

**CAPIAMO I
CAMBIAMENTI
CLIMATICI** 

Unito Green Office Coordinamento Cambiamenti climatici ©
Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it
Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it

8 incontri
per approfondire,
condividere, agire. 

Quale futuro ci aspetta? I cambiamenti di oggi e futuri

con
Claudio Cassardo
Elisa Palazzi
Conduce
Giulia Alice Fornaro



DA NOVEMBRE 2019 AD APRILE 2020
AULA MAGNA CAVALLERIZZA REALE, TORINO



INFO SU GREEN.UNITO.IT



LESSICO e NUVOLE:

le parole del
cambiamento
climatico

Una guida linguistica e scientifica per
orientarsi nel dibattito sulla crisi climatica.
Una bussola per chiunque voglia acquisire
maggiore consapevolezza su uno dei temi
più urgenti del nostro tempo.

Scarica gratuitamente
il pdf di "Lessico e Nuvole" [su frida.unito.it](http://frida.unito.it)



...PRIMA CHE
SIA TROPPO TARDI!





*Chi parla male, pensa
male, e vive male.
Bisogna trovare le parole
giuste: le parole sono
importanti!*

Nanni Moretti, Palombella rossa

Meteo ≠ Clima

Previsione meteorologica ≠ Proiezione climatica

Fondere ≠ Sciogliere (almeno in ambito climatico)

Global warming → Global heating

CAPIAMO I CAMBIAMENTI CLIMATICI

Partecipa ai
prossimi appuntamenti:

27 NOVEMBRE 2019

con MARCO BAGLIANI, ELISA PALAZZI

*Come funziona il sistema climatico?
I meccanismi fondamentali che regolano il clima sulla Terra.*

18 DICEMBRE 2019

con MARCO BAGLIANI, ELISA PALAZZI

*Perché il clima cambia? Cause e conseguenze
dei cambiamenti climatici dal lontano passato ad oggi.*

15 GENNAIO 2020

con ENRICO BORGOGNO MONDINO, CLAUDIO CASSARDO, ELISA PALAZZI

*Come si studia il clima? Dalle ricostruzioni del passato
alle misurazioni di oggi, fino ai modelli per le previsioni future*

29 GENNAIO 2020

con CLAUDIO CASSARDO, ELISA PALAZZI

*Quale futuro ci aspetta? Come cambierà il clima nei prossimi
decenni e quali rischi avremo di oltrepassare punti di non ritorno.*

12 FEBBRAIO 2020

con DARIO PADOVAN, ALESSANDRO PEZZOLI

*Quali sono le conseguenze del riscaldamento globale?
Studiare gli impatti del cambiamento climatico.*

26 FEBBRAIO 2020

con MARCO BAGLIANI, DARIO PADOVAN

*Quali sono le cause prime del cambiamento climatico e cosa si può
fare? Una analisi critica dei driver e delle politiche di mitigazione.*

25 MARZO 2020

con DARIO PADOVAN, ALESSANDRO PEZZOLI

*Cosa stiamo facendo per adattarci al cambiamento climatico?
Dalle migrazioni alle smart cities: analisi critica dell'adattamento.*

8 APRILE 2020

con MARIA CRISTINA CAIMOTTO, DANIELA FARGIONE, DARIO PADOVAN

*Chi ha paura del cambiamento climatico?
Narrazioni, reazioni, scetticismi, negazionismi*

Il primo incontro

- Definizione di tempo meteorologico e clima
- Il bilancio energetico terrestre: il motore del sistema climatico
- I componenti principali del sistema climatico:
 1. l'atmosfera e le sue correnti;
 2. l'oceano e la circolazione termoalina
 3. la biosfera e il suo contenuto di carbonio
 4. la criosfera e le sue proprietà di elevata albedo

Il secondo incontro

- Le cause dei cambiamenti del clima
- I forzanti naturali e antropici
 - Definizione di forzante radiativo
 - Attività solare, forzanti orbitali, asteroidi, vulcani
 - Gas serra aerosol, uso del suolo
- La variabilità naturale interna
 - Meccanismi di retroazione

Il terzo incontro

- Come si studia il clima del passato?
 - paleoclimatologia e proxy climatici
- Come si studia il clima oggi?
 - gli strumenti di misura al suolo
 - i satelliti
- A cosa servono i modelli climatici?
 - comprensione dei meccanismi
 - «detection» e «attribution»
 - il futuro

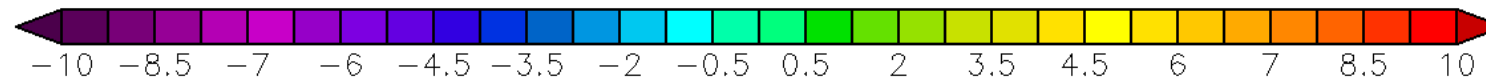
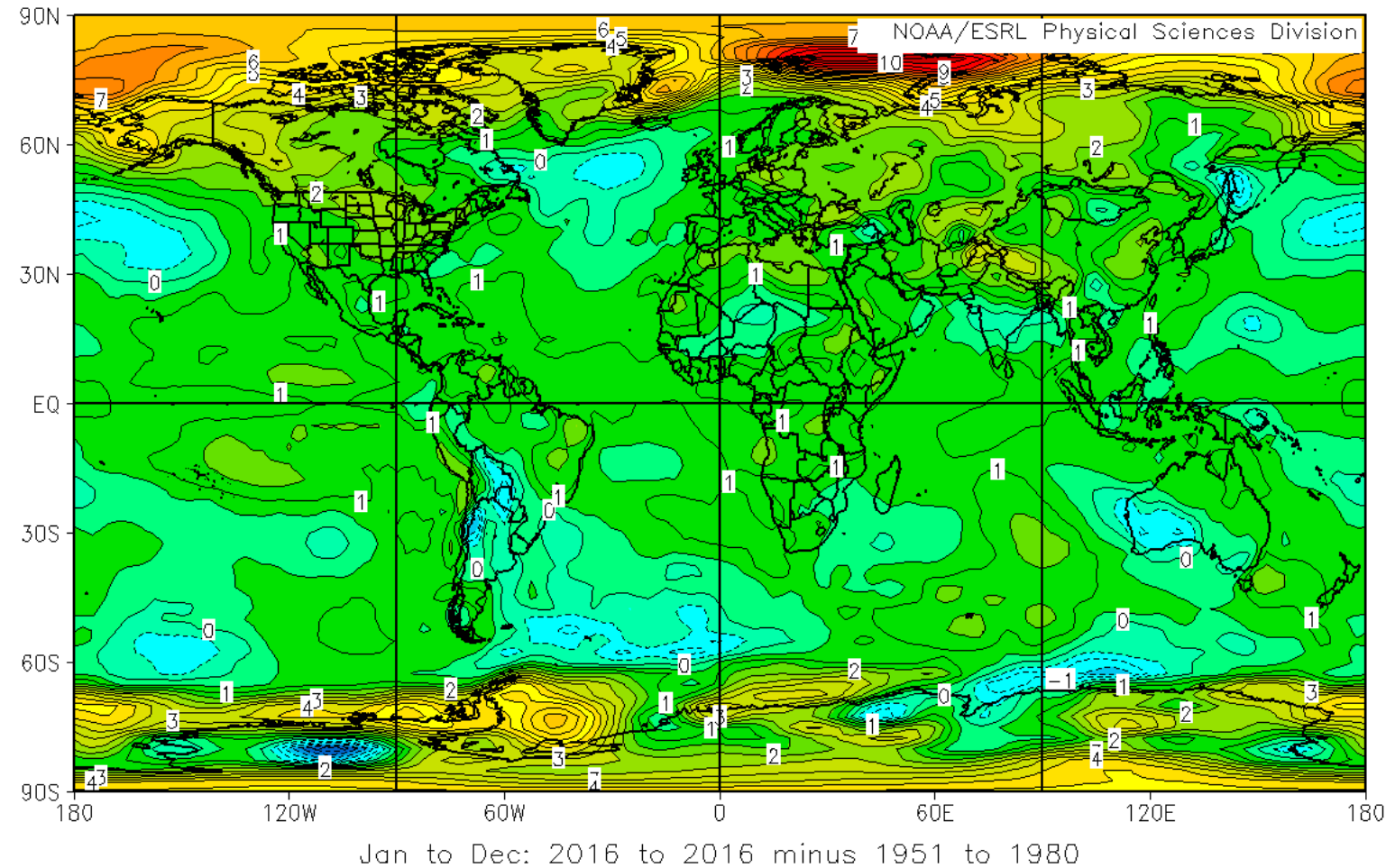
- I cambiamenti climatici già presenti oggi
 - i cambiamenti osservati a livello globale e in Italia
- Cosa aspettarci per il futuro
 - scenari e proiezioni
 - proiezioni globali e regionali
 - punti di non ritorno
- La validazione dei modelli: cosa possiamo dire sull'affidabilità dei modelli usati per fare le proiezioni del clima futuro?

Quali cambiamenti sono già avvenuti?

Diamo uno sguardo a cosa sta accadendo adesso prima di guardare al futuro

Anomalia di temperatura nel 2016

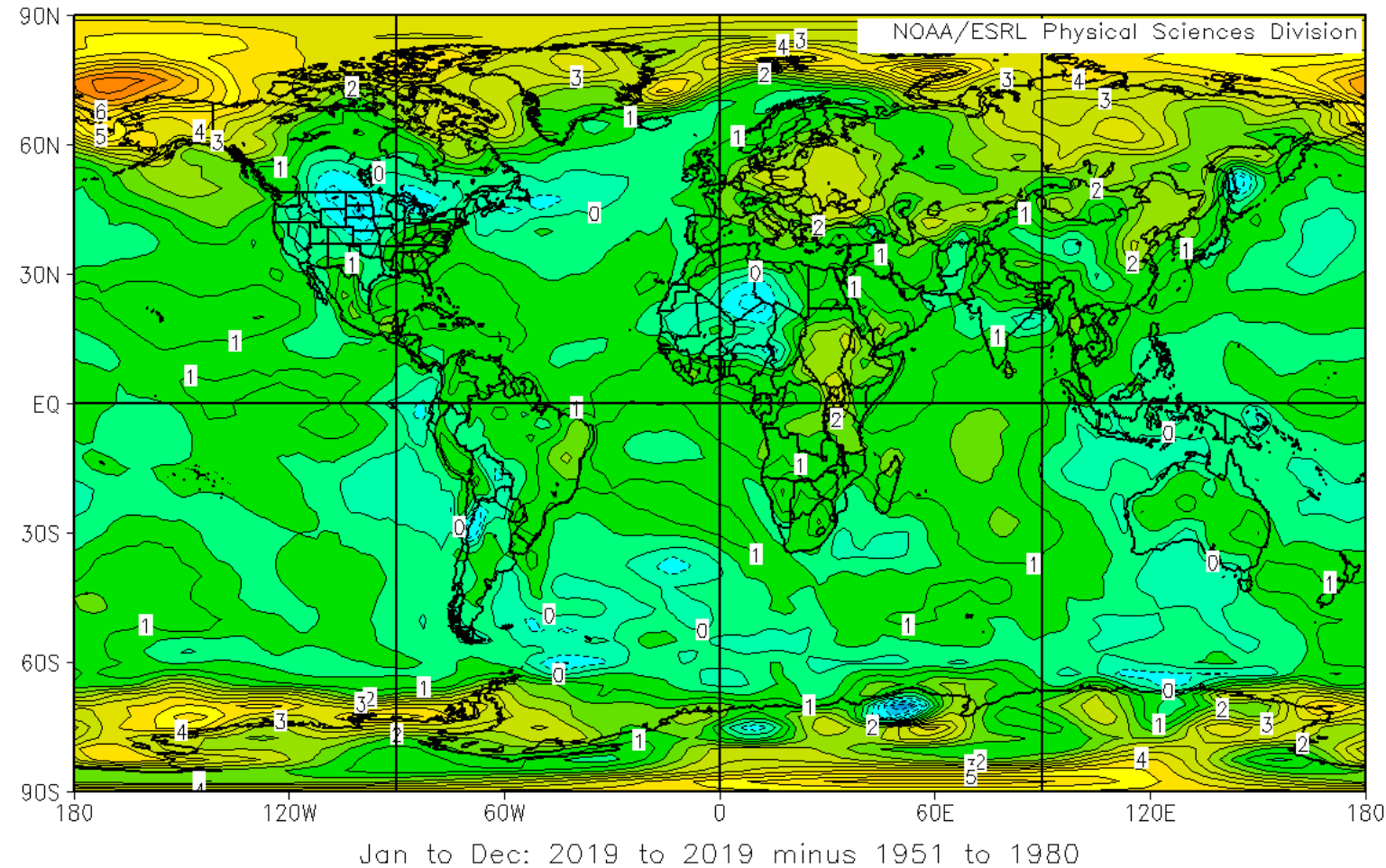
NCEP/NCAR Reanalysis
Surface air (C) Composite Mean



Unito Green Office
Coordinamento Cambiamenti
climatici ©
Marco Bagliani
marco.bagliani@unito.it
Tommaso Orusa
tommaso.orusa@unito.it

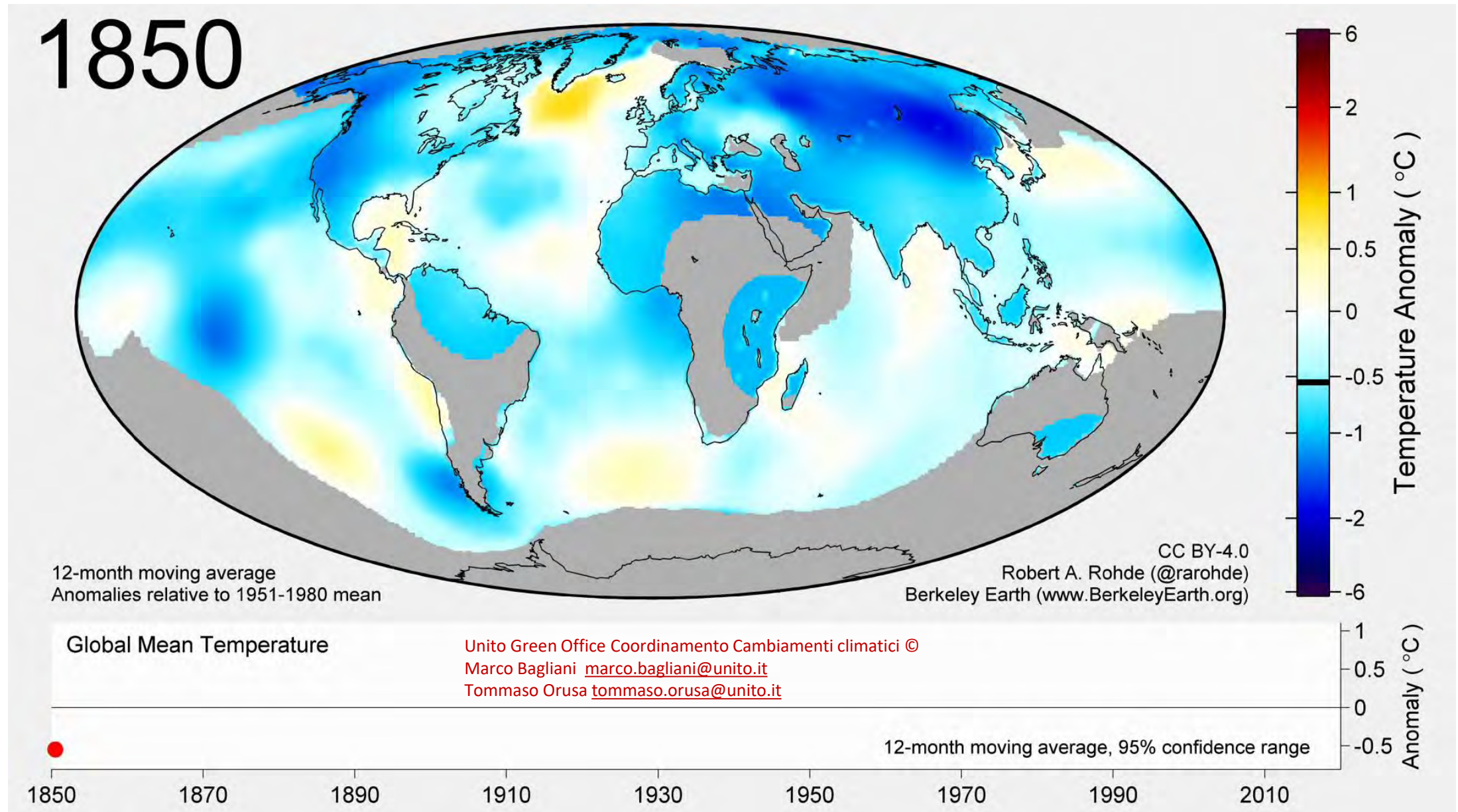
Anomalia di temperatura nel 2019

NCEP/NCAR Reanalysis
Surface air (C) Composite Mean



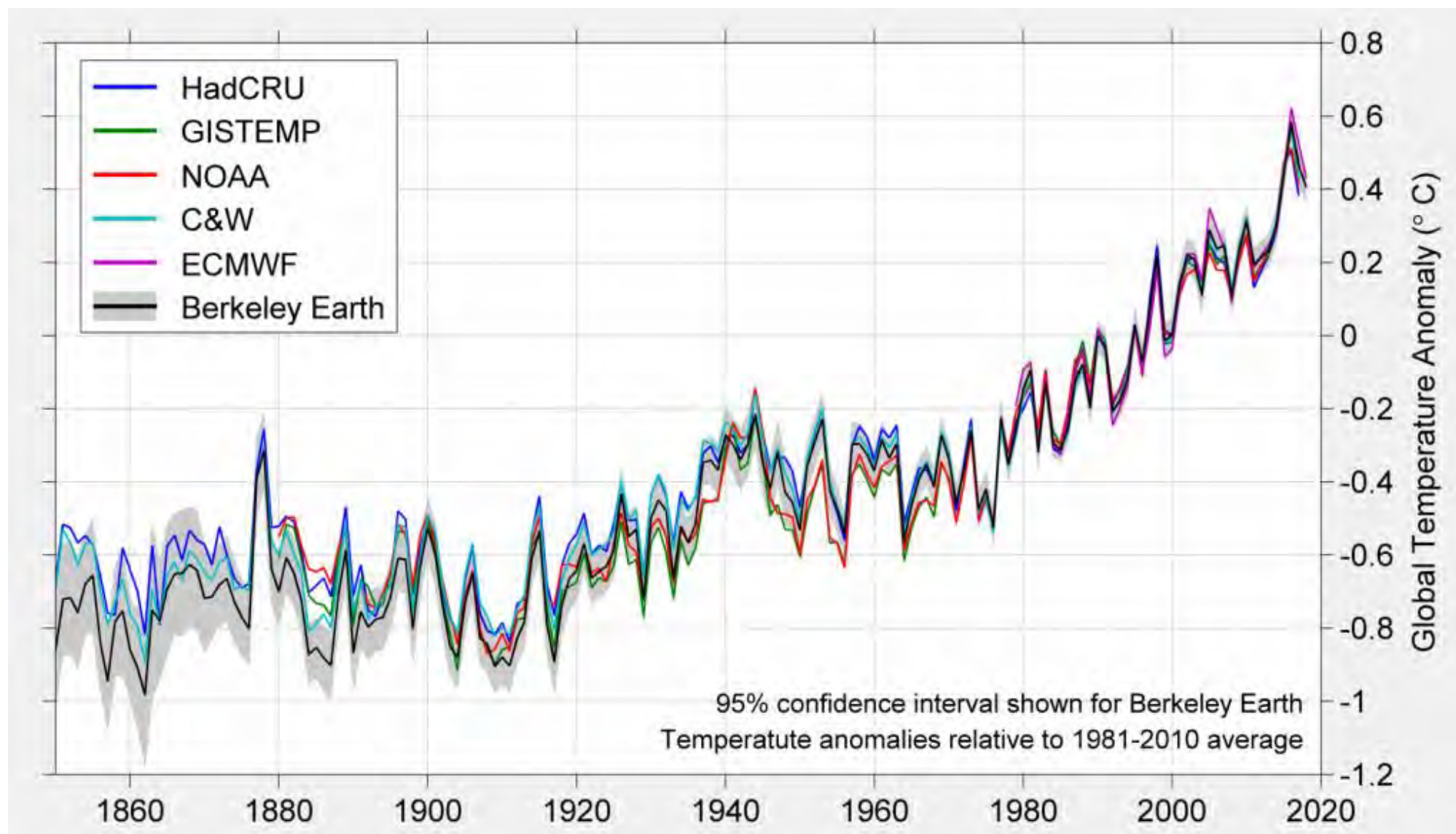
Unito Green Office
Coordinamento Cambiamenti
climatici ©
Marco Bagliani
marco.bagliani@unito.it
Tommaso Orusa
tommaso.orusa@unito.it

Anomalia temperatura dal 1850 al 2018



Aumento della temperatura globale

Unito Green Office Coordinamento
Cambiamenti climatici ©
Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it
Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it



+1 °C

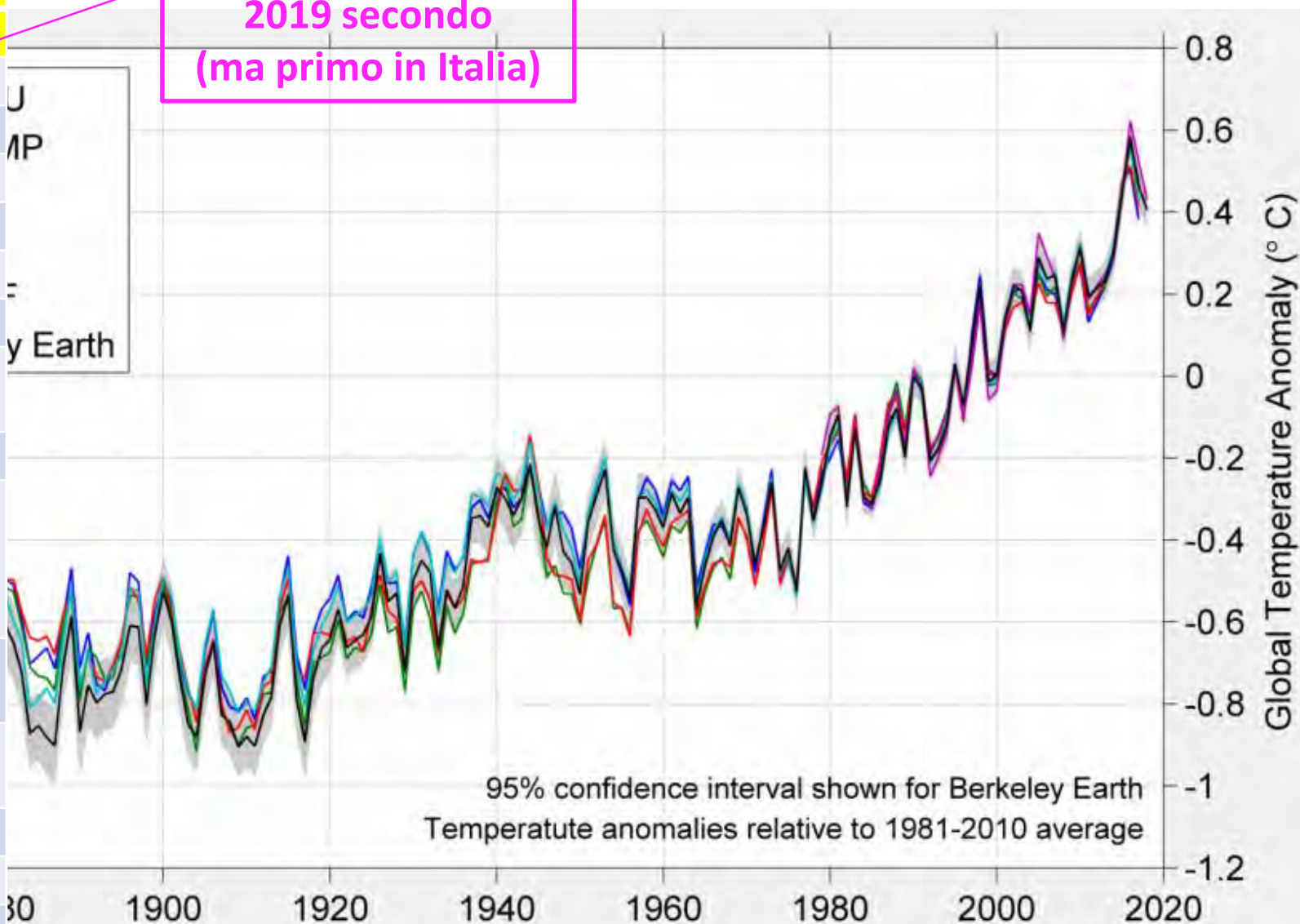
<http://berkeleyearth.org/2018-temperatures/>

Aumento della temperatura **globale**, dal 1850 a oggi

Unito Green Office
 Coordinamento
 Cambiamenti
 climatici ©
 Marco Bagliani
marco.bagliani@unito.it
 Tommaso Orusa
tommaso.orusa@unito.it

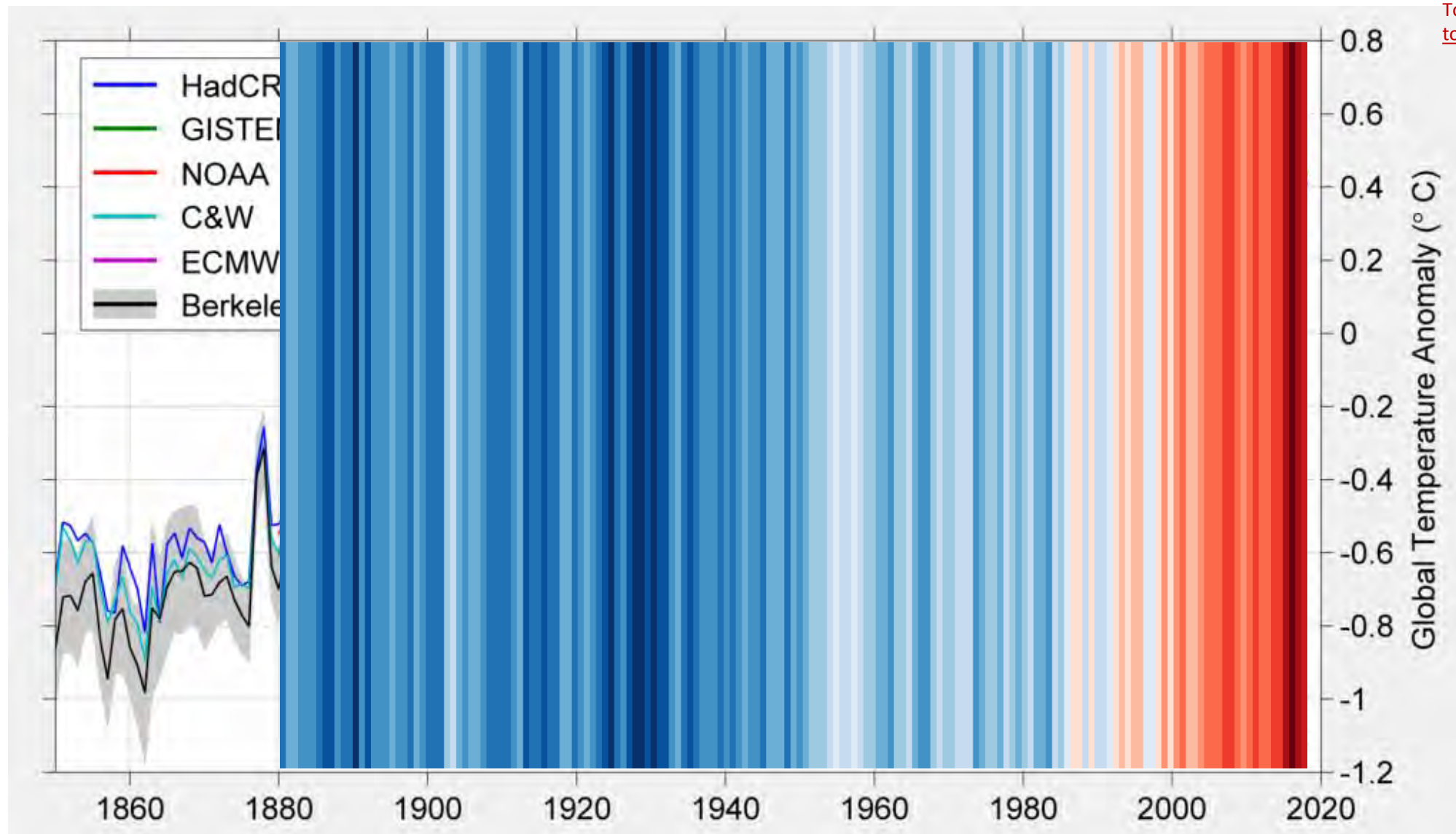
#	Anno	Anomalia (1901-2000)
1	2016	0.99
2	2019	0.95
3	2015	0.93
4	2017	0.91
5	2018	0.83
6	2014	0.74
7	2010	0.72
8	2005 2013	0.67
10	1998	0.65
11	2003 2006 2009 2012	0.64
15	2002 2007	0.62
17	2004 2011	0.58
19	2001	0.57
20	2008	0.54
Dati NOAA		

2019 secondo
(ma primo in Italia)



