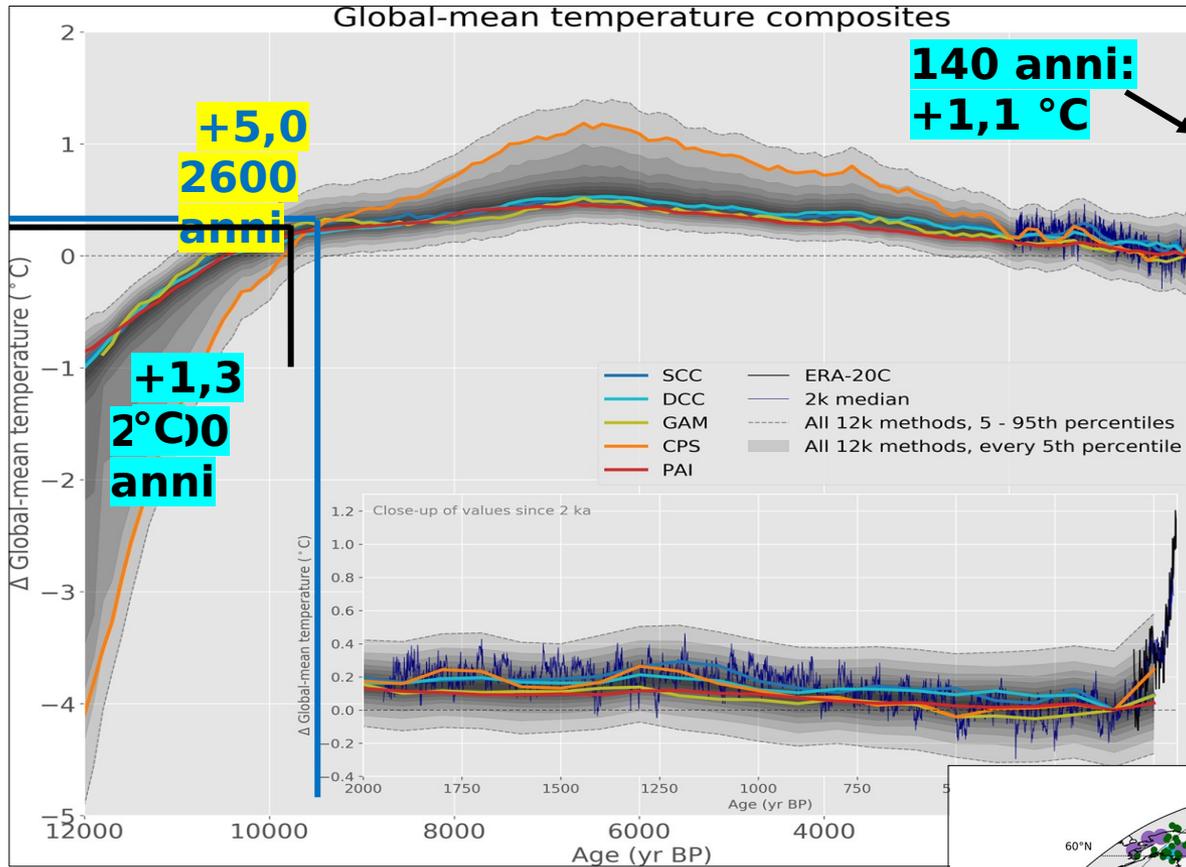


Cambiamento climatico: stato dell'arte e conseguenze

Giulio Betti

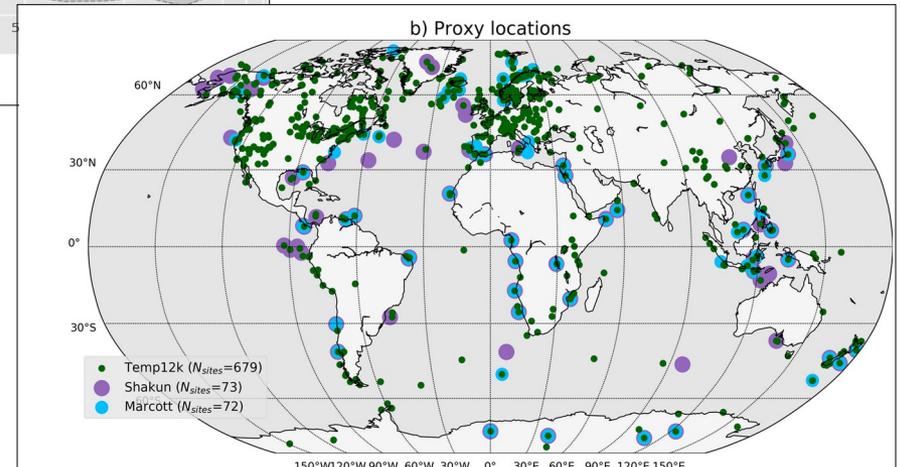


...l'elemento che allarma non è tanto l'innalzamento della temperatura globale, ma la velocità con cui avviene...

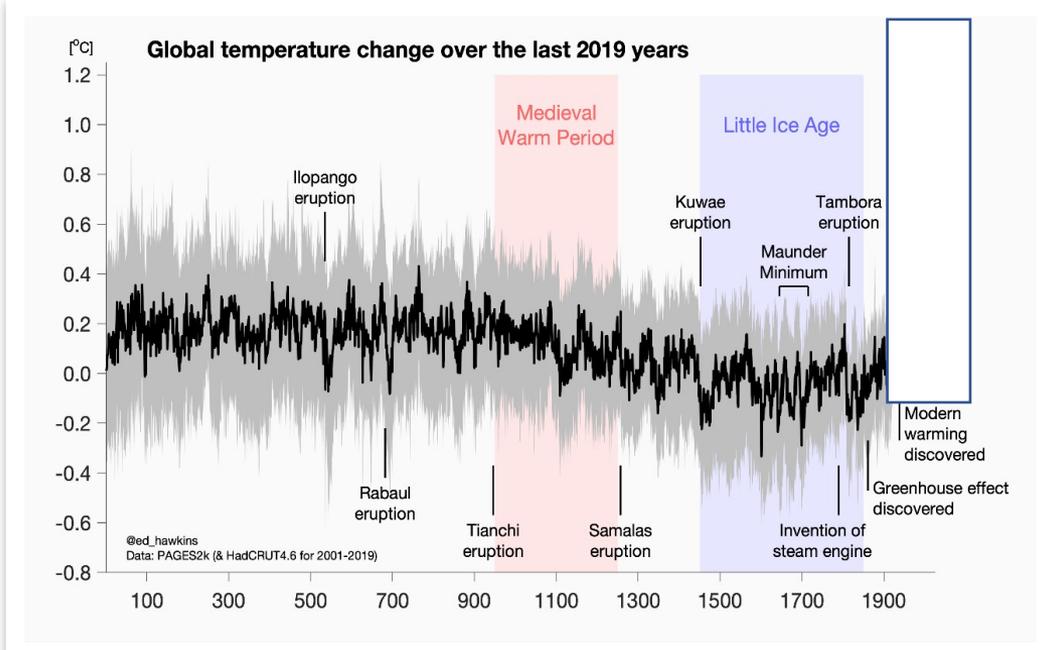
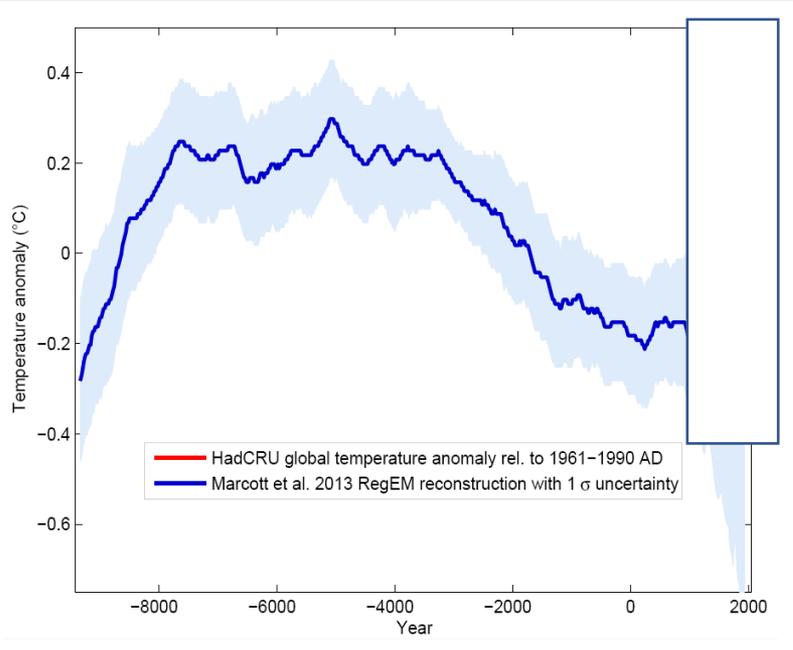


A sinistra l'ultimo articolo di Nature che raccoglie le principali ricostruzioni della temperatura globale negli ultimi 12000 anni (Olocene), tramite l'utilizzo di proxies sparsi in tutto il mondo;

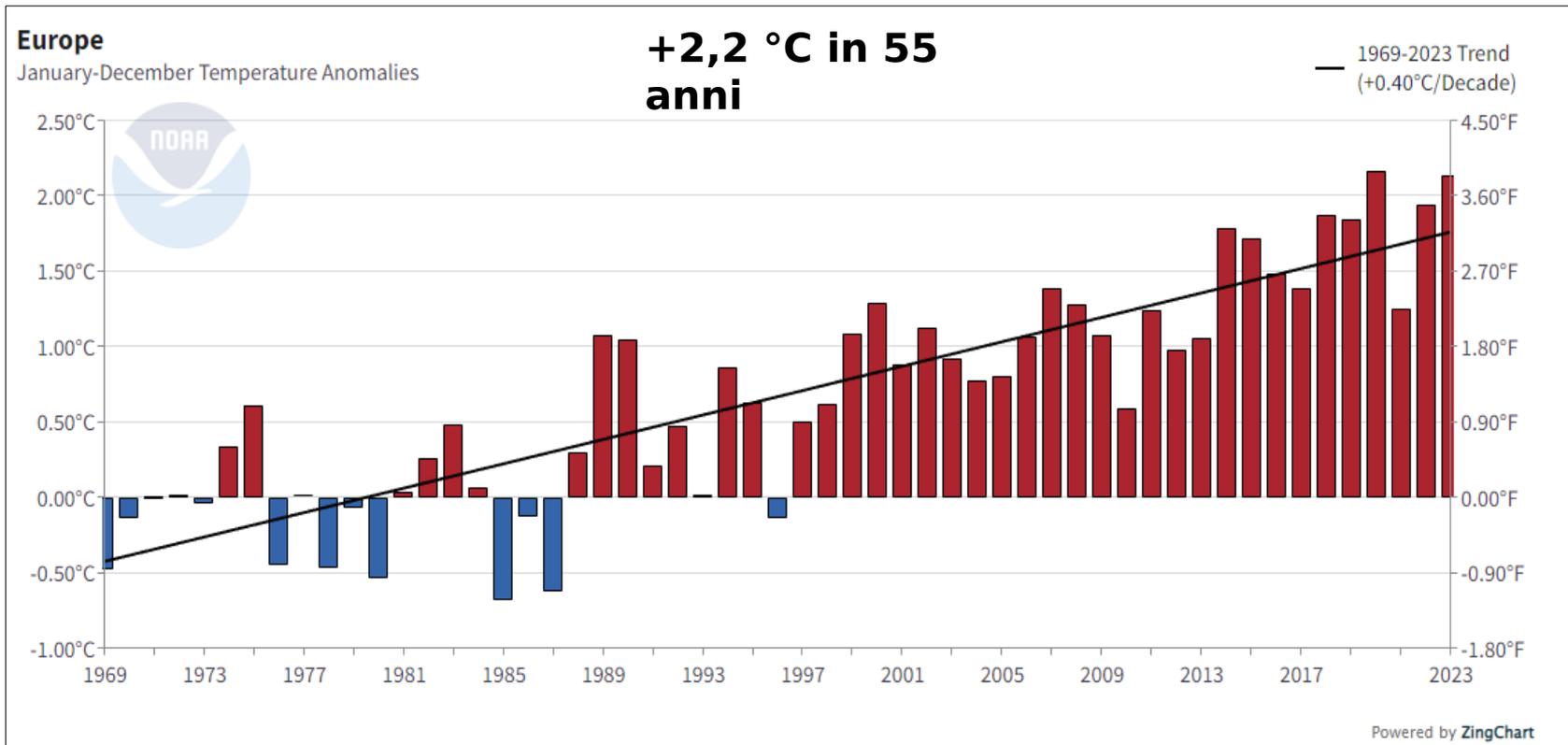
Questo grafico mostra l'impressionante velocità dell'attuale riscaldamento globale;



