

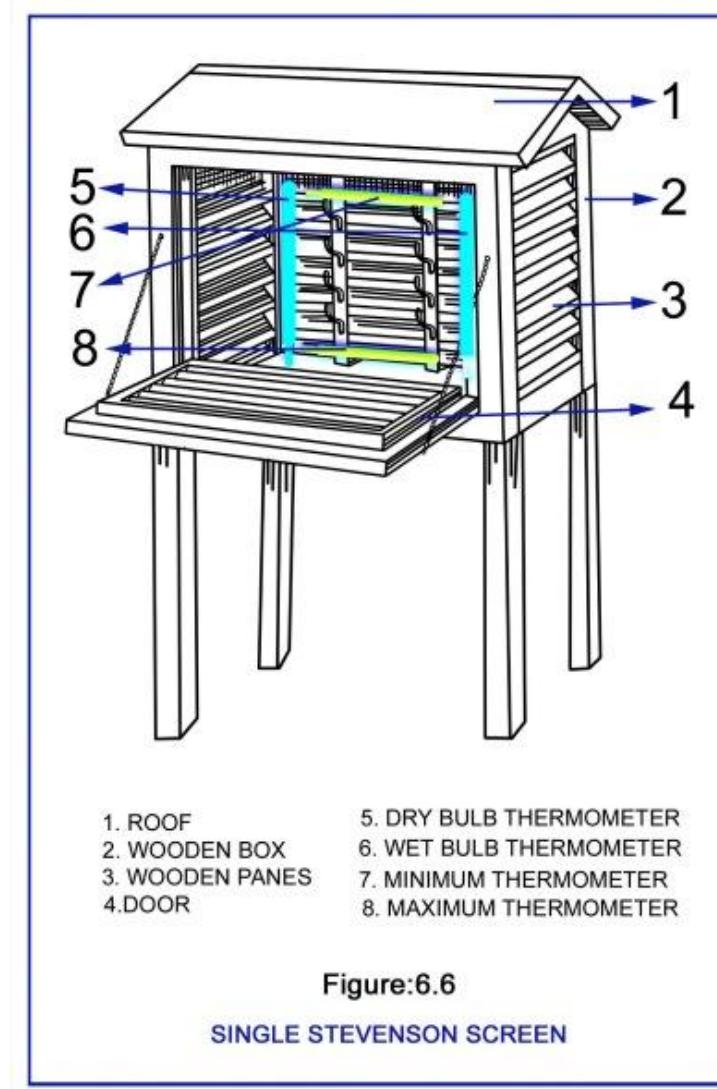
Il clima presente

Ringraziamenti:

- AA.VV. (UniTo) - Lessico e Nuvole: le parole del cambiamento climatico – 2020
- C. Cassardo et al. - Temporali e tornado – cap. 1, 2021 – Ed. AlphaTest

Misure atmosferiche

- Caratteristiche principali: sensibilità dello strumento, errore, tempo di risposta
- Problemi: rappresentatività dei dati (ostacoli, ortografia, vento, neve, ...)
- Configurazione tipica (secondo le normative WMO): schermo Stevenson, a 1,5 m di altitudine sul terreno, a ~100 m di distanza dai principali ostacoli (alberi, edifici, ...)
- Velocità del vento misurata all'altezza di 10 m sul terreno



Esempi di capanne meteorologiche



Sonde per profili verticali e boe

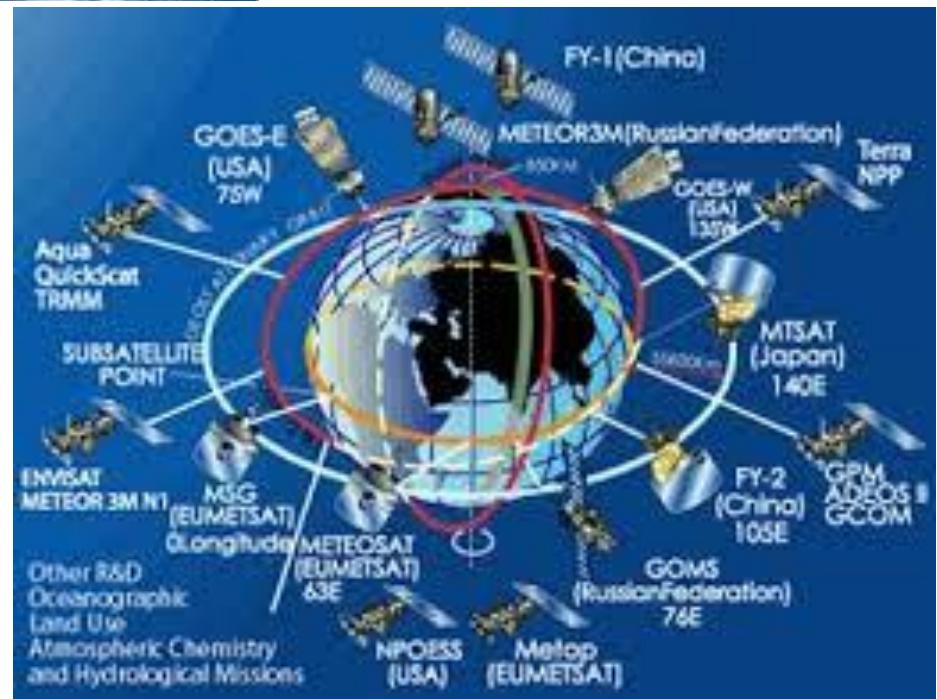
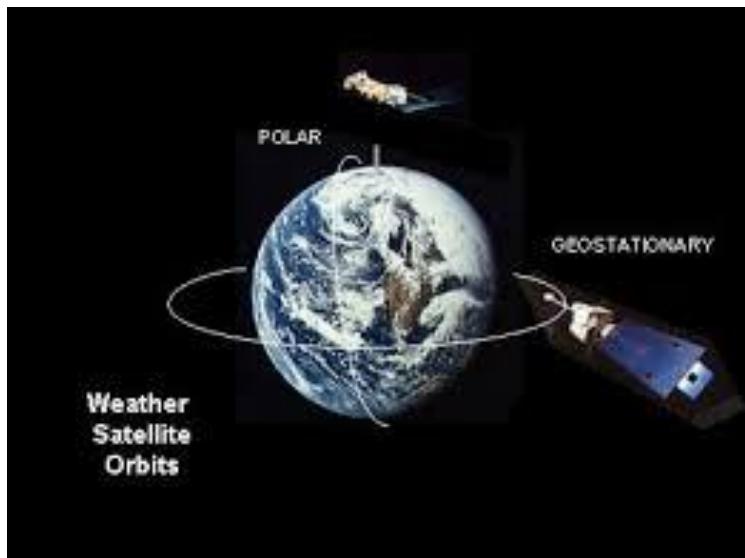


Radiosondaggio automatico

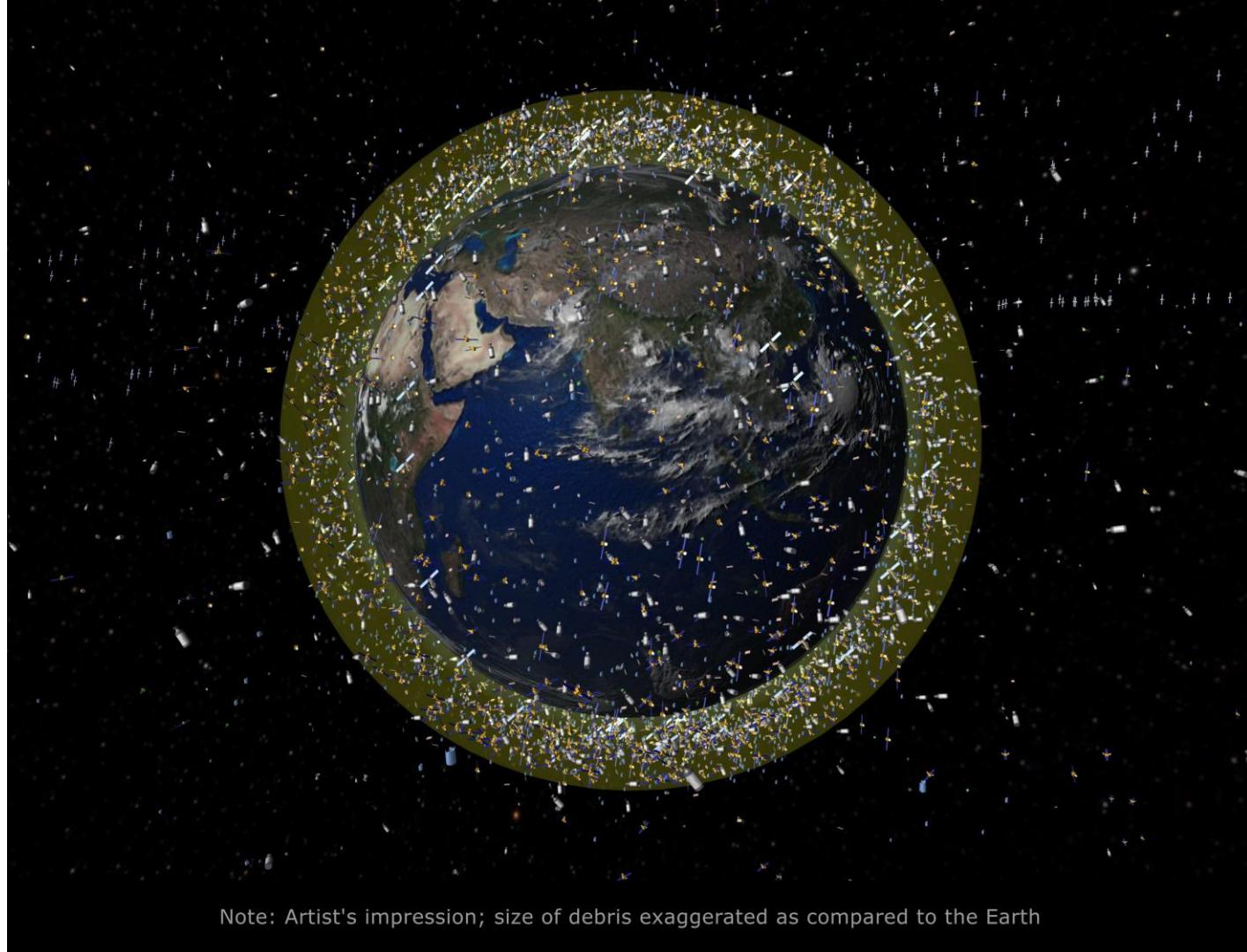


Boa oceanografica

Satelliti



2018: # numero di osservazioni atmosferiche nel 2018



- A oggi ci sono circa 12,597 satelliti in orbita, di cui circa 10.400 attivi e funzionanti, e gli altri inattivi (spazzatura spaziale).

Fonte:

https://www.linkedin.com/posts/harshadshah1953_satellites-in-orbit-active-and-inactive-activity-7327209207596773377-8AGA

- Secondo le proiezioni attuali, considerando i progetti in sviluppo o prossimi (Starlink, Kuiper, Iris, Guowang e altri), questo numero potrebbe superare le 100.000 unità nel 2030

Fonte: <https://gulfnews.com/technology/100000-satellites-a-sky-full-of-spacecraft-the-race-to-blanket-earth-from-space-1.500120054>

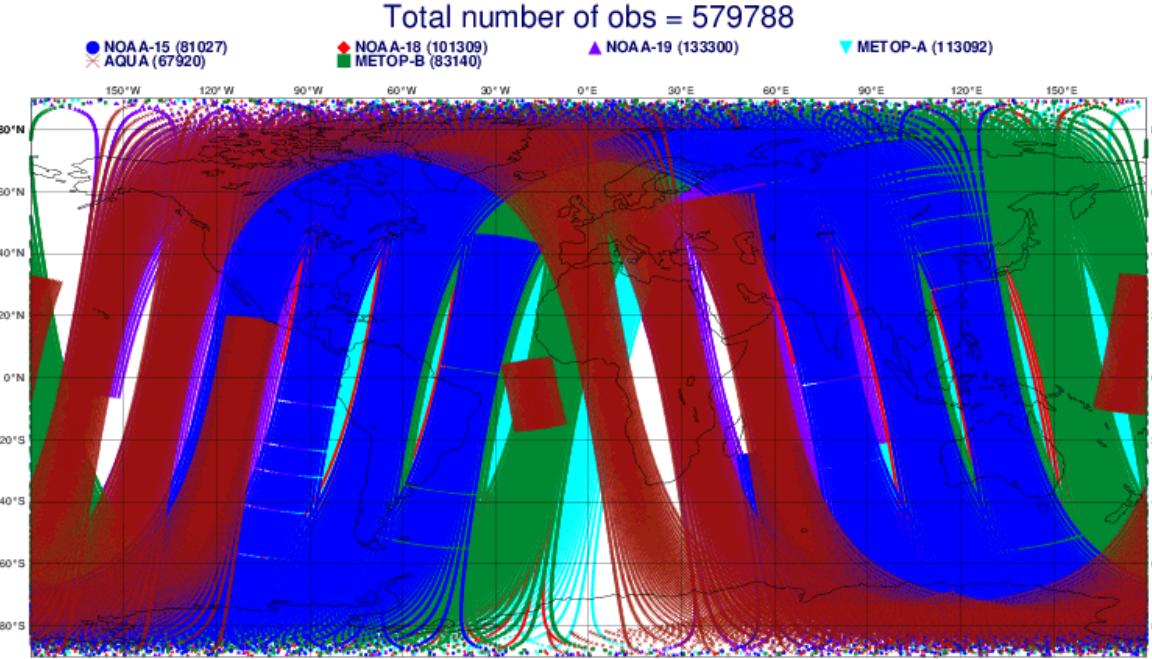
2018: satelliti polari

Oggi, all'ECMWF ogni giorno si ricevono circa 600 milioni di osservazioni dell'atmosfera (95% da satelliti). Sono usate circa il 10% di queste osservazioni, come illustrato dal confronto delle due immagini.

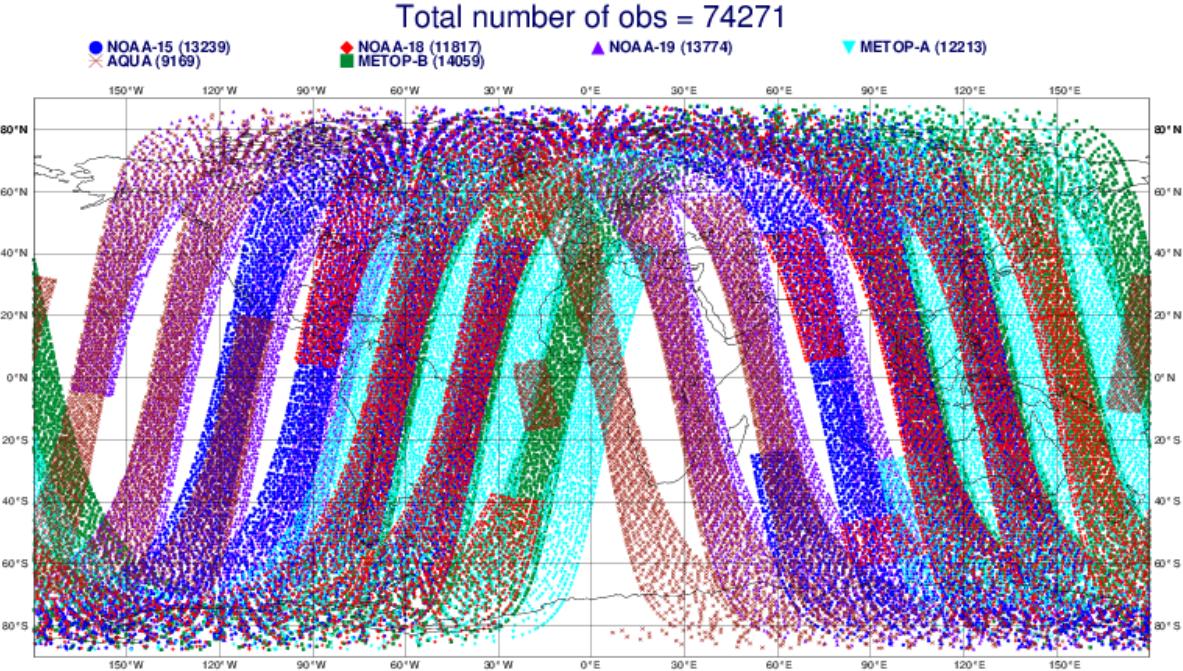


MetOp-A (source: ESA, EUMETSAT)

ECMWF data coverage (all observations) - AMSUA
24/06/2018 12



ECMWF data coverage (used observations) - AMSUA
24/06/2018 12

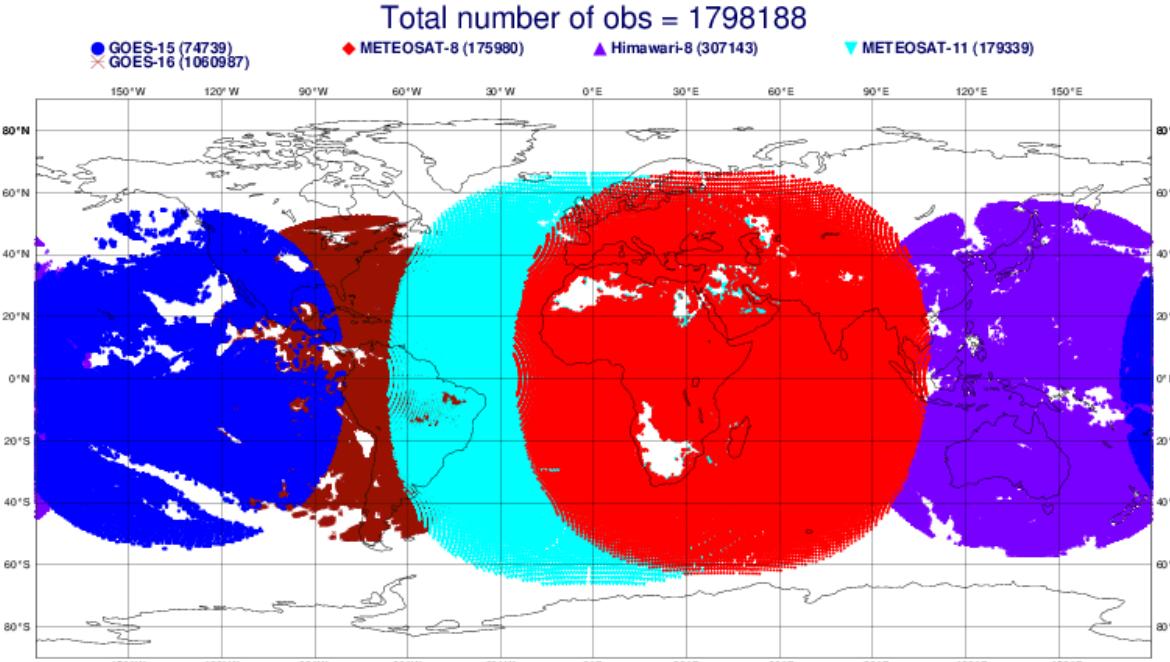


2018: satelliti geostazionari

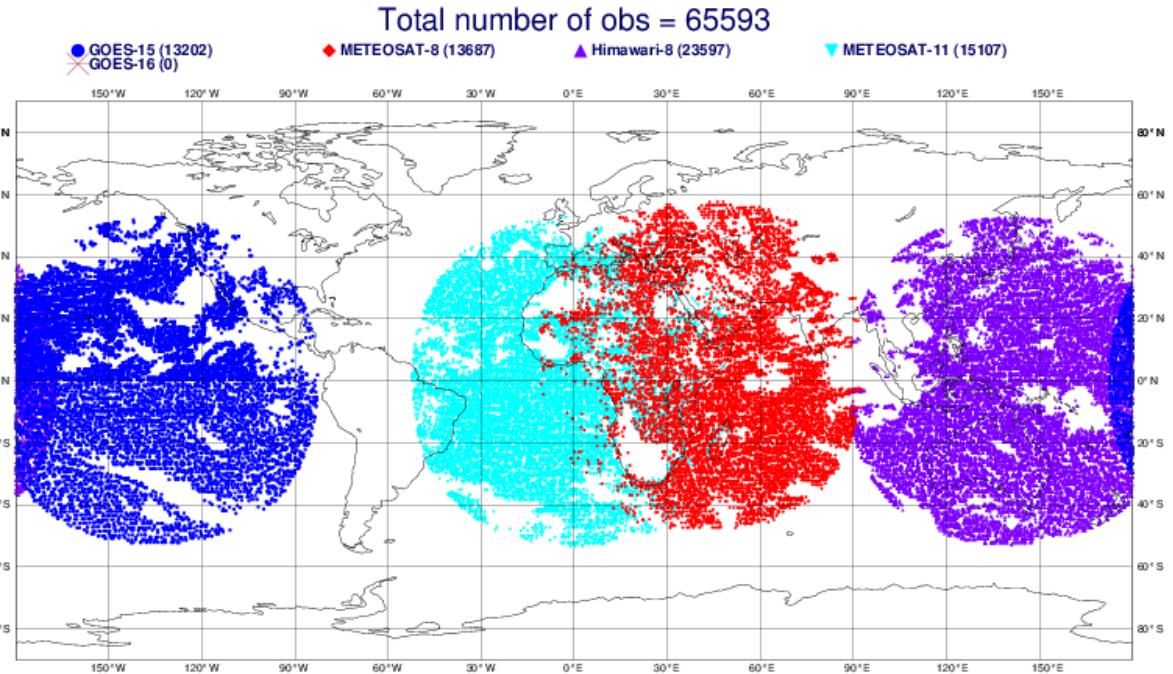
I satelliti geo-stazionari posizionati sopra l'equatore si muovono nella stessa direzione della Terra, e forniscono immagini 'stazionarie'