Aumento della temperatura globale

Unito Green Office
Coordinamento
Cambiamenti climatici ©
Marco Bagliani
marco.bagliani@unito.it
Tommaso Orusa
tommaso.orusa@unito.it

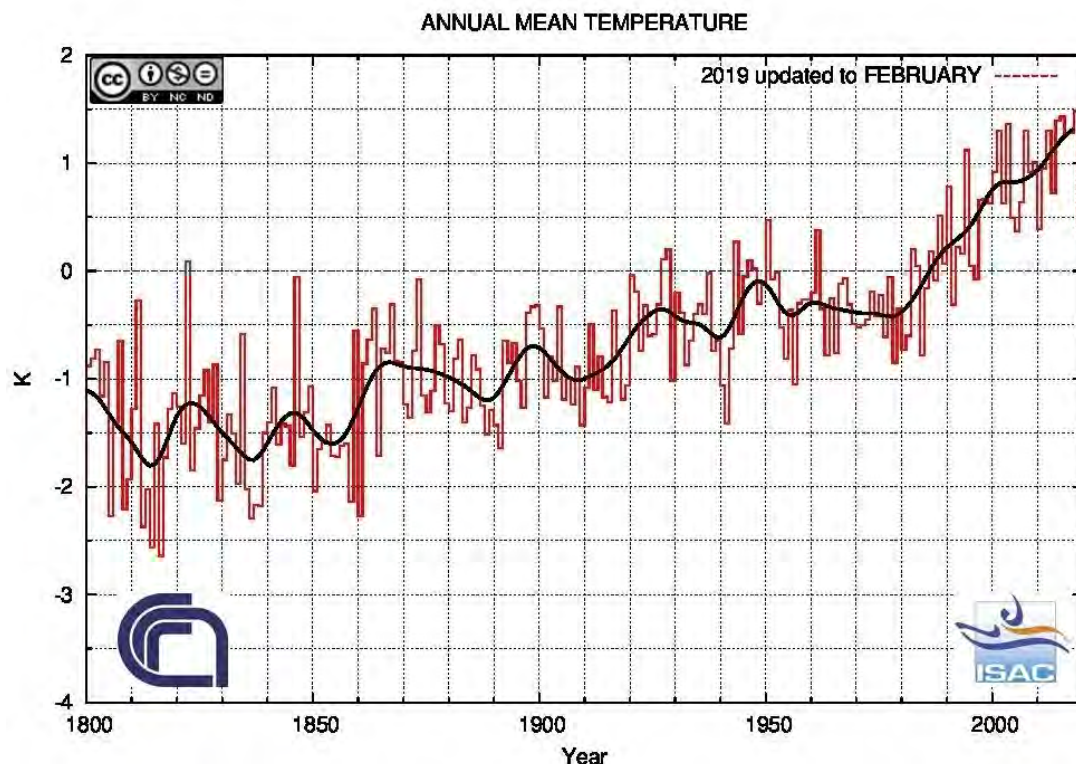


<http://berkeleyearth.org/2018-temperatures/>

C. Cassardo, E. Palazzi - Quale futuro ci aspetta? I cambiamenti di oggi e futuri

Le temperature in Italia

Unito Green Office Coordinamento Cambiamenti climatici ©
 Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it
 Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it



- Forte aumento dagli anni '80 (quasi 2°C), il doppio dell'anomalia globale

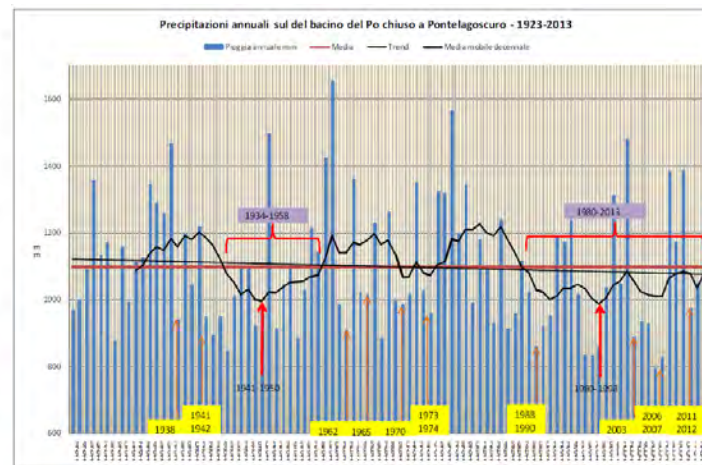
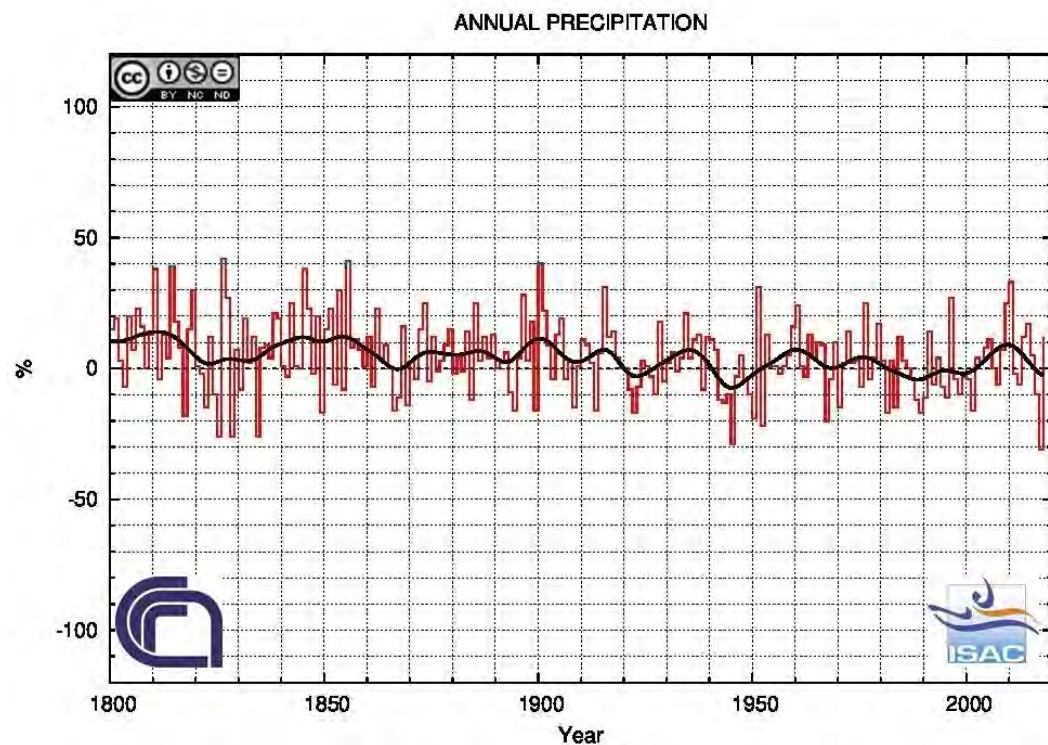
Anno	δT_{media} (°C)
2015	0,88
2016	0,68
2017	0,50
2018	0,97
2019	1,00

Anomalie di temperature rispetto al periodo 1981-2010 (dati NCAR/NCEP)

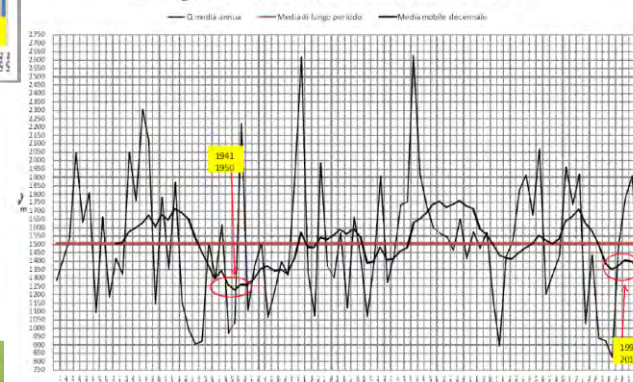
Fonte: http://www.isac.cnr.it/climstor/climate_news.html

- Aumento più sensibile nel periodo estivo e autunnale al centro-sud e isole
- Dal 1951 netto aumento delle ondate di calore, alcune molto forti (Agosto 1999, Agosto 2003, Giugno 2007, Luglio 2017)
- È **diminuito** il numero (ma si verificano ancora) delle ondate di freddo intenso: inverni 1985 e 1986, febbraio 2012, febbraio/marzo 2018

Le precipitazioni in Italia



Pontelagoscuro - Portata media annua osservata 1923-2011

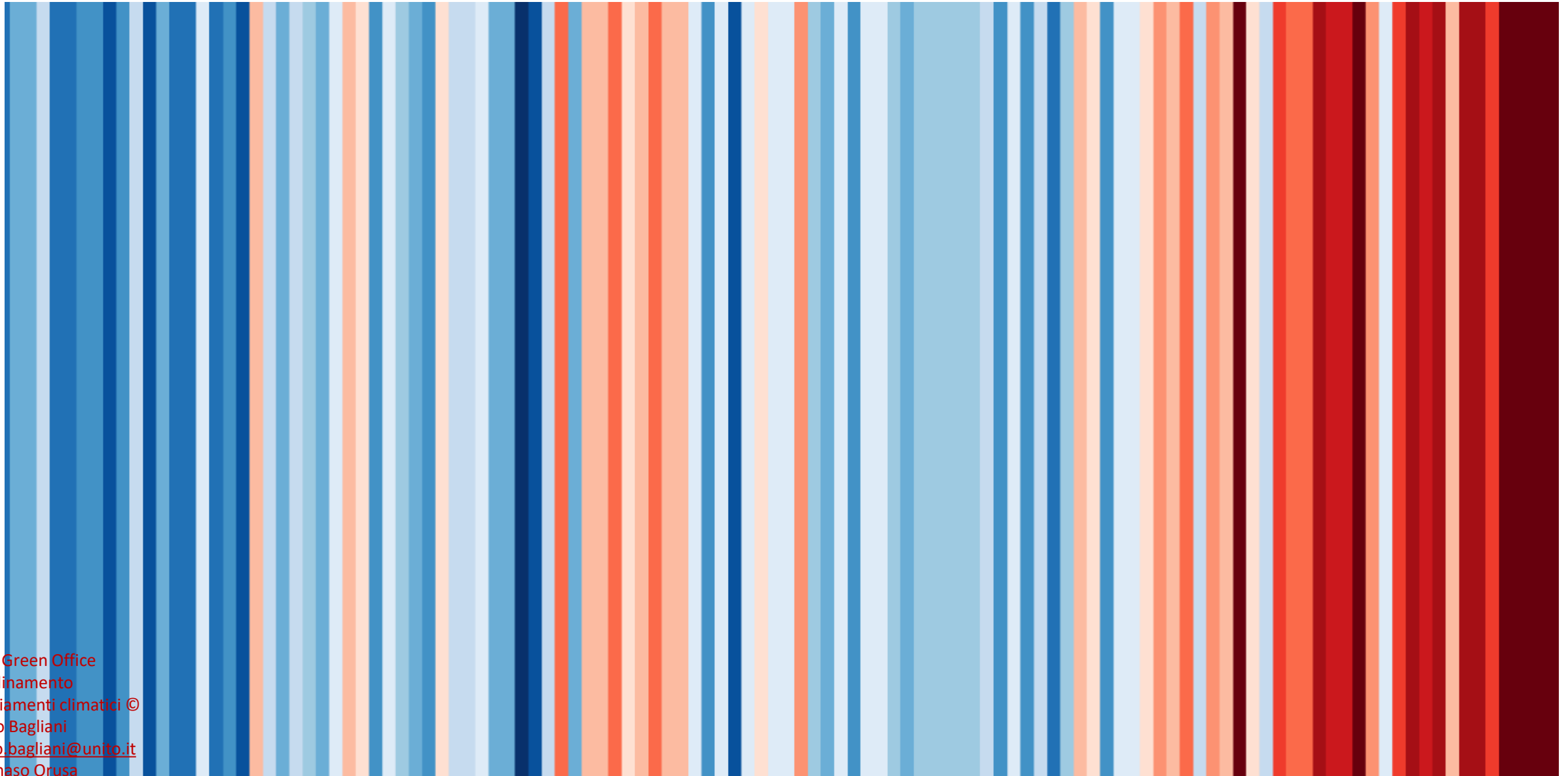


- Piove leggermente di meno nell'anno ed in tutte le stagioni
- Nessuna variazione è statisticamente significativa
- Però ha effetti sulle portate dei fiumi

Parametro	Valore periodo 1923-2000	Valore periodo 2001-2010
Portata media	1522	1398
Portata semipermanente (corrispondente alla durata di metà anno, 182.5 giorni)	1210	1078
Portata limite di piena (corrispondente alla portata con durata 91 giorni)	1840	1675
Portata limite di magra (corrispondente alla durata di 274 giorni)	874	794
Portata con durata 355 giorni	493	313
Portata minima	275	168

Unito Green Office
 Coordinamento
 Cambiamenti climatici @
 Marco Bagliani
marco.bagliani@unito.it
 Tommaso Orusa
tommaso.orusa@unito.it

Anomalia di temperatura in ITALIA dal 1880 – Ed Hawkins

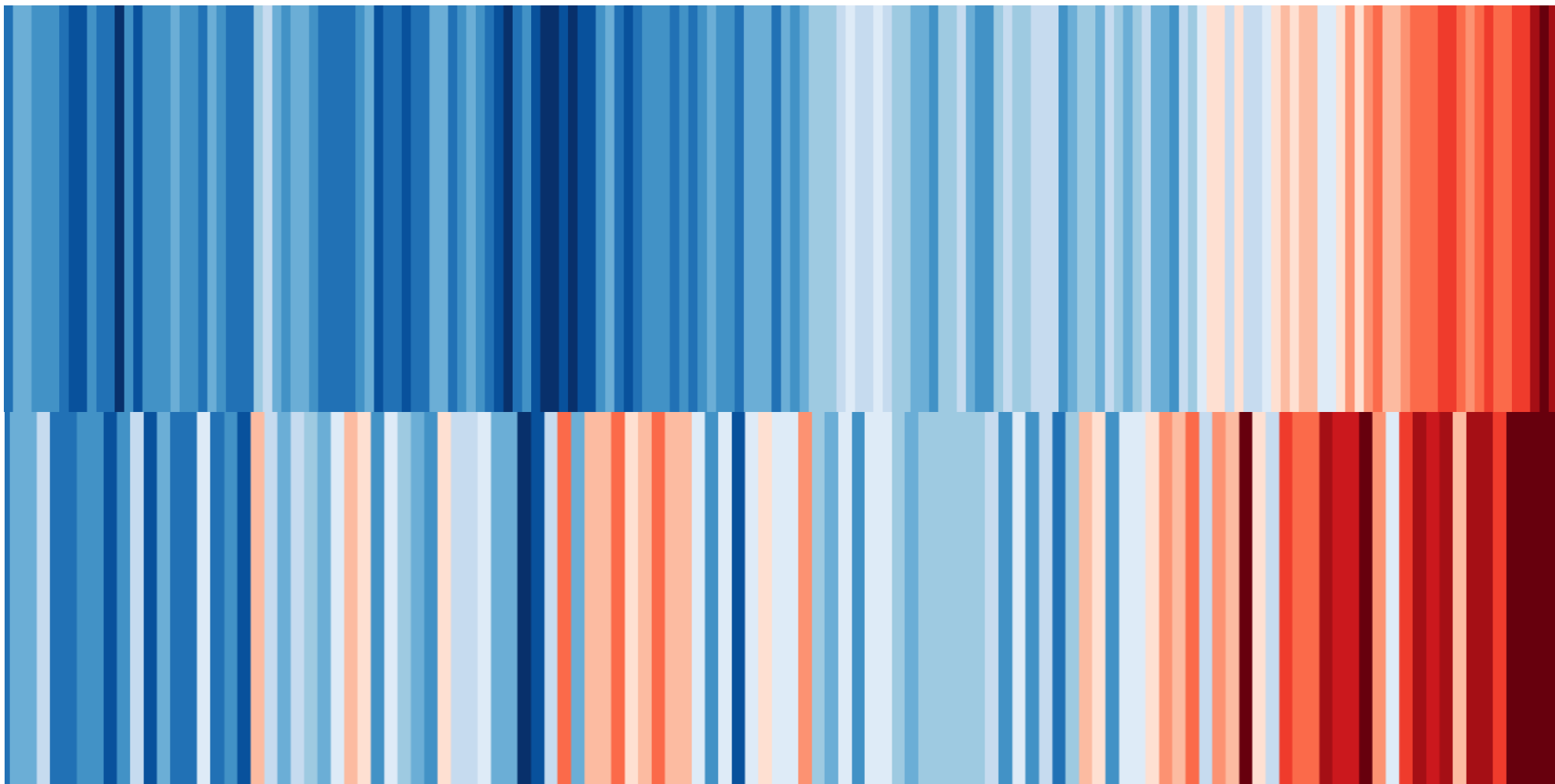


Unito Green Office
Coordinamento
Cambiamenti climatici ©
Marco Bagliani
marco.bagliani@unito.it
Tommaso Orusa
tommaso.orusa@unito.it

Anomalia di temperatura dal 1880 – Ed Hawkins

Globale vs Italia

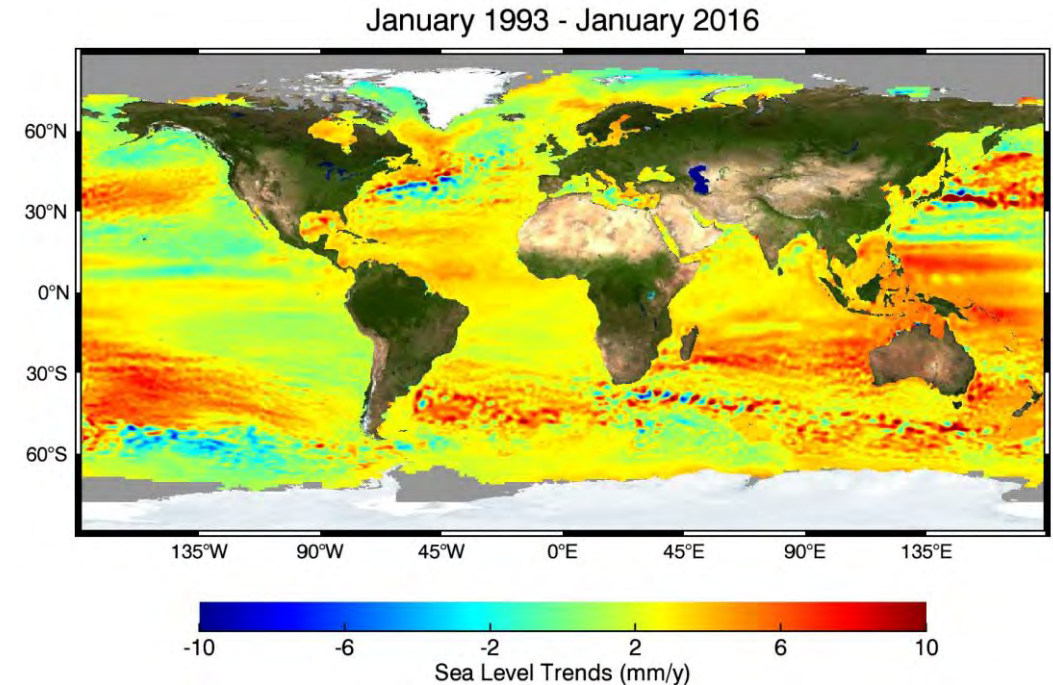
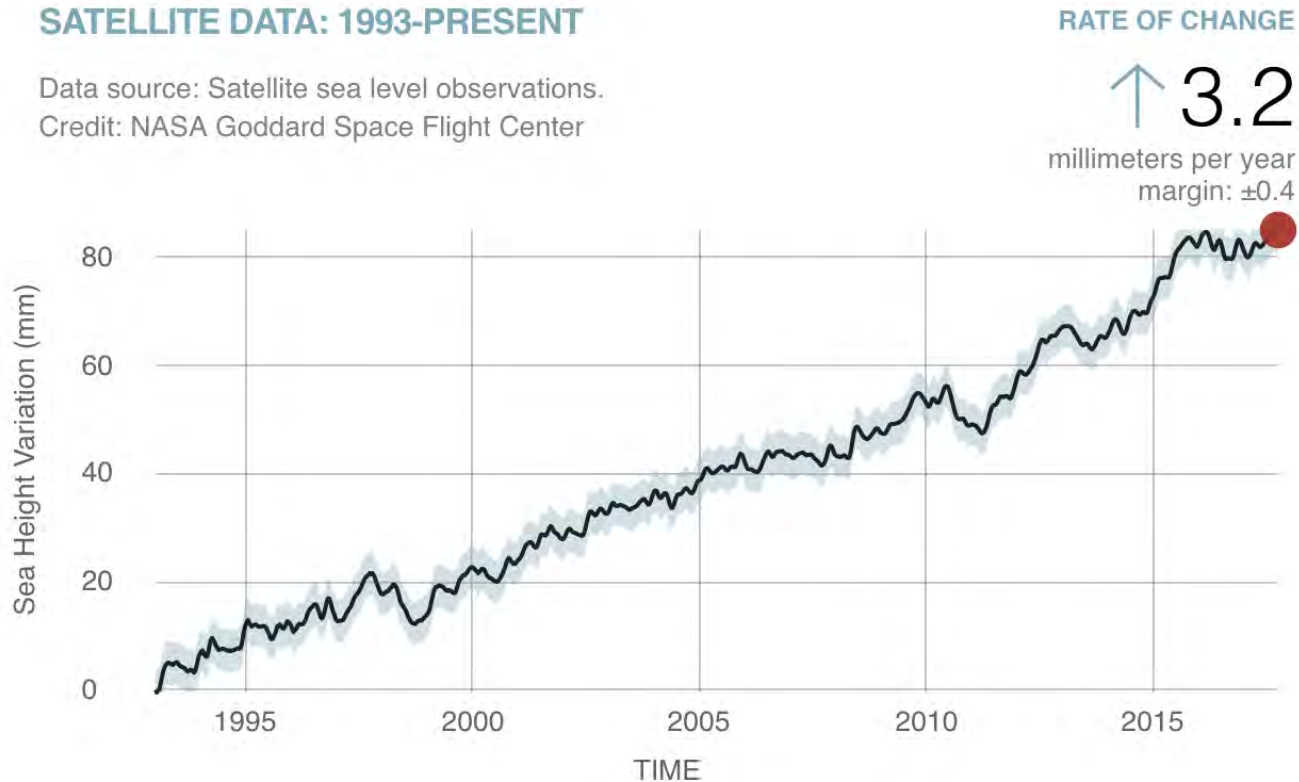
Unito Green Office
Coordinamento
Cambiamenti climatici ©
Marco Bagliani
marco.bagliani@unito.it
Tommaso Orusa
tommaso.orusa@unito.it



Livello dei mari in crescita

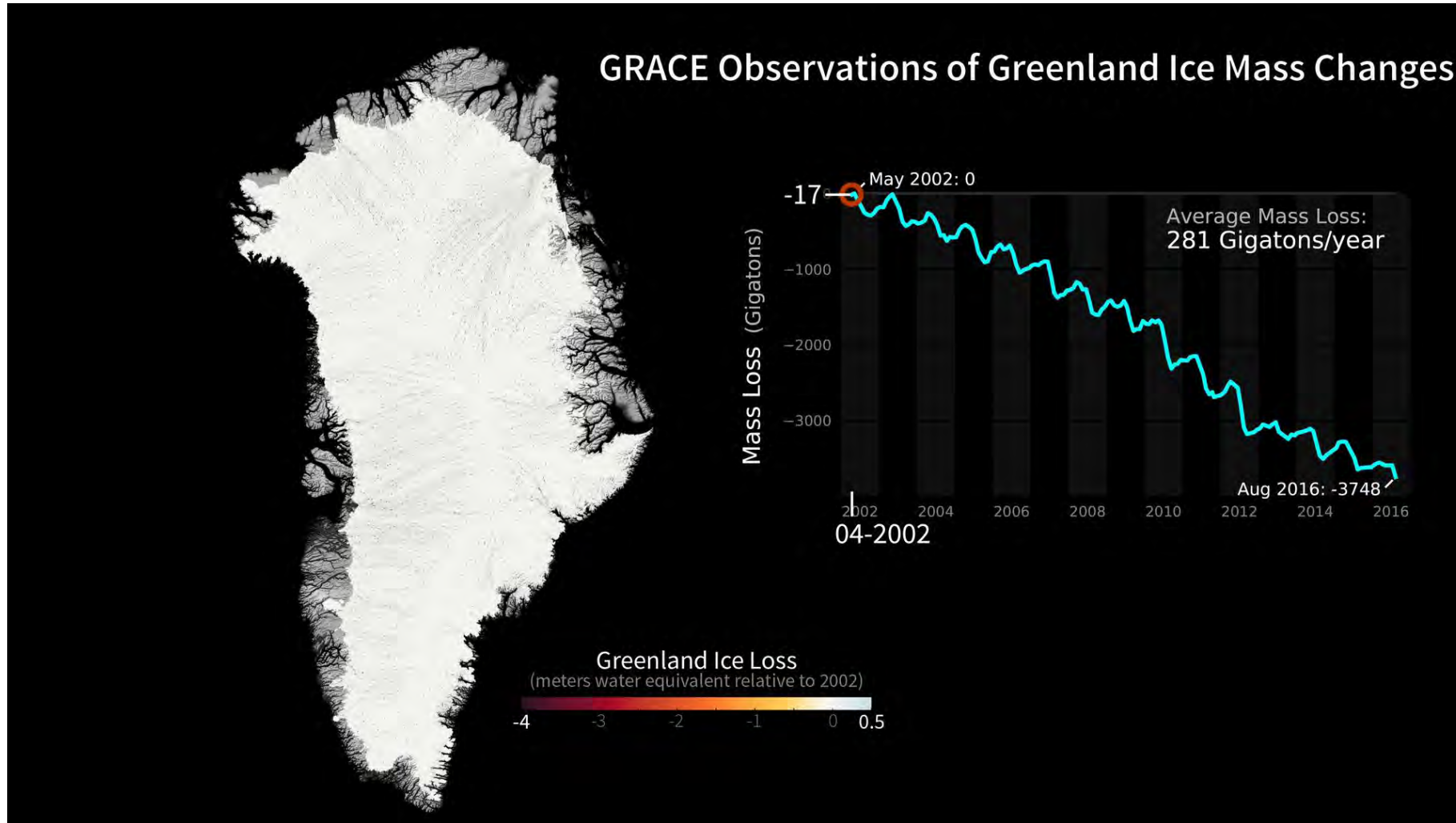
SATELLITE DATA: 1993-PRESENT

Data source: Satellite sea level observations.
Credit: NASA Goddard Space Flight Center



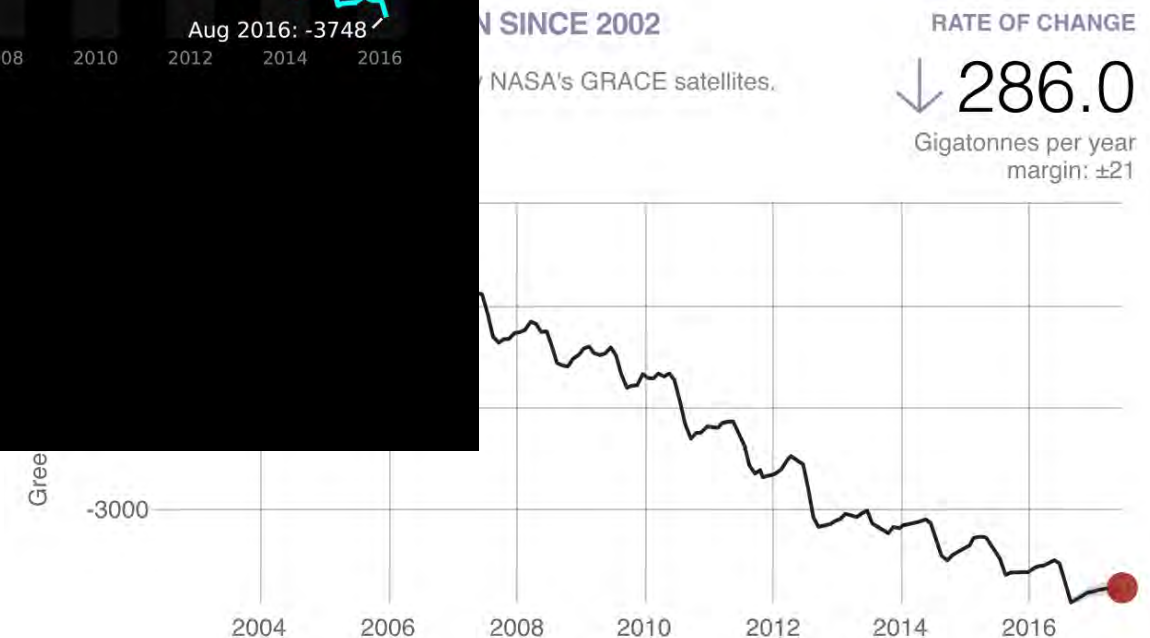
Il livello dei mari aumenta con l'aumento della temperatura, soprattutto per **espansione termica** dell'acqua più calda e per **l'apporto di acqua dolce dalla fusione dei ghiacci continentali**. **La fusione dei ghiacci marini non contribuisce all'innalzamento dei livelli dei mari.**

Fusione dei ghiacci polari, marini e terrestri



Groenlandia

Unito Green Office
Coordinamento
Cambiamenti climatici ©
Marco Bagliani
marco.bagliani@unito.it
Tommaso Orusa
tommaso.orusa@unito.it



Fusione dei ghiacci polari, marini e terrestri

Banchisa artica



Unito Green Office
Coordinamento
Cambiamenti climatici ©
Marco Bagliani
marco.bagliani@unito.it
Tommaso Orusa
tommaso.orusa@unito.it

Fusione dei ghiacci montani

Unito Green Office Coordinamento
Cambiamenti climatici ©
Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it
Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it



Pré de Bar, Massiccio del Monte Bianco

1897
(f. Druetti)

2005
(f. L. Mercalli)

2012
(f. L. Mercalli)

Intensificazione degli estremi climatici

Unito Green Office
Coordinamento
Cambiamenti climatici ©
Marco Bagliani
marco.bagliani@unito.it
Tommaso Orusa
tommaso.orusa@unito.it

Frequenza e intensità delle ondate di calore

Eventi di precipitazione intensa

Periodi lunghi siccitosi

Ondate di gelo



**RISCHI PER
ECOSISTEMI E
POPOLAZIONI**

Clima e inquinamento atmosferico: sono collegati?