Andamento della temperatura globale negli ultimi 9000 anni (sinistra) e 2019 anni (destra). In entrambi i casi si notano oscillazioni moderate e distribuire su archi temporali piuttosto ampi, mentre l'ultimo secolo si distingue per un'impennata senza precedenti sia in termini quantitativi (1 °C), sia in termini temporali (poche decine di anni).

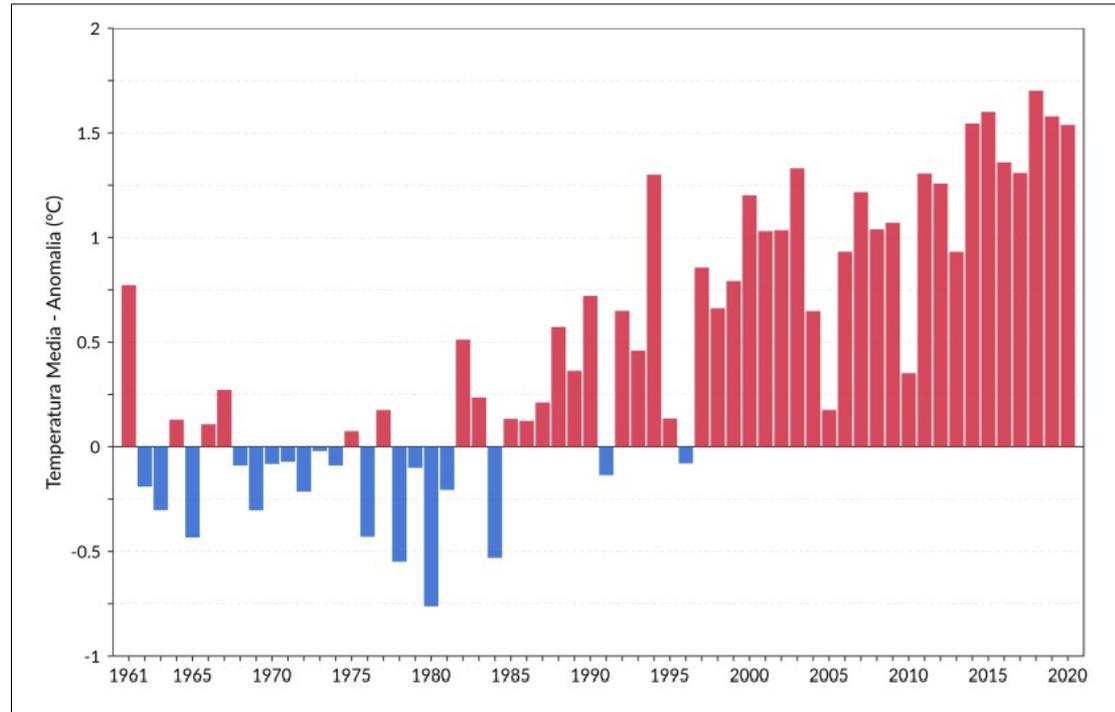
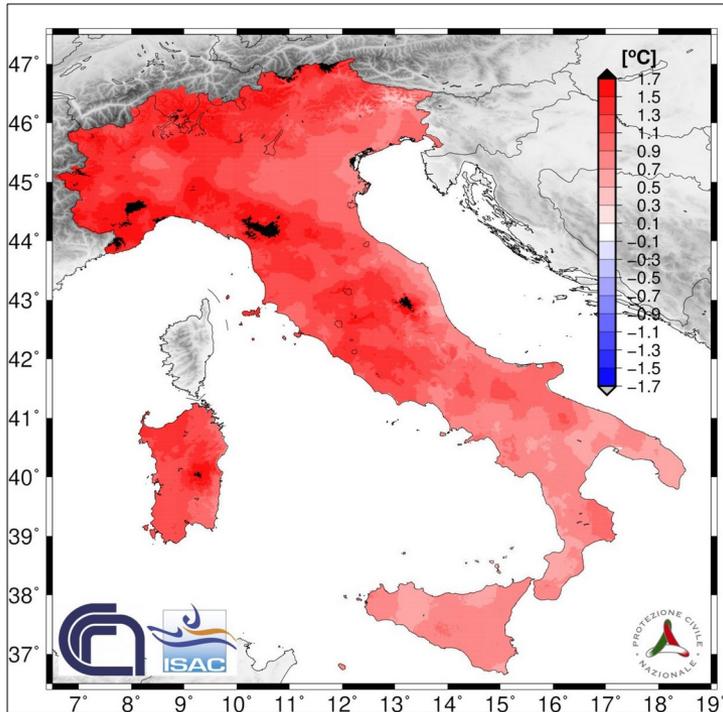


Trend della temperatura media globale e europea dal 1969 al 2023



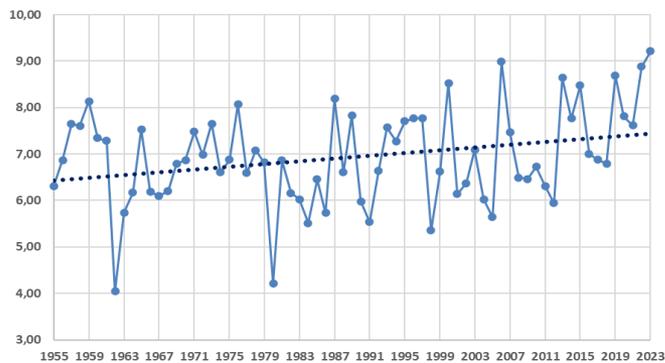
ITALIA (1961-2023)

Dal 1961 ad oggi la temperatura media in Italia è aumentata di +1,8 °C
Anche in Italia 9 dei 10 anni più caldi mai osservati sono stati registrati tra il 2012 e il 2023

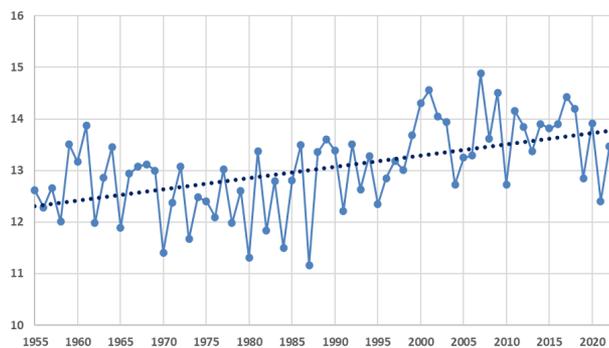


TOSCANA (1955-2023)

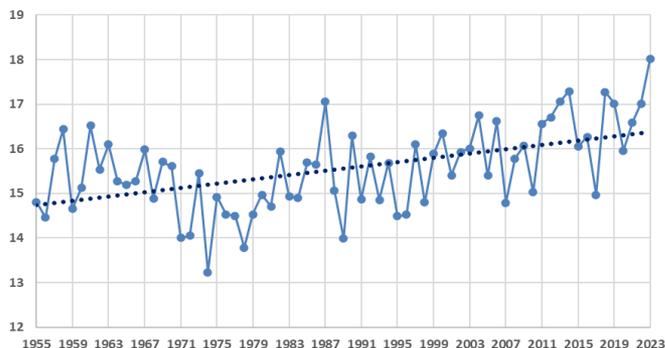
TOSCANA - T MED INVERNO (1955-2023) **+1,0 °C**



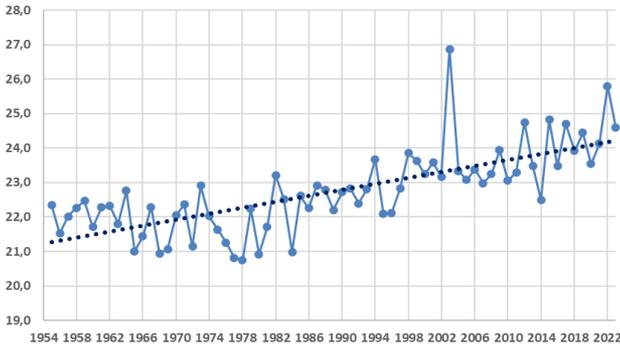
TOSCANA - T MED PRIMAVERA (1955-2023) **+1,5 °C**