ECMWF data coverage (all observations) - GEOSTATIONARY RADIANCES
24/06/2018 12

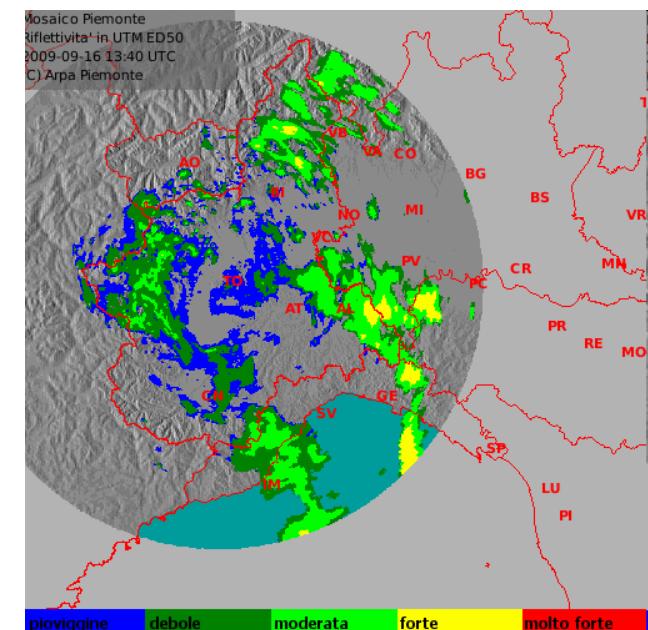


ECMWF data coverage (used observations) - GEOSTATIONARY RADIANCES
24/06/2018 12

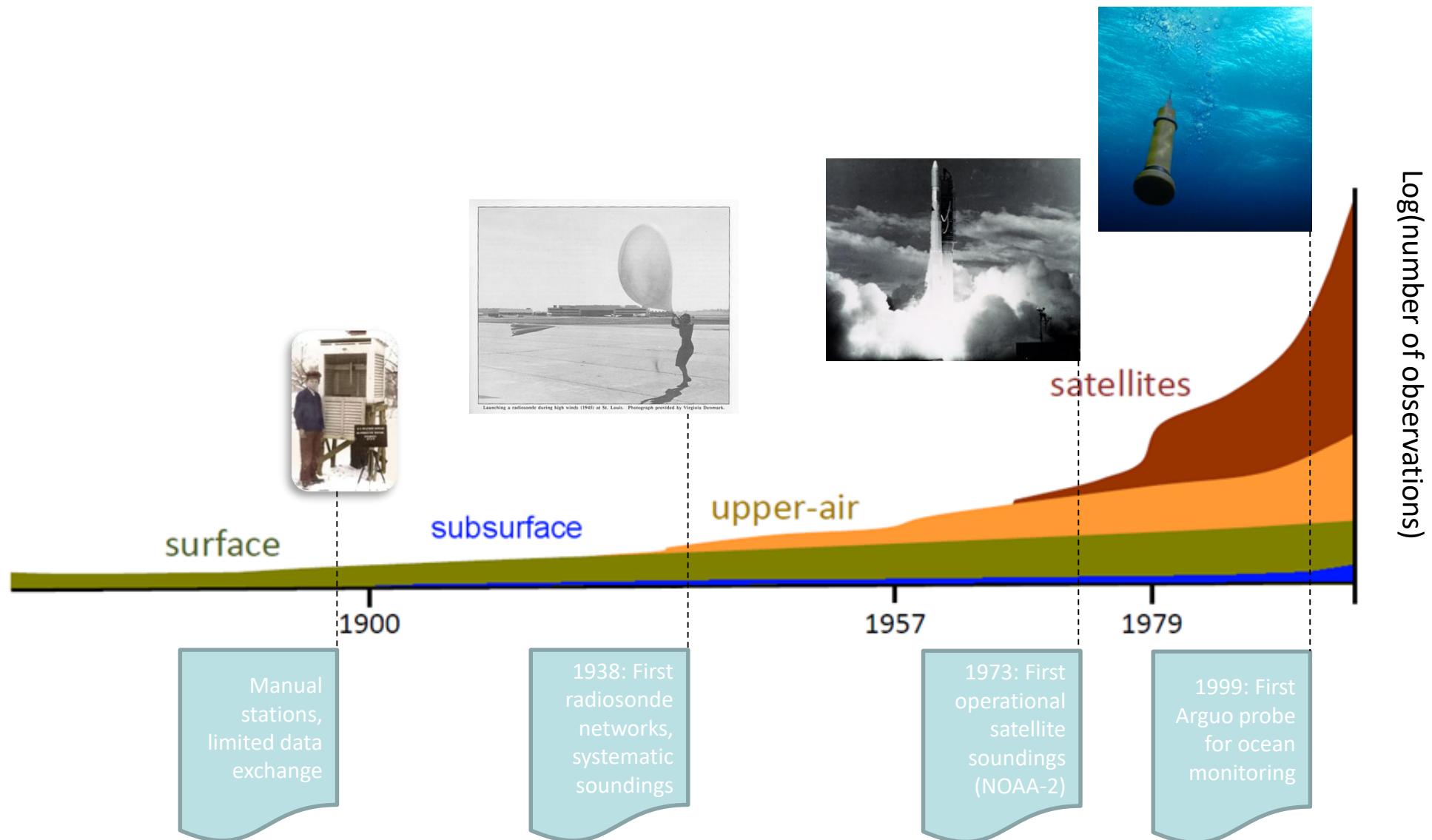


Radar

- **RA**dio **DA**nd **R**anging
- Negli anni '30, utilizzato per monitorare il traffico marittimo
- Nella seconda guerra mondiale, utilizzato per rilevare gli aeromobili
- Dopo la seconda guerra mondiale, utilizzato per il tempo
- Le precipitazioni (pioggia, neve, grandine) causano interferenze: scegliendo la lunghezza d'onda, il radar può rilevare pioggia, neve, grandine
- Risoluzione spaziale tipica: $\sim 1 \text{ km}^2$
- Autonomia tipica $\sim 125\text{-}250 \text{ km}$
- Il bersaglio disperde la radiazione indietro (alcuni direttamente all'antenna) → retrodiffusione di onde elettromagnetiche



Dagli anni '80 il numero di osservazioni è aumentato drasticamente

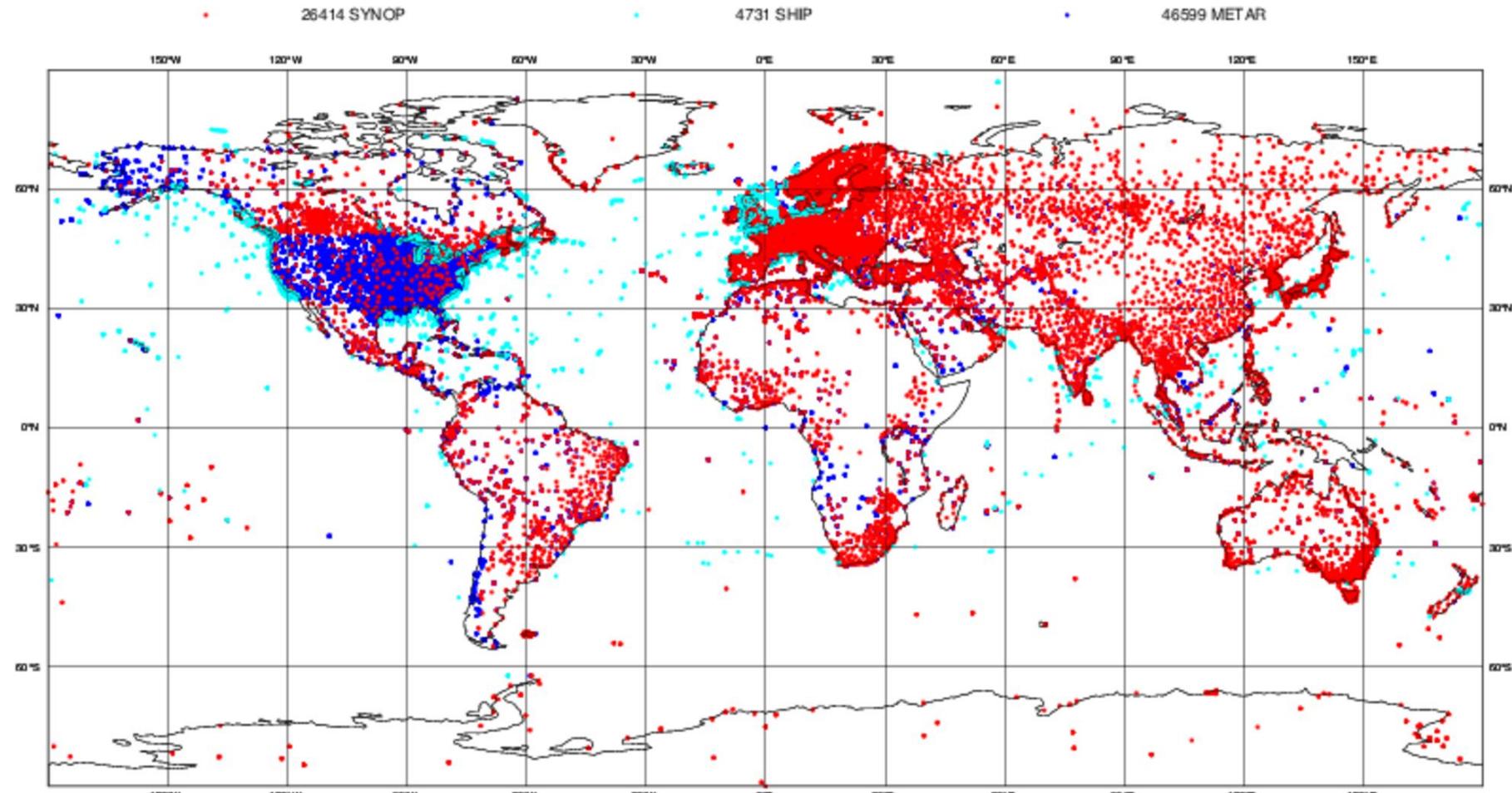


Dati da stazioni a terra e boe

ECMWF Data Coverage (All obs DA) - Synop-Ship-Metar

26/Sep/2016; 12 UTC

Total number of obs = 77744

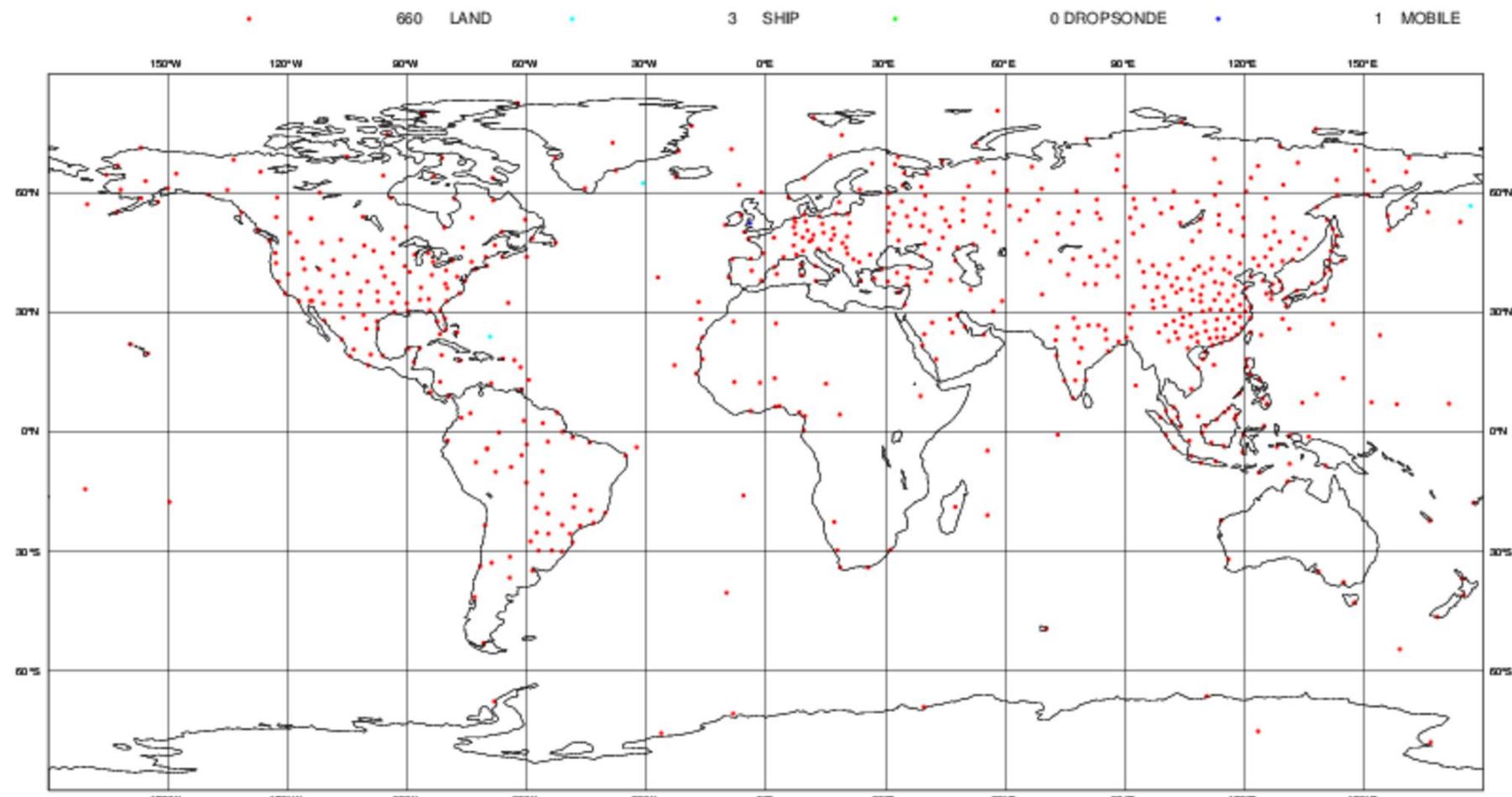


Dati da profili verticali

ECMWF Data Coverage (All obs DA) - Temp

26/Sep/2016; 12 UTC

Total number of obs = 664

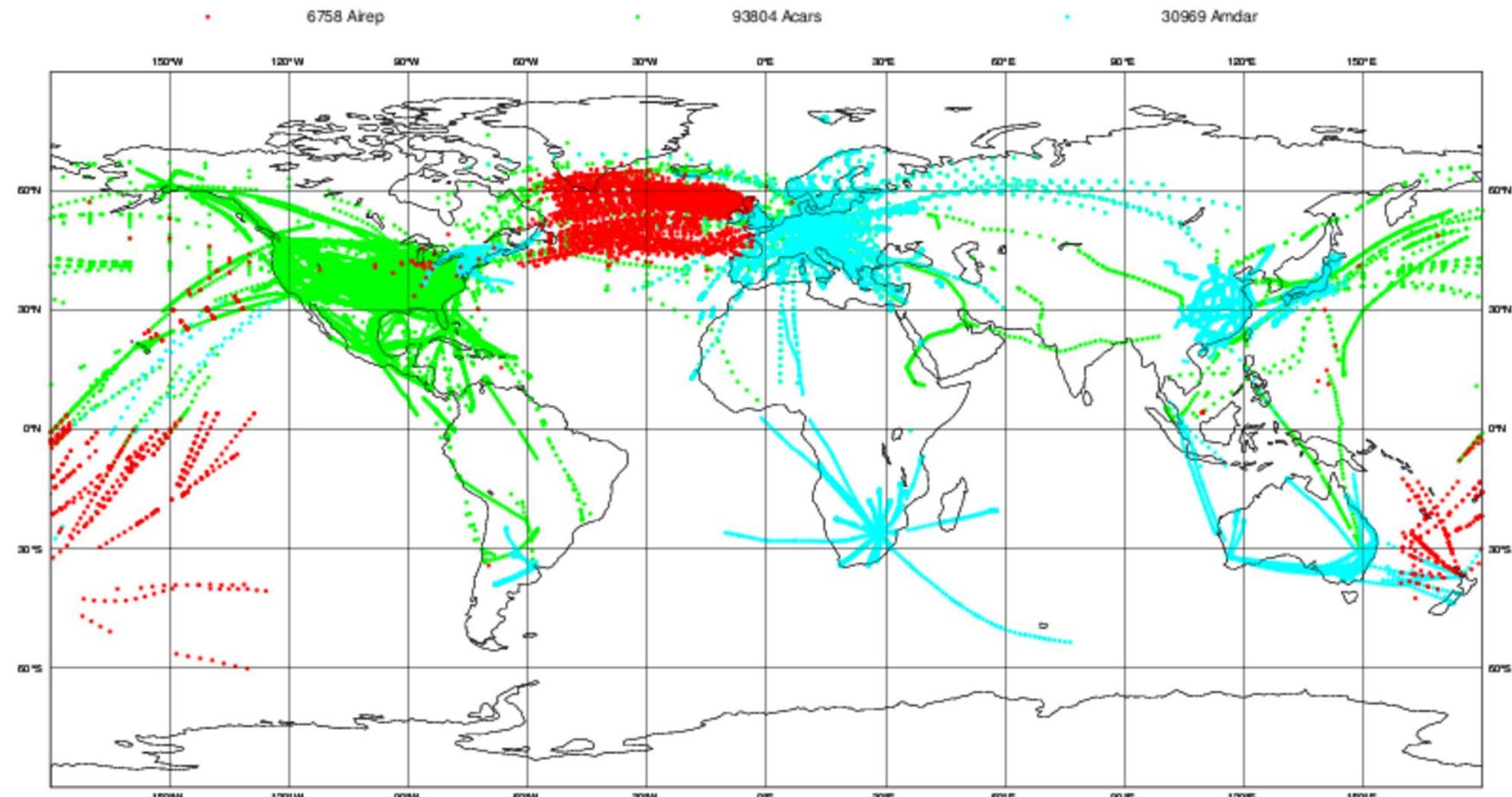


Dati da aeromobili

ECMWF Data Coverage (All obs DA) - Aircraft

26/Sep/2016; 12 UTC

Total number of obs = 131531



Magics 2.29.0 (64 bit)

