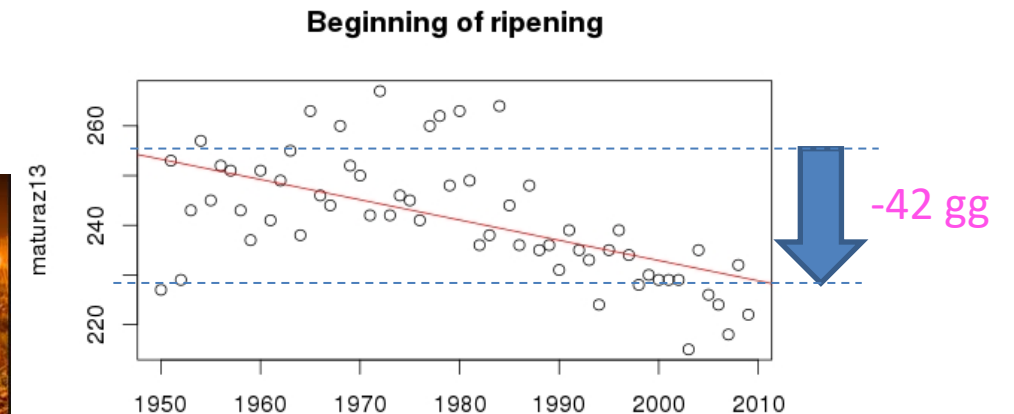


## Zone vitivinicole piemontesi

- Fioritura della vite e maturazione dell'uva **in anticipo di 2-3 settimane nell'ultimo trentennio**
  - Maggiore rischio di gelate tardive!!!

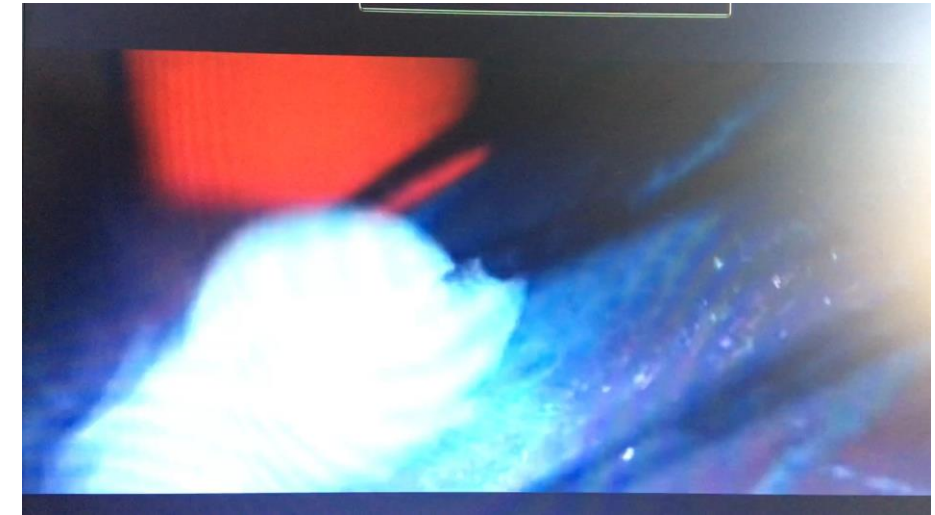
- Contenuto zuccherino degli acini **in forte aumento** (corrisponde a 1-2 gradi alcolici)

Nel clima futuro **questi trend continueranno**



Fonte: Andreoli et al. (2019), Agronomy

# Aumento degli eventi estremi



Da «L'alba del giorno dopo» (2004)  
Scena della grandinata gigante a Tokyo



25/07/2023: a Tiezzo (frazione di Azzano Decimo, Friuli)  
cade un «chicco» di grandine di 19 cm, record europeo

- Il cambiamento climatico non causa gli eventi meteorologici estremi, ma rende più probabile il loro verificarsi, soprattutto di quelli più intensi

# Domanda

10. Come si contrasta il cambiamento climatico?

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

## MITIGAZIONE

- 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"
- **Modificare i nostri stili di vita → gestione virtuosa dei propri consumi energetici, scelte per la mobilità, abitudine al riciclo e la gestione dei rifiuti, abitudini alimentari.**

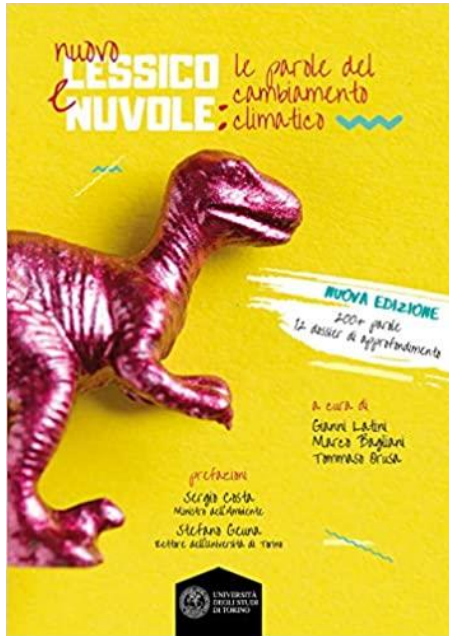
# Convivere con gli effetti già in corso e attesi

## ADATTAMENTO

- 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

# Grazie!!!

## Consigli di lettura



Titolo: **Lessico e nuvole: le parole del cambiamento climatico**

Curatori: G. Latini, M. Bagliani, T. Orusa

Autori: molti docenti dell'Università di Torino

Edizione: 2020 Zenodo

Pdf gratuito a [questo link](#)



Titolo: **Temporali e tornado**

Primo capitolo: Clima e cambiamenti climatici

Autori: C. Cassardo, G. Formentini, A. Gobbi, A. Griffo, P. Randi, D. Rosa

Edizione: 2022, Alpha Test

Link: [qui](#)