TOSCANA T - MED AUTUNNO (1955-2023) **+1,7 °C**



TOSCANA - T MED ESTATE (1955-2023) **+3,0 °C**



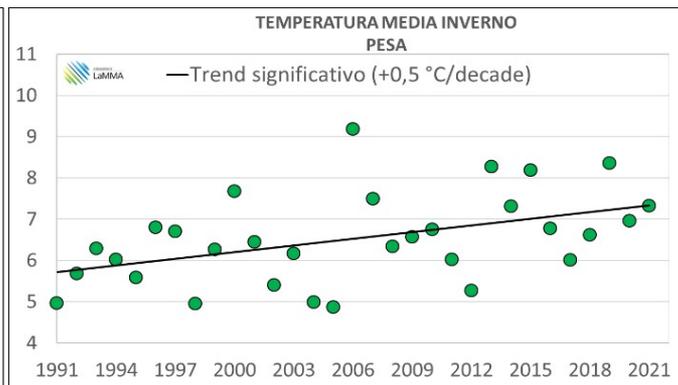
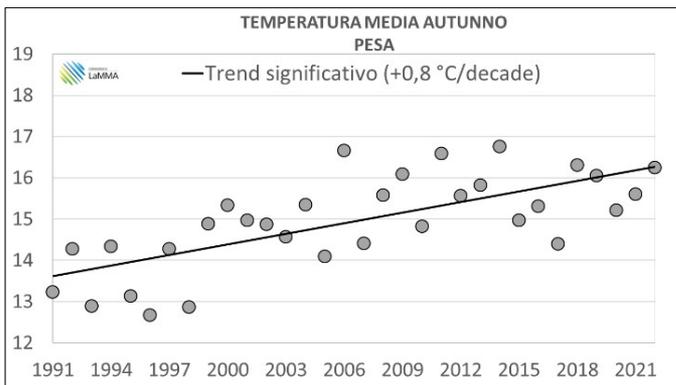
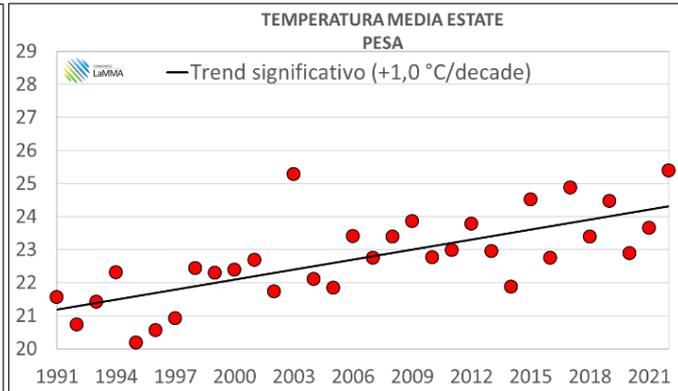
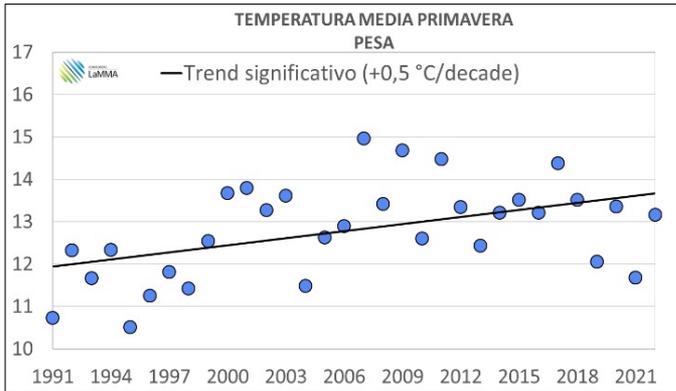
Dal 1955 al 2023 la temperatura media annuale in Toscana è aumentata di 1,74 °C;

Un incremento non omogeneo a livello stagionale: l'estate si è scaldata 3 volte di più dell'inverno e 2 volte di più rispetto alla primavera e all'autunno;

Alcune zone di montagna registrano aumenti più marcati (Abetone +2,1 °C);

A partire dal 1997 l'incremento termico ha registrato un'accelerazione;

BACINO PESA (1991-2022)



Dal 1991 al 2022 la temperatura media nell'area del bacino del Pesa è aumentata di circa 2 °C (tra 1,7 e 2,3 °C in base alle osservazioni disponibili);

Anche in questo caso si osserva un incremento non omogeneo a livello stagionale: estate e autunno si sono scaldati maggiormente rispetto all'inverno e alla primavera;

Si rileva, conseguentemente, una diminuzione significativa dei giorni di gelo ($T_{MIN} \leq 0 \text{ °C}$) e un incremento dei giorni caldi ($T_{MAX} > 30 \text{ °C}$);

Il 2019, 2020 , 2021, 2022 e 2023 si sono contraddistinti per eventi meteorologici estremi in tutto il mondo

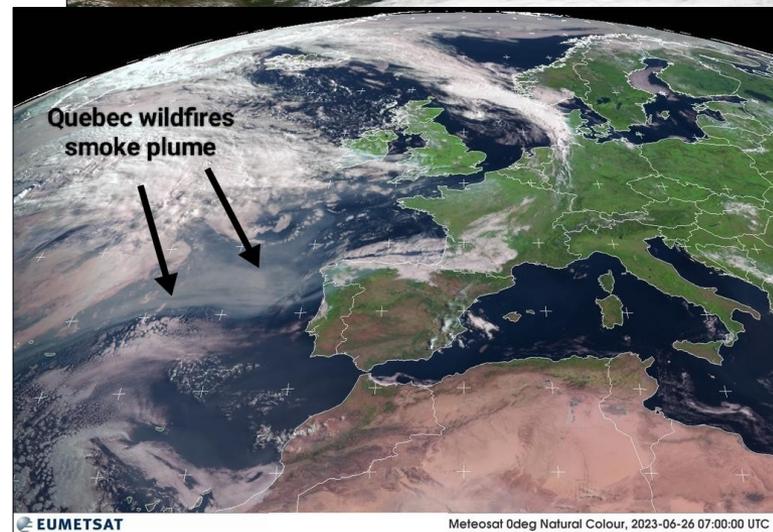
2019: ondata di calore eccezionale in Europa: +42.6 °C a Parigi e Lingen (bassa Sassonia), +46 °C a Vérargues. Incendi devastanti in Siberia.

2020: ondata di calore eccezionale in Siberia, 38 °C registrati a Verkhoyansk. L'estensione della banchisa artica scende al di sotto dei 4 milioni di kmq a settembre.

2021: ondata di calore eccezionale in Canada, +49.6 °C a Lytton (BC), alluvione a luglio in Germania (196 vittime), nuovo record di incendi in Siberia, 48.8 °C nel siracusano ad agosto;

2022: estate più calda mai registrata in Europa e in Cina, record assoluto di ablazione dei ghiacciai alpini, peggior siccità degli ultimi 500 anni su parte del continente; 40.2 °C a Londra;

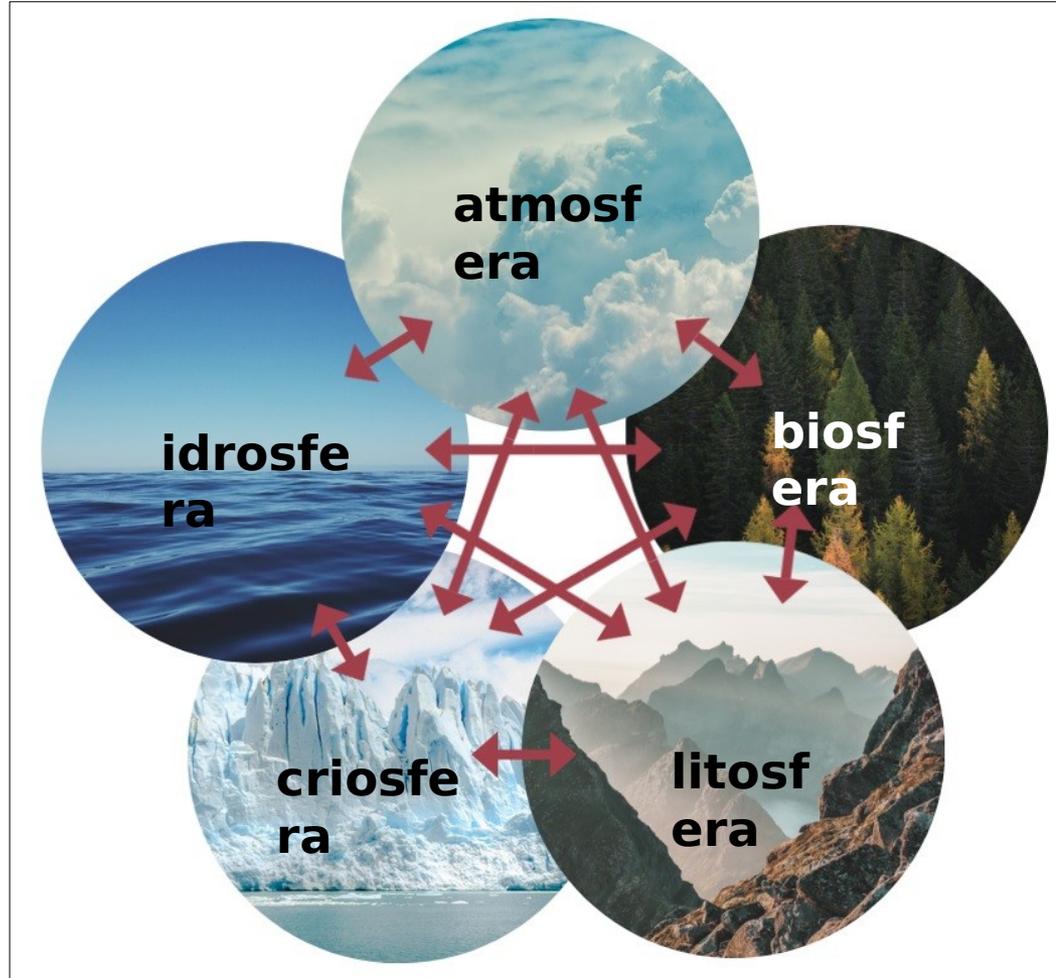
2023: anno più caldo dal 1880 (+1,48 °C), precipitazioni eccezionali in Grecia (754 mm in 18 ore), estate più calda mai osservata a livello globale, record di temperatura dei mari, minor estensione dei ghiacci antartici dal 1978 (-2,5 milioni di kmq), alluvione catastrofica in Libia, **alluvioni in Toscana** e Emilia Romagna, record di incendi in Canada (17.4 mln di ettari, il 5% della copertura boscosa dell'intero paese); +48,2 °C in Sardegna (Jertzu);



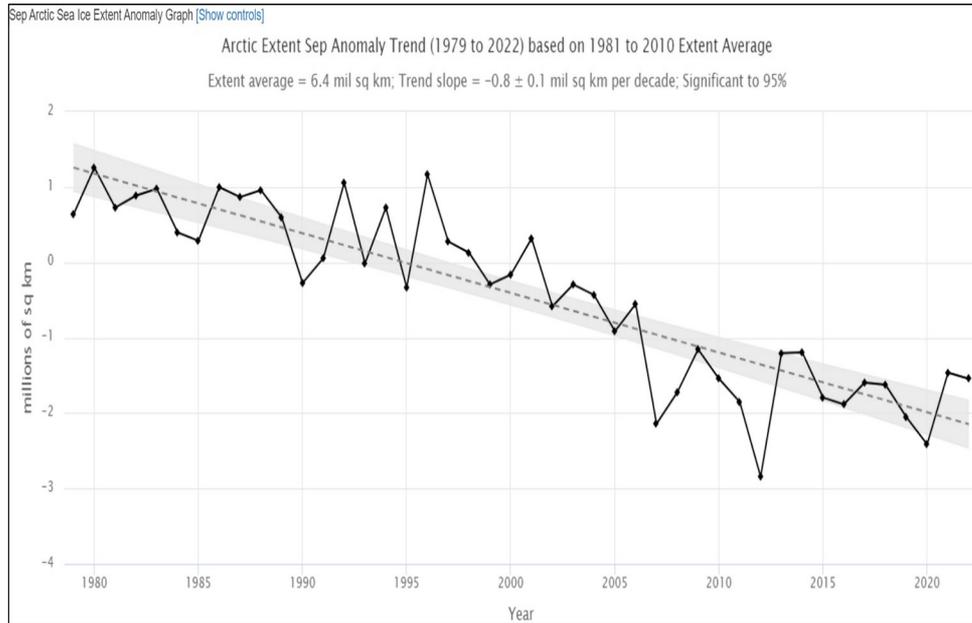
I FENOMENI ESTREMI...