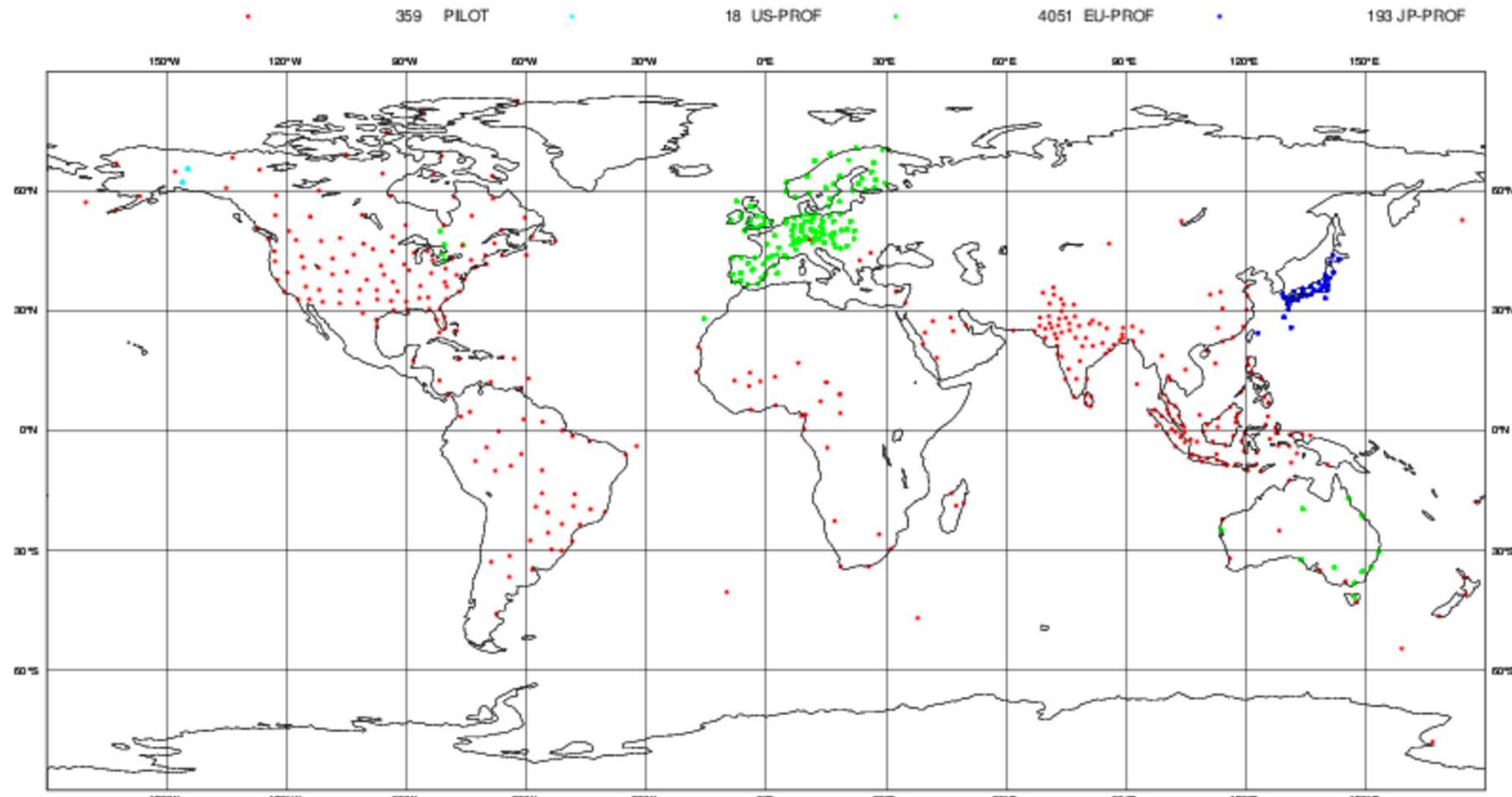
ECMWF

Dati da palloni pilot

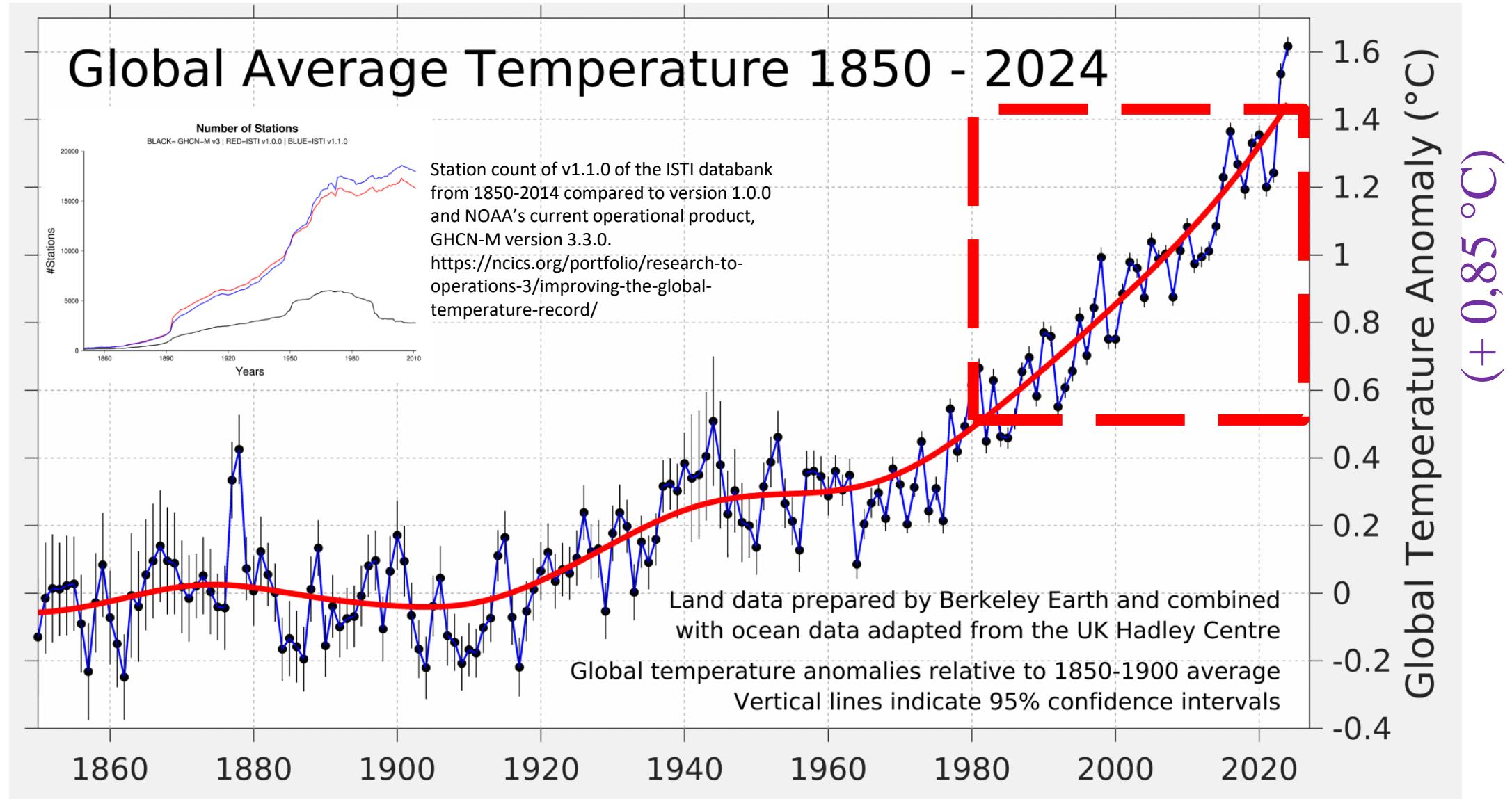
ECMWF Data Coverage (All obs DA) - Pilot-Profiler

26/Sep/2016; 12 UTC

Total number of obs = 4621

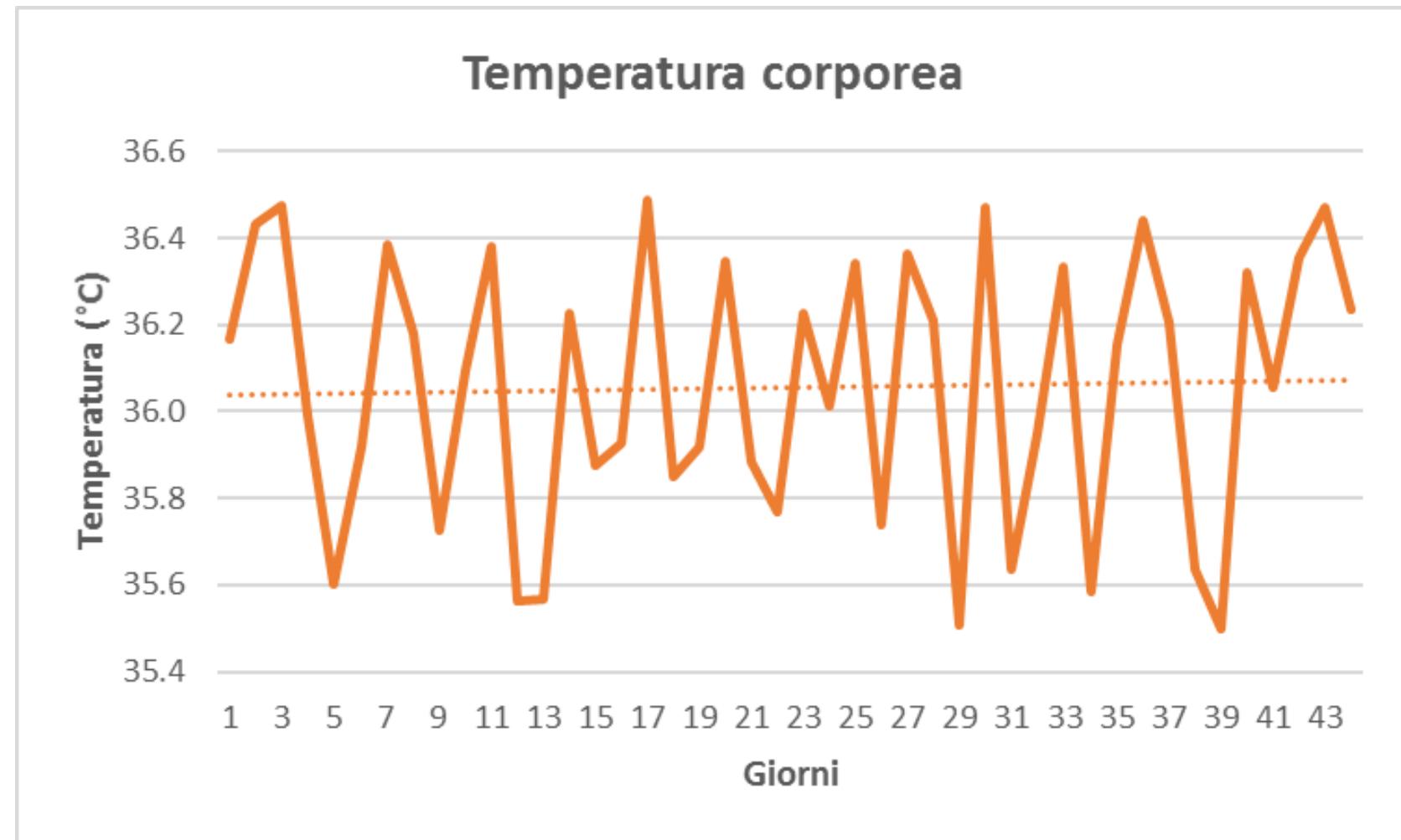


Aumento delle temperature globali, dal 1850 a oggi

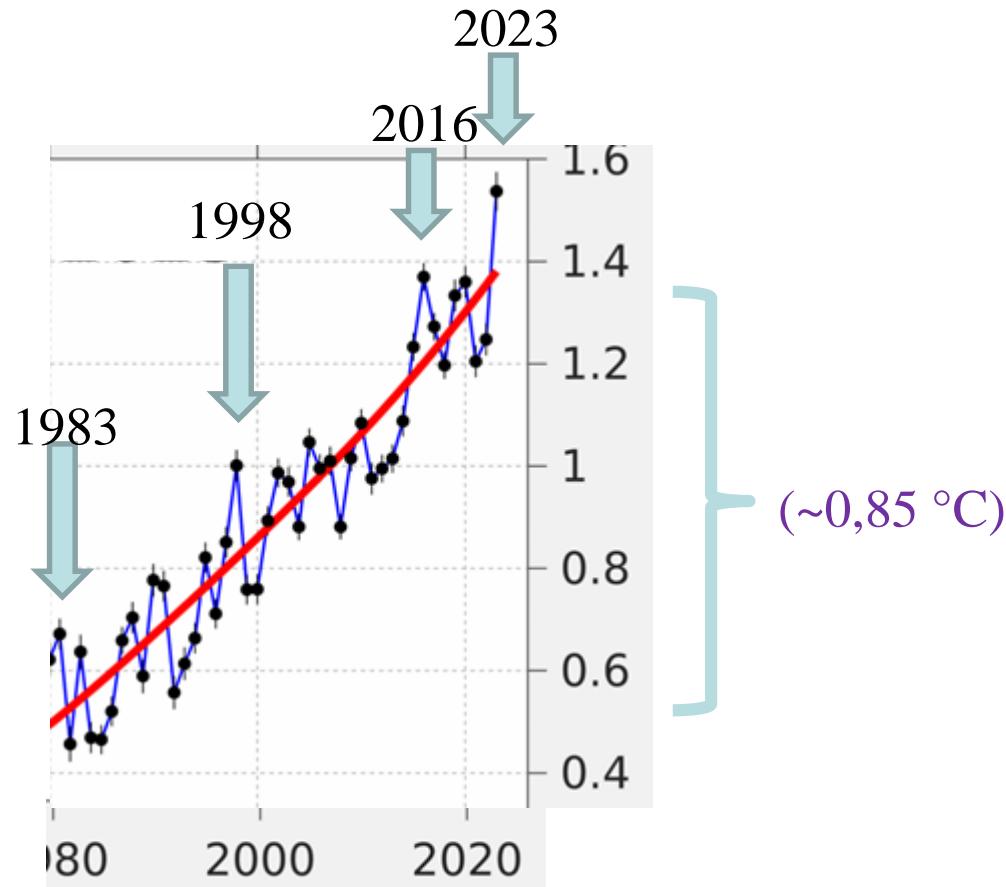


Variabilità «interna» del sistema

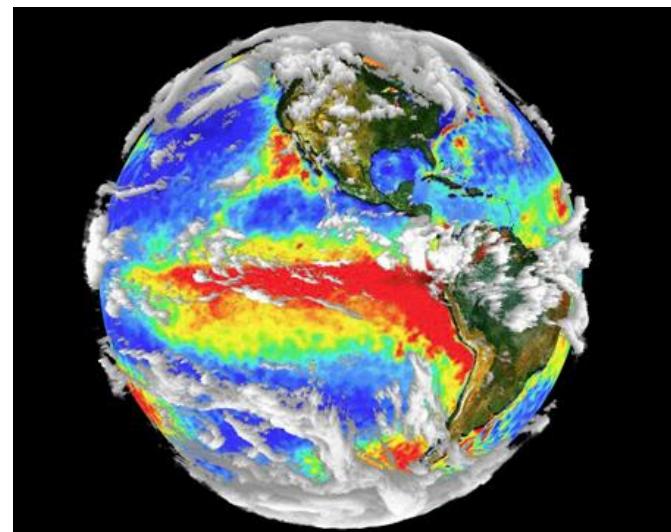
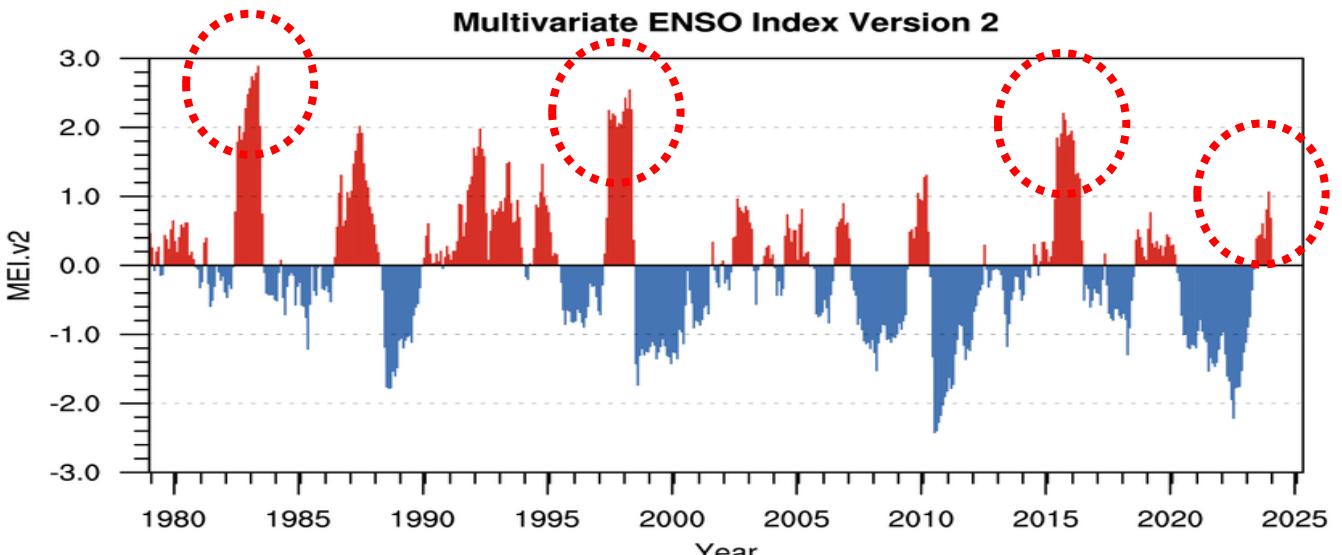
- Molte oscillazioni da un giorno all'altro
- Conviene adottare un approccio statistico
- Media 36.1 °C
- Mediana 36.1 °C
- Dev. Stand. 0.3 °C
- Min 35.5 °C
- Max 36.5 °C
- Trend: 0.00 °C/giorno



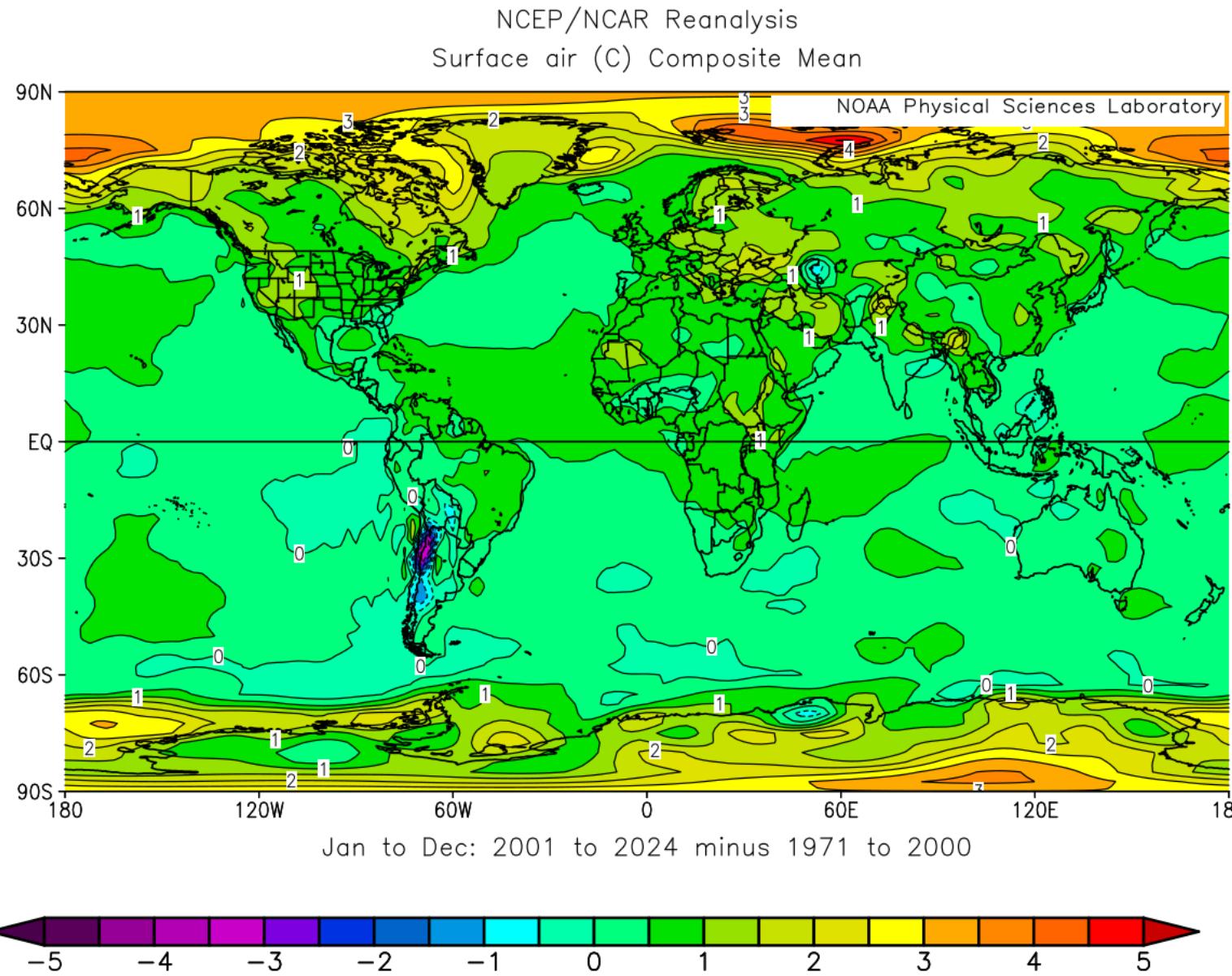
La correlazione tra gli anni più caldi e El Niño (ENSO)