Unito Green Office
Coordinamento
Cambiamenti climatici ©
Marco Bagliani
marco.bagliani@unito.it
Tommaso Orusa
tommaso.orusa@unito.it

Un problema mondiale



Cina (7 ottobre 2011 – famigliacristiana.it) India (9 novembre 2017 – aljazeera.com)



Pianura padana, Italia (29 novembre 2010, ilsole24ore.it)

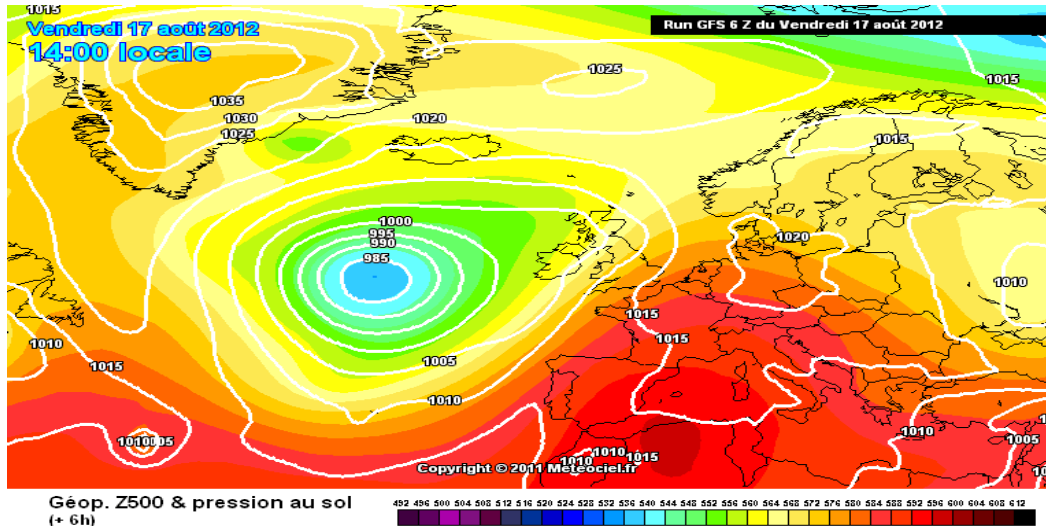
Inquinamento atmosferico: le città che hanno superato almeno uno dei limiti giornalieri previsti per il Pm10 o per l'ozono nel 2018

Brescia	150	Genova	103	Vercelli	41
Lodi	149	Avellino	89	Ferrara	41
Monza	140	Lecco	88	Bologna	39
Venezia	139	Terni	86	Trento	38
Alessandria	136	Rimini	82	Udine	37
Milano	135	Vicenza	82	Sondrio	35
Torino	134	Piacenza	80	Pisa	32
Padova	130	Varese	78	Trieste	32
Bergamo	127	Roma	72	Macerata	31
Cremona	127	Napoli	72	Rieti	31
Rovigo	121	Mantova	65	Savona	28
Modena	117	Lucca	61	Aosta	27
Treviso	116	Forlì	48	Benevento	27
Frosinone	116	Firenze	45	Pistoia	27
Pavia	115	Grosseto	44	Agrigento	26
Verona	114	Pordenone	44	Bolzano	26
Asti	113	Como	43	Enna	26
Parma	112	Biella	42		
Reggio Emilia	111	Ravenna	42		

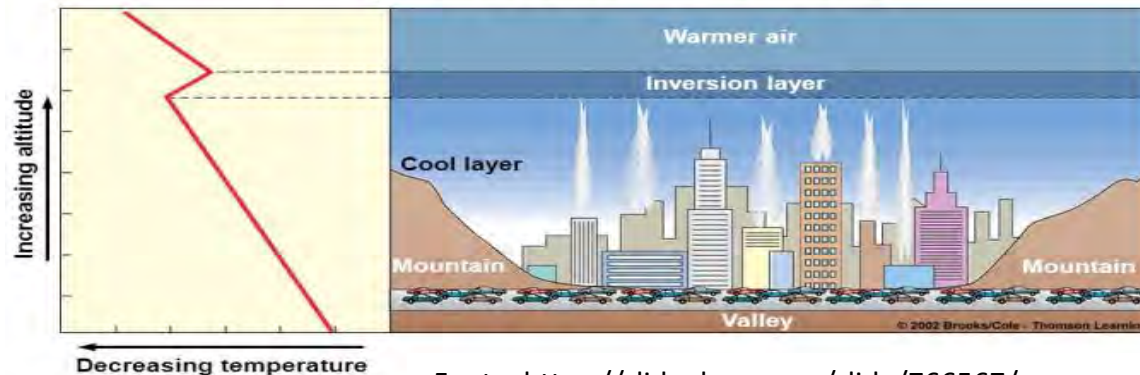
Fonte: elaborazione Legambiente su dati Arpa o Regioni

Perché? Anticicloni e inquinamento

- Aumento della pressione media sul Mediterraneo occidentale
- Aumento della frequenza e intensità di promontori anticiclonici



Temperature Inversion



Fonte: <https://slideplayer.com/slide/766567/>

Traps pollutants near surface. Mountains prevent wind in area and shadow sun to keep lower air cool.



Fonte: Repubblica Torino 5/12/2018

Il legame clima - inquinamento

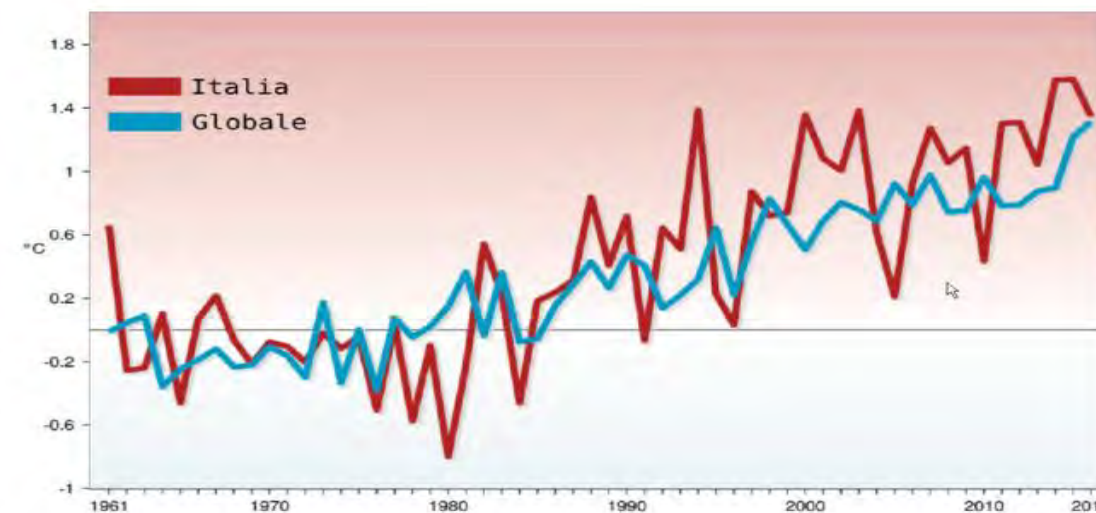
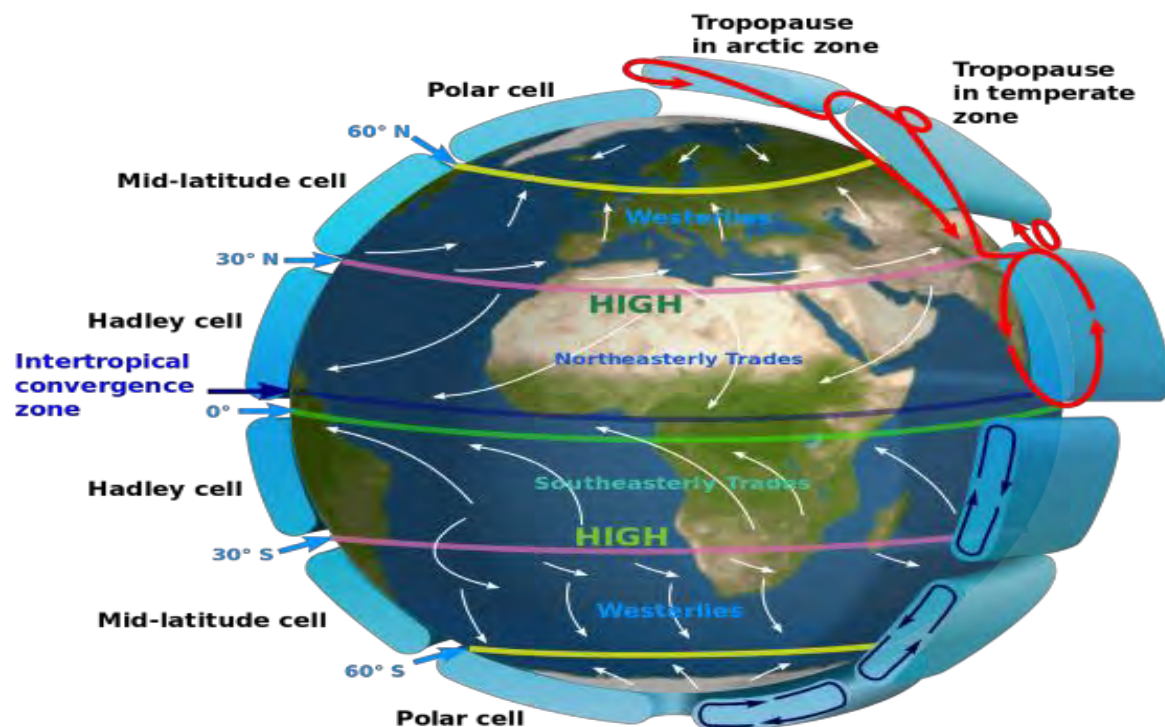
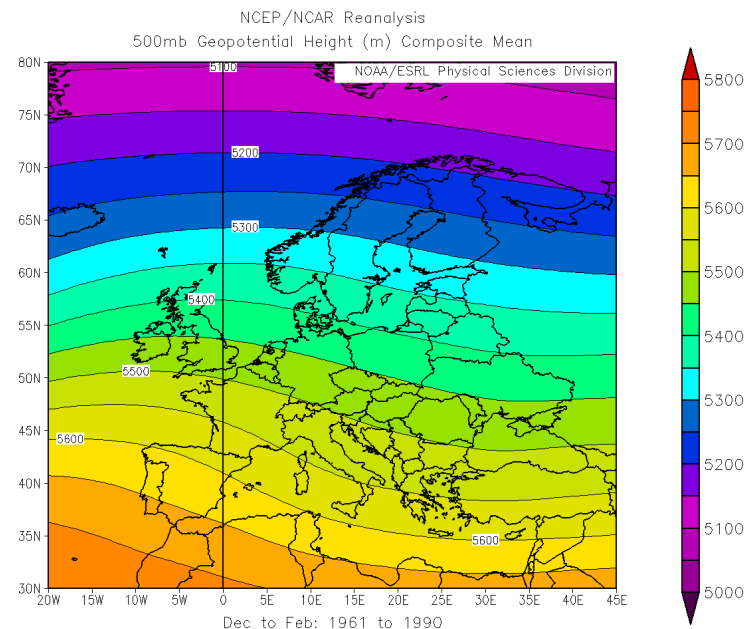


Figura 2.1: Serie delle anomalie di temperatura media globale sulla terraferma e in Italia, rispetto ai valori climatologici normali 1961-1990. Fonti: NCDC/NOAA e ISPRA. Elaborazione: ISPRA.

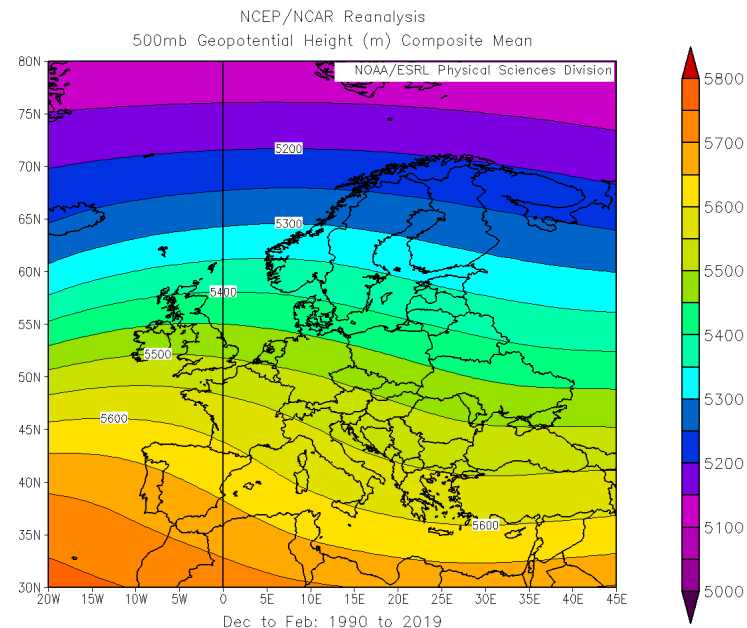
- Il bacino del Mediterraneo risente più di altre zone degli effetti del cambiamento climatico
- Esso è geograficamente collocato in una **zona di transizione tra due zone climatiche, temperata e subtropicale**, con caratteristiche climatiche molto differenti
- Il cambiamento climatico potrebbe spostarne il confine verso nord, tanto da **far aumentare frequenza e intensità delle condizioni anticicloniche anche sul bacino del Mediterraneo**

Cosa dicono i dati

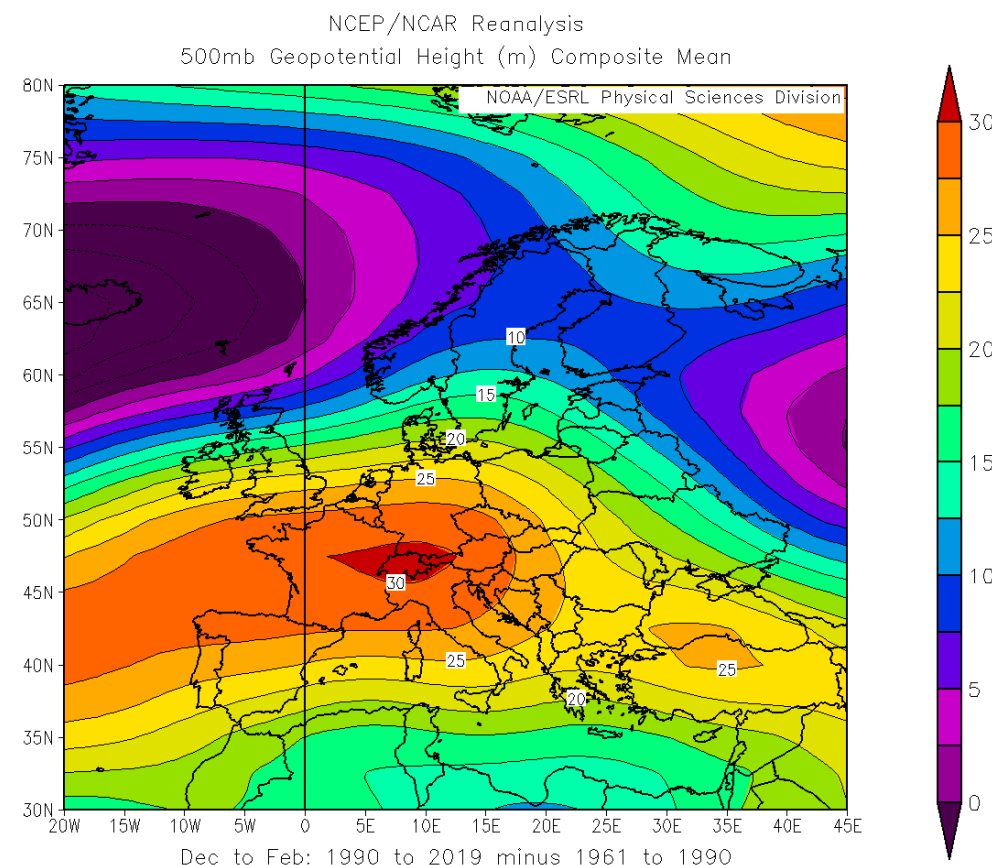
come è cambiata la circolazione invernale nell'ultimo trentennio



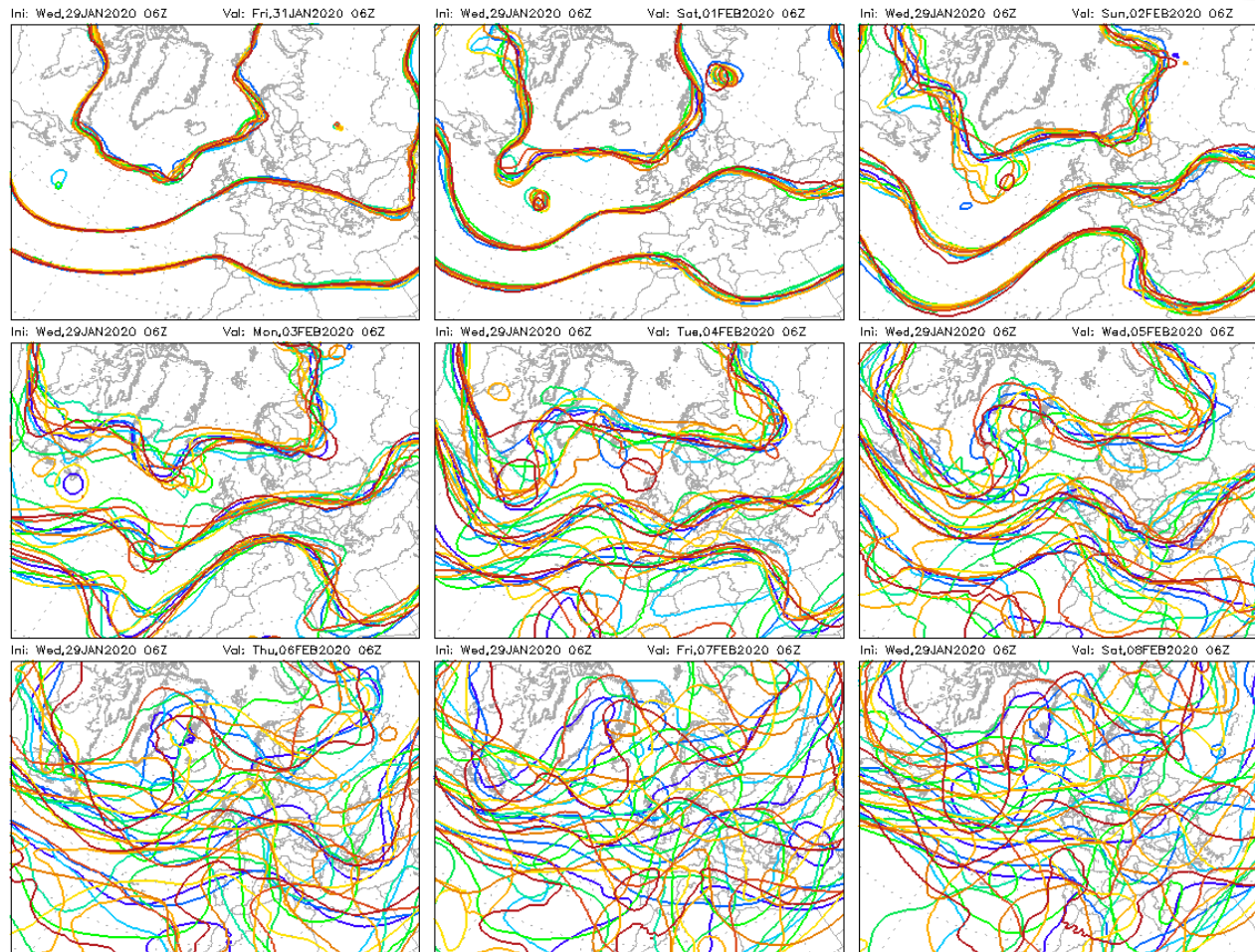
Inverni 1961-1990



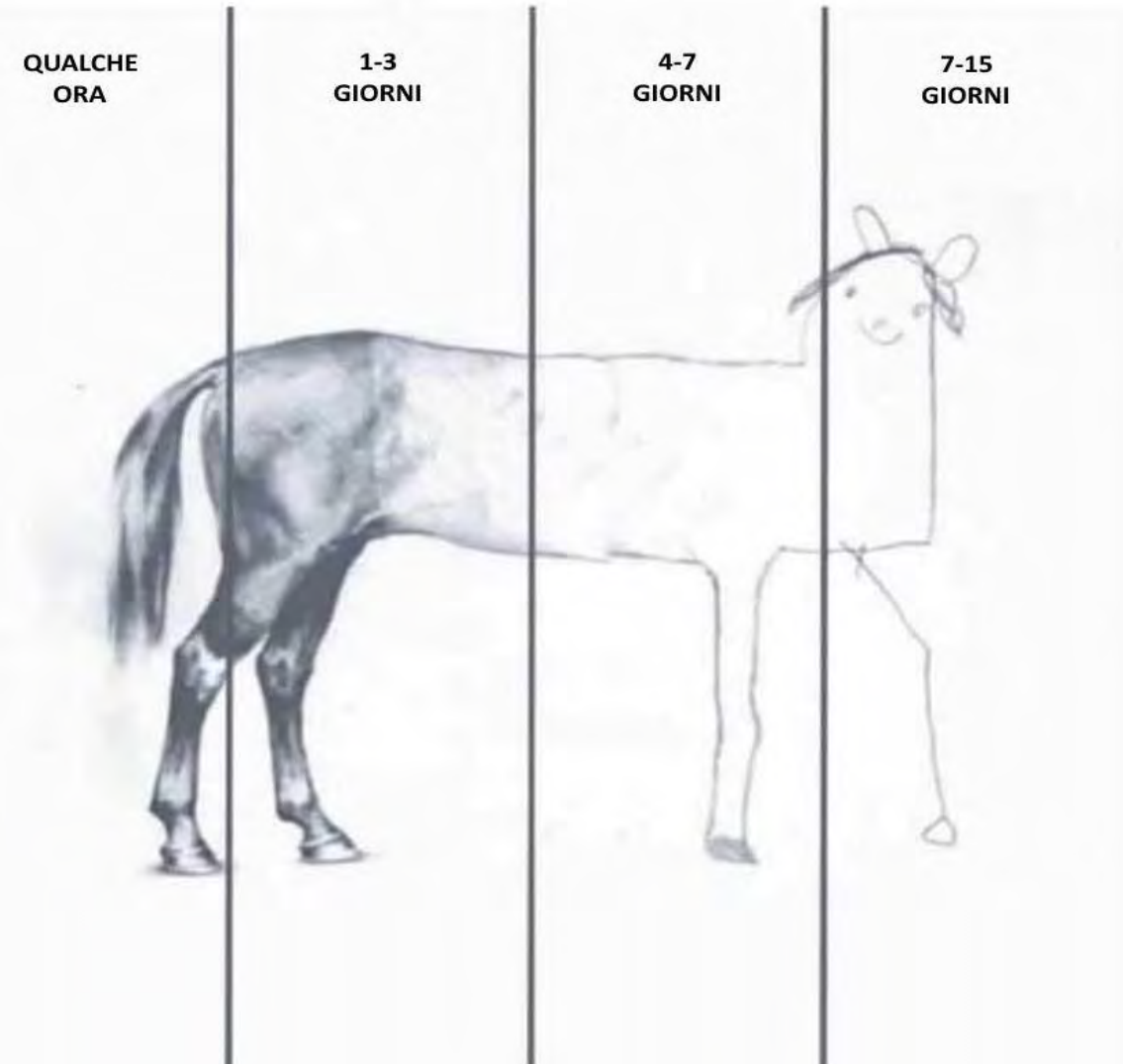
Inverni 1990-2019



Cosa si può dire del tempo meteorologico futuro?



AFFIDABILITÀ DELLE PREVISIONI DEL TEMPO



Tempo meteorologico e clima (non sono la stessa cosa)

«**Weather is what you get**, **climate is what you expect**»

TEMPO METEOROLOGICO

È definito dalle condizioni istantanee (o mediate su brevi periodi, dal minuto alla settimana) delle variabili atmosferiche come temperatura, pressione, umidità, nuvolosità, precipitazione, venti, etc., in un dato luogo.

CLIMA

Analisi statistica, in termini di valori medi e variabilità, delle condizioni meteorologiche medie di una determinata regione, effettuata su dati disponibili per un periodo di tempo sufficientemente lungo (almeno 30 anni, WMO).

“If you don’t like the weather in New England, just wait a few minutes.” [Mark Twain]

Previsioni di primo e secondo tipo

Dato uno stato atmosferico (e/o oceanico) a un certo istante fissato, e una qualche legge del moto deterministica, si parla di **previsione di primo tipo** quando si è interessati alla previsione dell'evoluzione temporale delle singole traiettorie del sistema.

Tali previsioni (come quelle meteorologiche) sono problemi ai valori iniziali.

Esempi

- *Atmosfera: previsioni del tempo*
- *Oceano: previsioni stagionali dello stato di ElNino*

Previsioni di primo e secondo tipo

Dato un sistema soggetto a **variazioni della forzatura esterna**, si parla di **previsioni di secondo tipo** quando si vuole prevedere **come variano le proprietà statistiche del sistema al variare di un qualche parametro esterno**. Tali previsioni non dipendono dai valori iniziali.

Esempio: Previsioni delle variazioni climatiche dovute a fattori esterni di origine sia naturale (radiazione solare, eruzioni vulcaniche..) che antropica (variazione della composizione atmosferica dovuta alle attività umane).

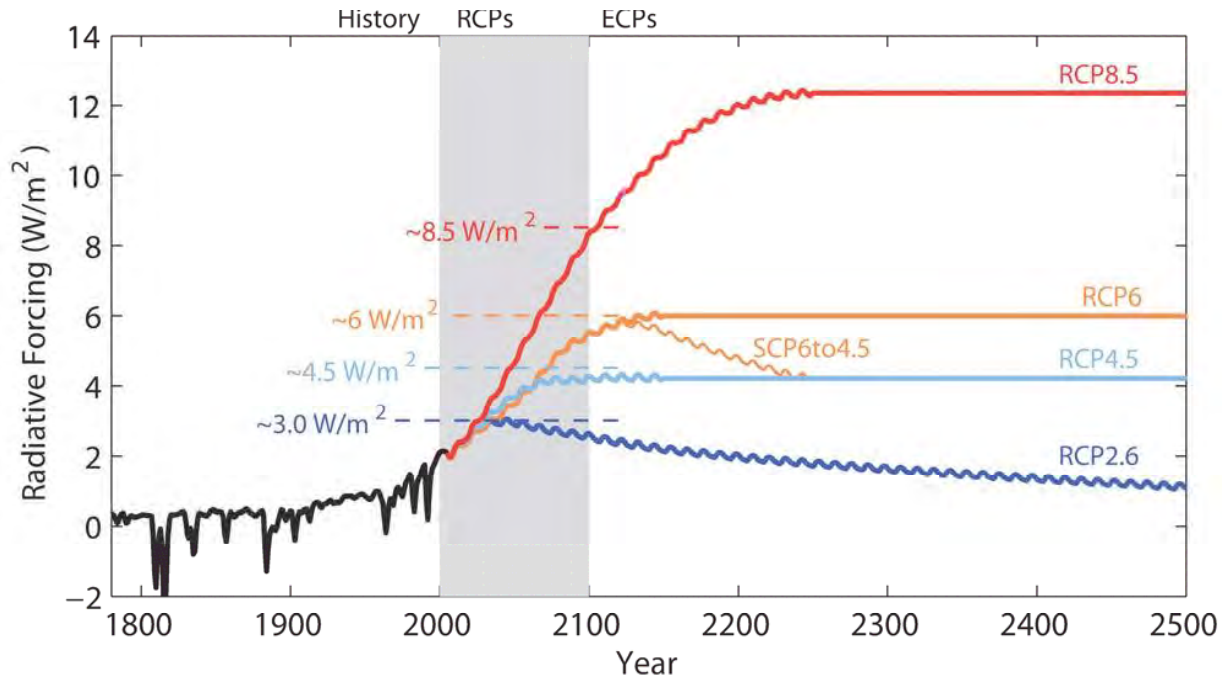
Dalla previsione meteorologica alla simulazione climatica

Nei modelli **meteorologici** il sistema che viene **descritto dinamicamente è l'atmosfera**, mentre tutto ciò che sta alla sua interfaccia e che può influenzarne il comportamento è trattato come una serie di influssi esterni che determinano **le sue condizioni al contorno** (es: la quantità di radiazione emessa dal Sole, la temperatura media superficiale del mare) **e che si possono ritenere inalterate per il periodo di previsione** (tipicamente 7-10 giorni).