...SONO LA MANIFESTAZIONE FINALE DEL RAPIDISSIMO MUTAMENTO DEL CLIMA GLOBALE INDOTTO DALLE ATTIVITÀ UMANE E DAL SEMPRE PIÙ IRREVERSIBILE SCONVOLGIMENTO DEI PRINCIPALI SISTEMI CLIMATICI: *ATMOSFERA, IDROSFERA, BIOSFERA E CRIOSFERA.*

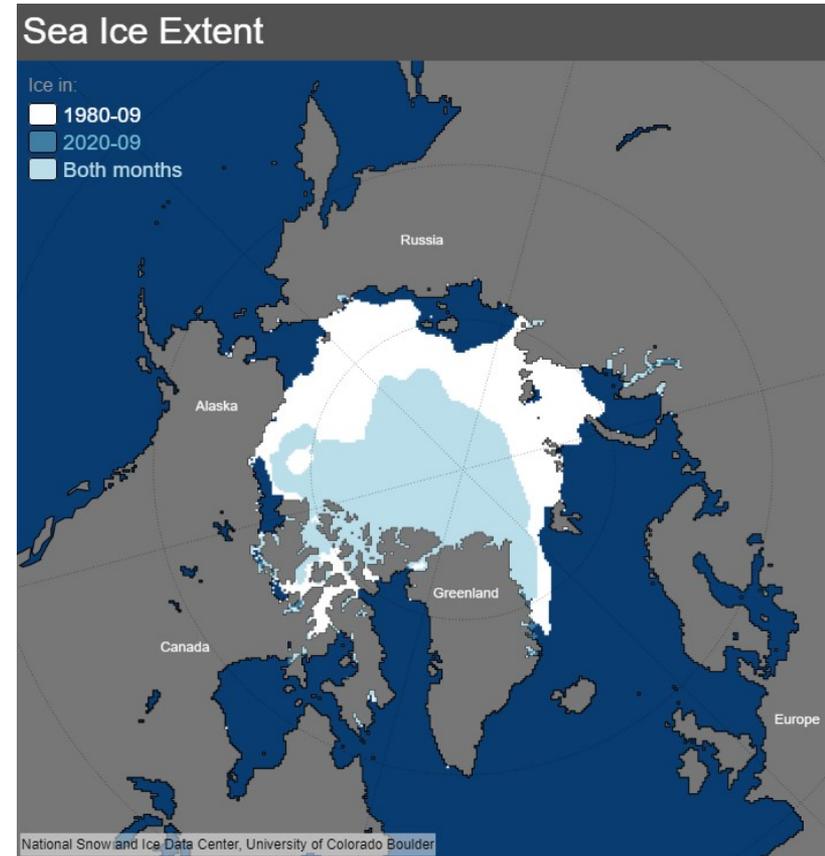
SISTEMI DAI QUALI DIPENDONO LE SORTI ANCHE DEL GENERE UMANO...



CRIOSFERA (banchisa artica)

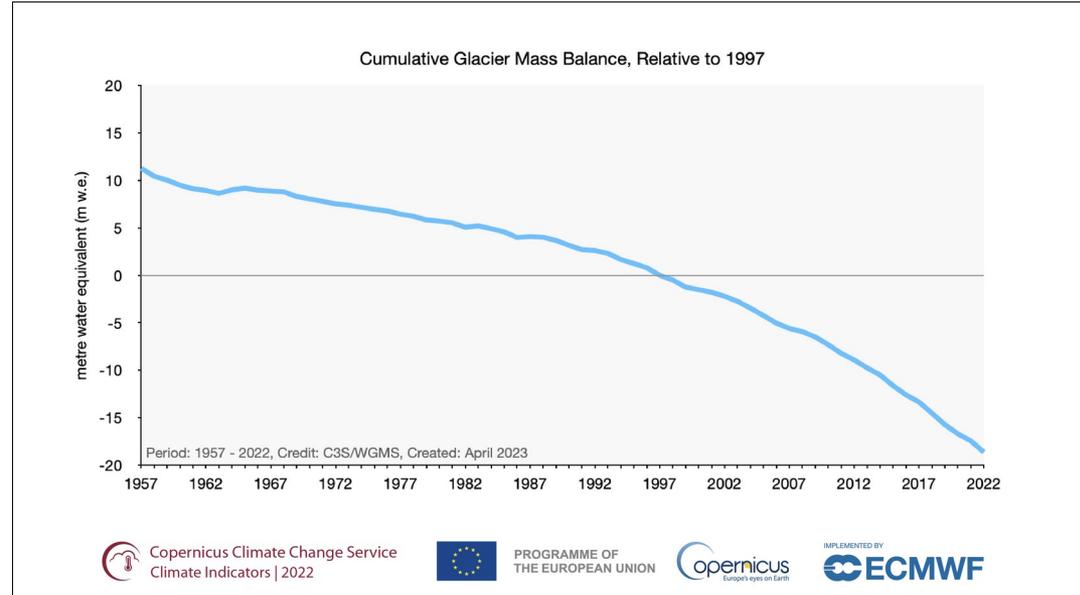
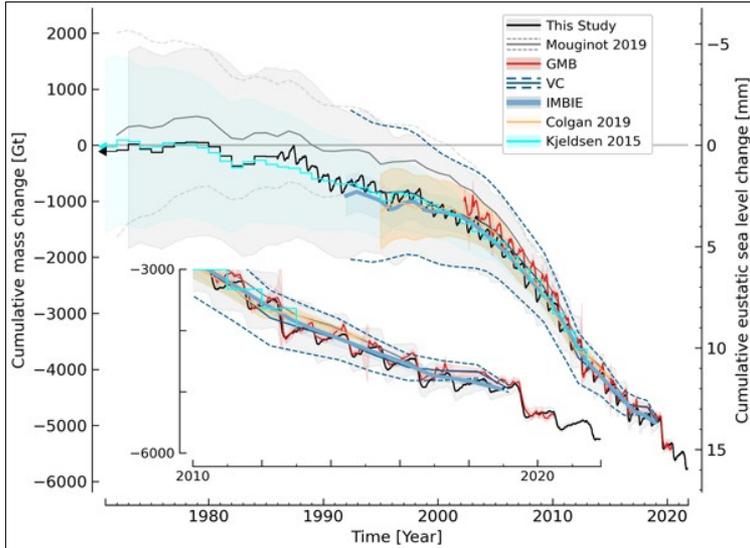


Estensione della banchisa nel mese di settembre si è ridotta del 52% dal 1979 ad oggi (in soli 41 anni). Nel settembre del 2020 2.5 milioni di kmq di superficie ghiacciata in meno rispetto alla norma (pari all'estensione dell'Algeria). La diminuzione della copertura nevosa comporta una riduzione dell'albedo totale.



CRIOFERA (calotte polari)

Le grandi calotte mondiali mostrano, negli ultimi 25 anni, costanti bilanci di massa negativi (salvo l'Antartide orientale); il contributo della fusione si riversa in mare contribuendo, insieme all'espansione termica, all'aumento del livello medio degli oceani. Altre conseguenze, dovute al rilascio d'acqua dolce, sono i disturbi alle correnti termoaline, tra cui la corrente del Golfo.



Copernicus Climate Change Service
Climate Indicators | 2022

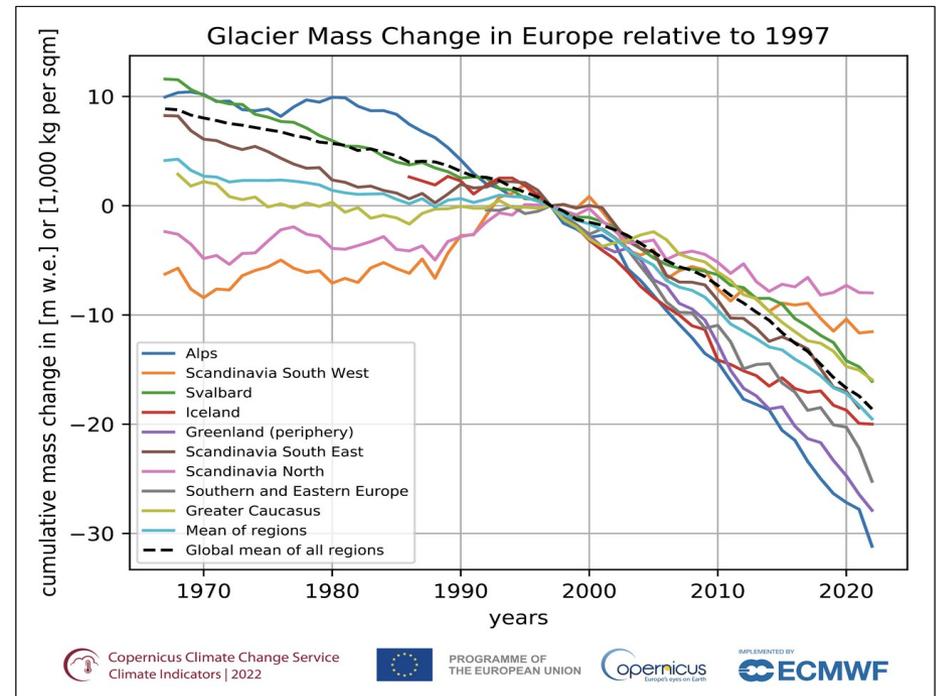
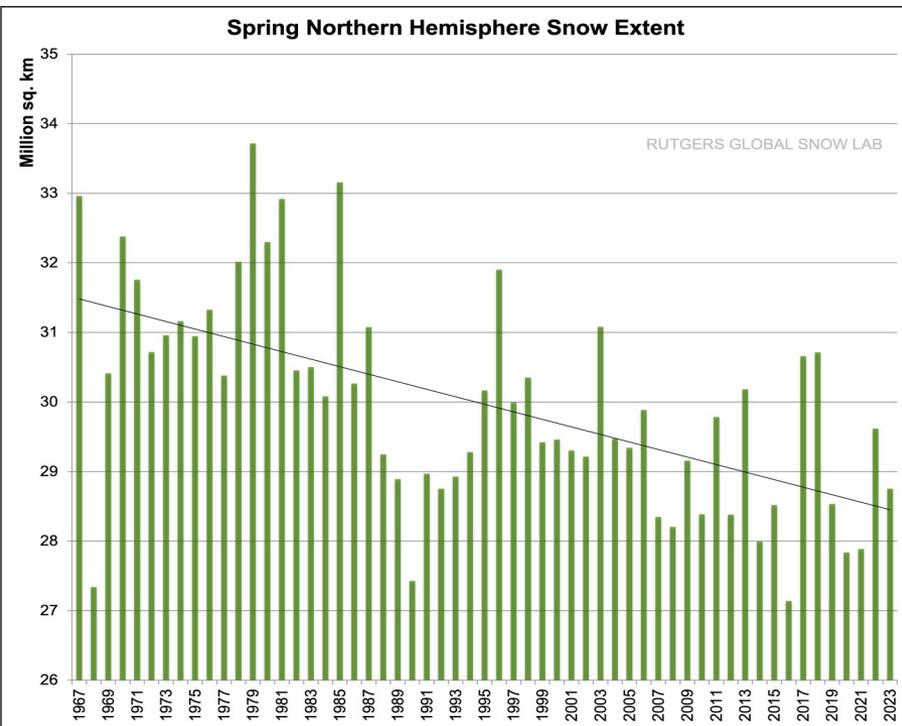