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

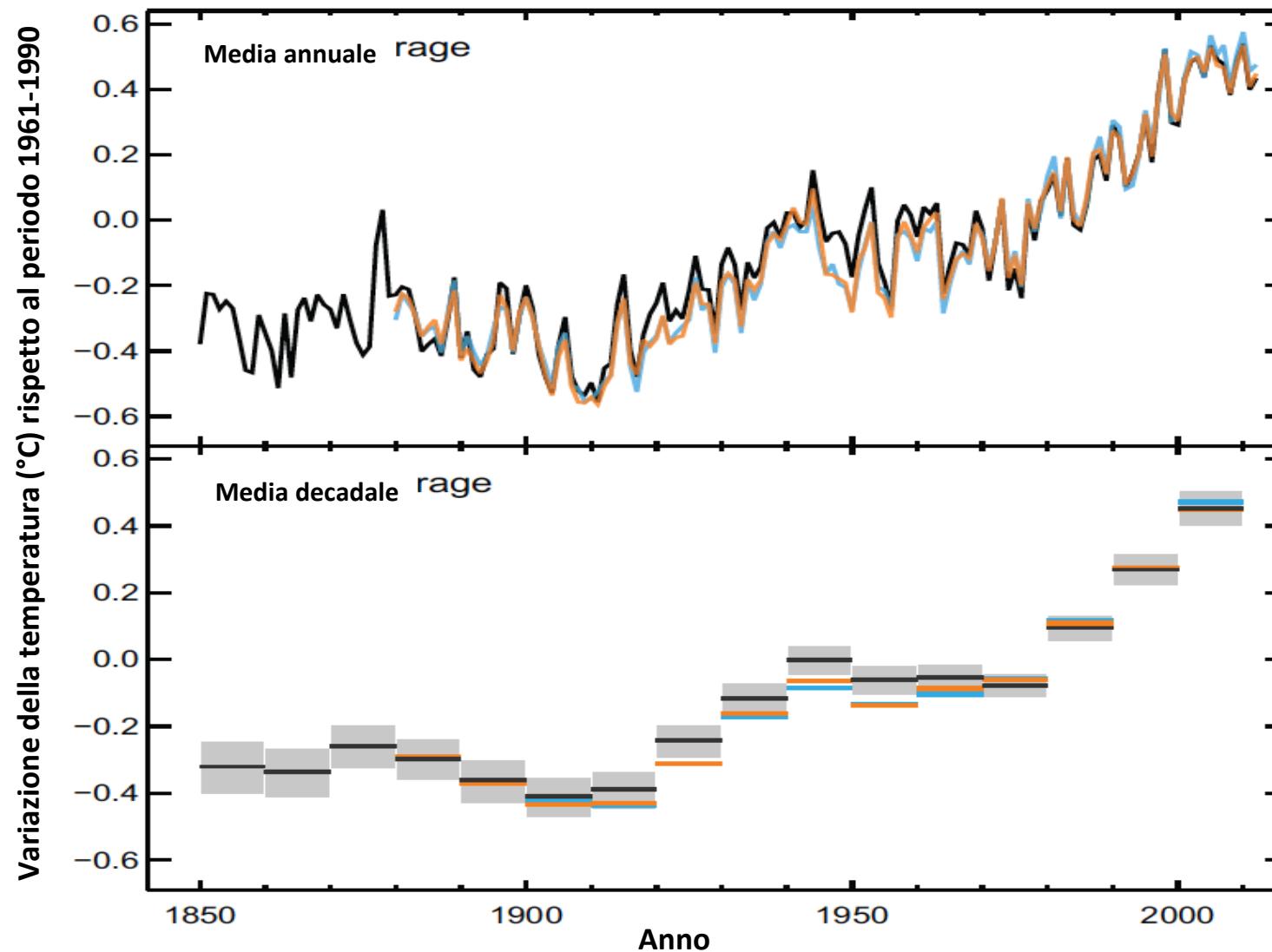


Distribuzione spaziale del riscaldamento



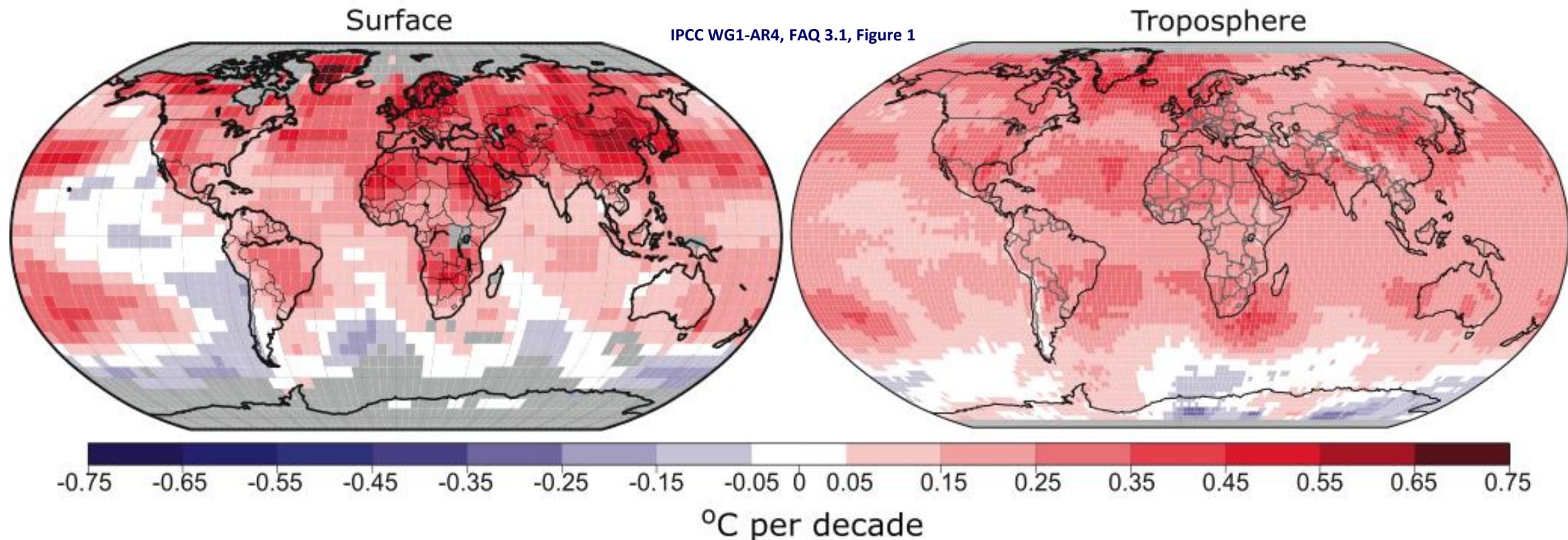
Le diverse regioni della terra non si sono scaldate tutte allo stesso modo

La temperatura sta aumentando decade dopo decade



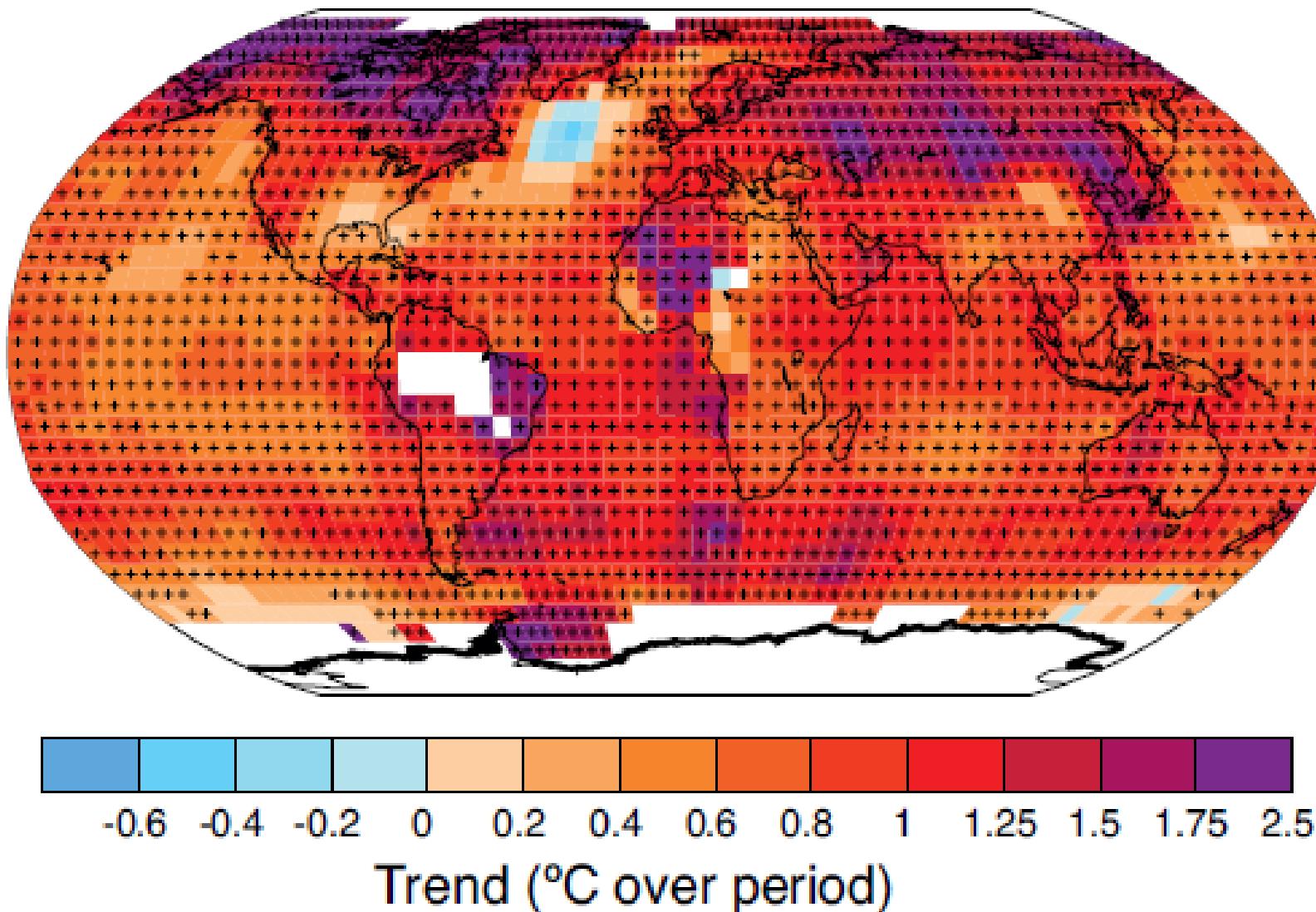
Dal 1880 al 2012,
la crescita della
temperatura
media della Terra
è stata di 0,85 °C

Riscaldamento in superficie e in troposfera (1975-2000)



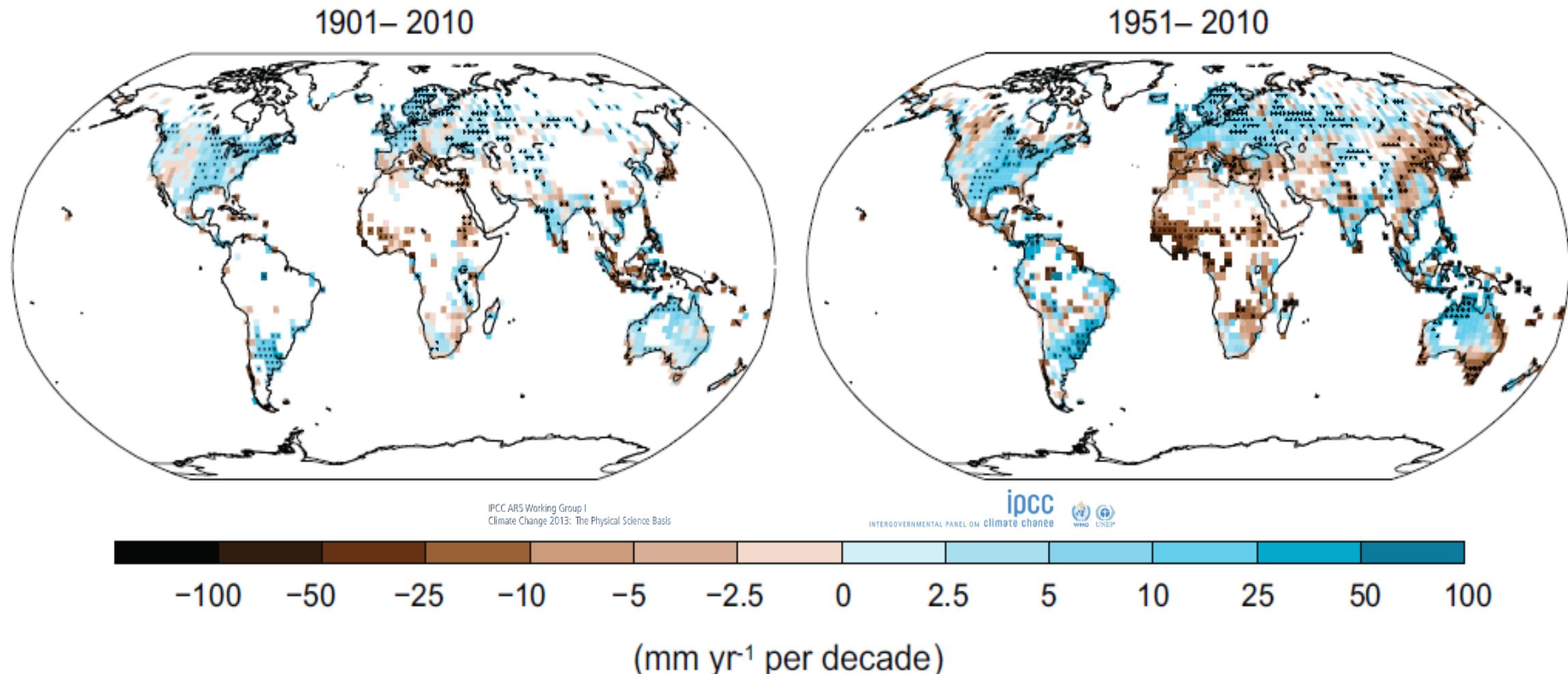
Trend termici positivi e significativi quasi ovunque

GISS 1901-2012

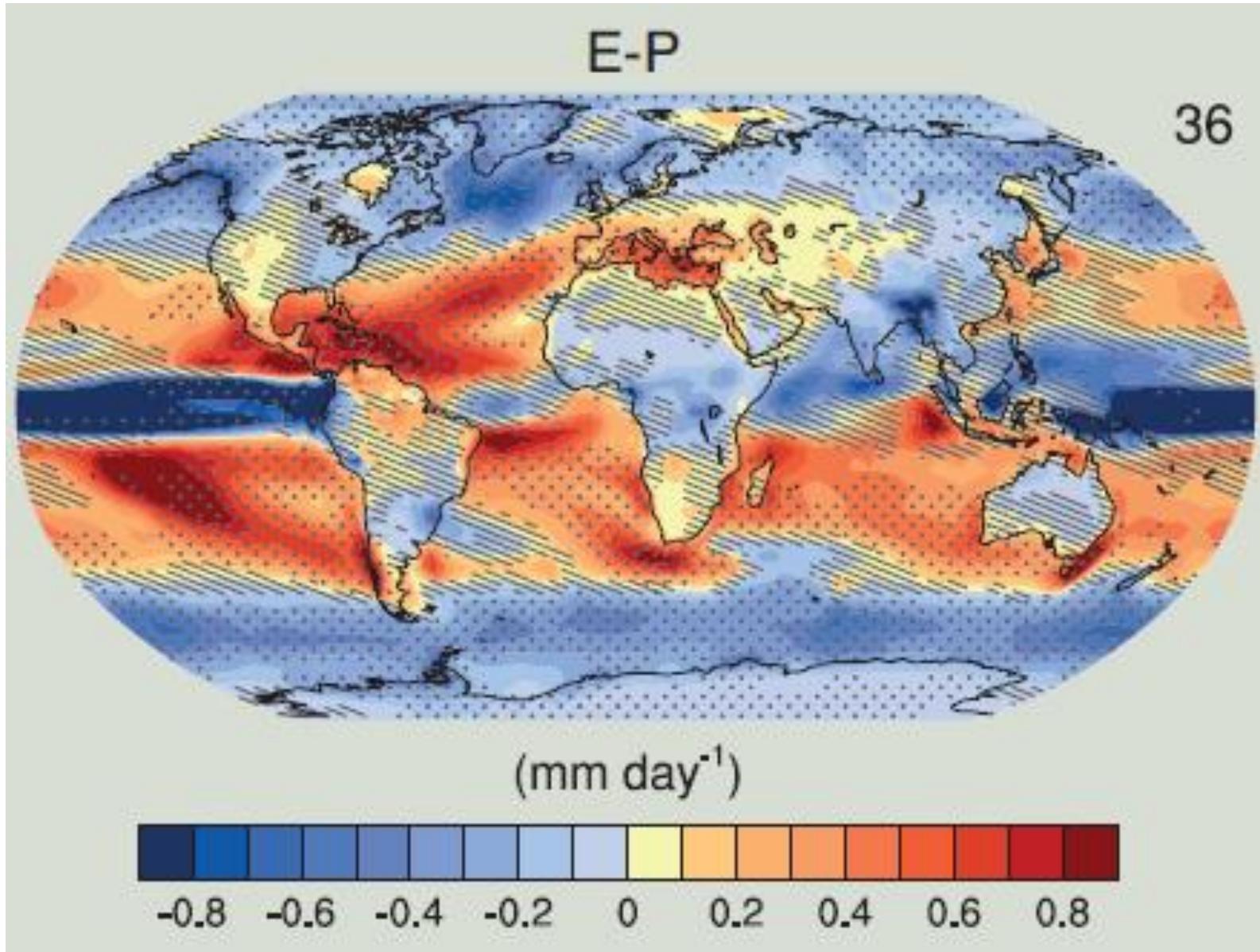


Precipitazioni: un segnale più «complicato»

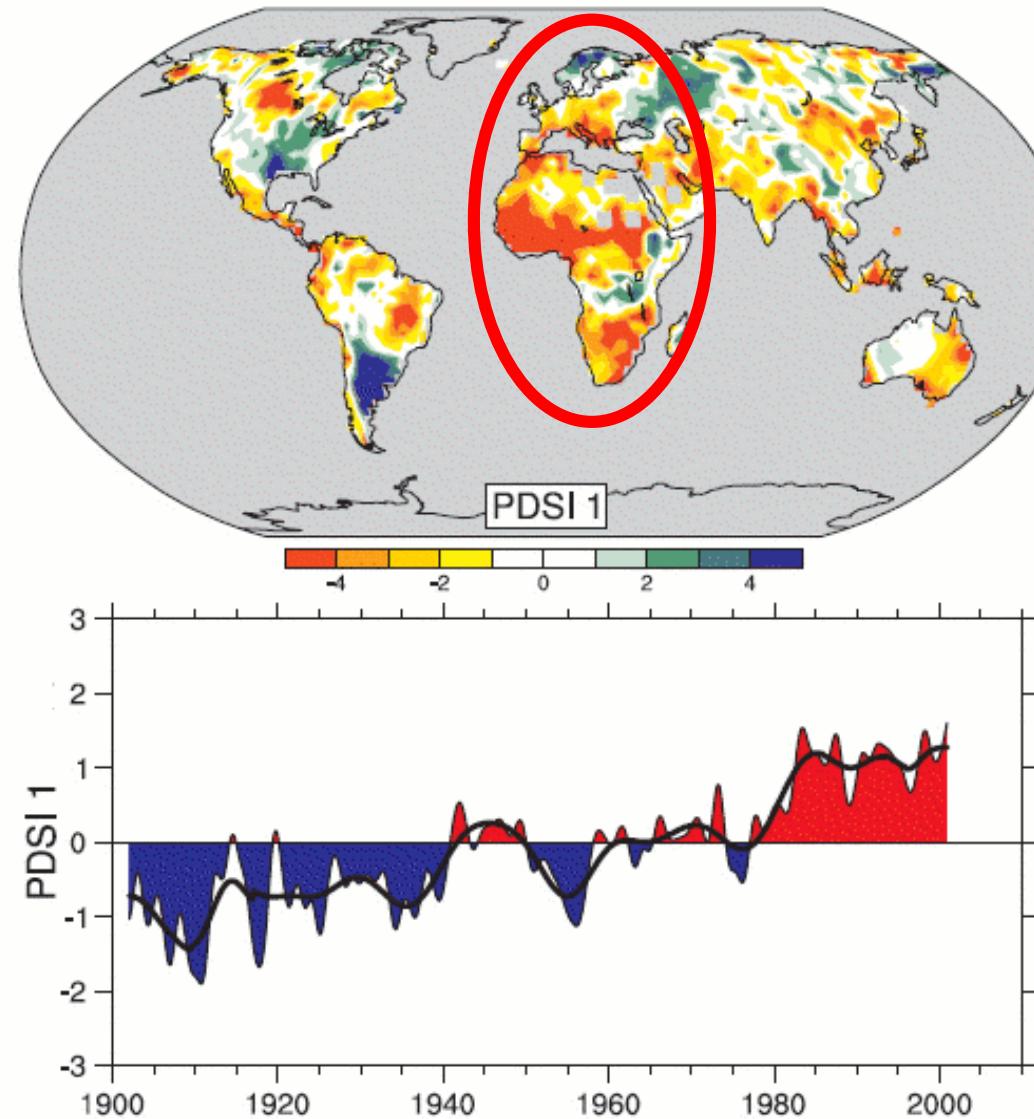
Observed change in annual precipitation over land