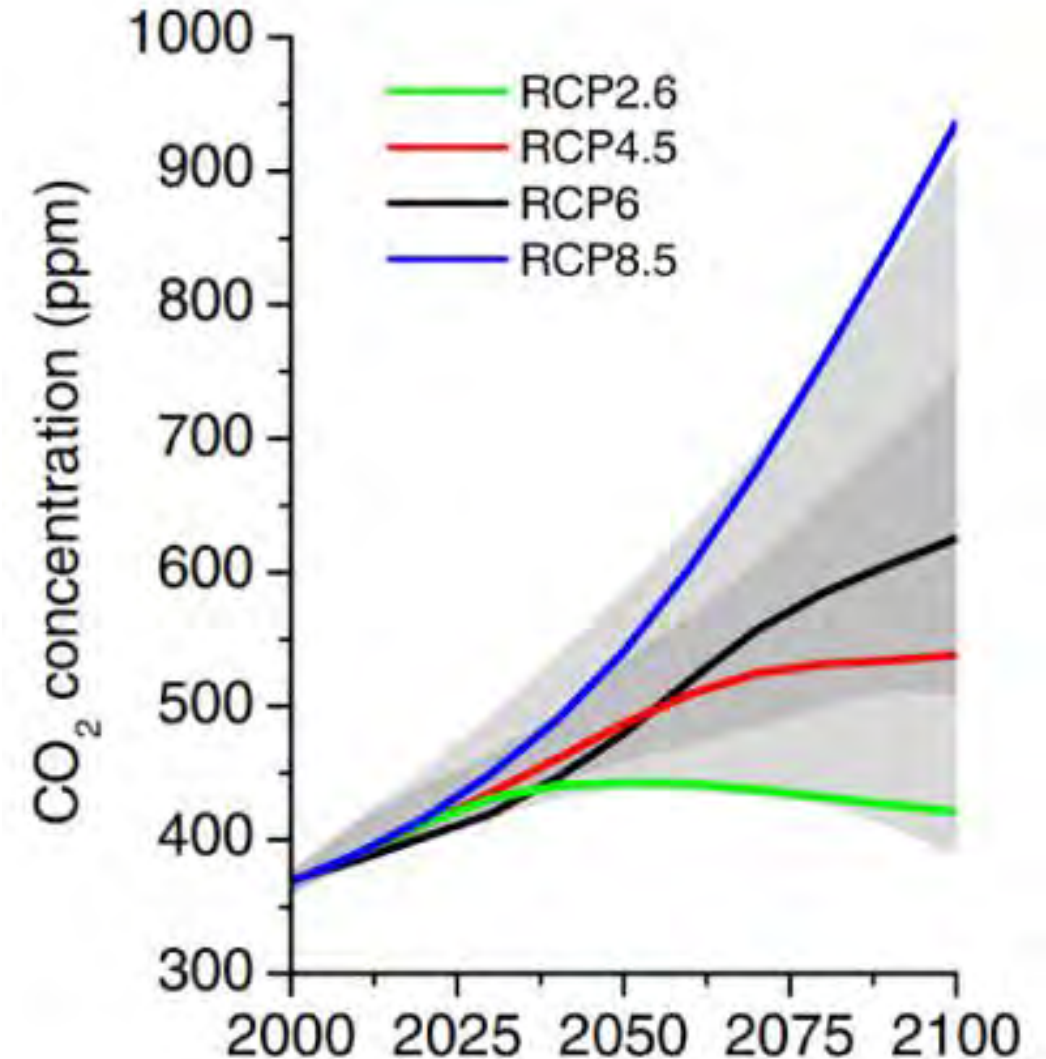
Per effettuare una **simulazione climatica** per un periodo molto più lungo (ad esempio 30 anni), **le condizioni al contorno non possono più essere considerate costanti**, ma seguono una loro dinamica propria che interagisce con la dinamica atmosferica.

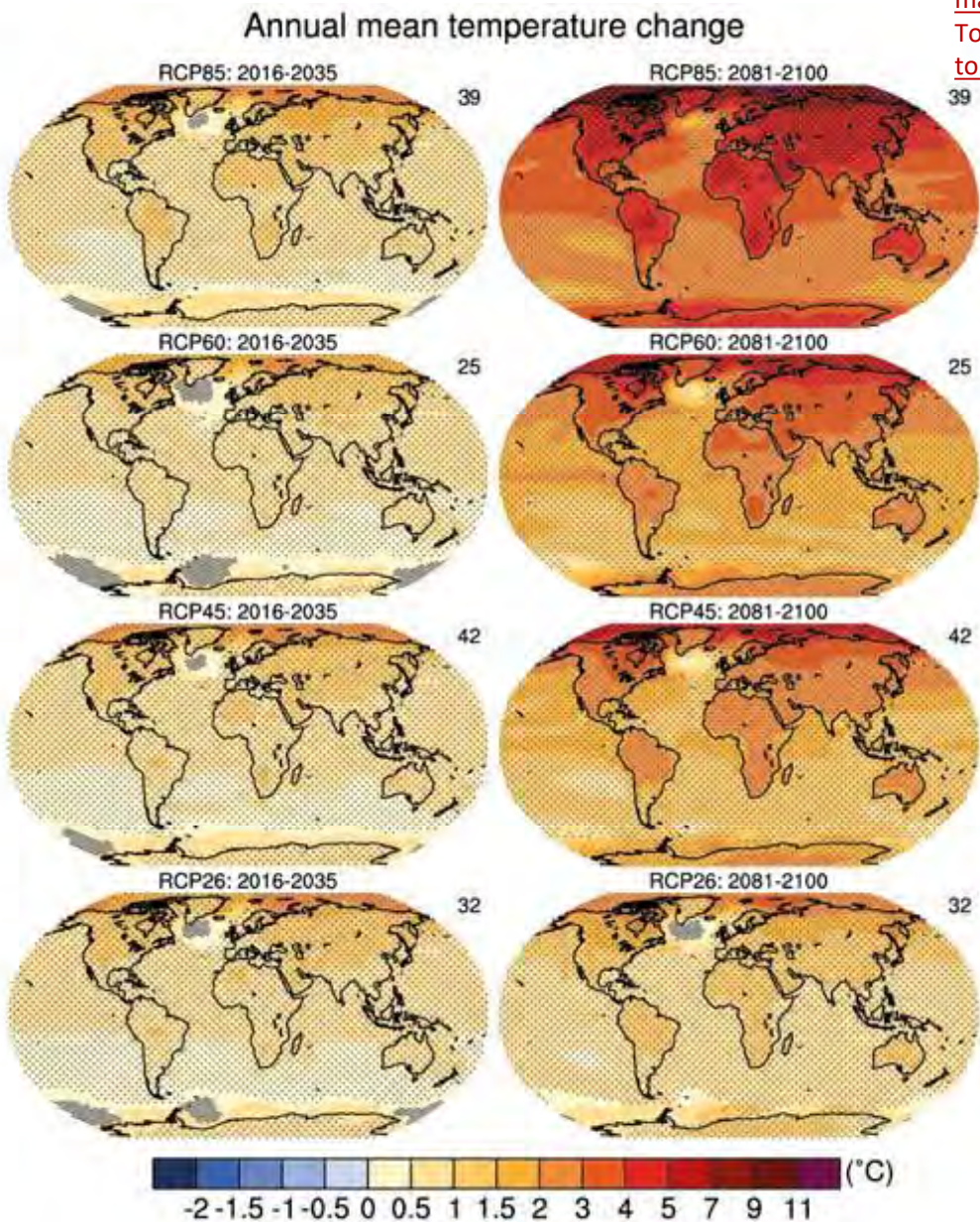
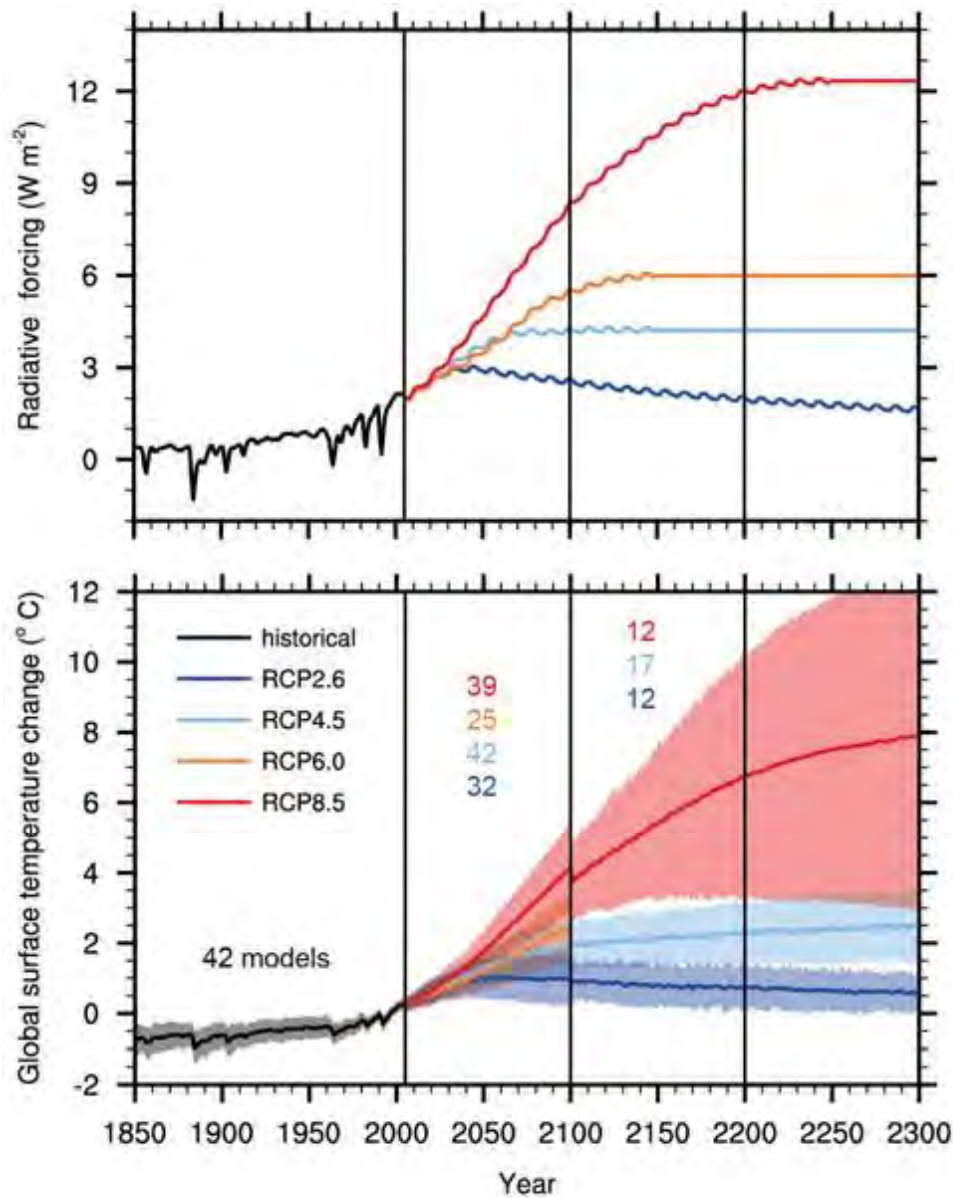
Quali cambiamenti nel futuro?

SCENARI



Box 1.1, Figure 1: Total RF (anthropogenic plus natural) for RCPs and extended concentration pathways (ECP) – for RCP2.6, RCP4.5, and RCP6, RCP8.5, as well as a supplementary extension SCP6to4.5 with an adjustment of emissions after 2100 to reach RCP 4.5 concentration levels in 2250 and thereafter. Note that the stated RF levels refer to the illustrative default median estimates only. There is substantial uncertainty in current and future RF levels for any given scenario. Short-term variations in RF are due to both volcanic forcings in the past (1800–2000) and cyclical solar forcing assuming a constant 11-year solar cycle (following the CMIP5 recommendation), except at times of stabilization (reproduced from Figure 4 in Meinshausen et al., 2011).

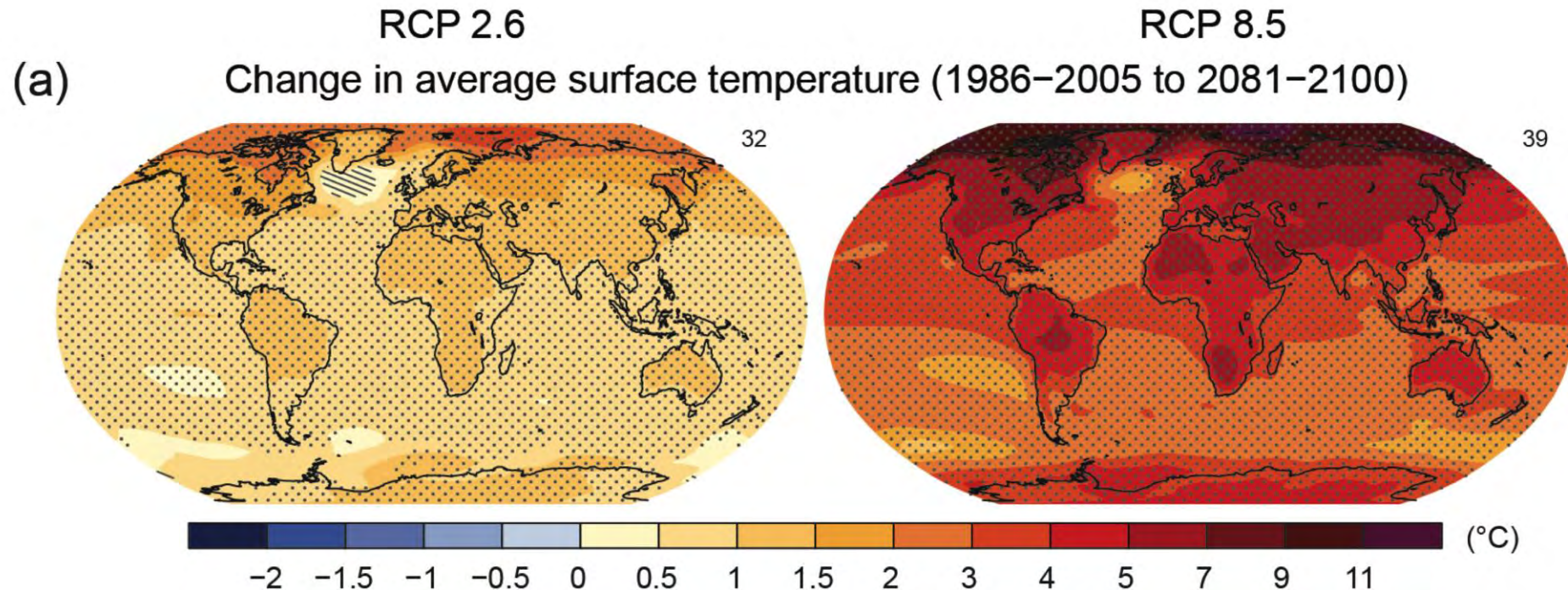




Le proiezioni del clima futuro

**Vi immaginate cosa significa un polo nord che ha 11°C in più di quello attuale
(2100, scenario RCP8.5) ?**

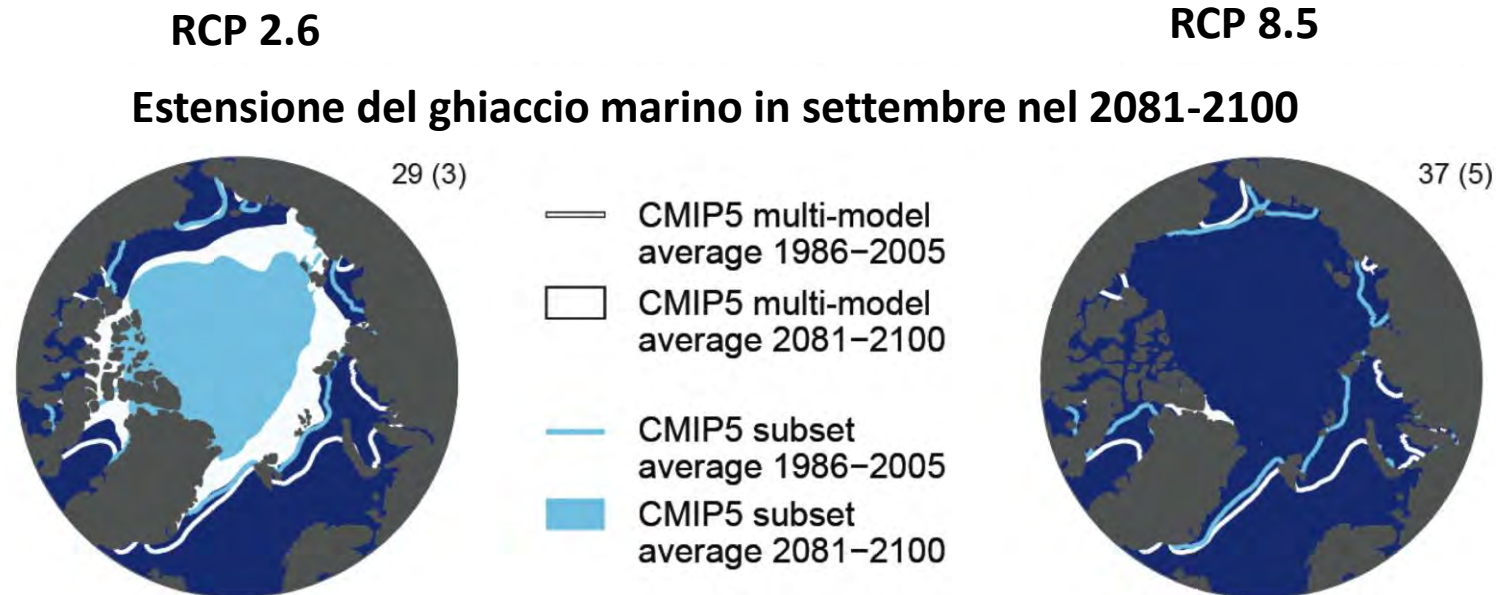
Cambiamento nella temperatura media superficiale nel 2081-2100 rispetto al 1986-2005



Le proiezioni del clima futuro

**Vi immaginate cosa significa un polo nord che ha 11°C in più di quello attuale
(2100, scenario RCP8.5) ?**

Niente più ghiaccio marino al Polo nord (2100, scenario RCP 8.5)



Le proiezioni del clima futuro

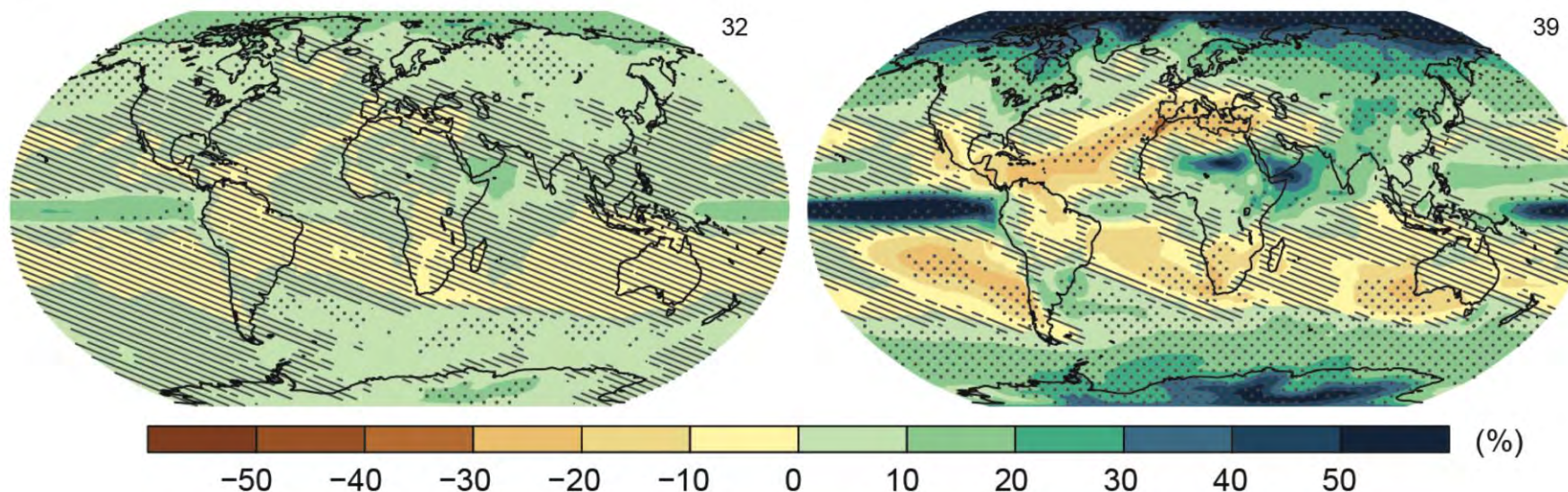
Precipitazioni

**Zone secche ancora più secche, zone umide ancora più umide.
Maggior numero e maggiore durata di eventi siccitosi in alcune regioni, ma
piogge più intense quando piove.**

RCP 2.6

RCP 8.5

Cambiamenti nella precipitazione nel 2081-2100 rispetto al 1986-2005

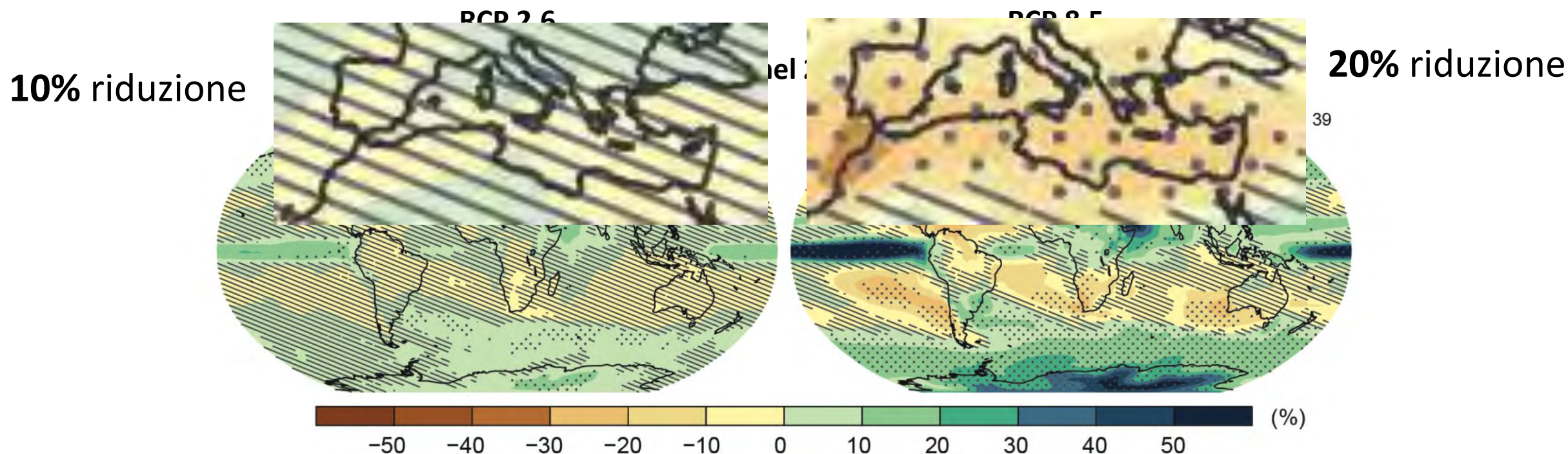


Le proiezioni del clima futuro

Precipitazioni

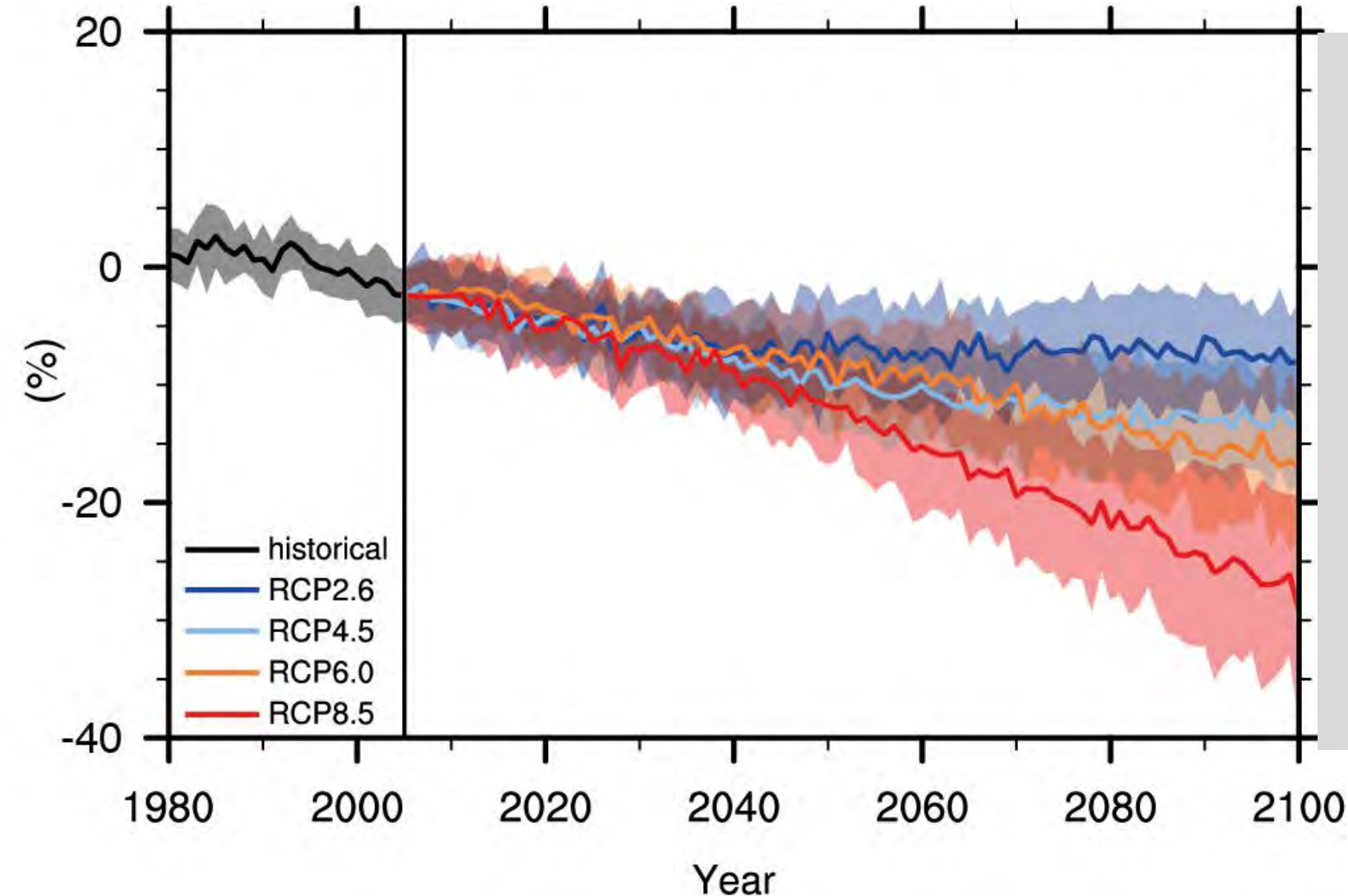
Zone secche ancora più secche, zone umide ancora più umide.

Maggior numero e maggiore durata di eventi siccitosi in alcune regioni, ma piogge più intense quando piove.