PROGRAMME OF
THE EUROPEAN UNION



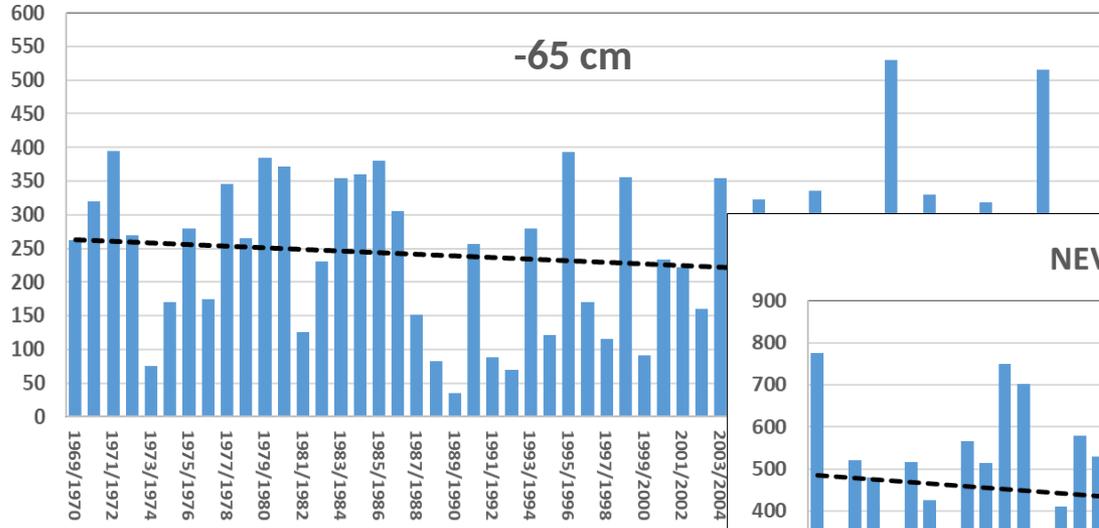
CRIOFERA (innevamento)

La copertura nevosa nel Nord Emisfero è drasticamente diminuita in primavera (-3 milioni di chilometri quadrati dal 1967 ad oggi).



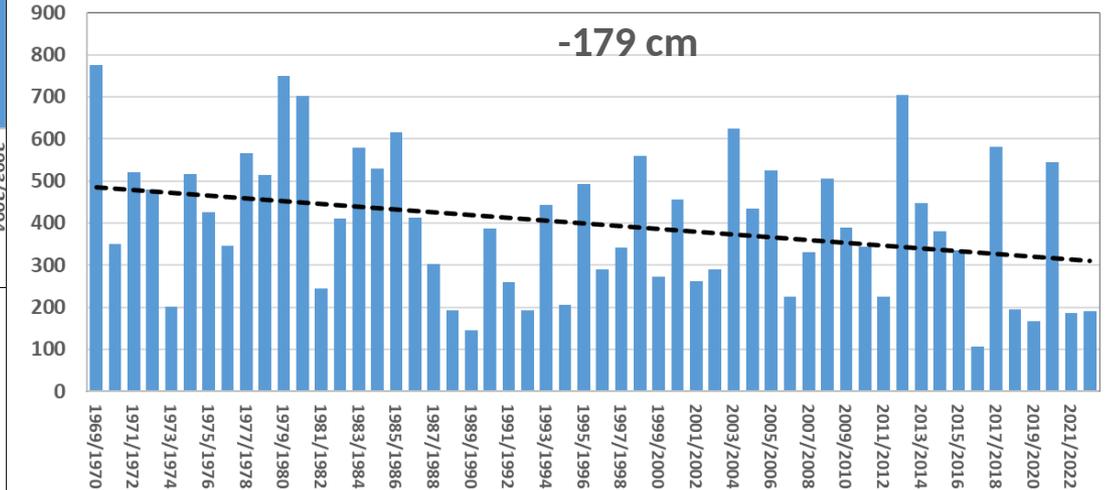
CRIOSFERA (innevamento)

NEVOSITÀ (cm) ABETONE (DIC-FEB)

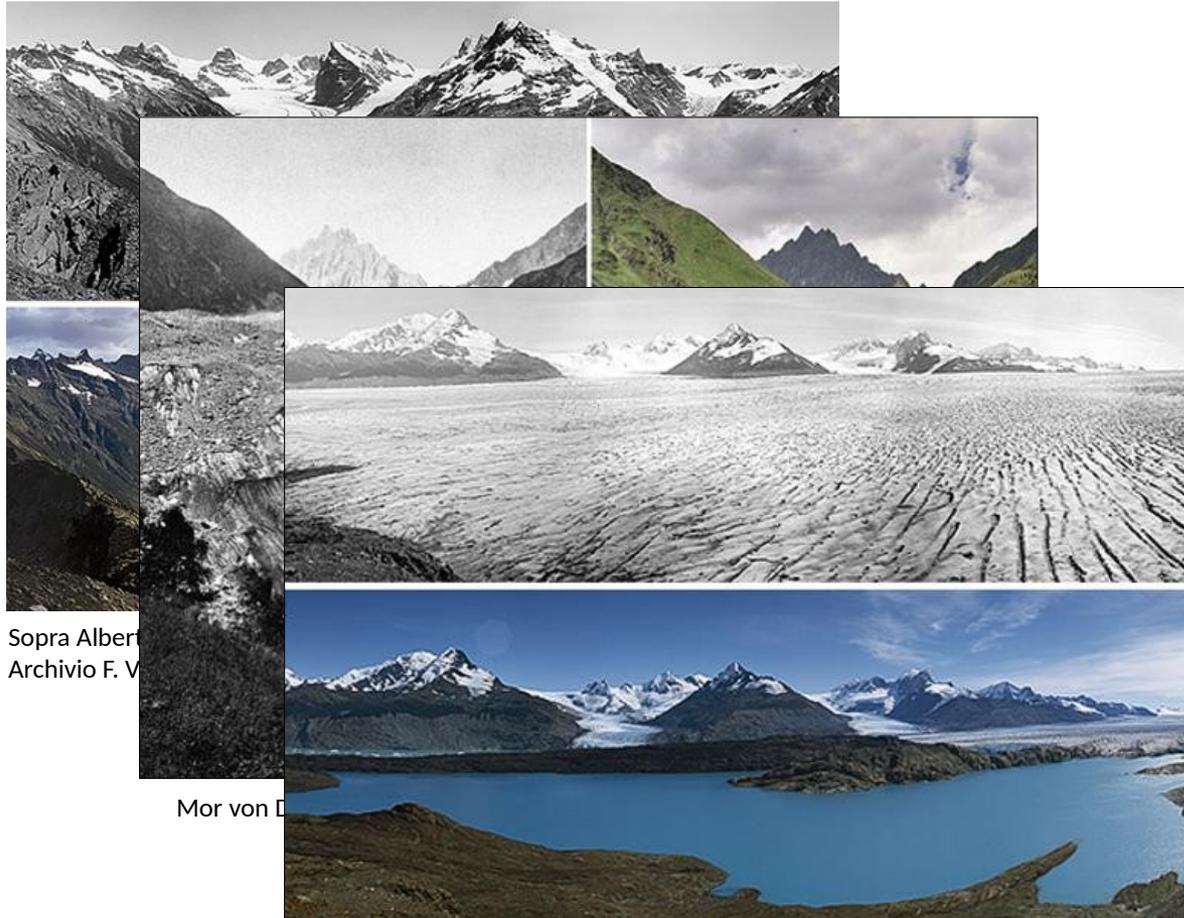


Abetone: T Media +2,07 °C in 69 anni

NEVOSITÀ (cm) ABETONE (NOV-APR)



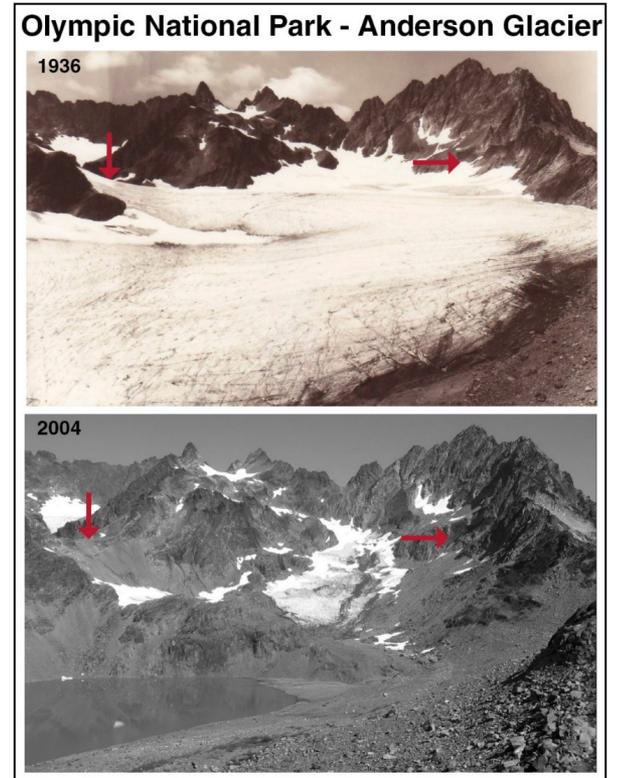
CRIOFERA (innevamento)



Sopra Alber
Archivio F. V

Mor von D

Alberto Maria De Agostini 1931. © Museo Borgatello; Fabiano Ventura, 2016. ©
Archivio F. Ventura