E-P: evaporazione meno precipitazione

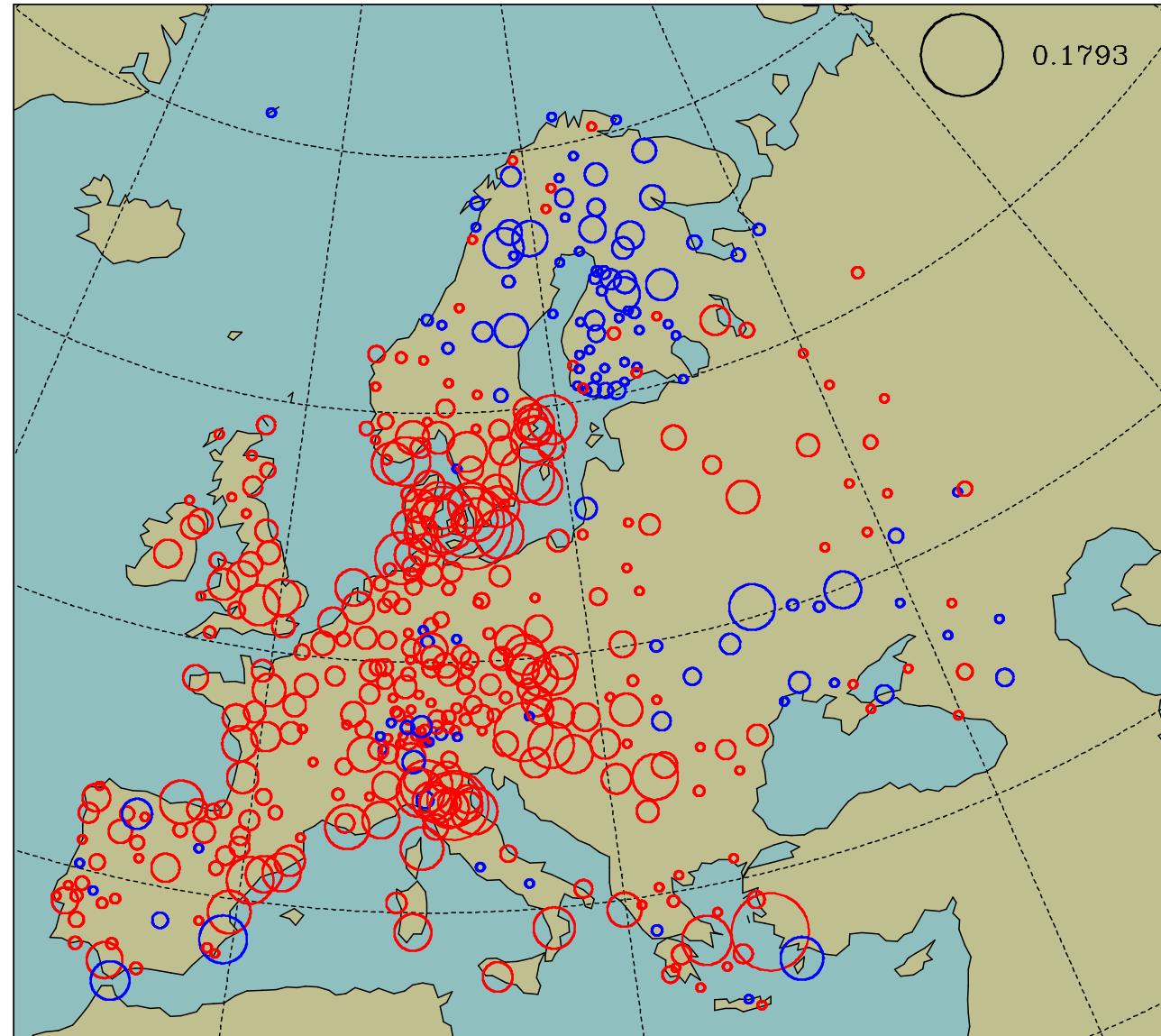


Variazione di frequenza degli eventi siccitosi

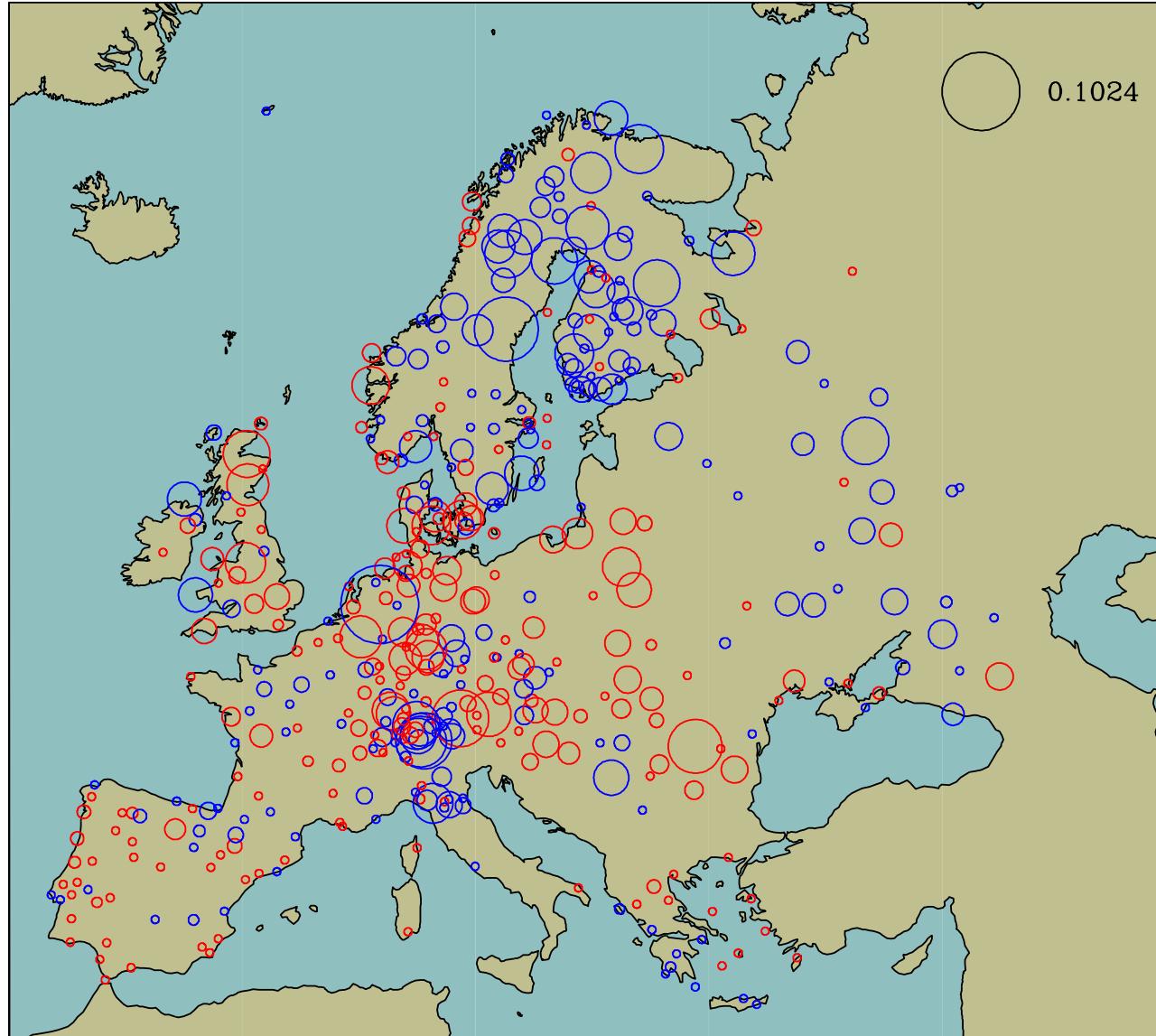


Aumento dell'intensità e
della durata degli eventi
secchi sulla base dell'indice
PDSI

Durata delle ondate di calore estive (1958-2000)

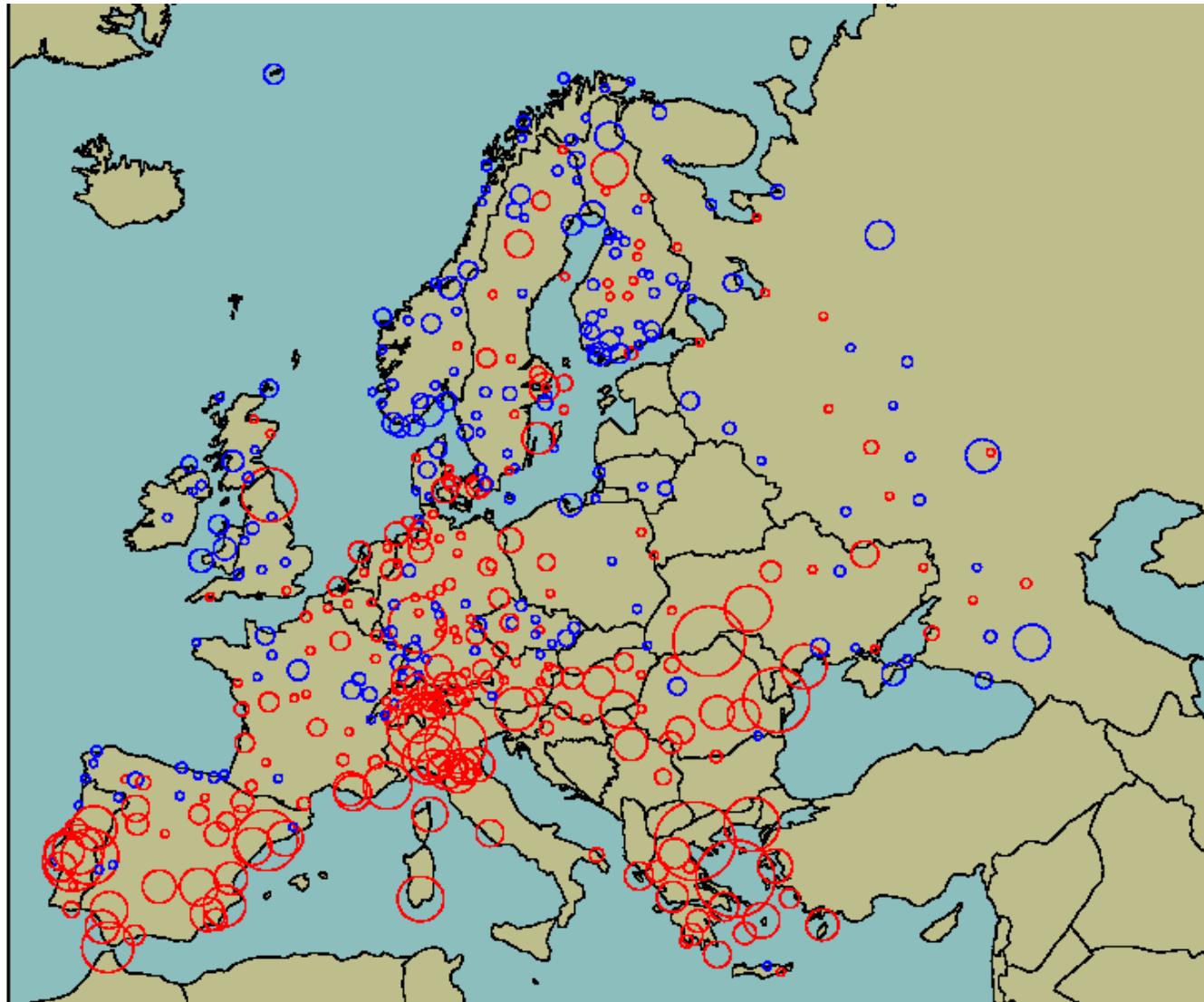


Giorni con precipitazioni intense (1958-2000)



Giorni/anno – blu = aumento *Malcolm Haylock, UEA/STARDEX*

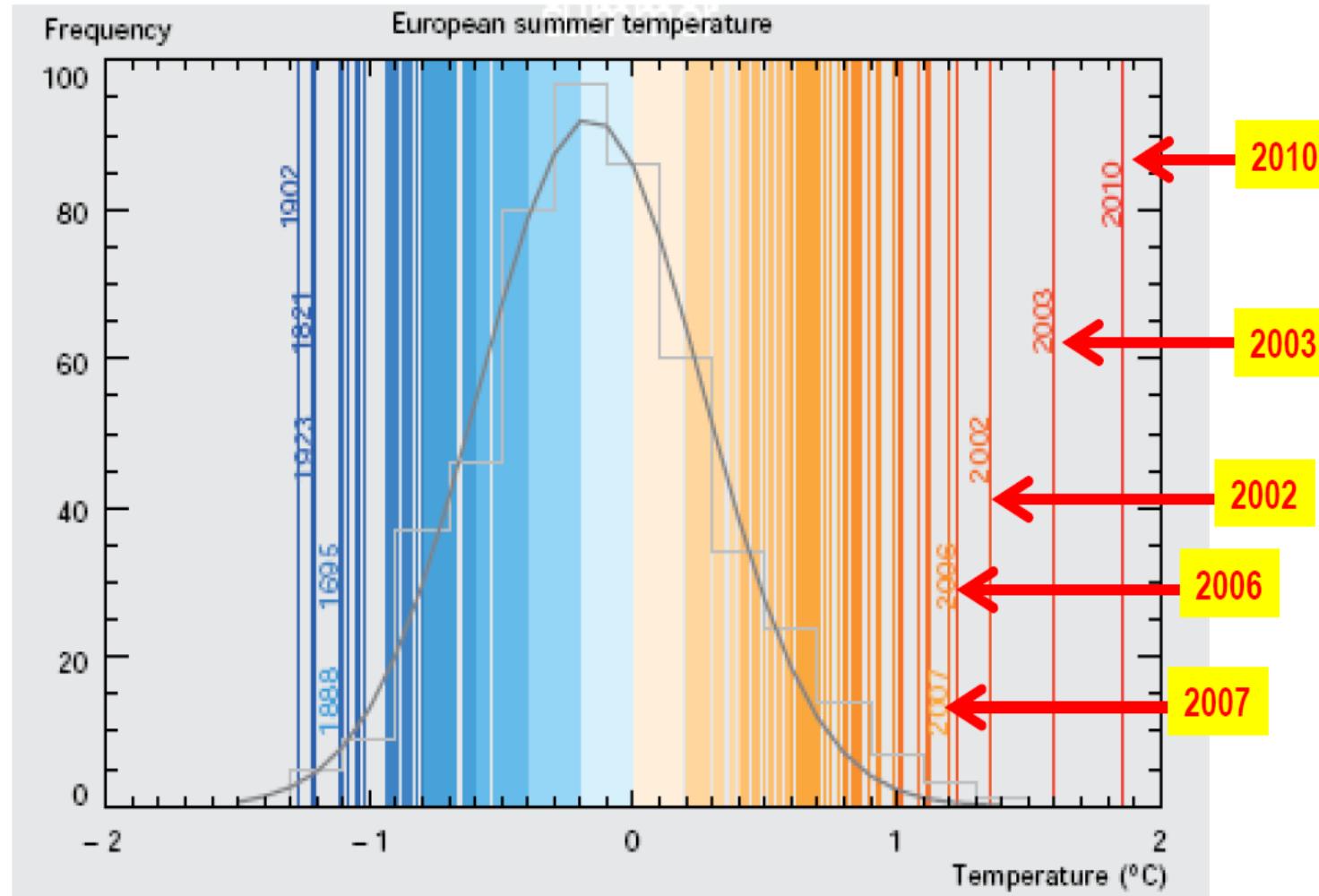
Giorni estivi consecutivi senza precipitazioni (1958-2000)



Giorni/anno – blu = diminuzione *Malcolm Haylock, UEA/STARDEX*

Aumento delle ondate di calore

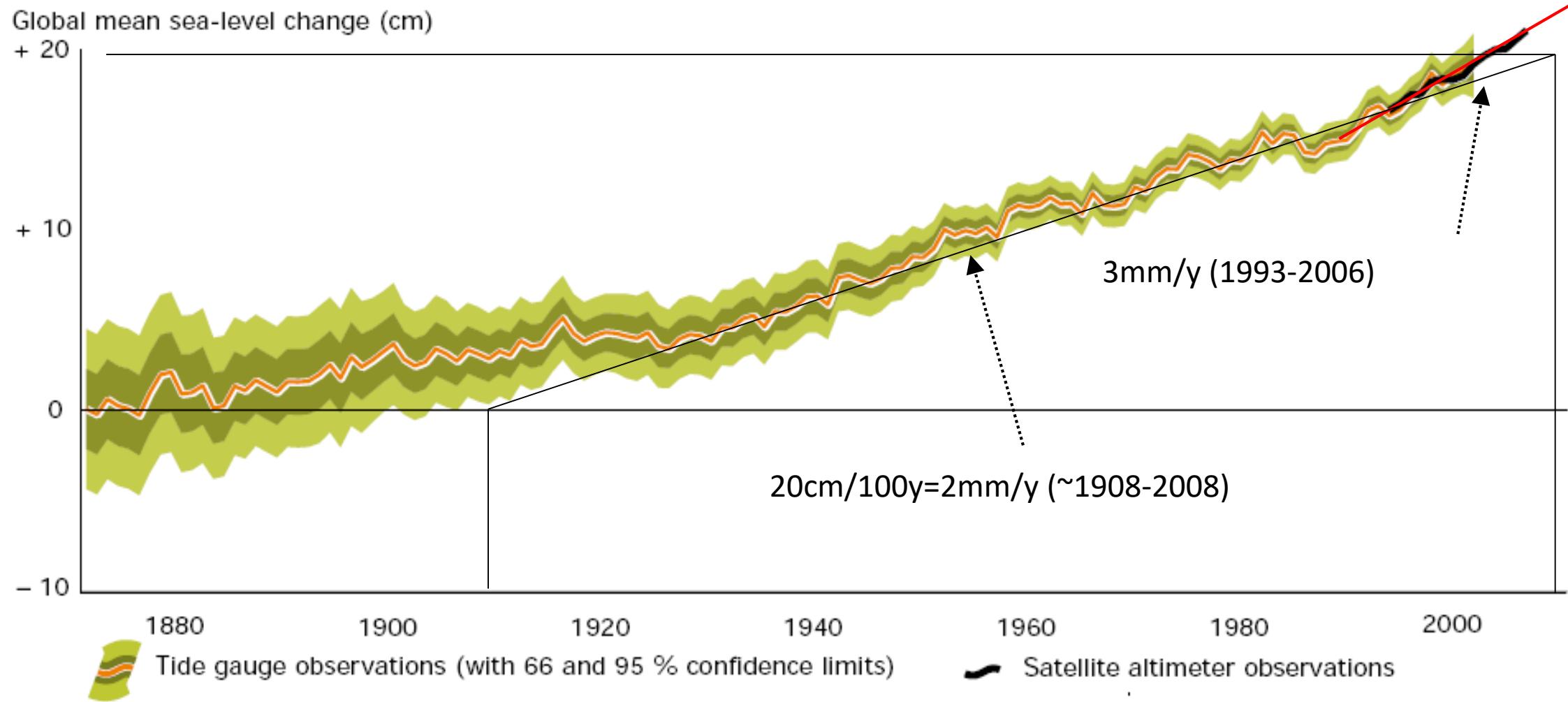
**Anomalie termiche estive nel periodo 1900-2010
rispetto al trentennio 1970-1999**