Cambiamenti nell'estensione della copertura nevosa

Unito Green Office
Coordinamento
Cambiamenti climatici @
Marco Bagliani
marco.bagliani@unito.it
Tommaso Orusa
tommaso.orusa@unito.it



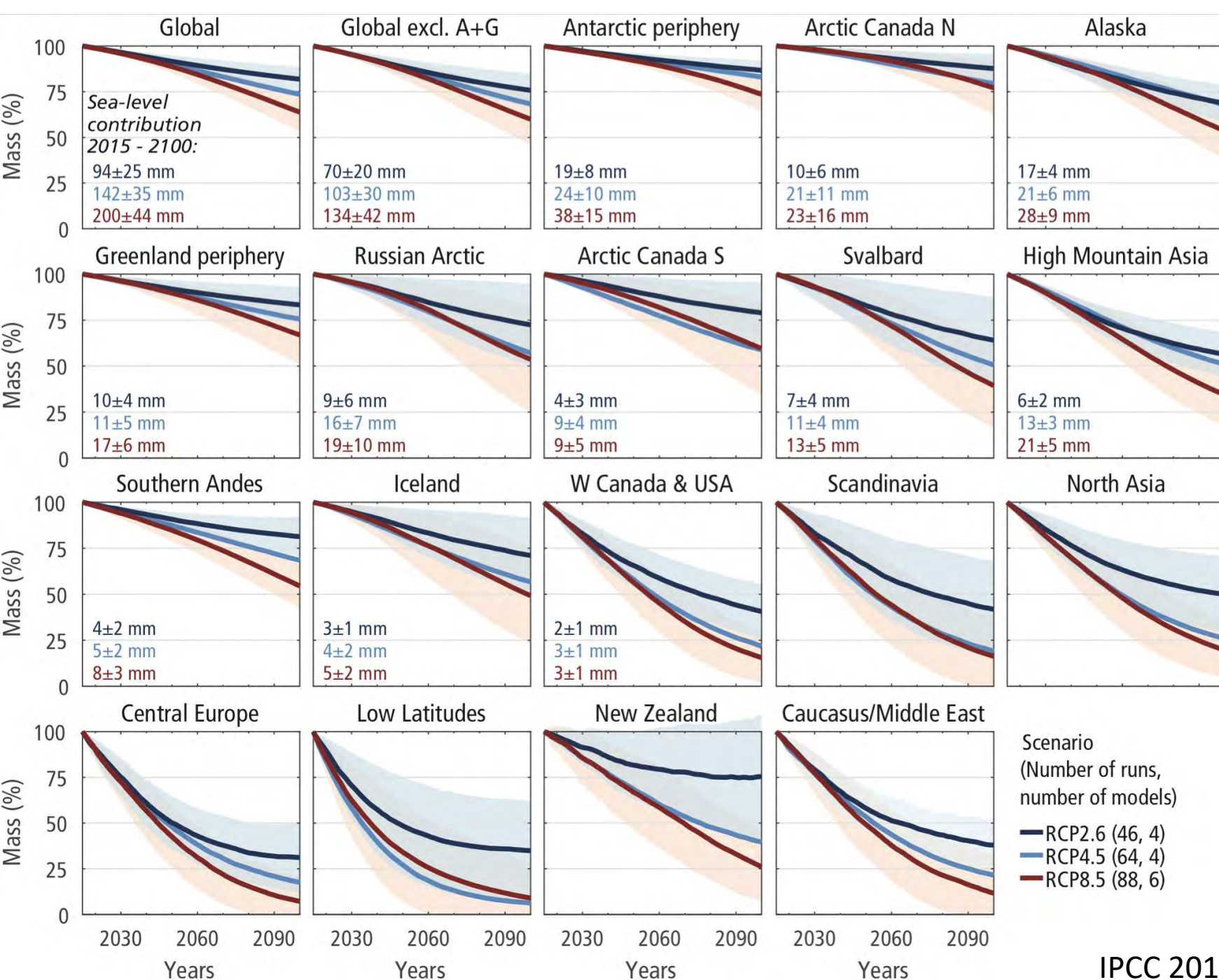
Proiezioni
climatiche future

Neve

Proiezioni climatiche future

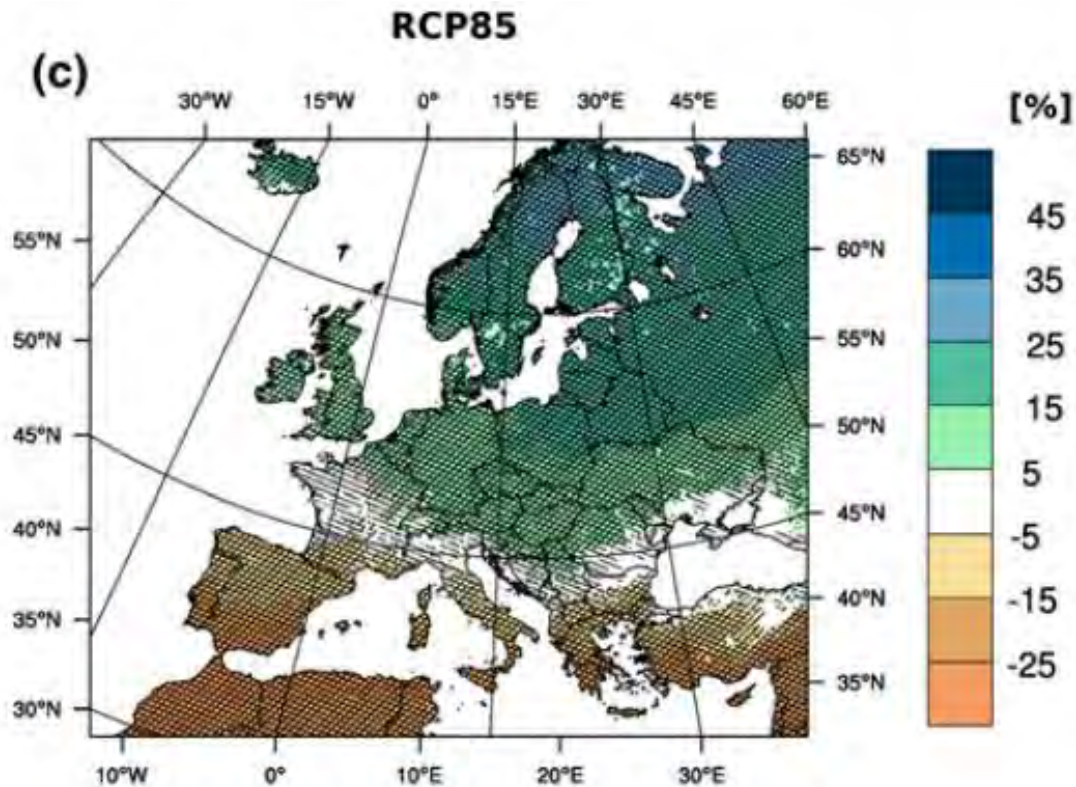
GHIACCIAI

Sopravvivranno solo
 i ghiacciai situati a
 quote superiori ai
 3500 m



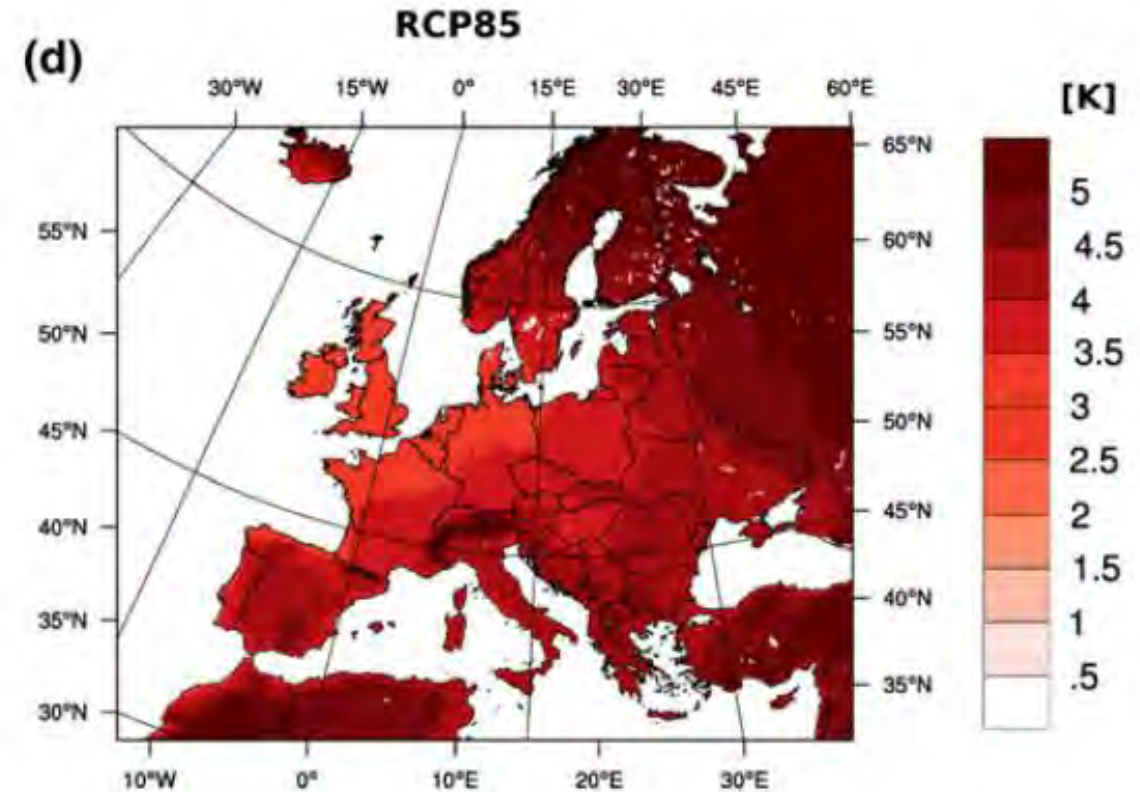
Precipitazioni e temperature in Europa

(2071-2100 vs 1971-2000)



/: significant
 \: robust

Jacob et al., 2013: Reg. Environ. Change

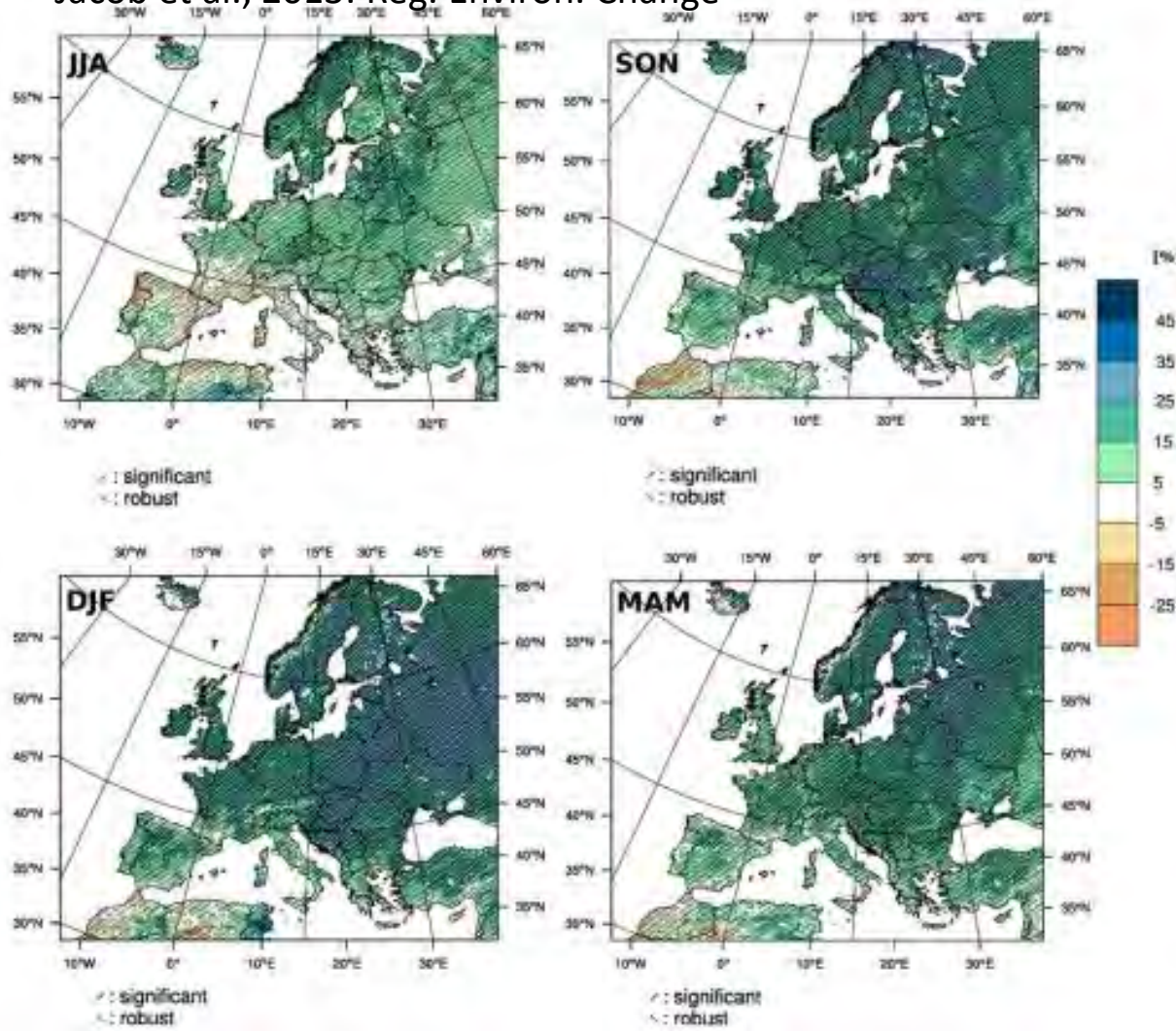


Changes are Significant
 Changes are Robust

Precipitazioni forti stagionali in Europa

(2071-2100 vs 1971-2000)

Jacob et al., 2013: Reg. Environ. Change



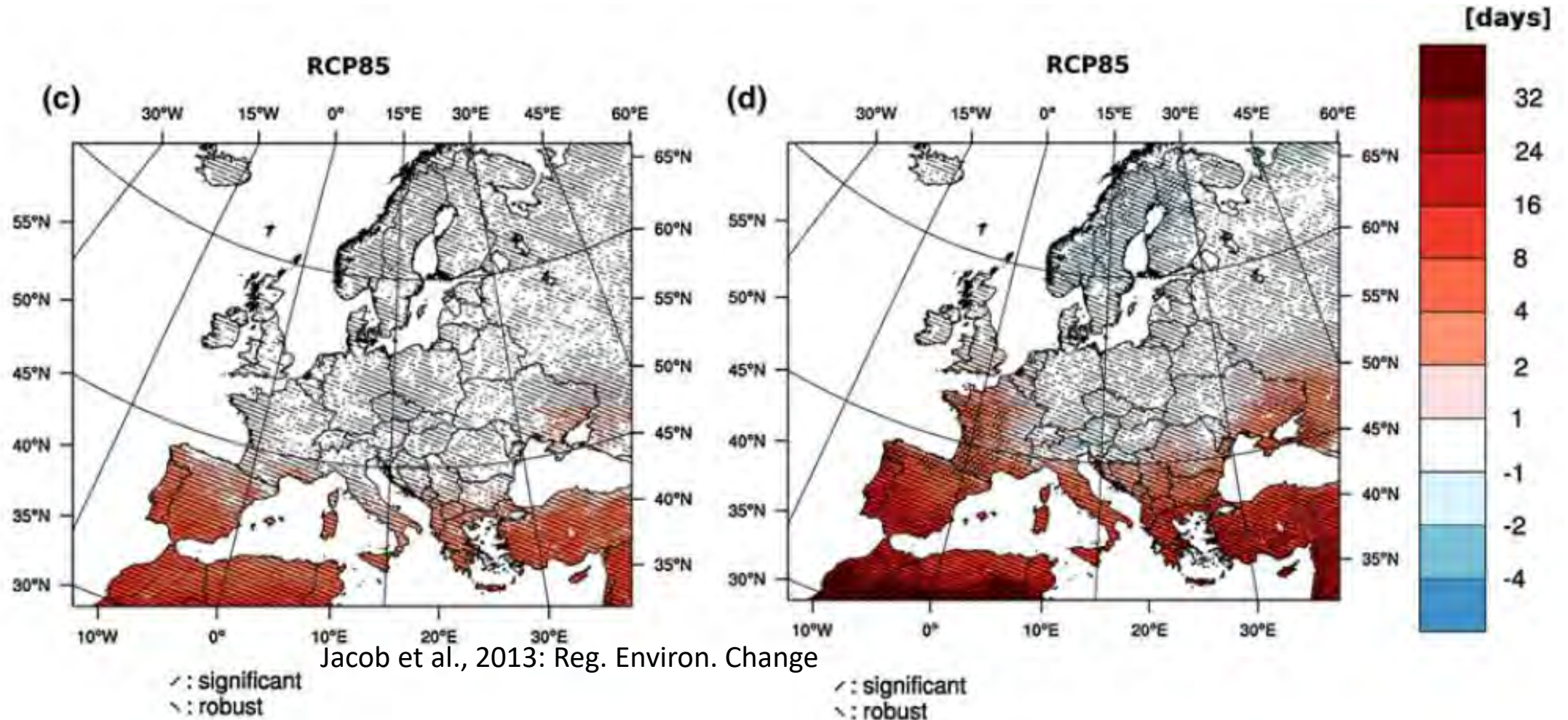
Mediamente il bacino occidentale del Mediterraneo mostra tendenze a una diminuzione delle piogge intense, più accentuata nella stagione estiva

Unito Green Office
Coordinamento
Cambiamenti climatici @
Marco Bagliani
marco.bagliani@unito.it
Tommaso Orusa
tommaso.orusa@unito.it

Lunghezza dei periodi di siccità

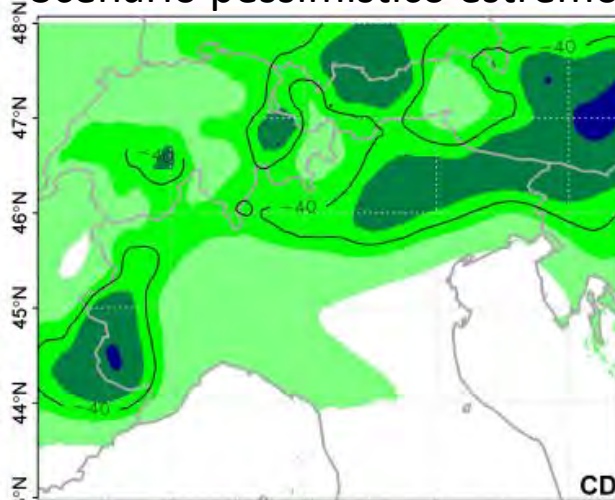
(2021-2050)

(2071-2100)

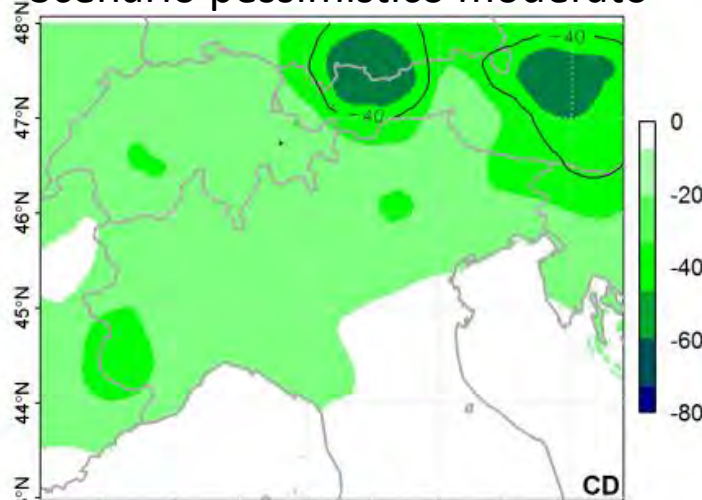


Il numero di giorni caldi e freddi

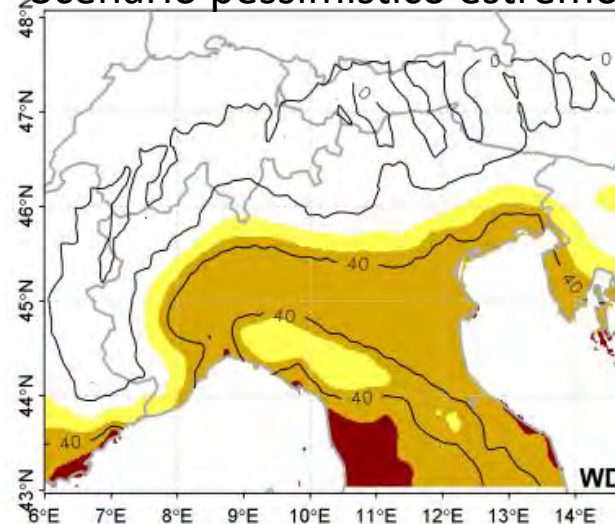
Scenario pessimistico estremo



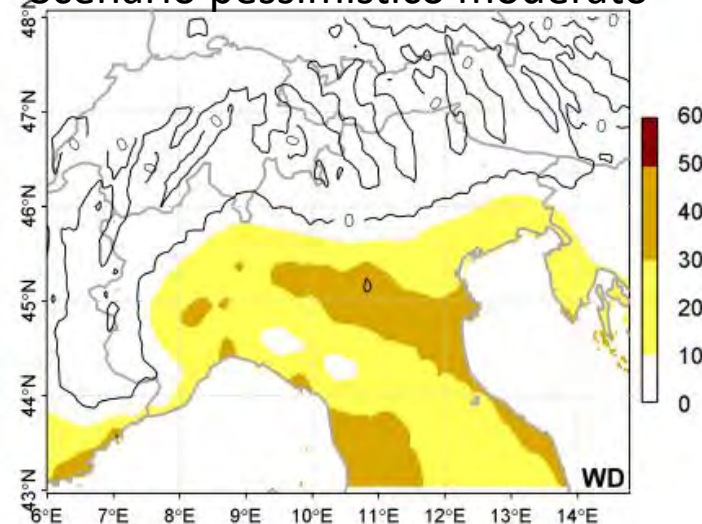
Scenario pessimistico moderato



Scenario pessimistico estremo



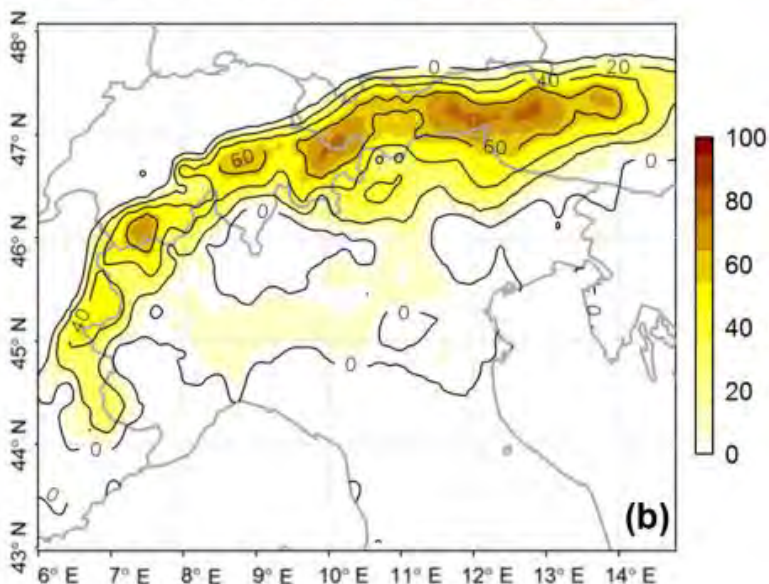
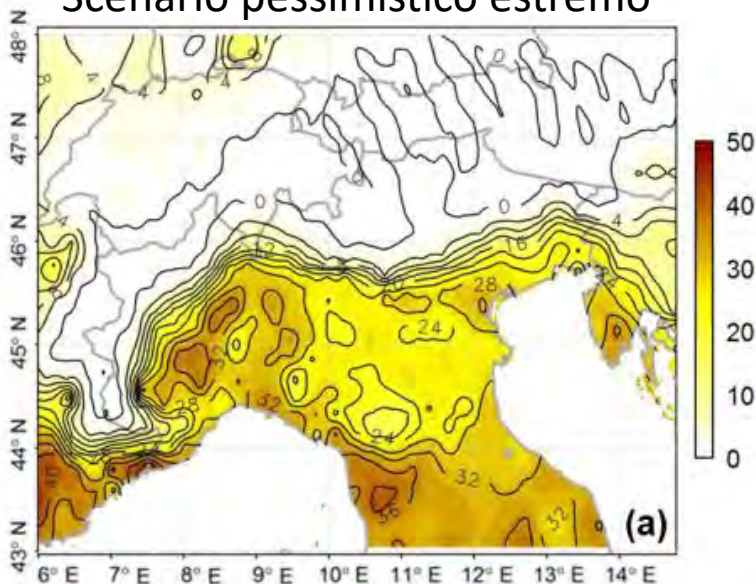
Scenario pessimistico moderato



- Giorni freddi (CD): quando $T_{\text{mean}} < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - Diminuiscono quasi ovunque, e rimangono solo in corrispondenza delle montagne più alte
- Giorni caldi (WD): quando $T_{\text{mean}} > 30\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - Diventano molto più numerosi in pianura

Il numero di giorni secchi e umidi

Scenario pessimistico estremo



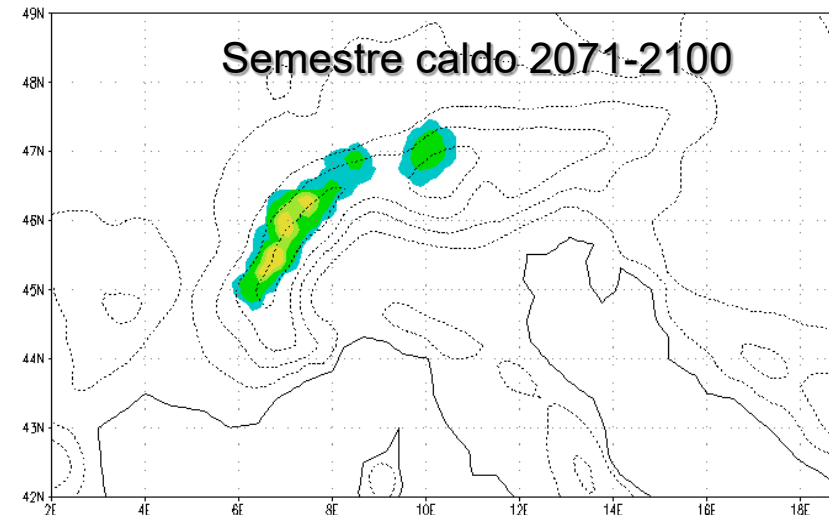
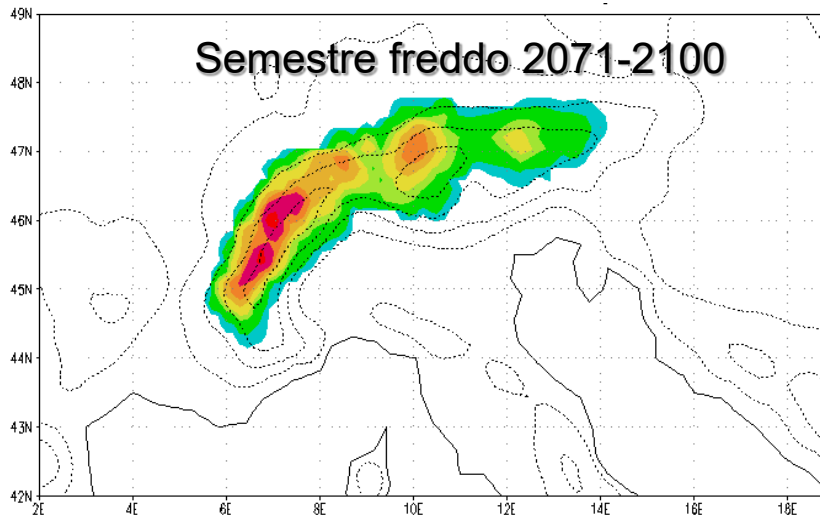
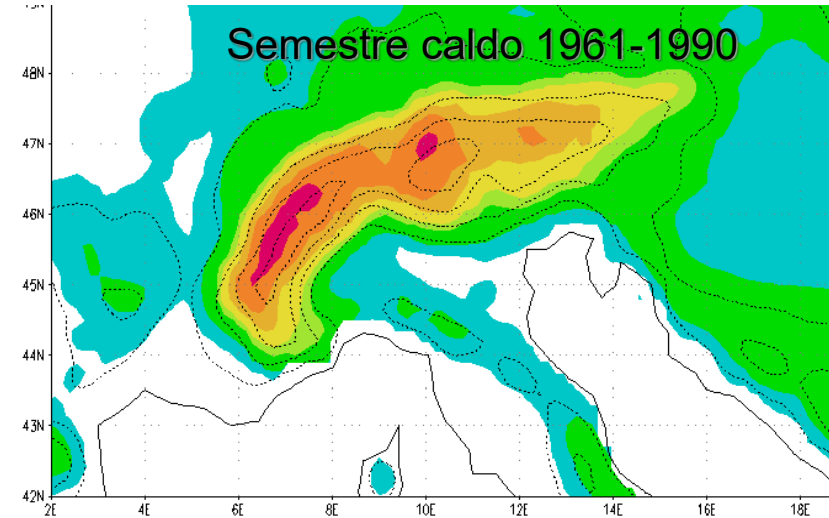
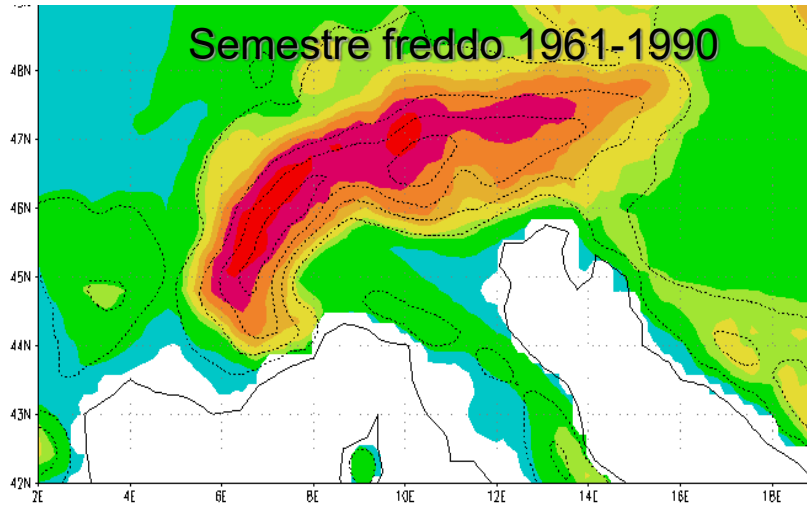
Indice di umidità del suolo

$$Q_I = \frac{q_1 - q_{wi}}{q_{fc} - q_{wi}}$$

q_1 = umidità superficiale
 q_{wi} = punto di appassimento
 q_{fc} = capacità di campo