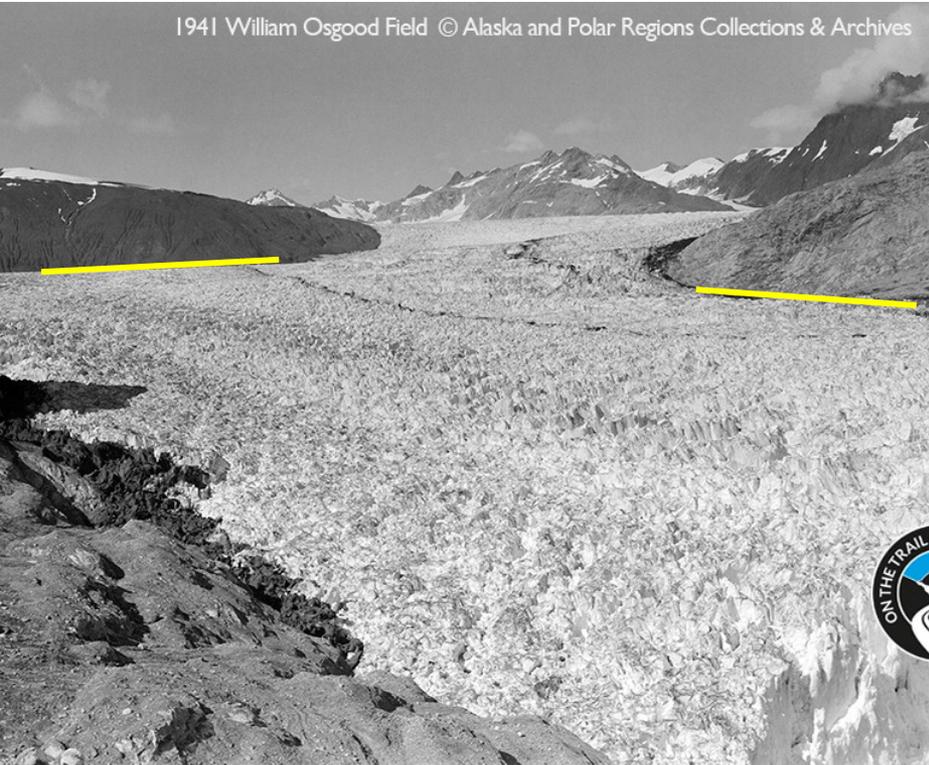
72 ANNI

1941

2013

1941 William Osgood Field © Alaska and Polar Regions Collections & Archives

2013 Fabiano Ventura - © Associazione Macromicro - onthetrail



6 ANNI

2009

2015



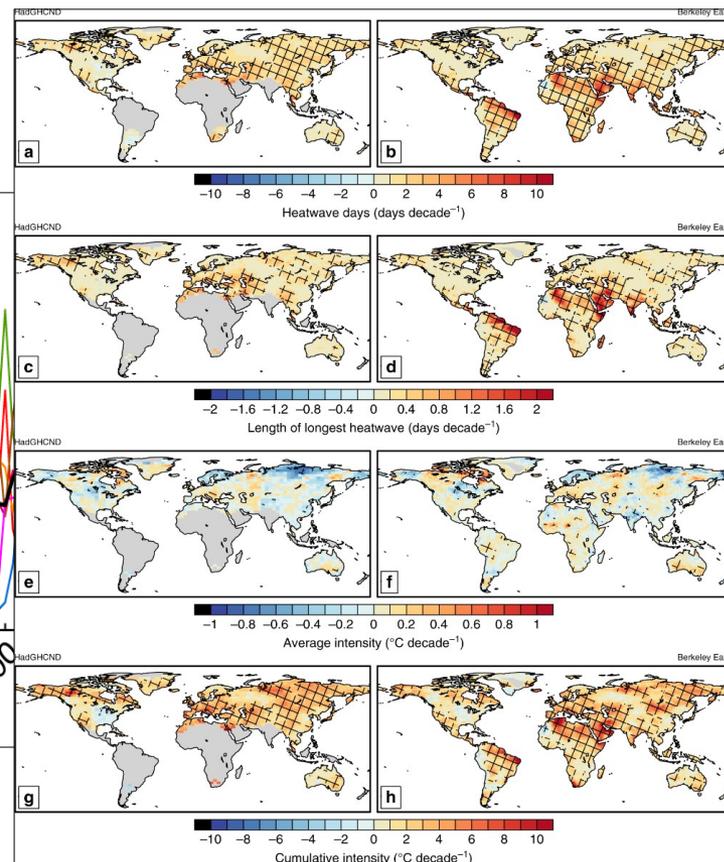
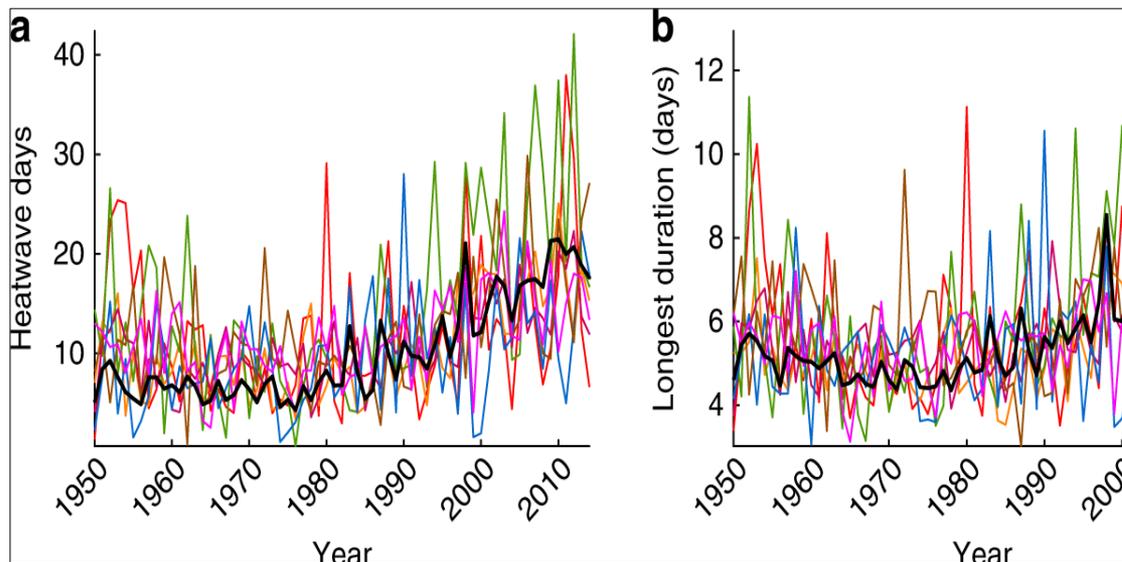


Fieschergletscher

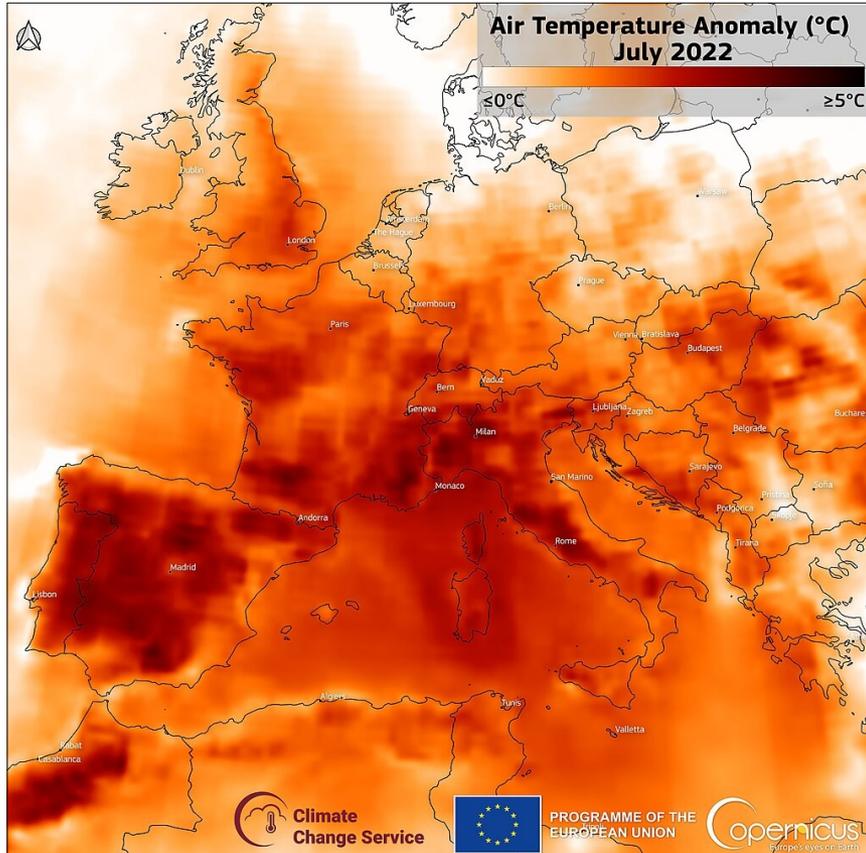
<https://ethz.ch/en/news-and-events/eth-news/news/2022/08/a-historical-perspective-on-glacial-retreat.html>

BIOSFERA (ondate di calore)

1950-2014



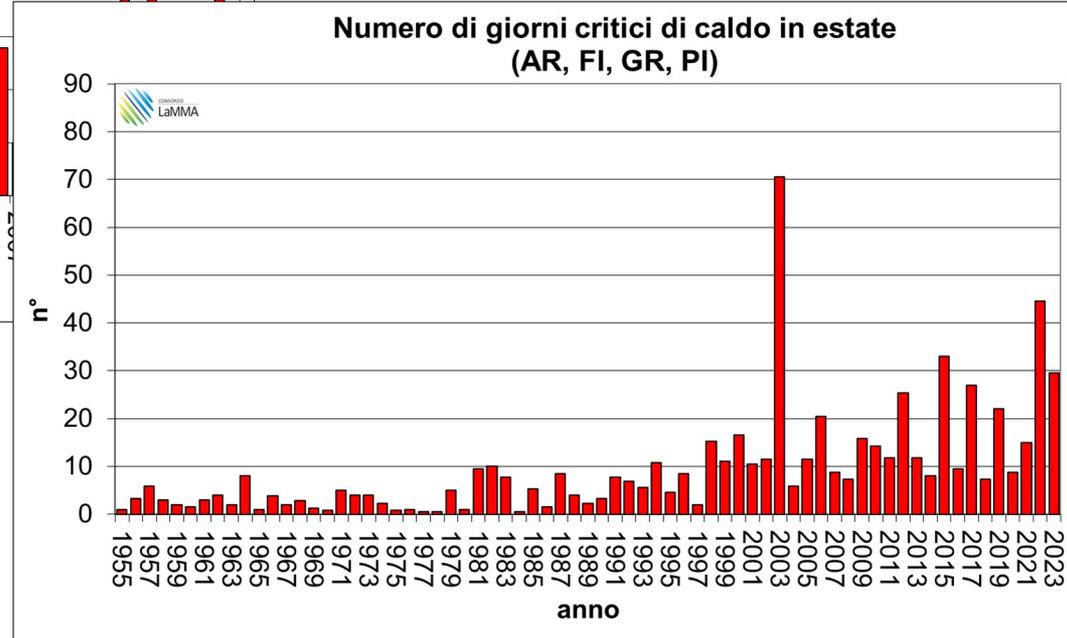
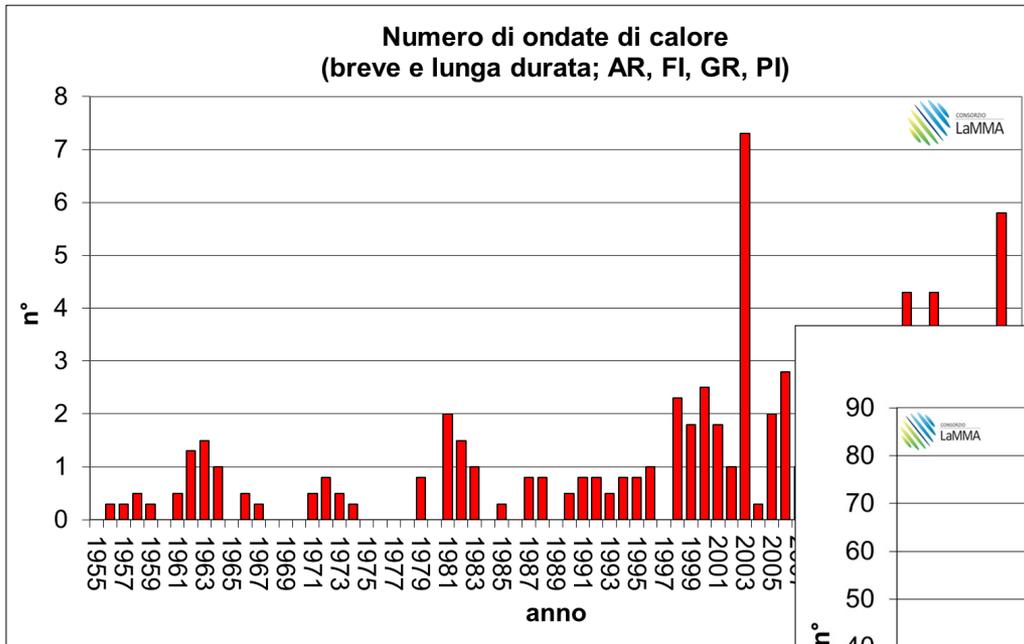
Legenda: Central North America (CNA), East Asia (EAS), Mediterranean (MED), North Asia (NAS), North Australia (NAU), North Europe (NEU), West North America (WNA), and the global average (Wor).