Fonte: Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012 (EEA Report No 12/2012)

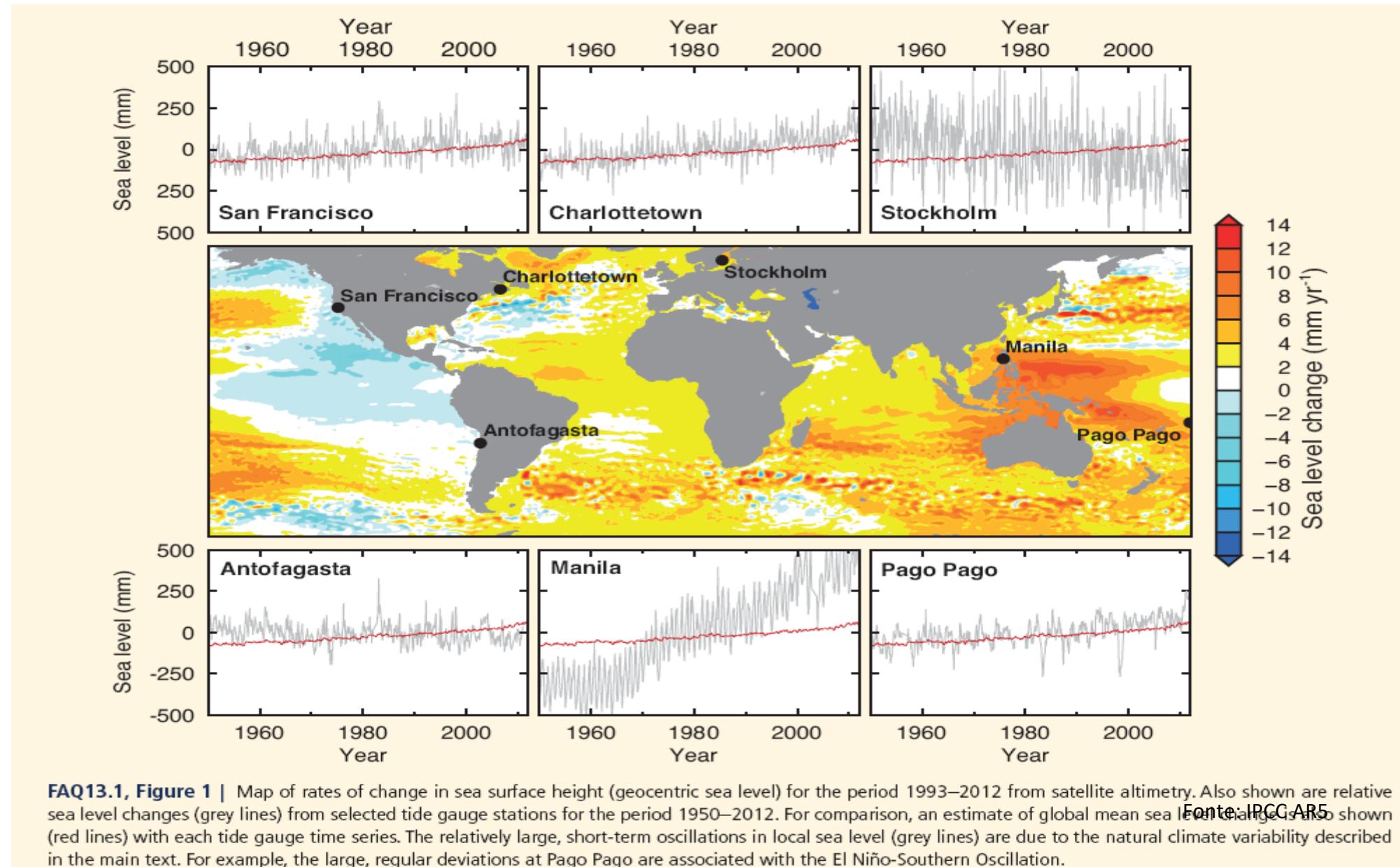
9

Variazione livello del mare (1870-2006)

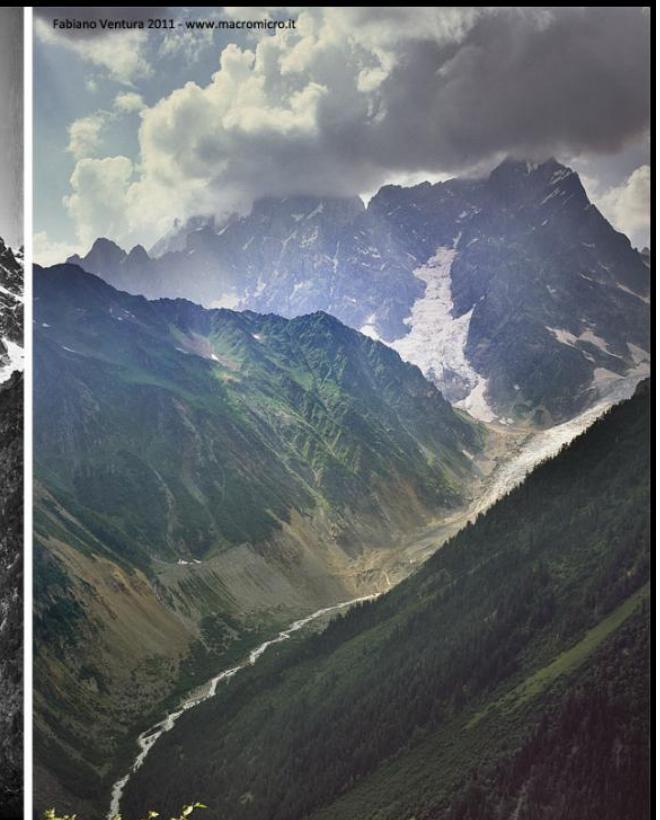


Source: Church and White, 2006 (<http://maps.grida.no/go/graphic/trends-in-sea-level-1870-2006>).

Incremento del livello del mare

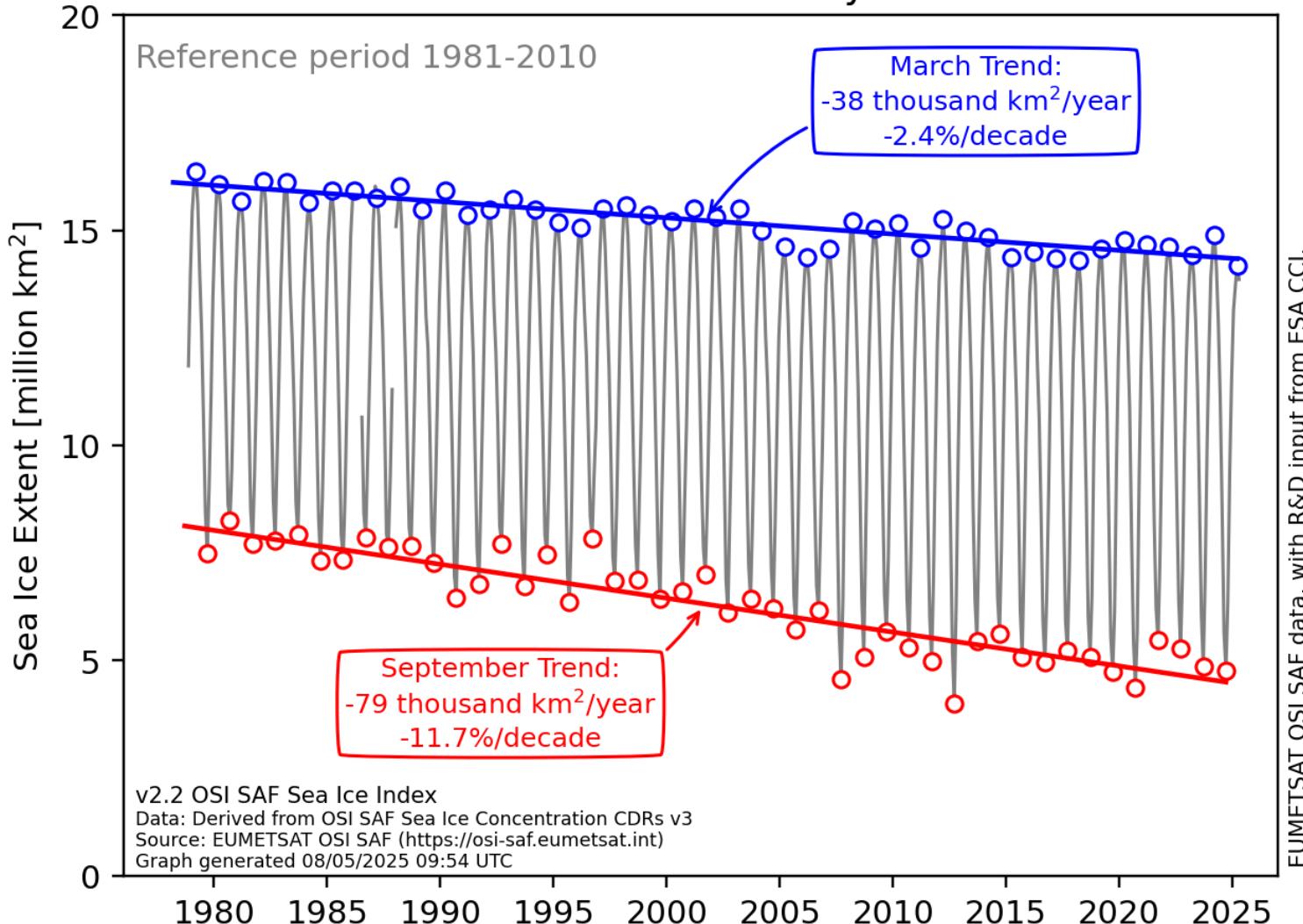


Regresso dei ghiacciai montani: il Caucaso



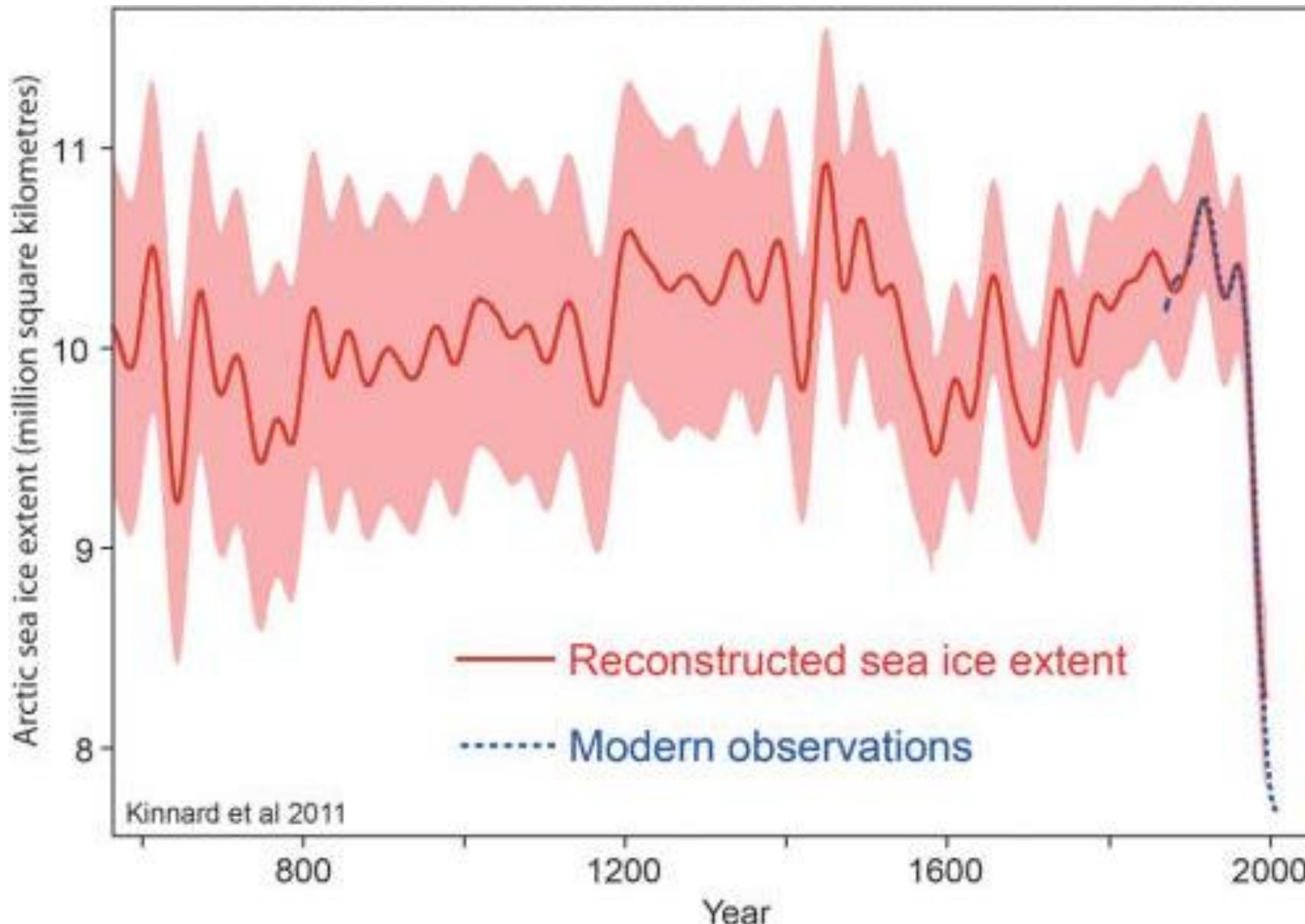
Anomalia ghiacci marini

Arctic Sea Ice Extent Monthly Time Series

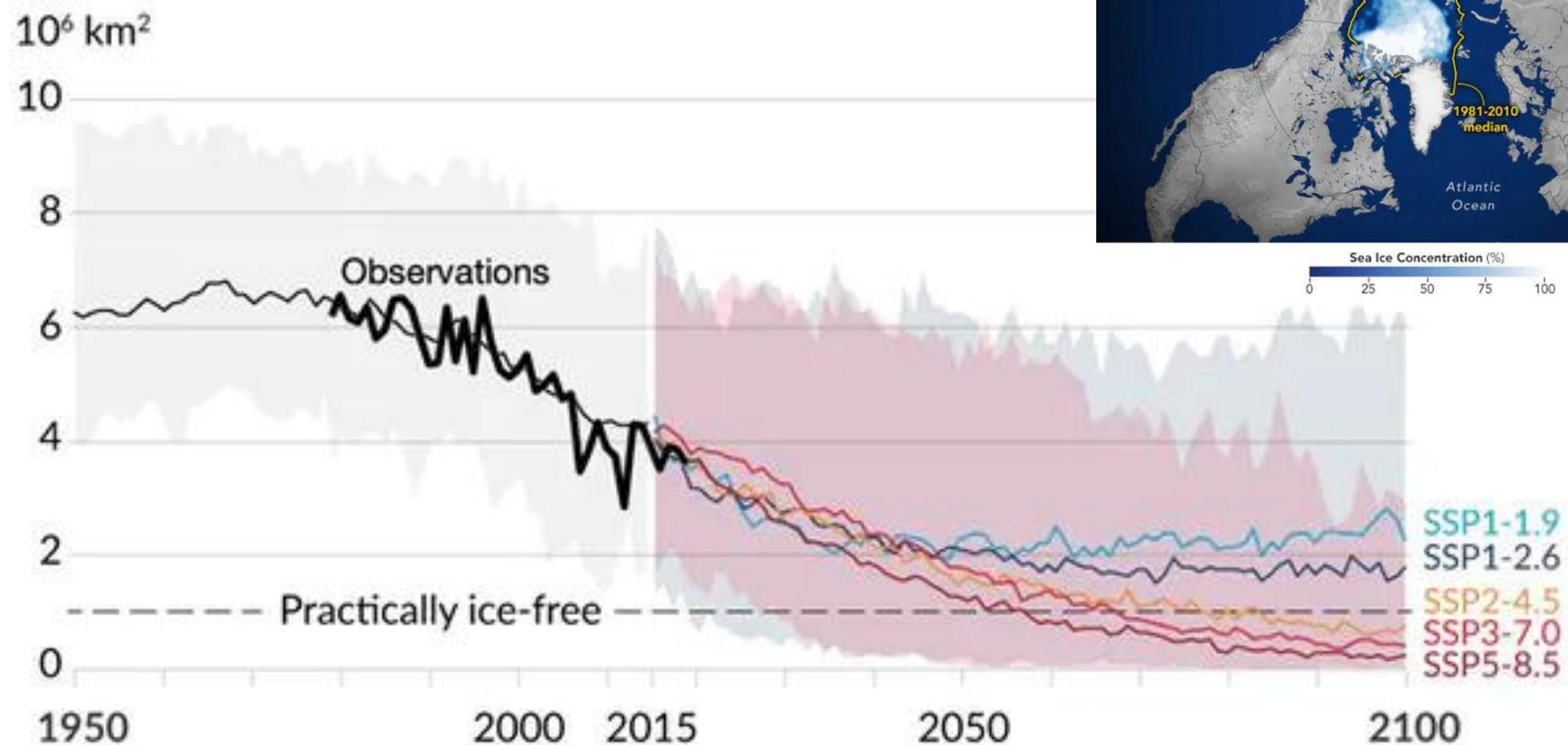


Fonte: <https://osisaf-hl.met.no/v2p2-sea-ice-index>

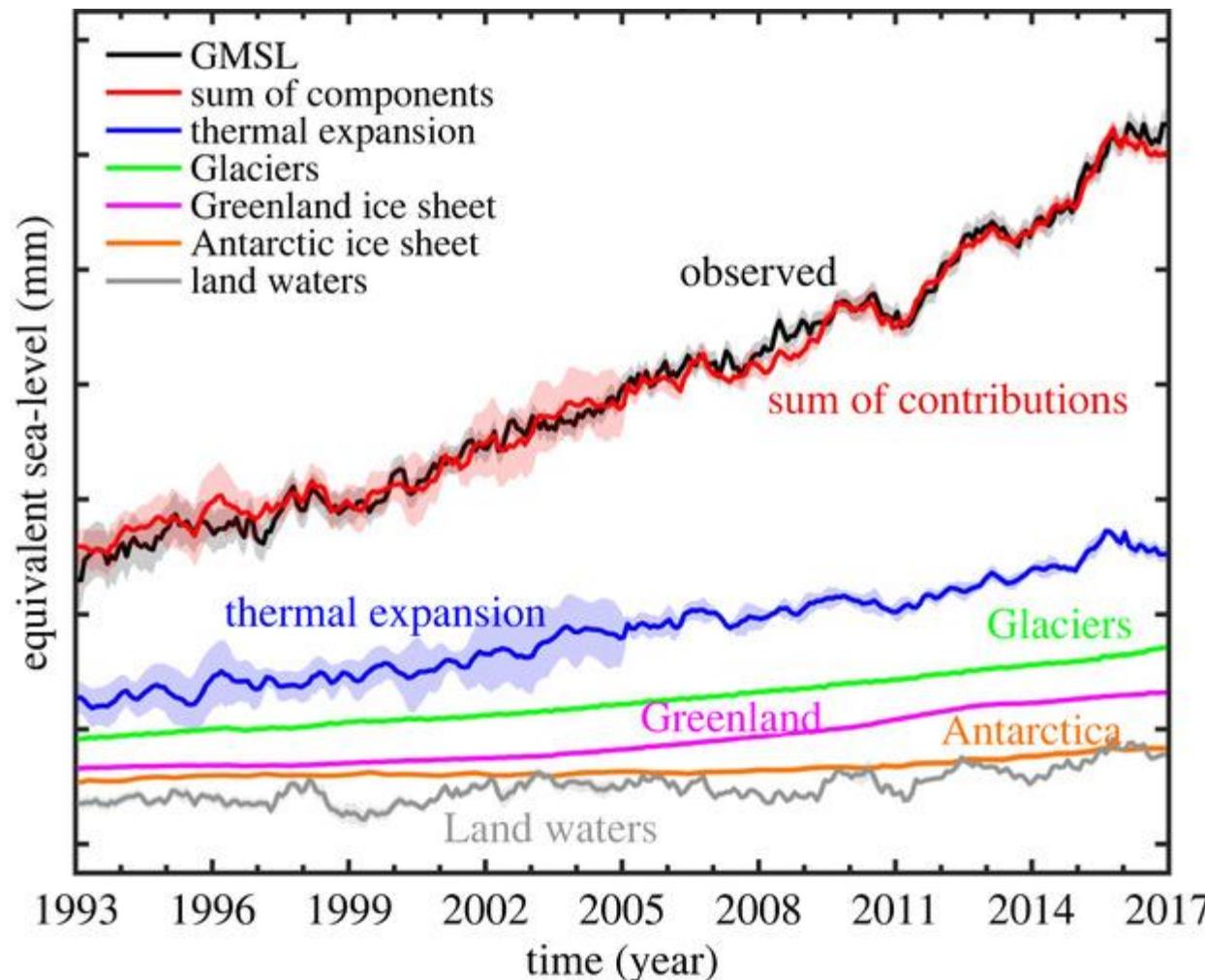
Il ghiaccio marino artico: ricostruzione dal medioevo