- Giorni secchi: quando $Q_I = 0$
 - Aumentano ovunque in pianura (tra 20 e 50 giorni in più), soprattutto nei mesi caldi
 - Rischio siccità in forte aumento
- Giorni umidi: quando $Q_I \geq 0,8$
 - Diventano molto più numerosi ovunque (anche 100 giorni in più in montagna), soprattutto nei mesi freddi
 - Rischio alluvioni in forte aumento

Copertura nevosa e glaciale

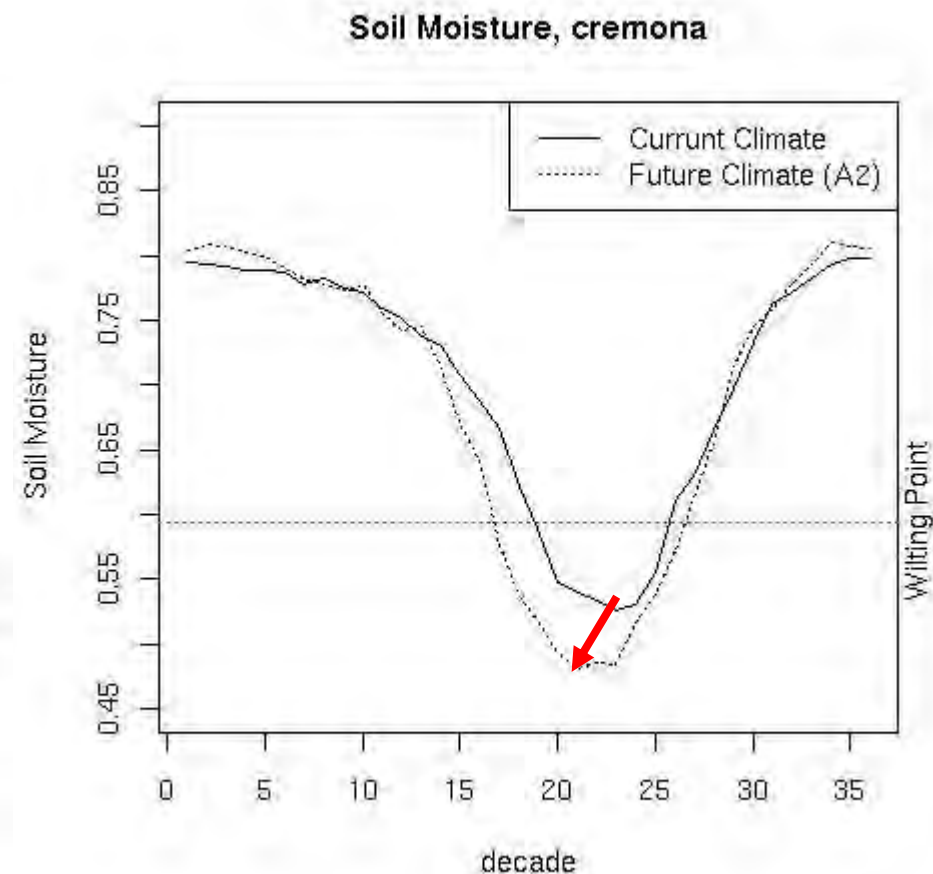
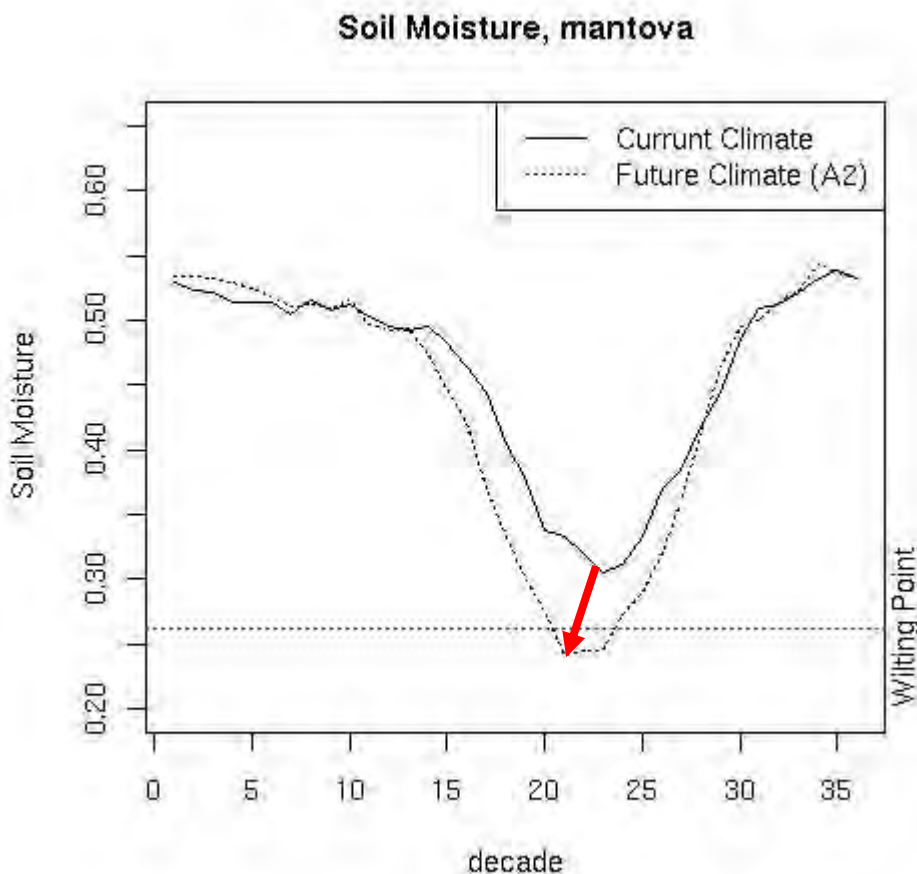


(RegCM, 20 km, Scenario pessimistico (A2), F. Giorgi)

Il clima futuro: l'umidità del suolo

pianura padana – simulazione basata sul run di RegCM3 (Hirlam)

Unito Green Office
Coordinamento
Cambiamenti climatici ©
Marco Bagliani
marco.bagliani@unito.it
Tommaso Orusa
tommaso.orusa@unito.it



Fonte: Cassardo et al. (2018) – HESS

- Suoli lievemente più umidi nelle stagioni fredde e molto più secchi in quelle calde (maggiore variabilità)

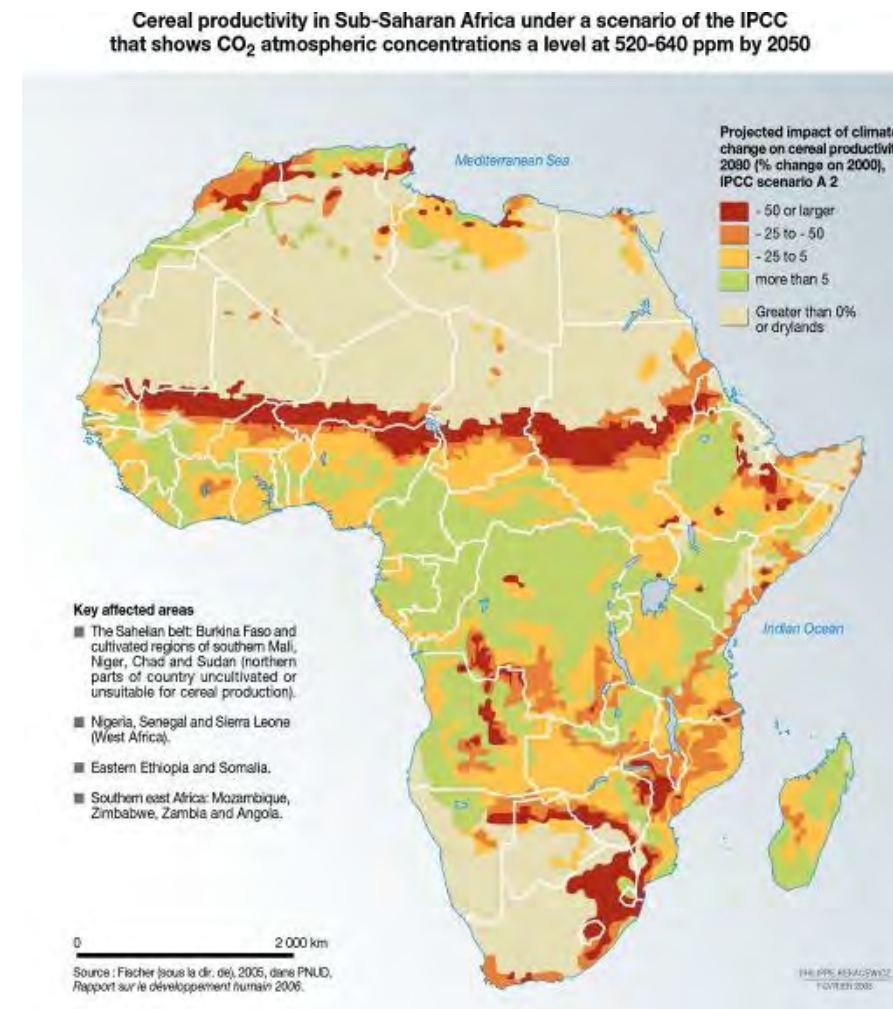
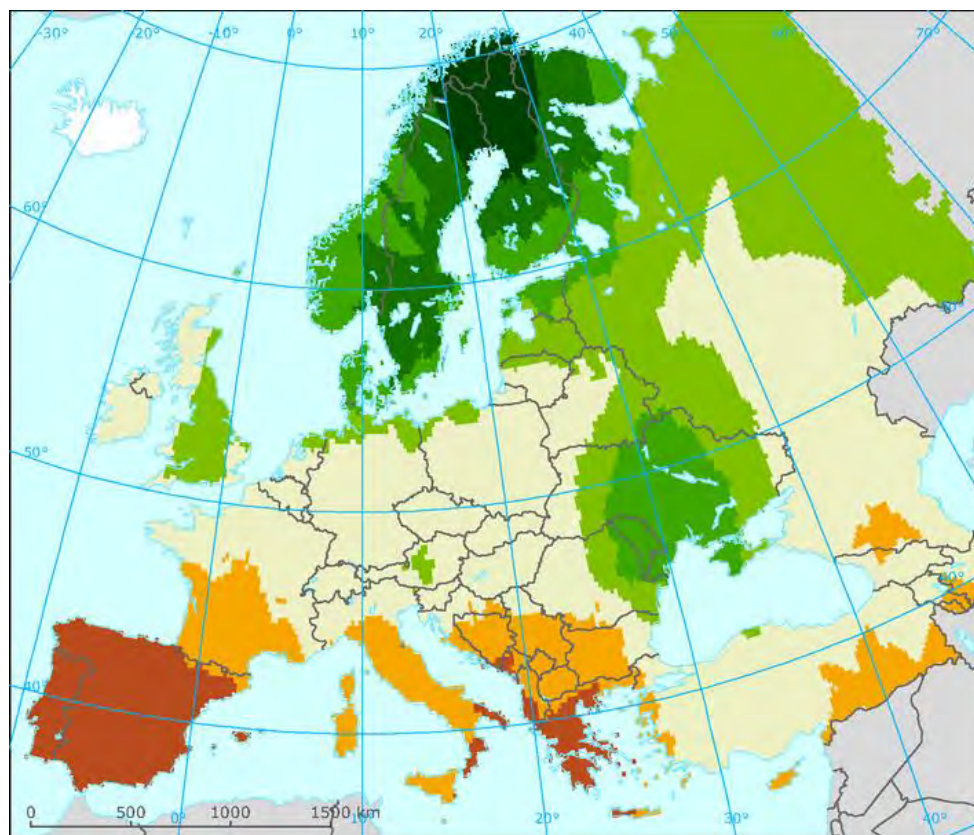
Occorrerà ripensare alle pratiche agricole?



La pianta “idrovara” della pianura padana nelle sue terre di origine è coltivata in climi aridi. Ma a destra e a sinistra c'è lo stesso mais? La differenza macroscopica è nella densità di vegetazione.

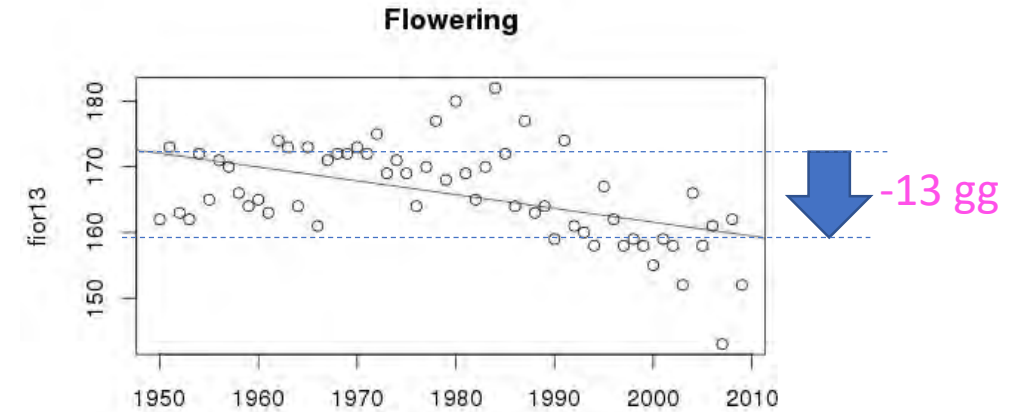
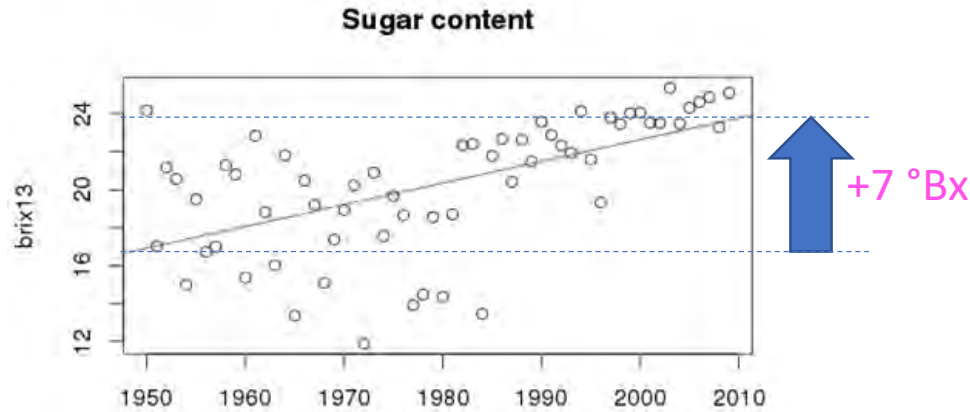


Impatti sulla produttività agricola futura: Africa ed Europa



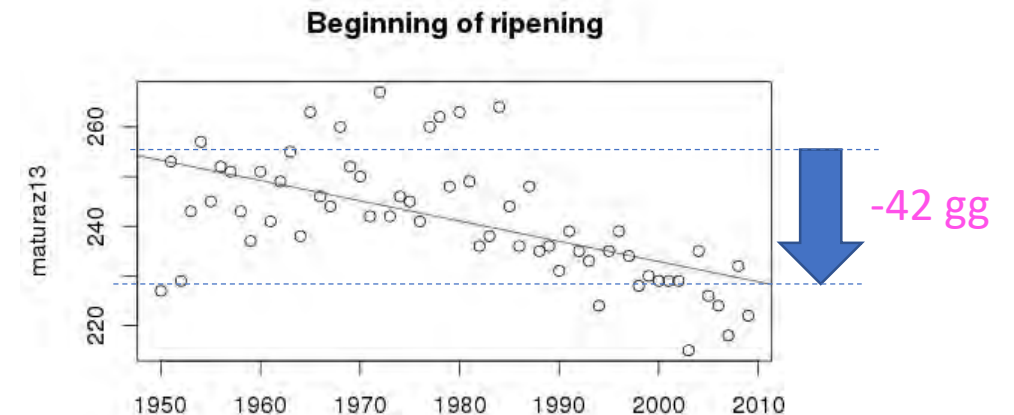
Cambiamenti già in atto sulle colture il caso della vite in Piemonte

Unito Green Office
Coordinamento
Cambiamenti climatici ©
Marco Bagliani
marco.bagliani@unito.it
Tommaso Orusa
tommaso.orusa@unito.it



Zone vitivinicole piemontesi

- Fioritura della vite e maturazione dell'uva **in anticipo di 2-3 settimane nell'ultimo trentennio**
- Contenuto zuccherino degli acini **in forte aumento** (corrisponde a 1-2 gradi alcolici)



Fonte: Andreoli et al. (2019), Agronomy

Rivalutazione delle tecniche tradizionali?

Unito Green Office
Coordinamento
Cambiamenti climatici ©
Marco Bagliani
marco.bagliani@unito.it
Tommaso Orusa
tommaso.orusa@unito.it

Champagne

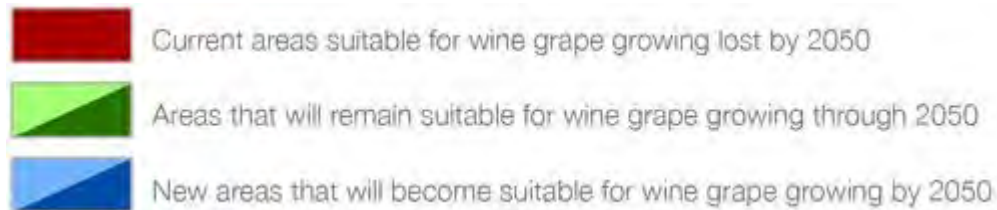
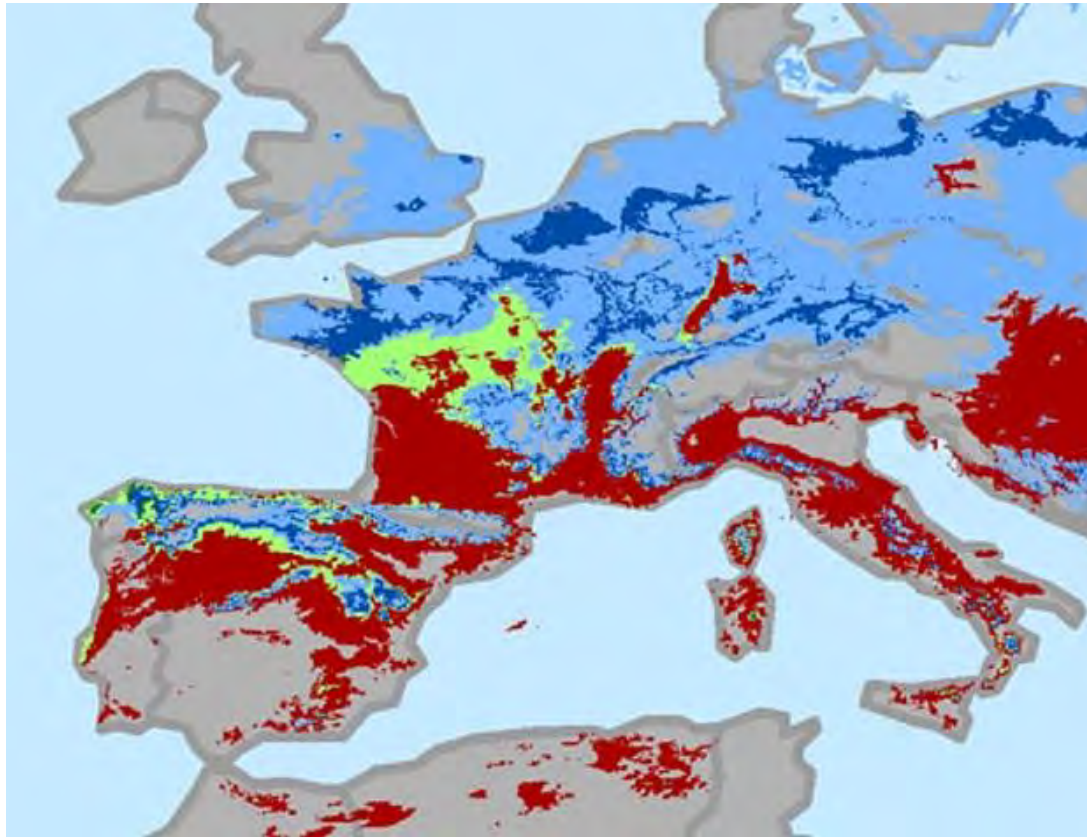


Sicilia
(Pachino)



- Quale tecnica richiede più acqua? Quale sopporta meglio la siccità?

La fine del vino?



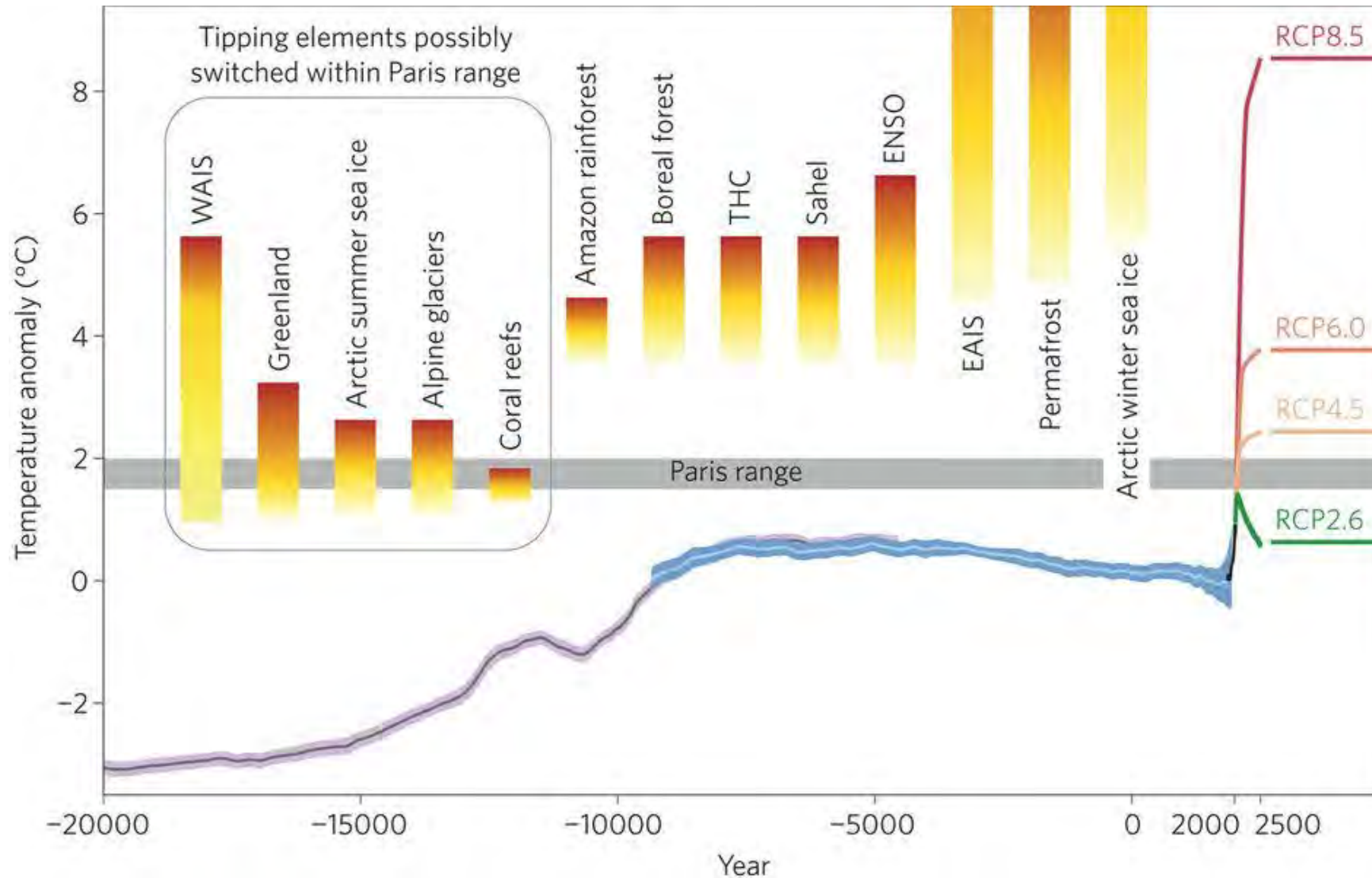
Fonte: Hannah et al., 2013, PNAS

- Il cambiamento climatico potrebbe spostare gli areali di produzione del vino molto lontano dalle zone vinicole tradizionali (e attuali)
- In Piemonte niente più vino?



- Il Barolo si produrrà in Svizzera? E il terroir?