ESTATE 2022

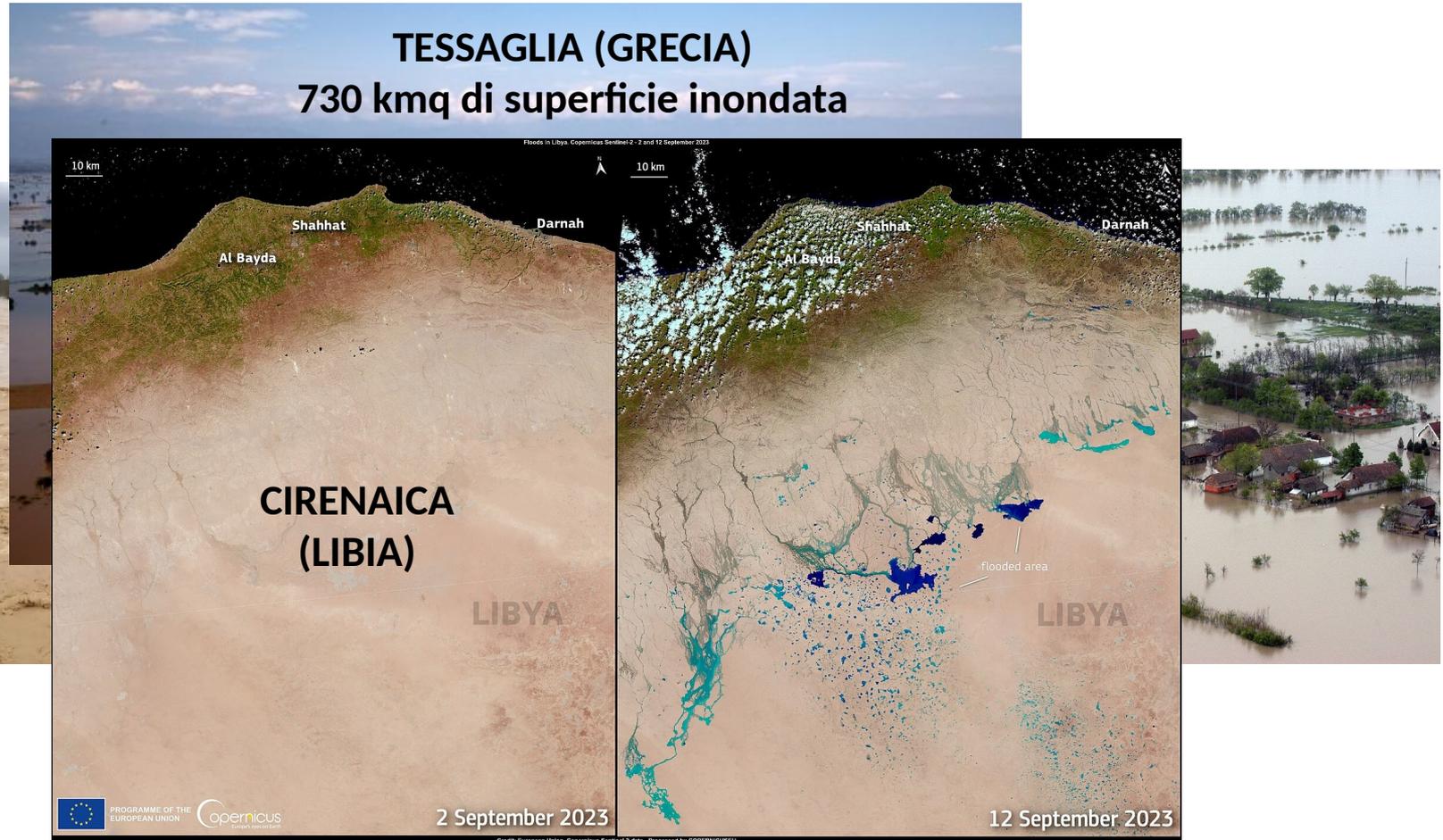
- 61000 morti stimati in tutta Europa (70000 nel 2003);
- Evento meteorologico con più vittime dell'intero 2022;
- 18000 morti stimati in Italia (20000 nel 2003)
- 19 miliardi di euro i costi correlati alle emergenze provocate dall'ondata di calore (siccità e incendi);

ONDATE DI CALORE IN TOSCANA

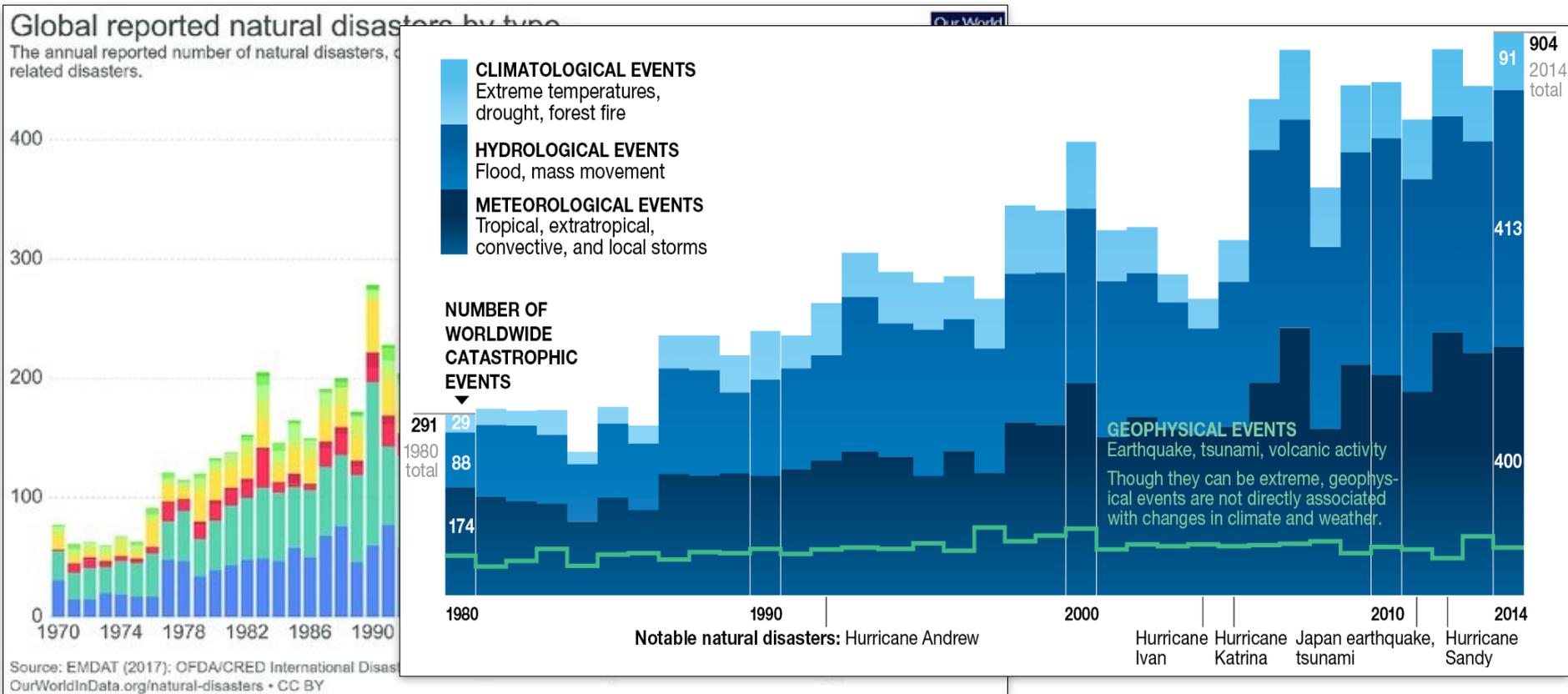


INONDAZIONI

Se le ondate di calore, in Europa, sono il fenomeno meteorologico che provoca più vittime, le **inondazioni** sono in assoluto quelle che provocano **più danni e perdite economiche** (il 70% del totale). A **livello globale**, sempre in termini economici, **il 79% delle perdite è provocato da tempeste tropicali e inondazioni** di vario genere, sebbene le prime sia spesso causa delle seconde nelle zone interessate da uragani e cicloni. In Europa **le inondazioni e le tempeste rappresentano il 70% dei danni economici** (476.5 mld di dollari in 50 anni).

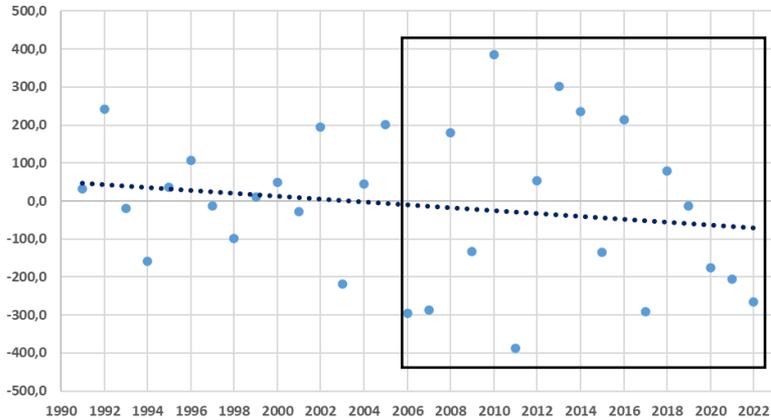


Un cambio nel regime pluviometrico comporta gravi alterazioni del ciclo dell'acqua con conseguenze dirette sulla vita del pianeta. Non solo siccità, ma anche inondazioni lampo e alluvioni causate da precipitazioni forti e concentrate nel tempo.