Ghaccio marino artico: modelli (IPCC) vs dati

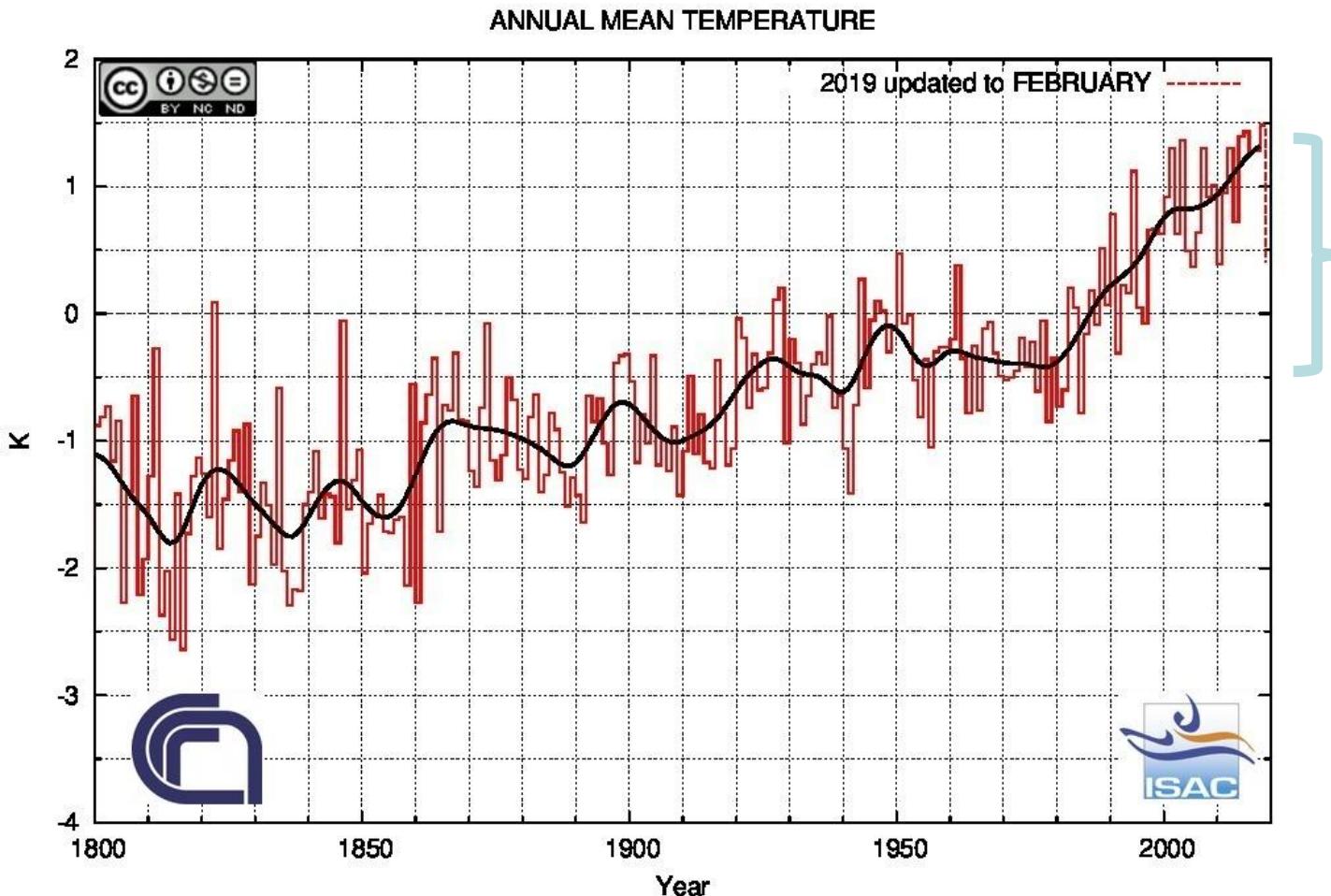


Variazione del livello del mare e della fusione dei ghiacci



Fonte: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rspa.2022.0049>

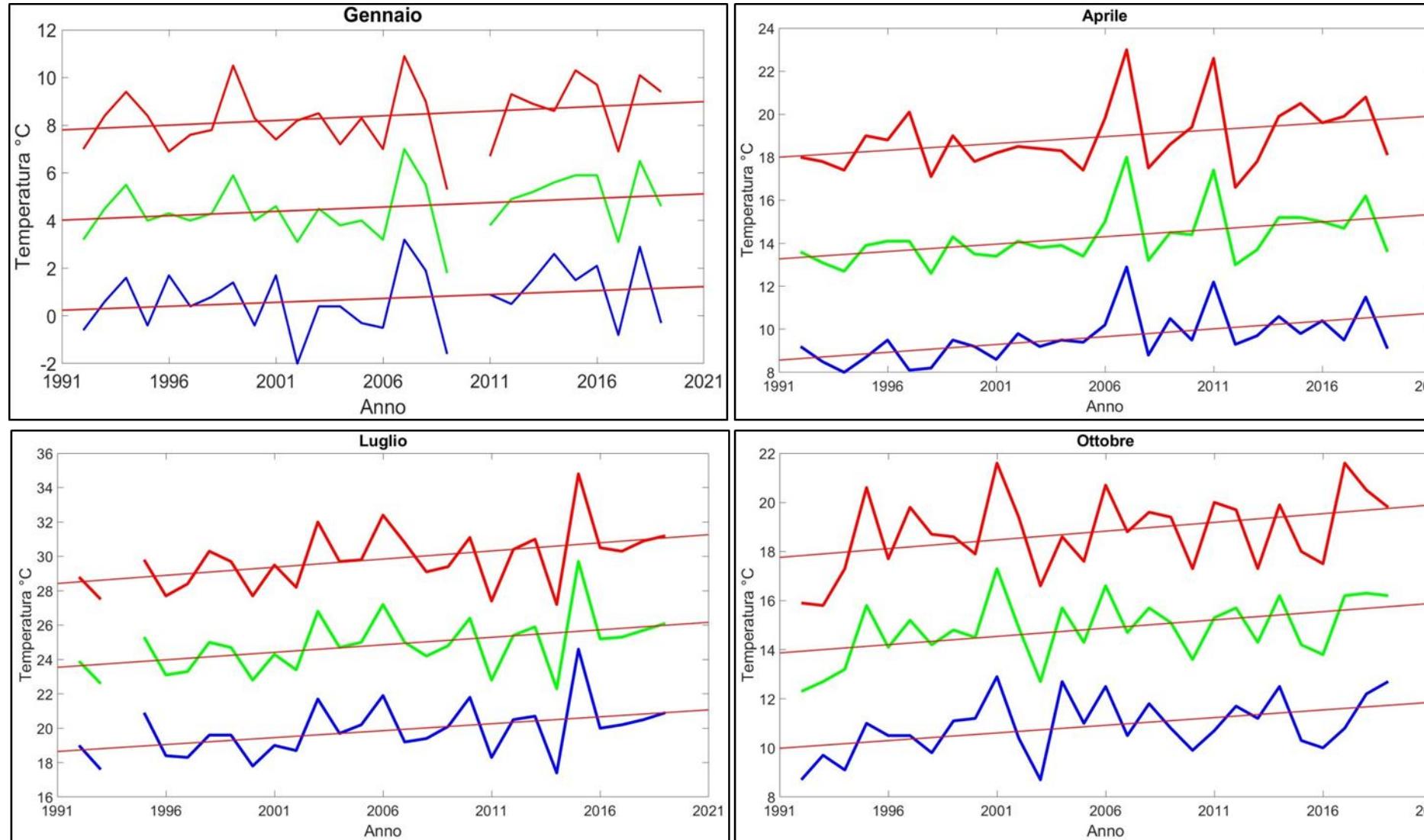
Le temperature in Italia



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

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

La situazione a Torino: temperatura



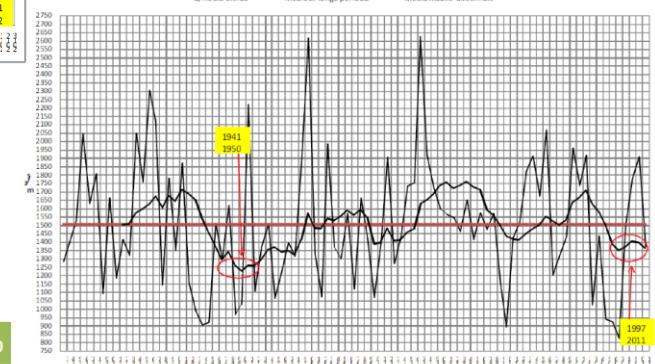
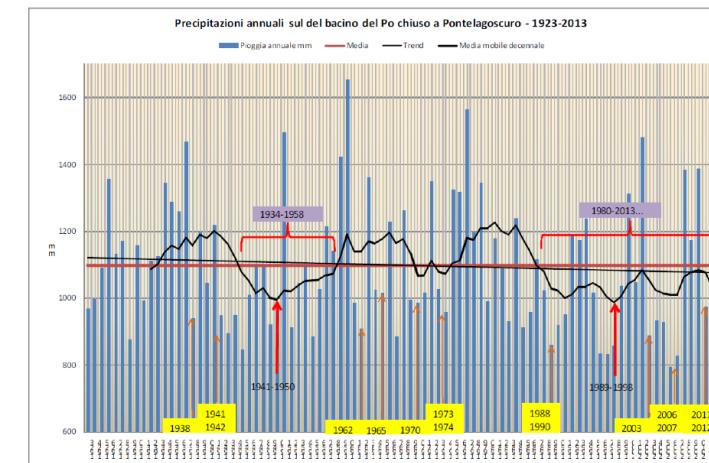
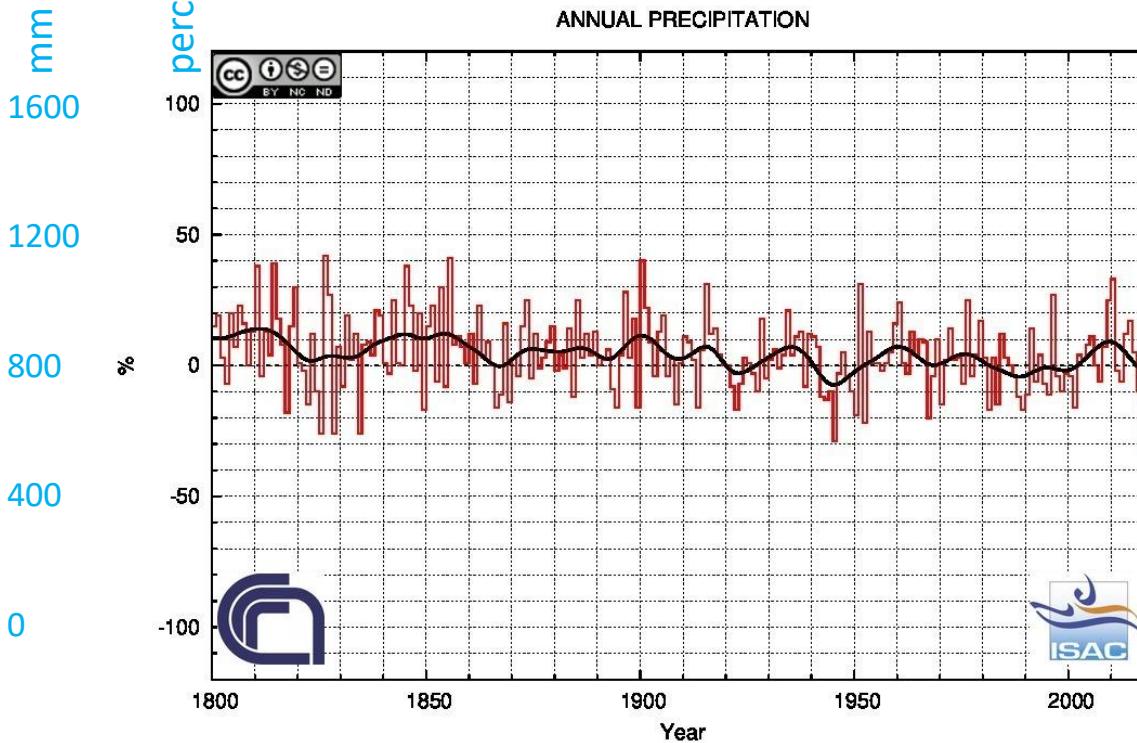
Mesi	ΔT 30 anni
Gennaio	1,11
Febbraio	-0,72
Marzo	0,03
Aprile	2,07
Maggio	-0,78
Giugno	2,28
Luglio	2,61
Agosto	0,93
Settembre	2,91
Ottobre	2,01
Novembre	1,62
Dicembre	0,81
Anno	1,32

Temperature medie (°C)

Dati acquisiti sul tetto dell'istituto di fisica - Torino

C. Cassardo - Il clima presente

Le precipitazioni in Italia



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

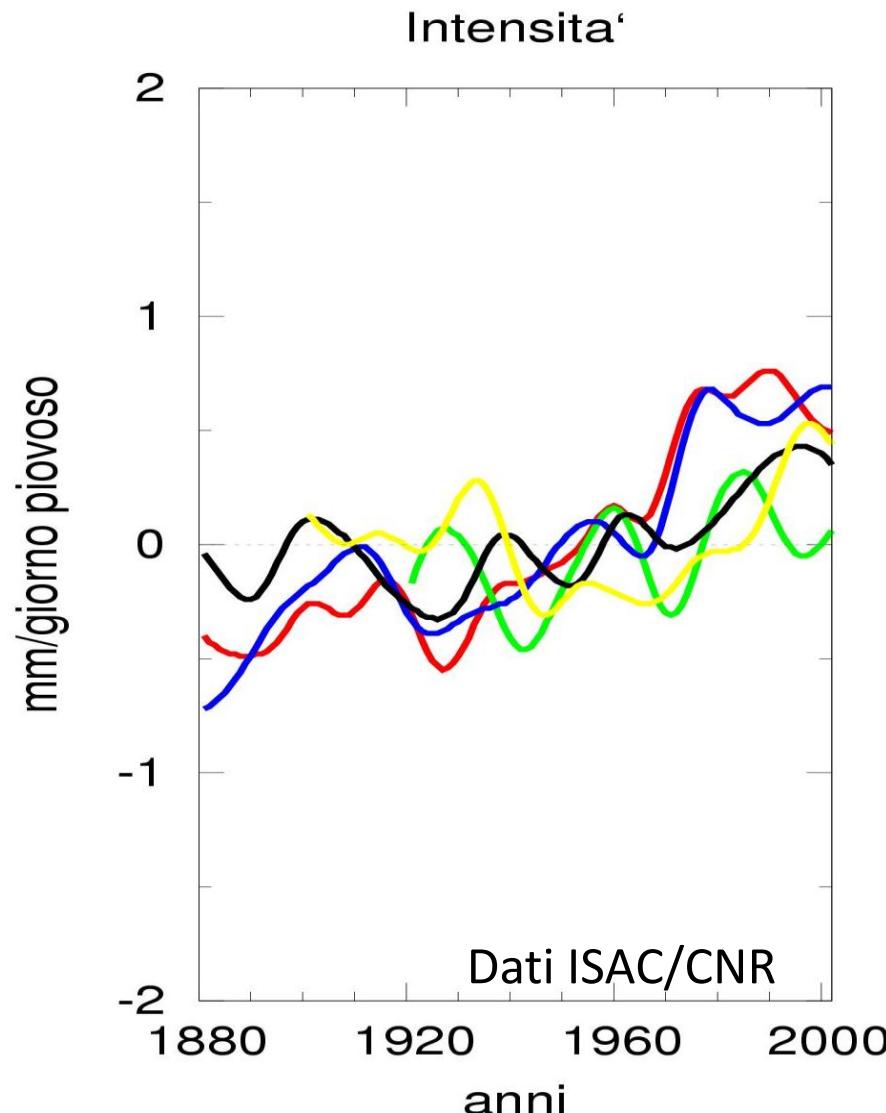
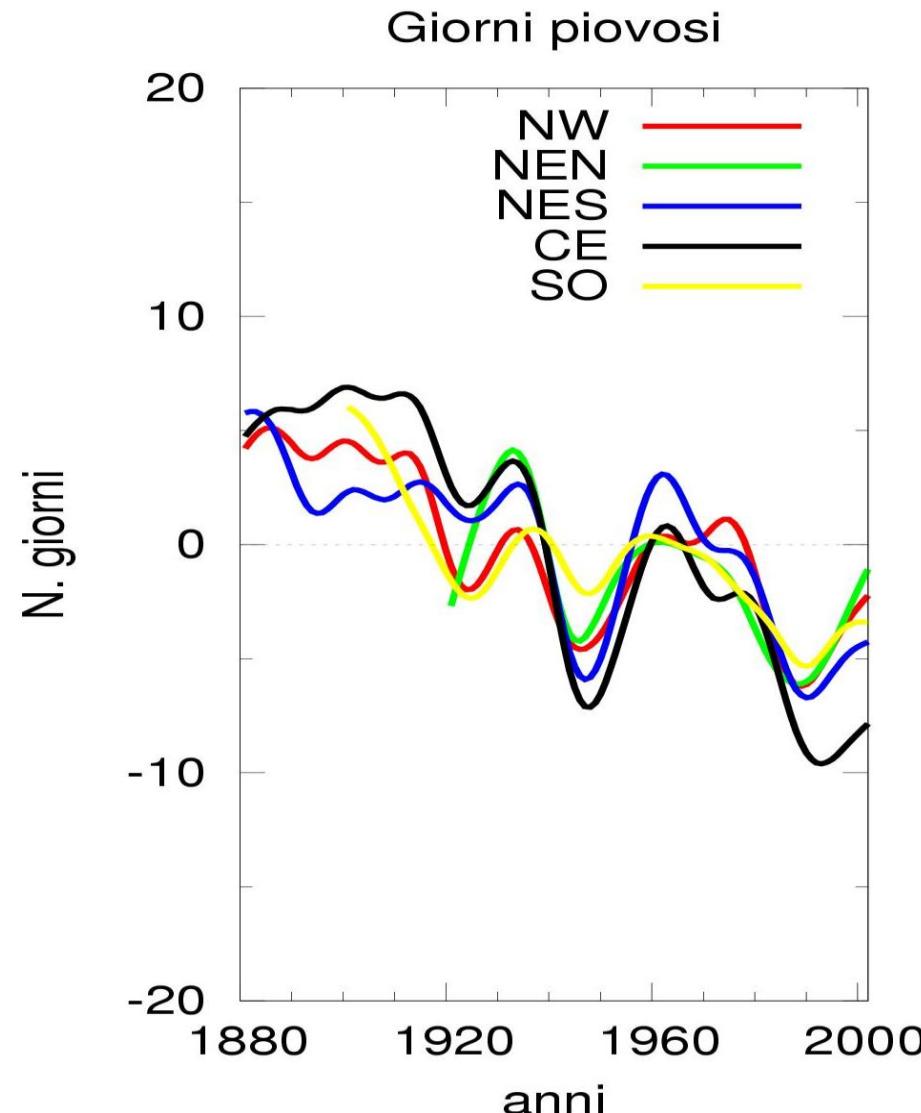
- Piove leggermente di meno nell'anno e in tutte le stagioni
- Nessuna variazione è statisticamente significativa, però ha effetti sulle portate dei fiumi

Parametro	Valore periodo 1923-2000	Valore periodo 2001-2010	
Portata media	1522	1398	-9%
Portata semipermanente (corrispondente alla durata di metà anno, 182.5 giorni)	1210	1078	-12%
Portata limite di piena (corrispondente alla portata con durata 91 giorni)	1840	1675	-10%
Portata limite di magra (corrispondente alla durata di 274 giorni)	874	794	-10%
Portata con durata 355 giorni	493	313	-6%
Portata minima	275	168	-6%