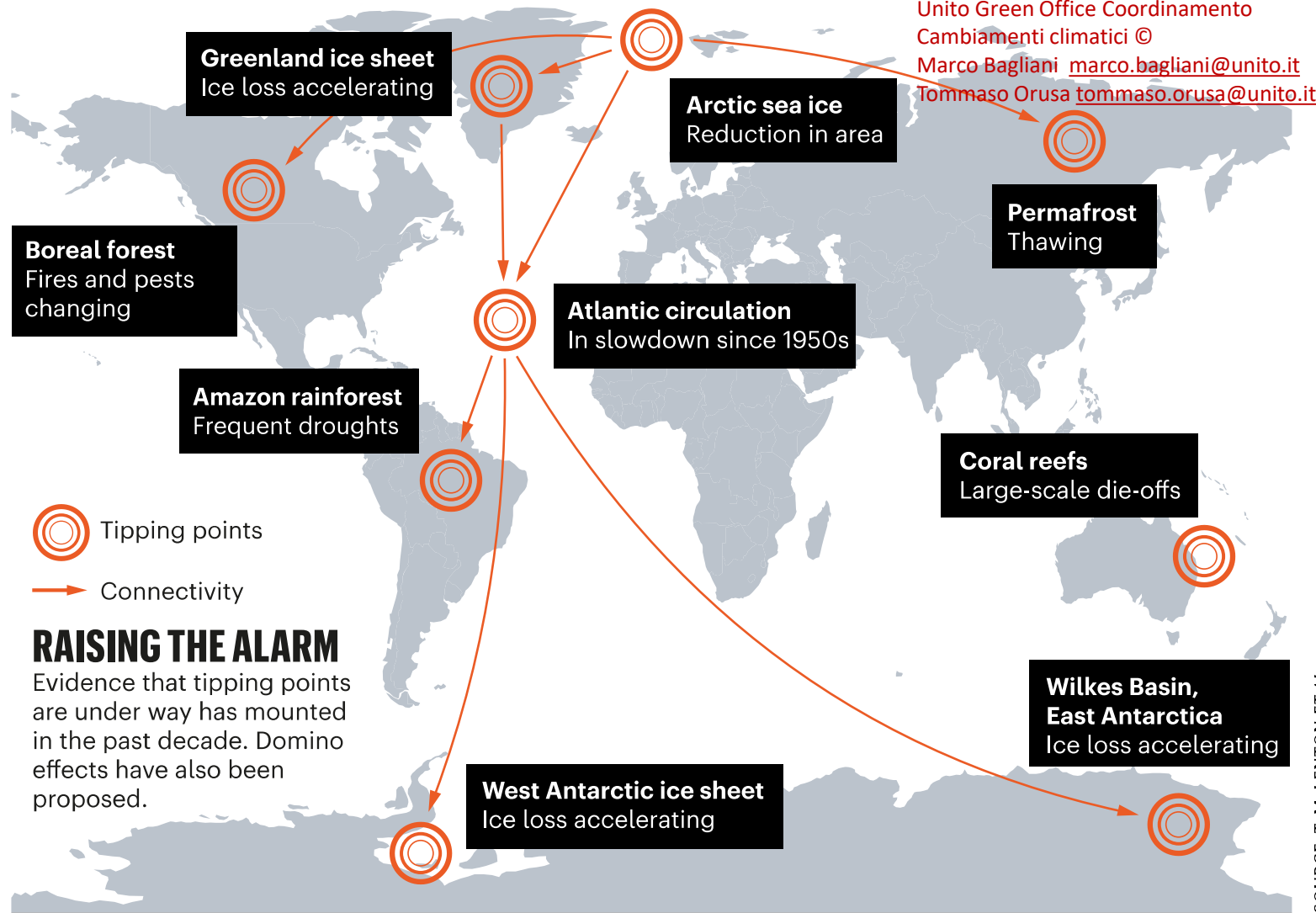
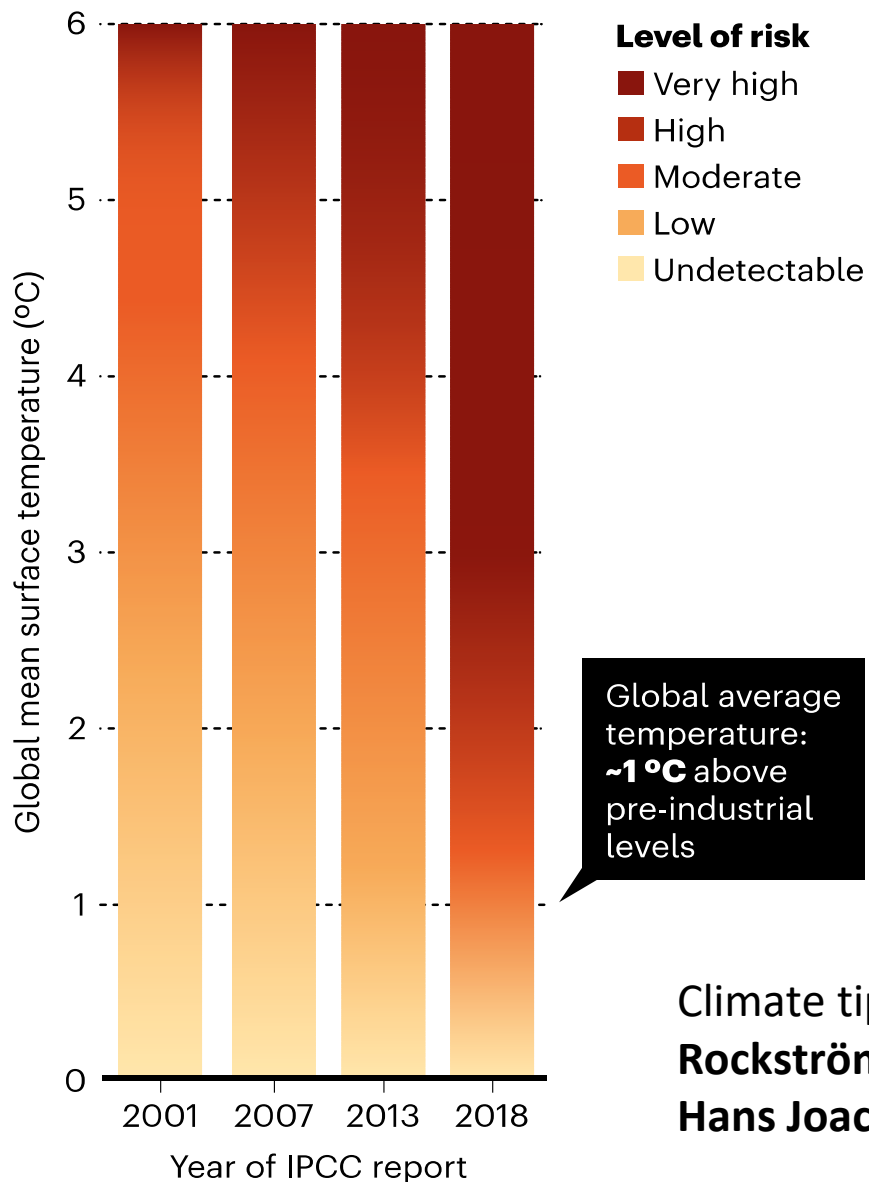
Rischio di superare punti di non ritorno se la temperatura eccede un certo limite



Unito Green Office
Coordinamento
Cambiamenti climatici ©
Marco Bagliani
marco.bagliani@unito.it
Tommaso Orusa
tommaso.orusa@unito.it

TOO CLOSE FOR COMFORT

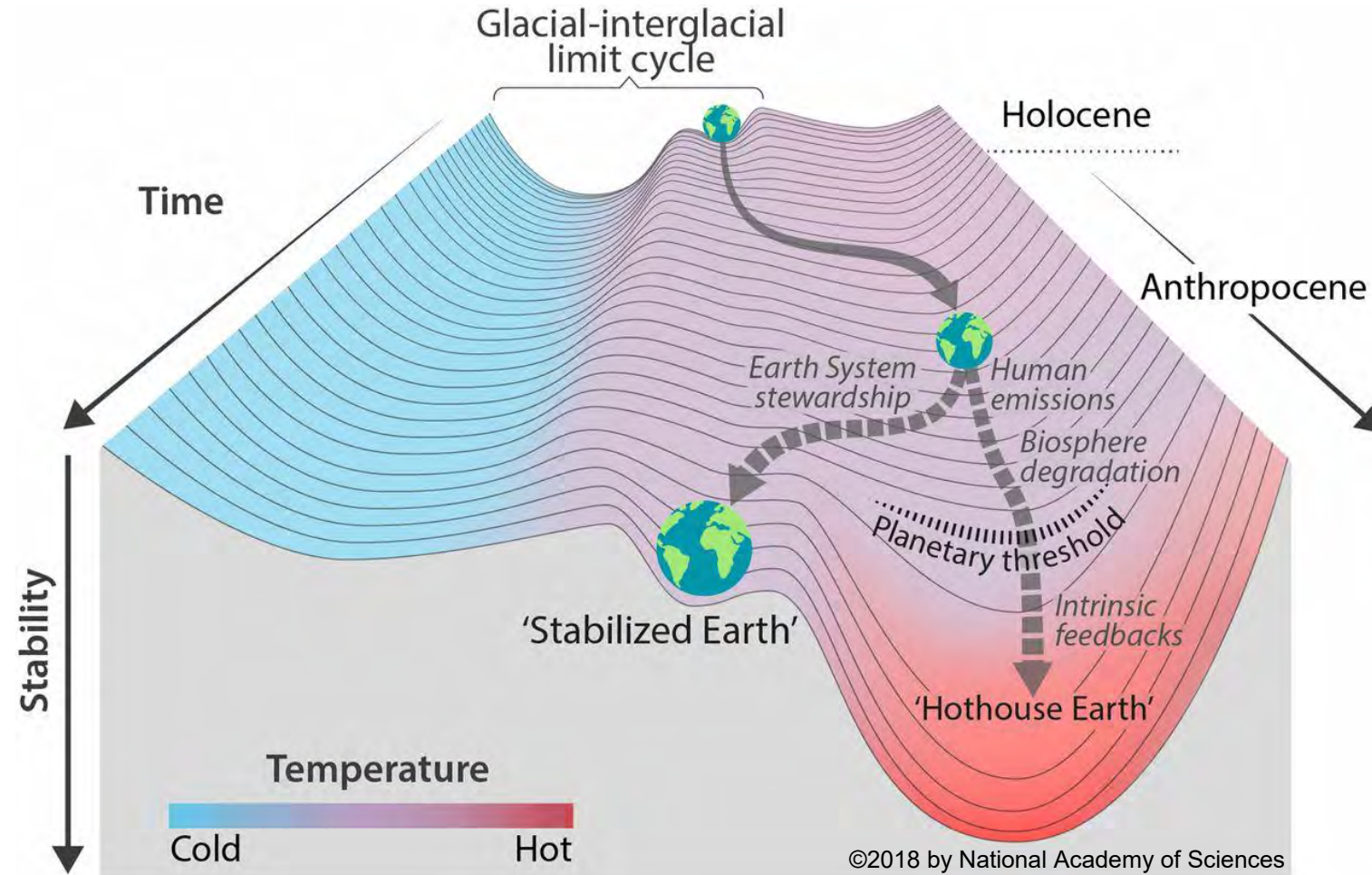
Abrupt and irreversible changes in the climate system have become a higher risk at lower global average temperatures.



Climate tipping points — too risky to bet against , **Timothy M. Lenton, Johan Rockström, Owen Gaffney, Stefan Rahmstorf, Katherine Richardson, Will Steffen & Hans Joachim Schellnhuber** , Nature | Vol 575 | 28 November 2019 | 595

Il grande rischio: nuovi punti di equilibrio?

Stability landscape showing the pathway of the Earth System out of the Holocene and thus, out of the glacial–interglacial limit cycle to its present position in the hotter Anthropocene.



Will Steffen et al. PNAS doi:10.1073/pnas.1810141115
Trajectories of the Earth System in the Anthropocene

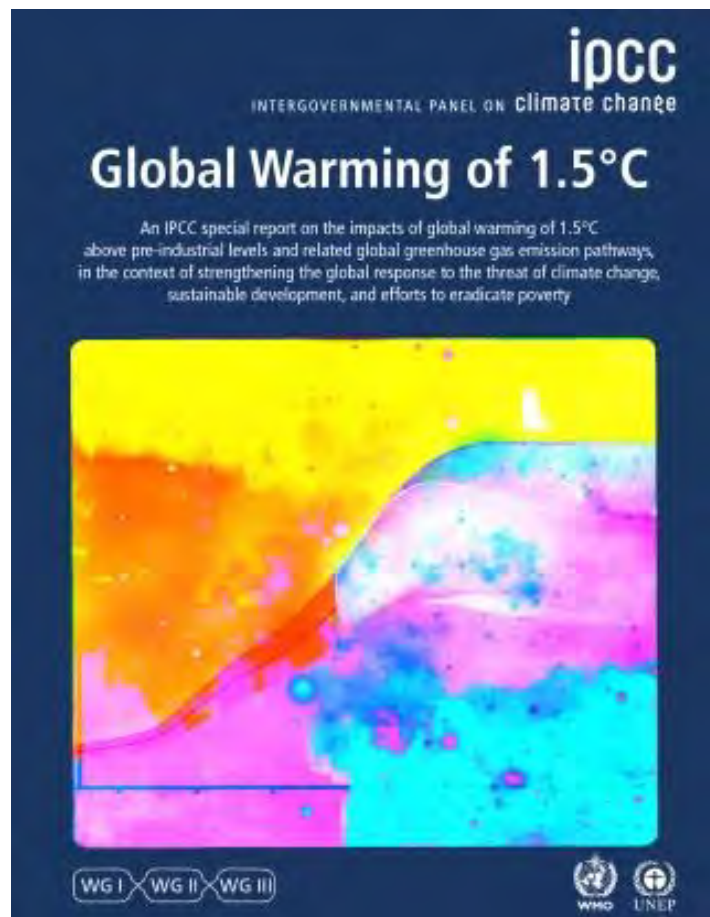
PNAS

Unito Green Office
Coordinamento
Cambiamenti climatici ©
Marco Bagliani
marco.bagliani@unito.it
Tommaso Orusa
tommaso.orusa@unito.it

RAPPORTO SPECIALE IPCC 1,5°C

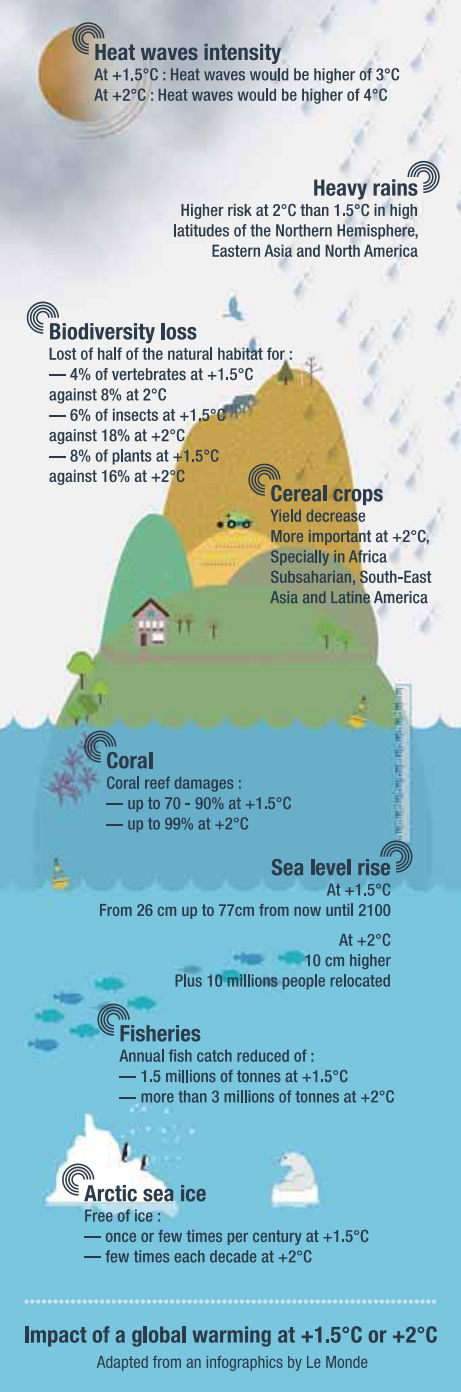
Il mezzo grado **in meno** che fa la differenza

Unito Green Office
Coordinamento
Cambiamenti climatici ©
Marco Bagliani
marco.bagliani@unito.it
Tommaso Orusa
tommaso.orusa@unito.it



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

“un rapporto speciale dell’IPCC sugli impatti del riscaldamento globale di 1,5 °C rispetto ai livelli del periodo pre-industriale e i relativi percorsi di emissioni di gas serra, in un contesto di rafforzamento della risposta globale alla minaccia dei cambiamenti climatici, allo sviluppo sostenibile, e agli sforzi per sconfiggere la povertà”



Il mezzo grado in meno che fa la differenza

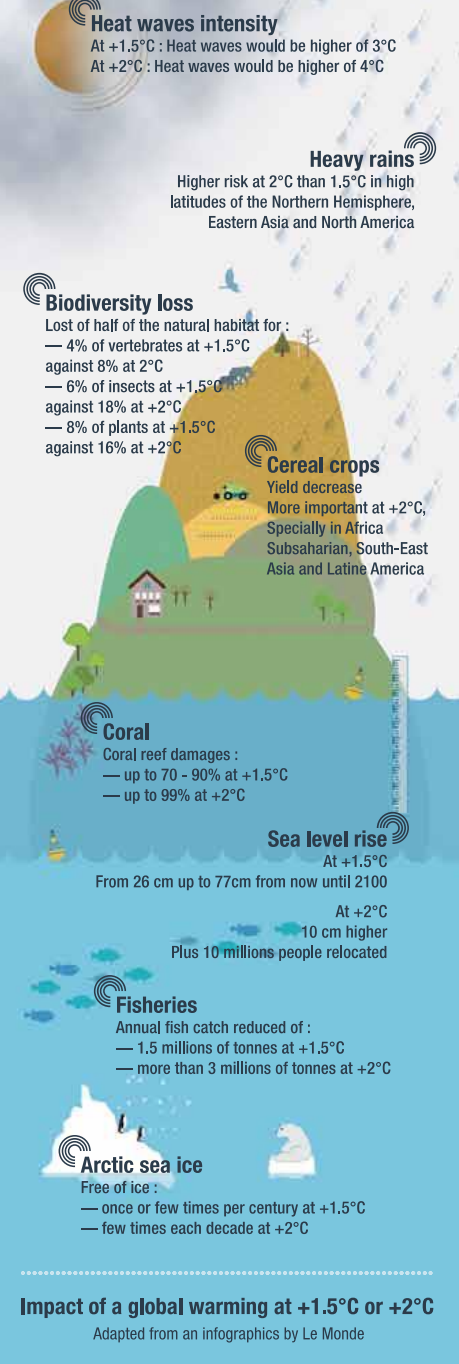
RAPPORTO SPECIALE IPCC 1,5°C

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

- Il livello dei mari sarebbe inferiore di circa 10 cm → 10.4 milioni di persone non sarebbero sottoposte a rischi alle risorse idriche, ecosistemi e infrastrutture
- Le barriere coralline non scomparirebbero → si ridurrebbero del 70%-90% con 1.5 °C, mentre con 2 °C avremmo una perdita > del 99%
- Al polo nord con 1,5 °C avremmo un'estate senza ghiacci ogni secolo (contro una ogni 10 anni con +2 °C)

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

Unito Green Office
Coordinamento
Cambiamenti climatici @
Marco Bagliani
marco.bagliani@unito.it
Tommaso Orusa
tommaso.orusa@unito.it



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

- L'acidità del mare aumenterebbe di meno
- I Rischi per la salute, per la sicurezza alimentare e per i rifornimenti idrici aumenterebbero meno → 420 milioni in meno di persone sarebbero esposte a ondate di calore soprattutto nella regione Mediterranea e Sub-Sahariana

Unito Green Office
Coordinamento
Cambiamenti climatici @
Marco Bagliani
marco.bagliani@unito.it
Tommaso Orusa
tommaso.orusa@unito.it

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

Validazione dei modelli

Prima di essere usati per le proiezioni future i modelli vengono messi alla prova, confrontandoli con il clima corrente o passato

- 1- Capacità di rappresentare specifici aspetti del **clima presente**
- 2 - Confronto con il **clima del passato**, le cui fluttuazioni sono note

1- Capacità di rappresentare specifici aspetti del clima presente

Confronto dei dati modellistici con le osservazioni riguardanti lo stato attuale **dell'atmosfera, degli oceani, della criosfera, della superficie terrestre.**

Ad esempio:

- Distribuzione globale di temperatura, precipitazione, radiazione, venti, temperatura oceanica, correnti marine, estensione ghiaccio marino
- Pattern di variabilità climatica come la periodicità dei sistemi monsonici

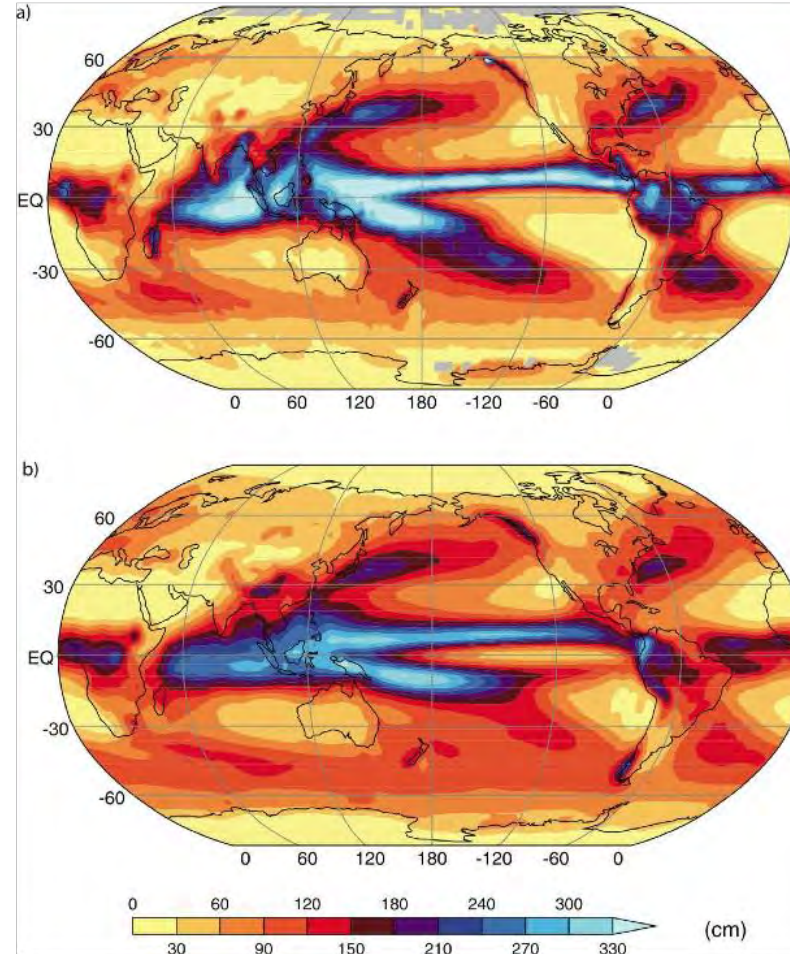
Si verifica se i modelli sono in grado di simulare le caratteristiche medie e la variabilità stagionale del clima attuale

Unito Green Office
Coordinamento
Cambiamenti climatici ©
Marco Bagliani
marco.bagliani@unito.it
Tommaso Orusa
tommaso.orusa@unito.it

1- Capacità di rappresentare specifici aspetti del clima presente

PRECIPITATION (annual mean) 1951-2000 mean

OBS



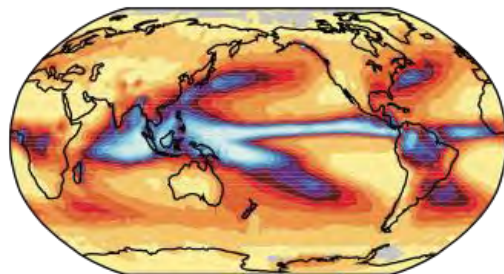
MODELS

From IPCC AR4 WG1, 2007

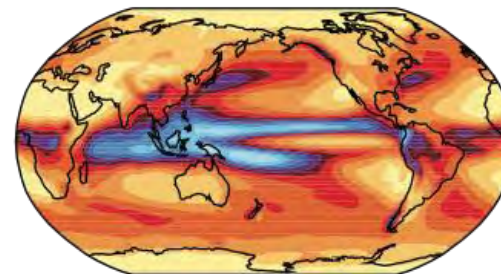
Unito Green Office
Coordinamento
Cambiamenti climatici ©
Marco Bagliani
marco.bagliani@unito.it
Tommaso Orusa
tommaso.orusa@unito.it

Annual Precipitation

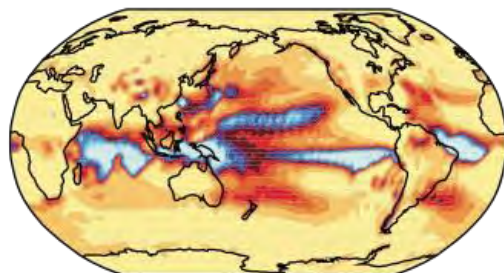
CMAF



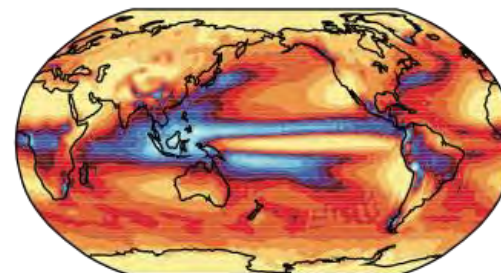
Mean Model



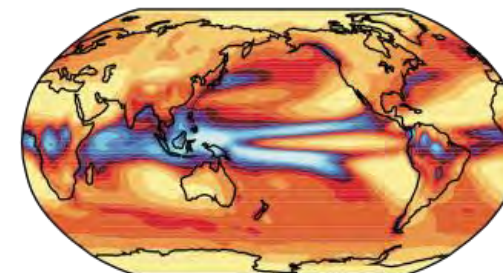
BCC-CM1



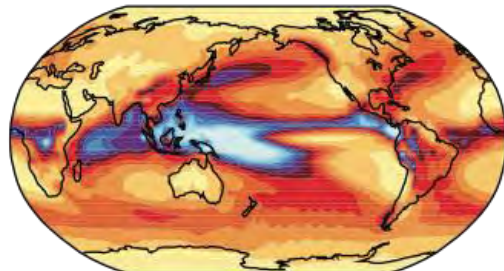
BCCR-BCM2.0



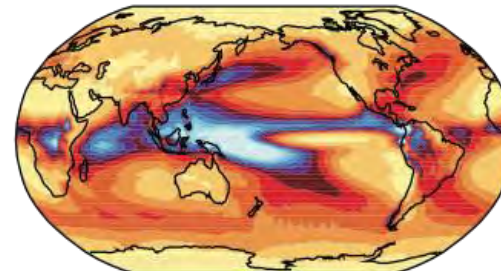
CCSM3



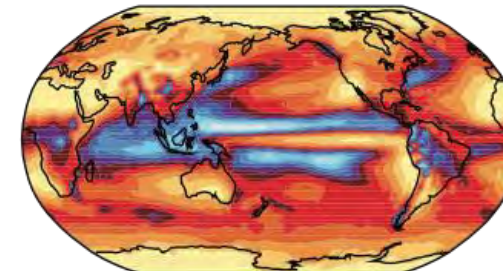
CGCM3.1(T47)



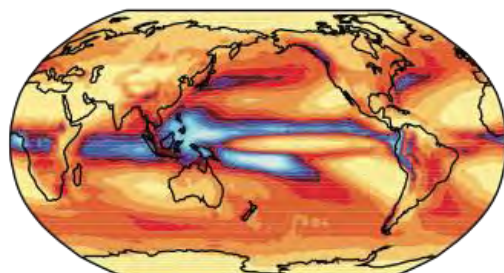
CGCM3.1(T63)



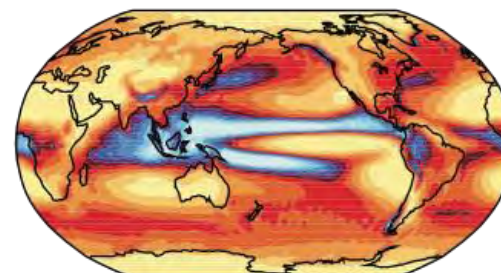
CNRM-CM3



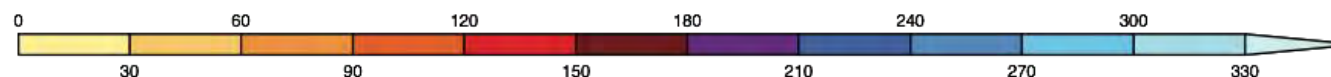
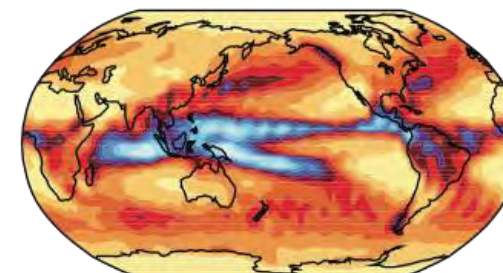
CSIRO-Mk3.0

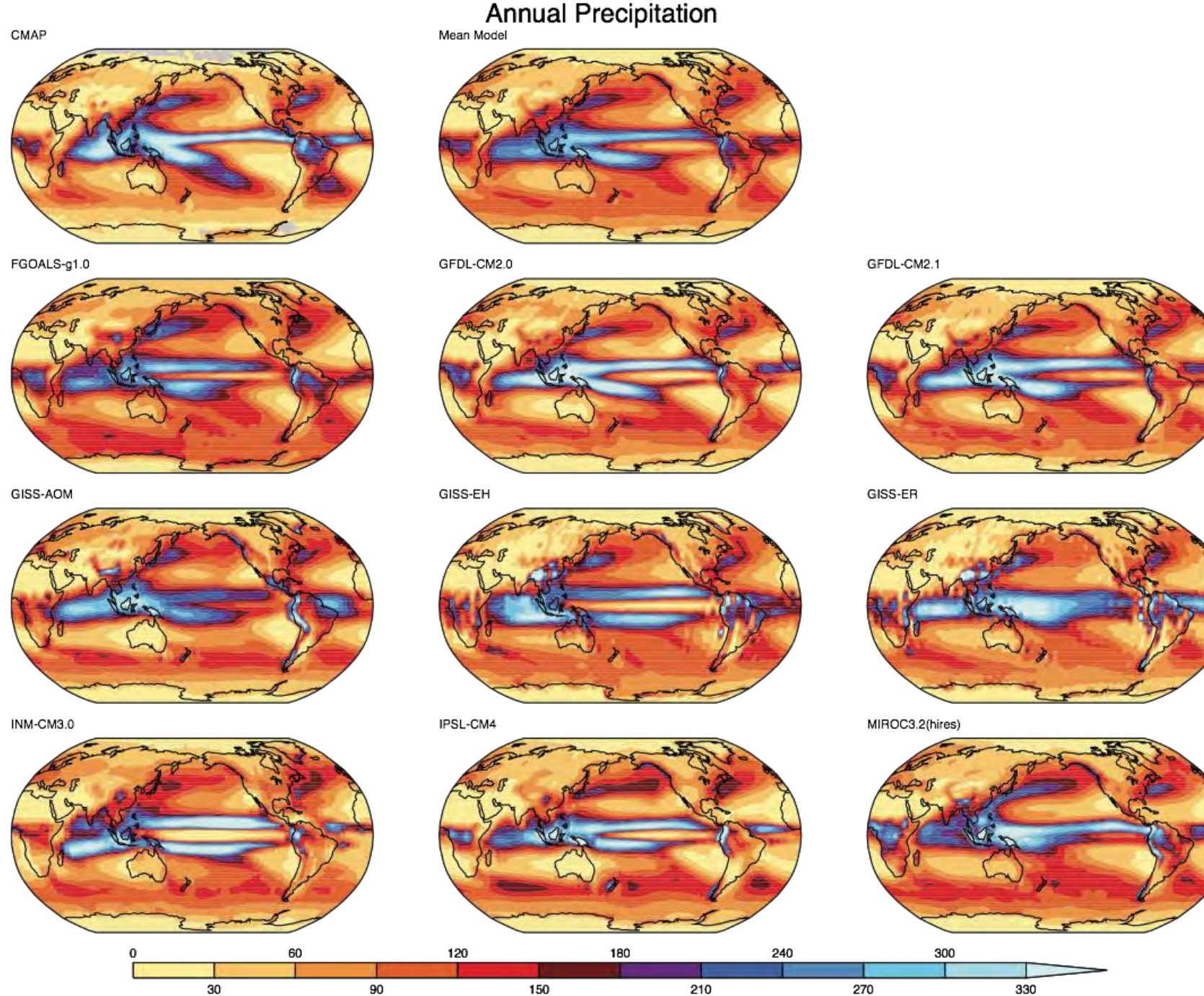


ECHAM5/MPI-OM



ECHO-G





2. Confronto con il clima del passato, le cui fluttuazioni sono note

Unito Green Office Coordinamento Cambiamenti climatici ©
Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it
Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it

- simulare episodi del clima del passato: **ultimo massimo glaciale**, il **precedente periodo interglaciale**, “**abrupt climate changes**”, allo scopo di comprendere processi di base, i meccanismi che hanno dato luogo ai cambiamenti climatici del passato e feedback
- testare quantitativamente ipotesi fisiche, come la teoria di Milankovich
- creare continuità tra la scala locale e quella globale, dato che l’informazione ricavata dai “proxy data” è sparsa e stagionale. Ad esempio, i record delle carote di ghiaccio mostrano una forte correlazione tra la temperatura locale in Antartide e le concentrazioni di CO₂ e CH₄ a scala globale, ma la relazione di causalità tra queste variabili è stata esplorata con l’aiuto dei modelli globali
- valutare l’abilità di un modello di riprodurre il clima in regimi sostanzialmente diversi da quello presente.

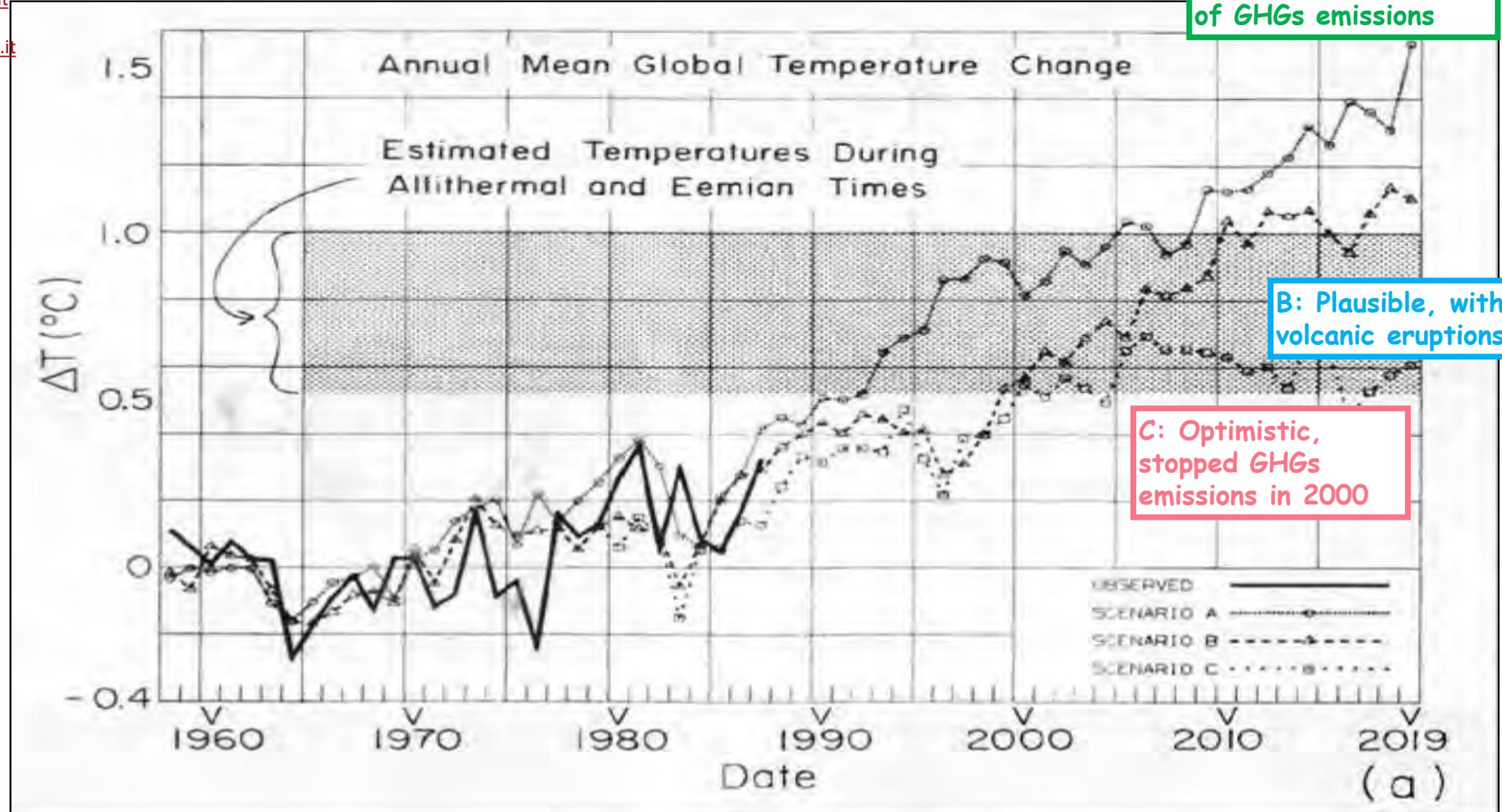
Oggi possiamo validare le precedenti generazioni di modelli

I primi esperimenti di James Hansen

A: exponential growth of GHGs emissions

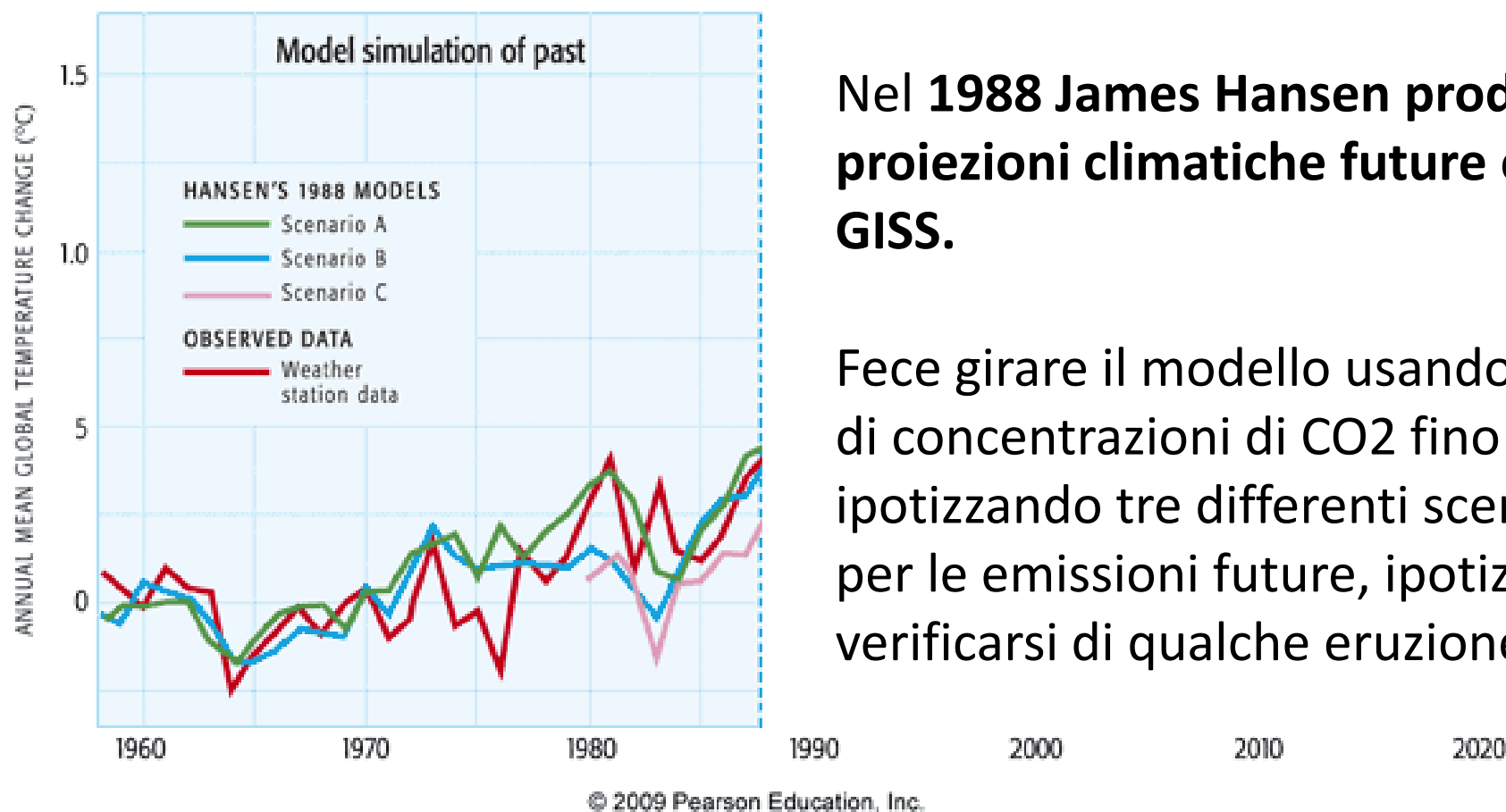
B: Plausible, with three volcanic eruptions

C: Optimistic, stopped GHGs emissions in 2000



I primi esperimenti di James Hansen

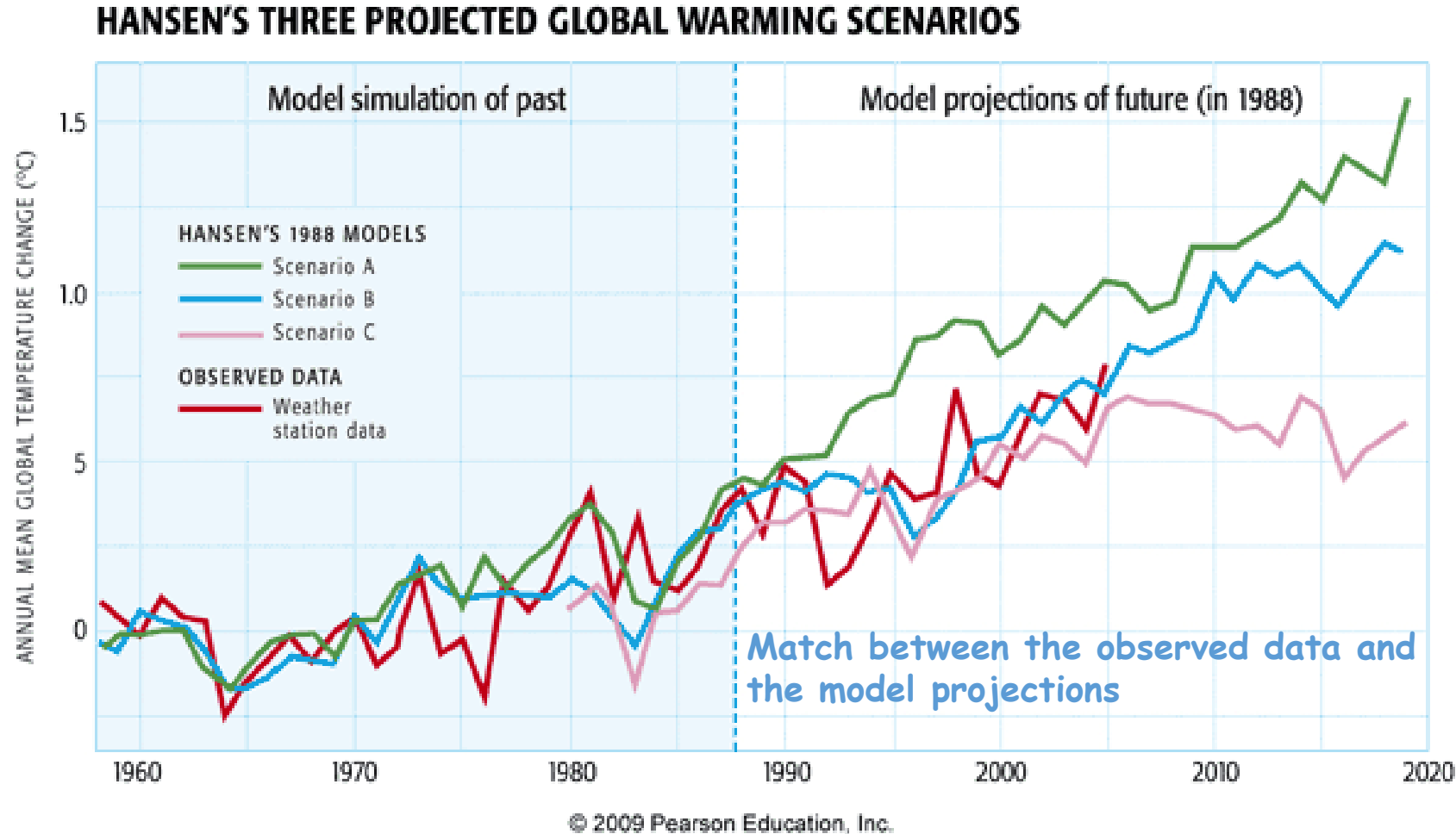
HANSEN'S THREE PROJECTED GLOBAL WARMING SCENARIOS



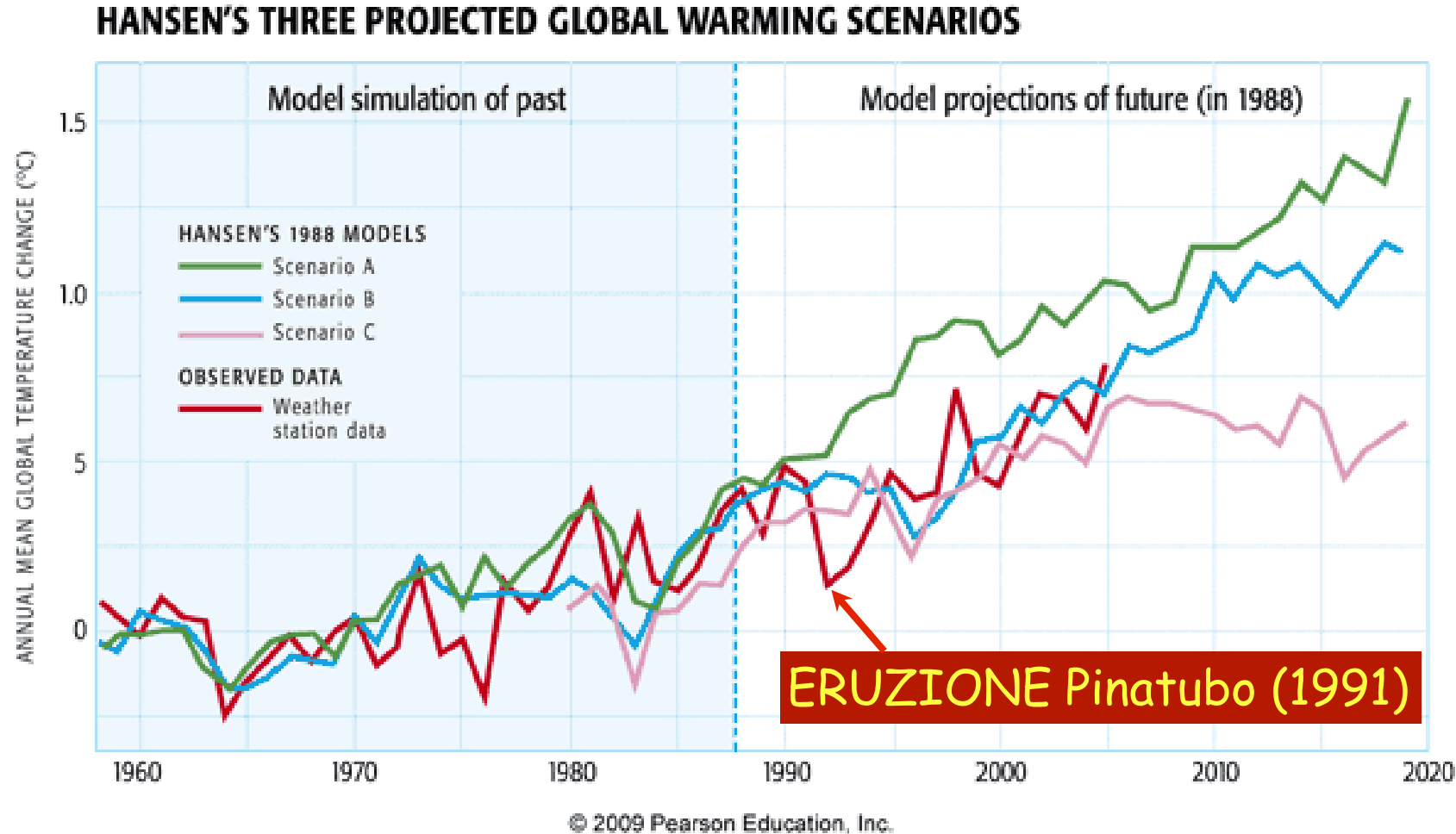
Nel **1988** James Hansen produsse le prime proiezioni climatiche future con il modello GISS.

Fece girare il modello usando valori osservati di concentrazioni di CO2 fino al **1984** e poi ipotizzando tre differenti scenari **A**, **B**, and **C** per le emissioni future, ipotizzando anche il verificarsi di qualche eruzione vulcnica.

I primi esperimenti di James Hansen



I primi esperimenti di James Hansen



I primi esperimenti di James Hansen

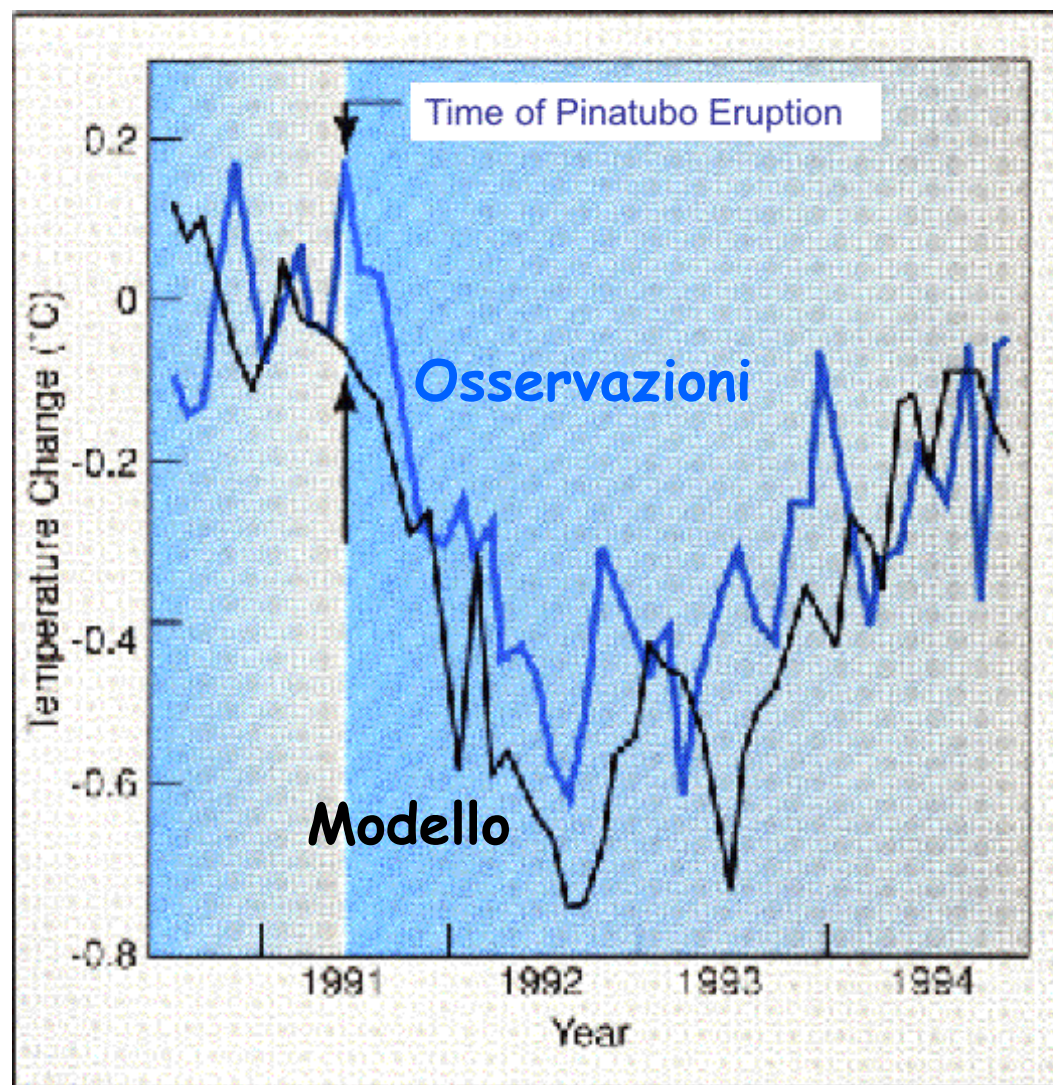


Figure 1 Comparison of modeled (black line) and observed (blue) impact of a major volcanic eruption on the temperature of the lower atmosphere. The eruption of Mt. Pinatubo in the Philippines, during June 1991, injected vast amounts of sulfur dioxide directly into the stratosphere. The gas quickly transformed into sulfuric acid particles that enshrouded the Earth and blocked part of the incoming solar radiation. The apparent effect is a drop of about 0.6°C in the globally-averaged temperature, lasting about two years. From J. Hansen *et al.*, in *National Geographic Research and Exploration*, vol 9, no 2, pp 142-158, 1993.

I primi esperimenti di James Hansen

El Nino 1991-1993

Effetto di parziale compensazione del raffreddamento dovuto alla presenza dell'aerosol vulcanico.

Eventi El Nino provocano un riscaldamento di circa 0.1-0.2 °C su tutto il globo.

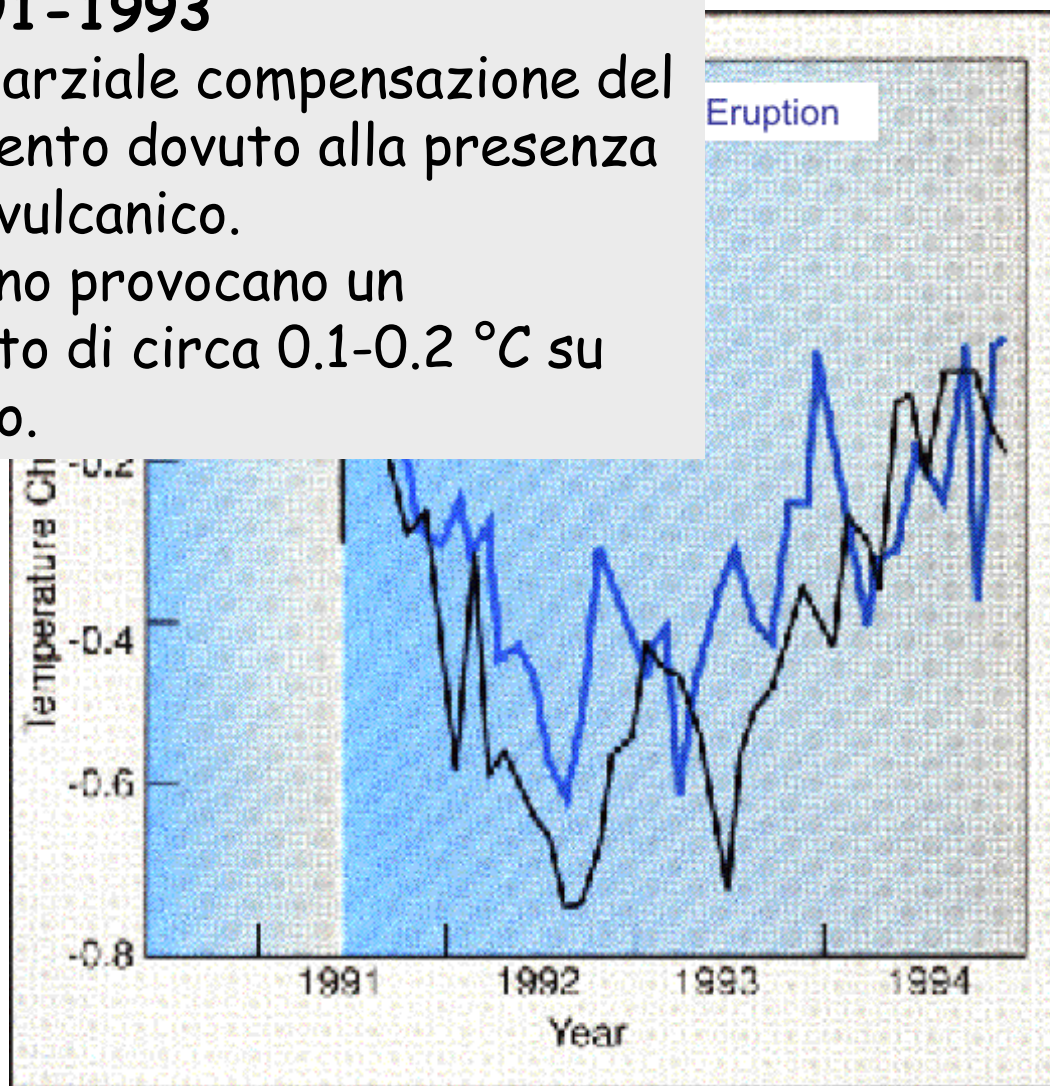
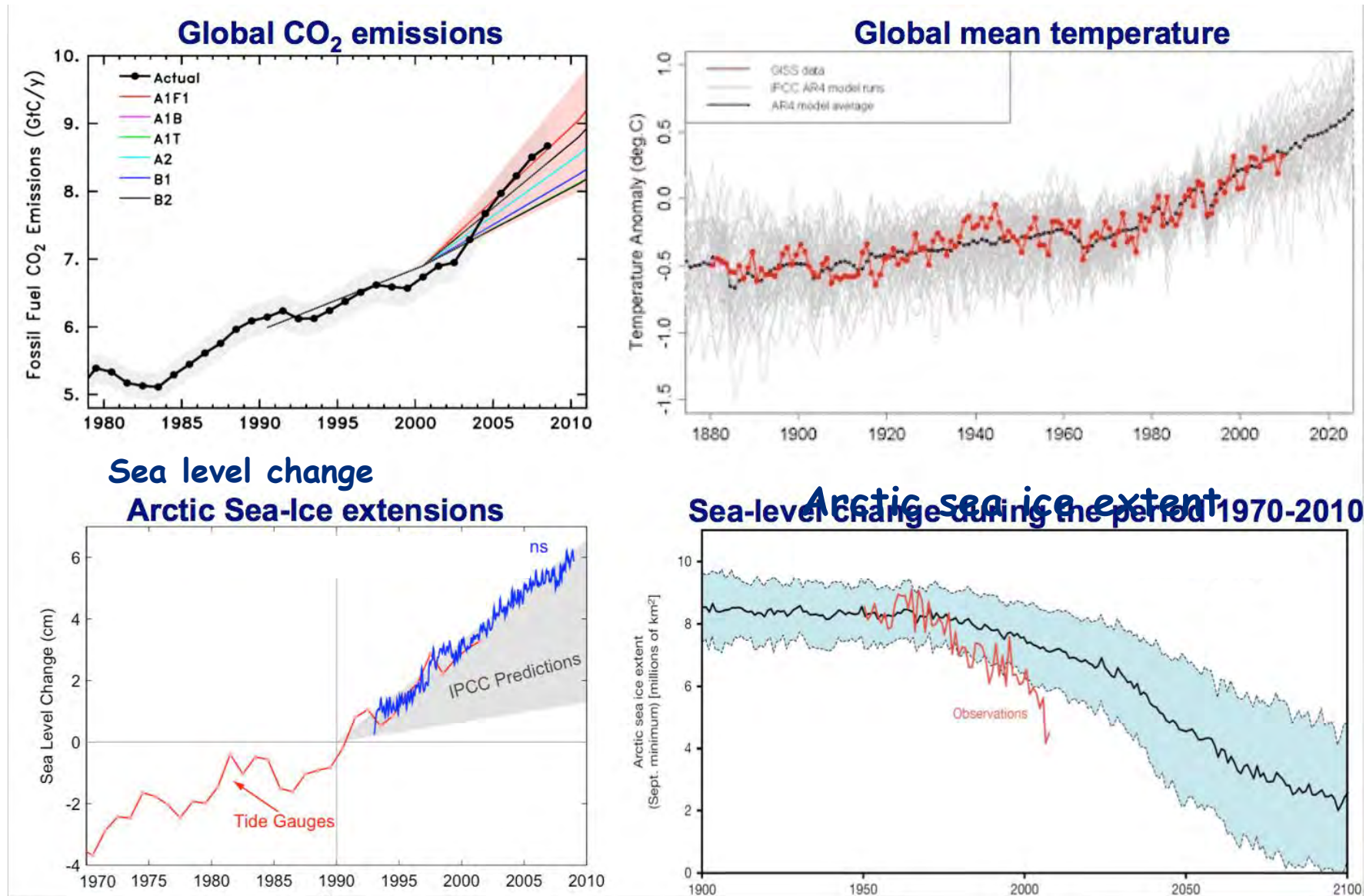


Figure 1 Comparison of modeled (black line) and observed (blue) impact of a major volcanic eruption on the temperature of the lower atmosphere. The eruption of Mt. Pinatubo in the Philippines, during June 1991, injected vast amounts of sulfur dioxide directly into the stratosphere. The gas quickly transformed into sulfuric acid particles that enshrouded the Earth and blocked part of the incoming solar radiation. The apparent effect is a drop of about 0.6°C in the globally-averaged temperature, lasting about two years. From J. Hansen *et al.*, in *National Geographic Research and Exploration*, vol 9, no 2, pp 142-158, 1993.

Oggi possiamo validare le precedenti generazioni di modelli



Unito Green Office
Coordinamento
Cambiamenti climatici ©
Marco Bagliani
marco.bagliani@unito.it
Tommaso Orusa
tommaso.orusa@unito.it