Il delta del Po e il cuneo salino



Piove più intensamente e meno spesso



Aumento degli estremi climatici

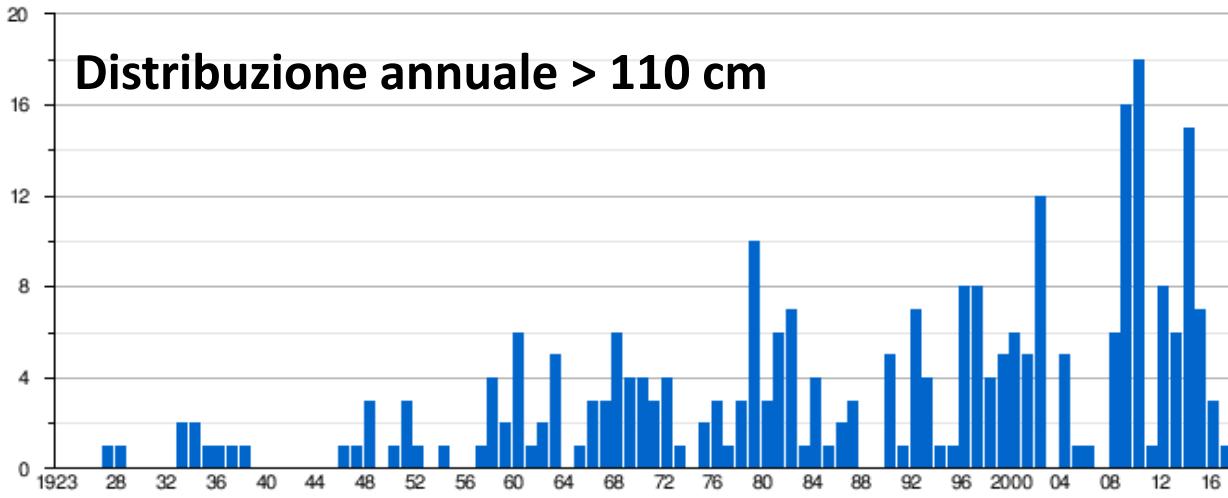


Il complesso collegamento tra cambiamento del clima ed eventi estremi

- Non si può dire che il riscaldamento globale sia la causa scatenante dei singoli eventi estremi
- Un evento estremo è e resta un evento meteorologico, mentre il clima è e resta la statistica sugli eventi meteorologici, estremi o no
- Inoltre gli eventi estremi, per loro stessa definizione, sono rari, cioè pochi; la statistica sugli eventi rari è «delicata» e spesso rischia di dare risultati statisticamente non significativi
- Tuttavia l'analisi dei dati dimostra che **c'è un legame tra i cambiamenti climatici e l'aumento della probabilità di accadimento e/o la frequenza degli eventi estremi**
- Questo legame è più evidente per alcune tipologie di tempo estremo, come le ondate di calore, e meno evidente per tutti i fenomeni collegati alle precipitazioni

Distribuzioni acqua alta a Venezia

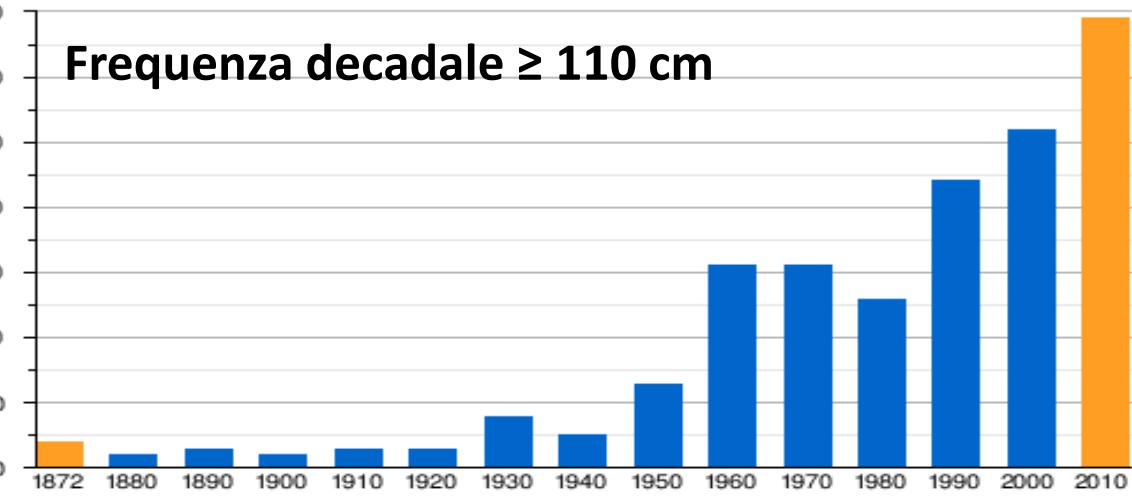
Distribuzione annuale ≥ 110 cm



Nota - i valori tengono conto del periodo 1923-2018.

Fonte Centro Previsioni e Segnalazioni Maree del Comune di Venezia - elaborazione grafica a cura di Wikipedia

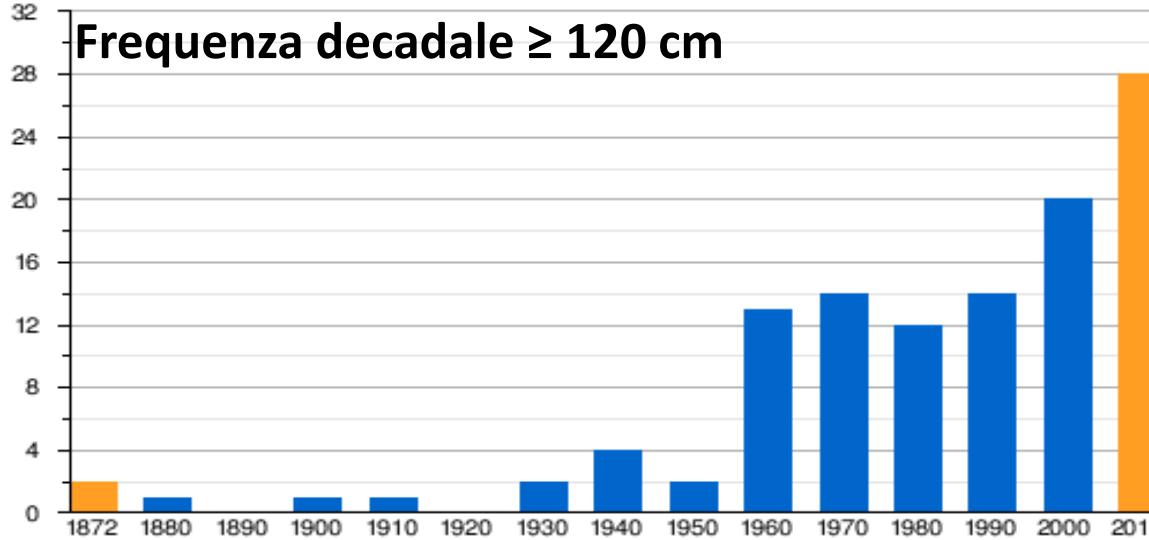
Frequenza decadale ≥ 110 cm



Nota - i valori in ascissa si riferiscono al primo anno del decennio. I decenni 1870-1879 e 2010-2019 sono incompleti, poiché le rilevazioni tengono conto del periodo dal 1872 al 2018.

Fonte Centro Previsioni e Segnalazioni Maree del Comune di Venezia - elaborazione grafica a cura di Wikipedia

Frequenza decadale ≥ 120 cm

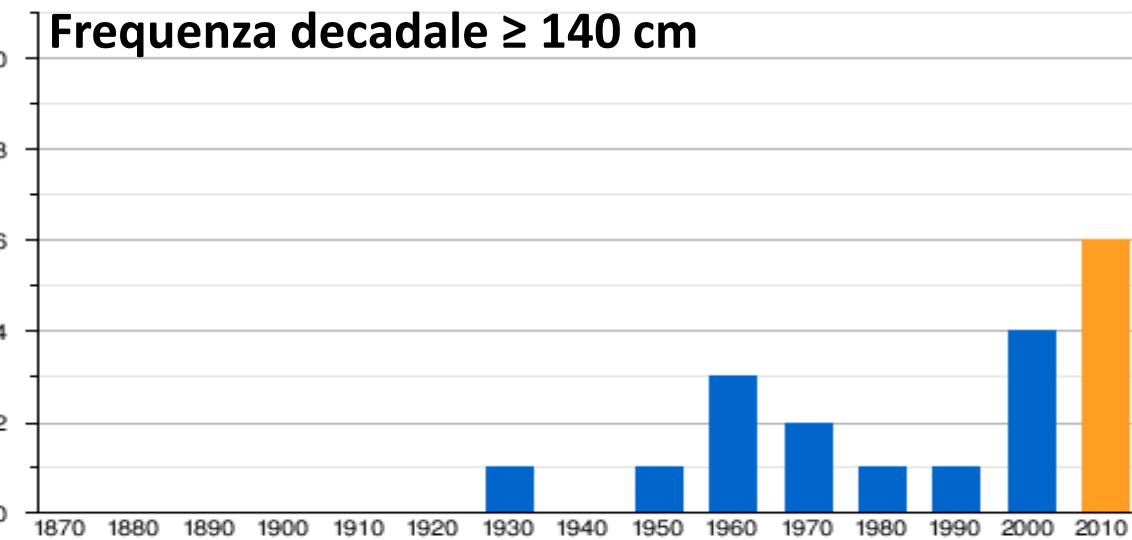


Nota - i valori in ascissa si riferiscono al primo anno del decennio. I decenni 1870-1879 e 2010-2019 sono incompleti, poiché le rilevazioni tengono conto del periodo dal 1872 al 2018.

Fonte Centro Previsioni e Segnalazioni Maree del Comune di Venezia - elaborazione grafica a cura di Wikipedia

2024-25 - Clima e cambiamenti climatici

Frequenza decadale ≥ 140 cm



Nota - i valori in ascissa si riferiscono al primo anno del decennio. I decenni 1870-1879 e 2010-2019 sono incompleti, poiché le rilevazioni tengono conto del periodo dal 1872 al 2018.

Fonte Centro Previsioni e Segnalazioni Maree del Comune di Venezia - elaborazione grafica a cura di Wikipedia

C. Cassardo - Il clima presente

Le montagne termometri del clima

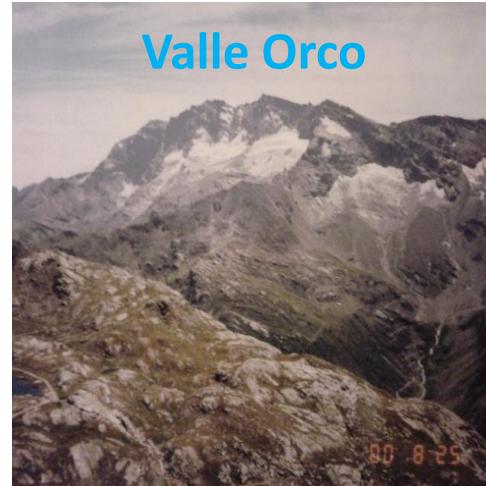
Ghiacciaio Pré de Bar (Monte Bianco)



1897
(f. Druetti)

2005
(f. L. Mercalli)

2012
(f. L. Mercalli)



2000

2015

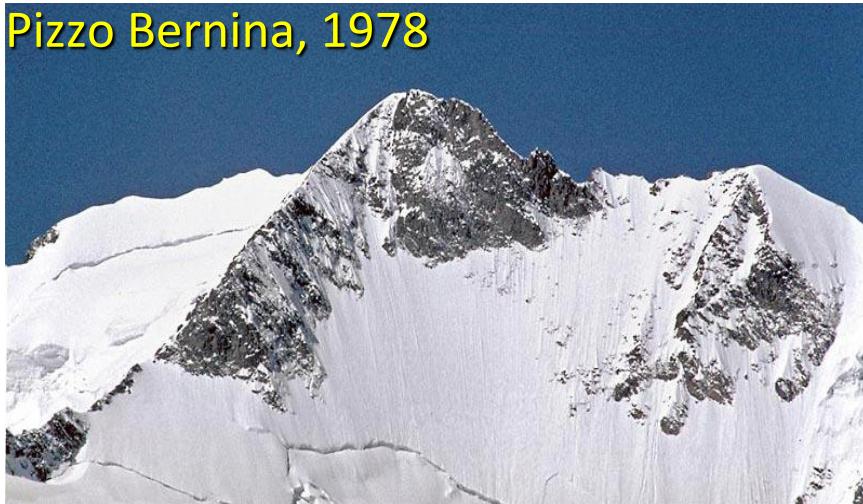
Foto: C. Cassardo

Dal 1850 circa, i ghiacciai delle Alpi hanno già perso oltre i 2/3 del loro volume.

La fusione nivale è anticipata, e spesso è già esaurita nel periodo di maggior fabbisogno idrico a valle (durante la stagione estiva, calda e secca)

Ritirata dei ghiacciai alpini

Pizzo Bernina, 1978



Pizzo Palú - 1978



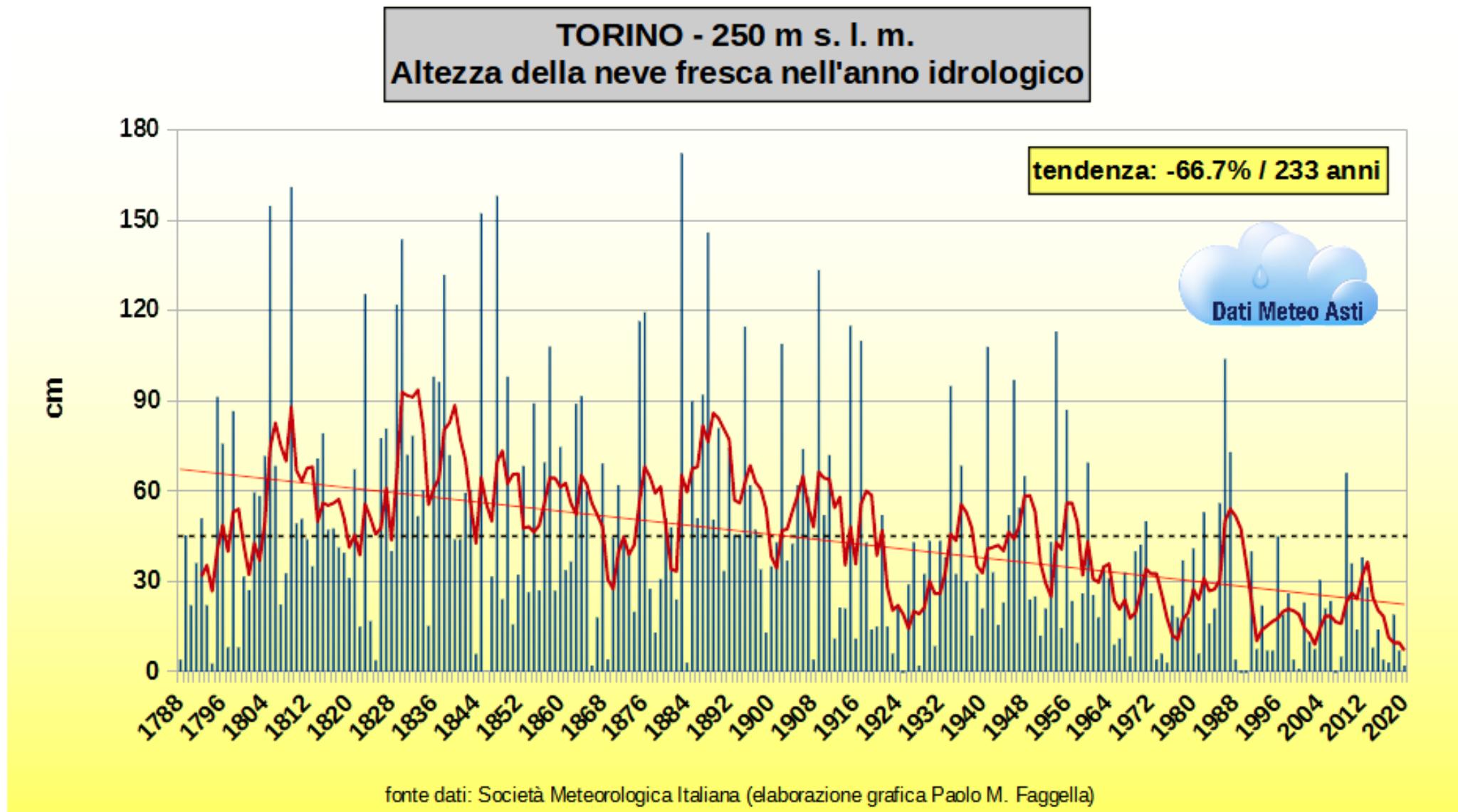
Pizzo Bernina, 2003



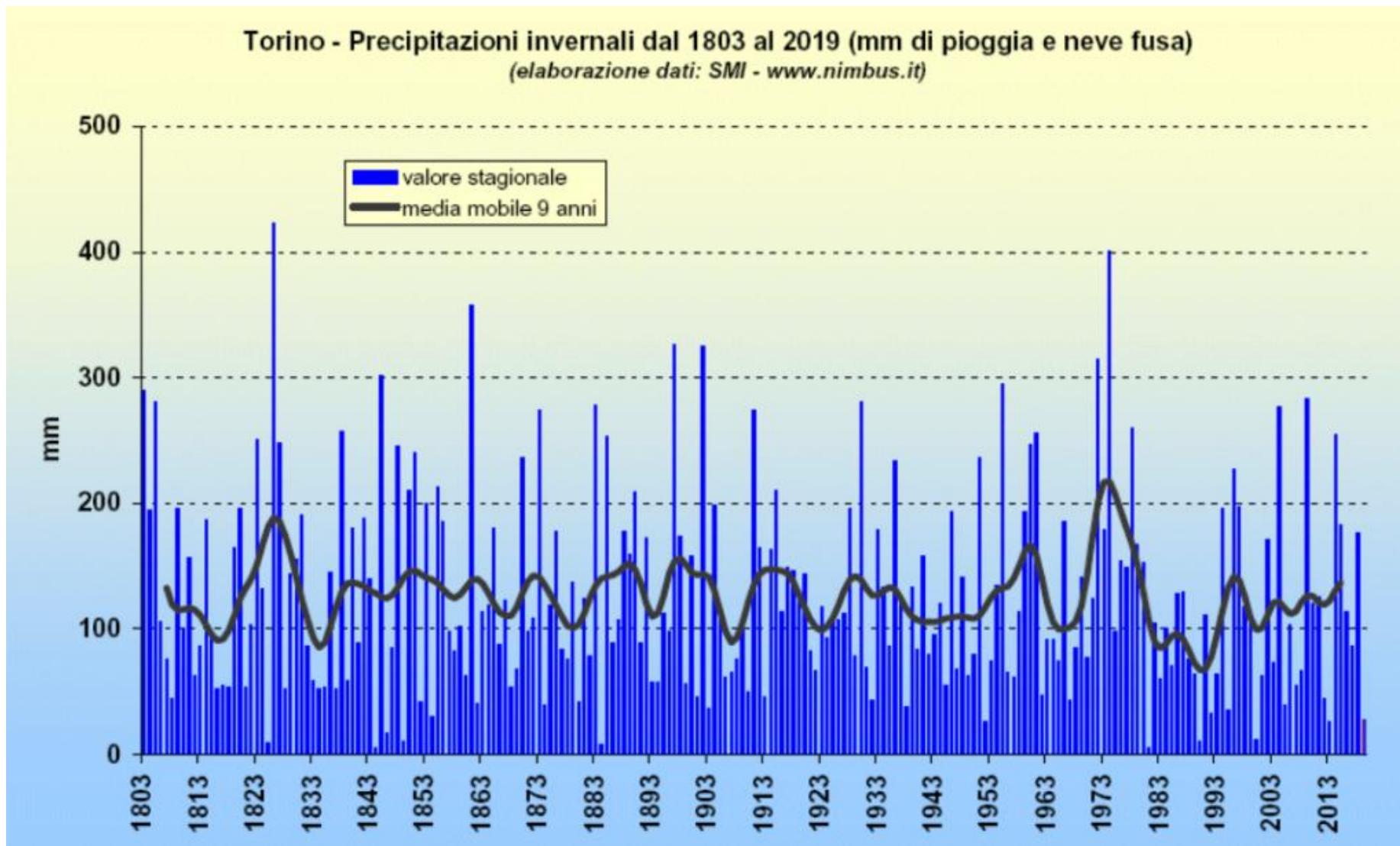
Pizzo Palú - 2003



Nevica di meno a Torino...



... nonostante le precipitazioni non siano variate ...



... e anche in valle d'Aosta c'è meno neve