PESA (trend 1991-2023)

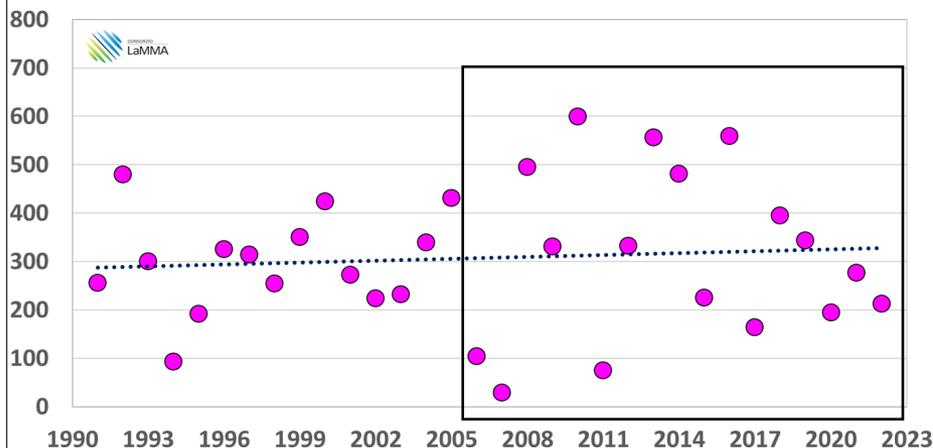
Rapporto tra precipitazioni cadute e evaporazione (mm)



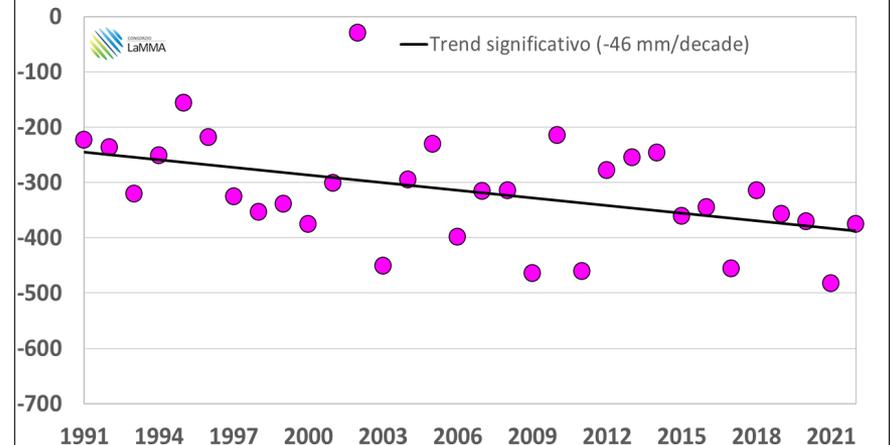
Negli ultimi 33 anni il rapporto tra precipitazioni cadute e evaporazione (mm) nel territorio della Pesa è andato peggiorando, sebbene in maniera non statisticamente significativa. Tuttavia, analizzando il trend si nota un aumento della variabilità a partire dal 2006 (gradi piogge, alternate a scarse precipitazioni in un contesto evaporativo sempre più elevato);

Nel periodo «freddo» (ottobre-aprile) il rapporto è positivo e in leggera crescita, ma con ampia variabilità dal 2006 in poi; tra maggio e settembre, al contrario, il trend è negativo in maniera statisticamente significativa e si osserva una minor dispersione, segnale di una maggior stabilità relativa alla tendenza in oggetto;

Rapporto tra precipitazioni cadute e evaporazione (mm) - ottobre/aprile

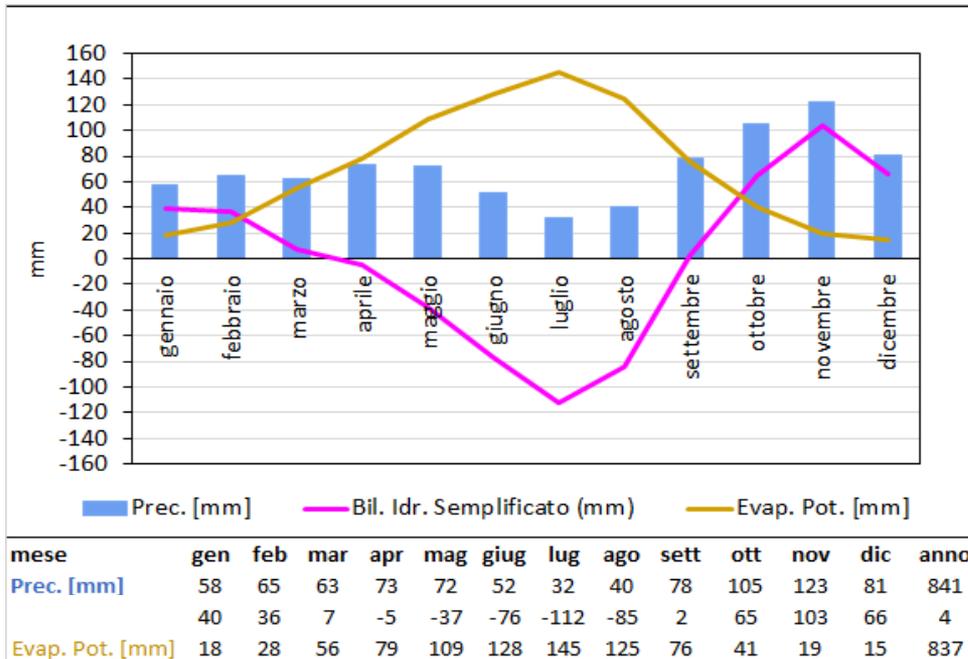


Rapporto tra precipitazioni cadute e evaporazione (mm) - maggio/settembre



PESA

(climatologia 1991-2020)



Il diagramma del rapporto tra precipitazioni e evaporazione relativo al bacino del fiume Pesa mostra un ampio periodo in cui l'evaporazione totale supera la precipitazione. Il bilancio, infatti, diventa negativo già a partire da aprile e rimane tale fino ad agosto.

Marzo e settembre sono in sostanziale pareggio, mentre i surplus riguardano soltanto 5 mesi, durante i quali la risorsa è mediamente abbondante e quindi stoccabile;

Le principali proiezioni climatiche per il prossimo futuro indicano un ulteriore aumento delle temperature e quindi un incremento dell'evaporazione totale. Il periodo soggetto a «deficit» è pertanto destinato, anche a parità di precipitazioni, ad ampliarsi;

La situazione potrebbe aggravarsi qualora cambiasse anche il regime pluviometrico con aumento della frequenza delle serie siccitose; da qui la necessità di politiche di gestione sistemiche e lungimiranti;

REPORT meteo clima



AUTUNNO 2023

Presentazione (4:3)



ESTATE 2023

Presentazione (4:3)



INVERNO 2022-23

Presentazione (4:3)



PRIMAVERA 2023

Presentazione (4:3)



REPORT stagionali- Autunno 2022

Presentazione (4:3)

Report meteo climatici

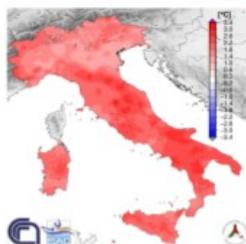
piogge, temperature, dinamica globale e trend alla scala locale

REPORTISTICA LAMMA

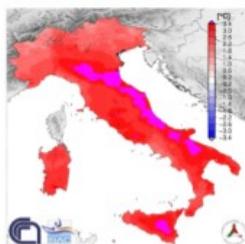
2023Autunno

ITALIA CONSORZIO LaMV

Autunno 2023, in Italia il più caldo dal 1800



Anomalia temperatura minima



Anomalia temperatura massima

CMR Climate Monitoring CHR ISAC [Mappa e dati climatici sull'Italia](#)

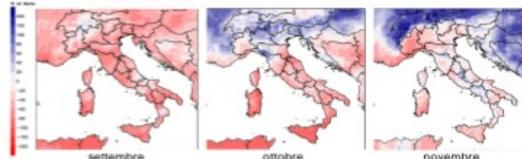
2023Autunno

ITALIA CONSORZIO LaMMA

PIOGGE: ancora un trimestre sotto media

Quanto è piovuto rispetto alla norma?

Il trimestre autunnale trascorso è stato caratterizzato da precipitazioni generalmente al di sotto dei valori attesi, soprattutto nelle regioni centro meridionali. Piogge abbondanti sull'arco alpino ed in Toscana in Ottobre. A Novembre piogge sotto media su buona parte del nord ovest, Sicilia e Sardegna, mentre sul resto dell'Italia peninsulare le precipitazioni sono risultate in media se non localmente superiori su alcune zone del nord est e del centro sud, in particolare sul nord della Toscana.



Il valore dell'anomalia di precipitazione è espresso come percentuale rispetto alla norma (o al Nord Ovest) del periodo 1991-2020.

DROUGHT CENTRAL
Osservatorio Siccità

[Bollettini mensili e previsioni](#)

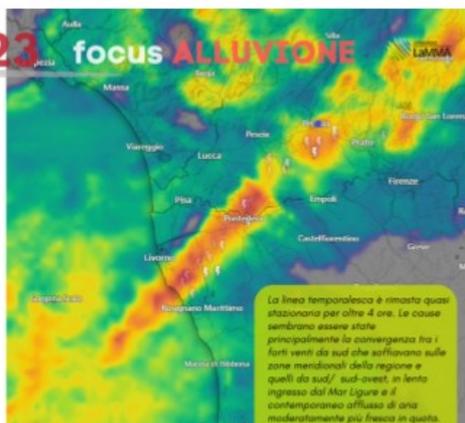
2023Autunno TOSCANA

anomalia temperatura **media** mensile



Fonte: Osservatorio Siccità

2023 focus ALLUVIONE



La linea temporalesca è rimasta quasi stazionaria per oltre 4 ore. Le cause sembrano essere state principalmente la convergenza tra i forti venti da sud che soffiavano sulle zone meridionali della regione e quelli da sud/ sud-ovest, in lento ingresso dal Mar Ligure e il contemporaneo afflusso di aria moderatamente più fresca in quota.

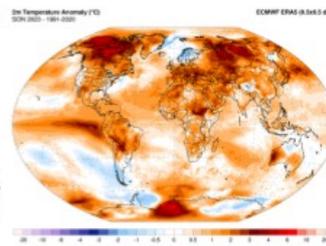
2023Autunno

CONSORZIO LaMMA

El Niño sempre più protagonista: anche in autunno la sua impronta sulla circolazione

La mappa mostra l'anomalia di temperatura superficiale (terra e mare) a livello globale per il periodo settembre-ottobre 2023.

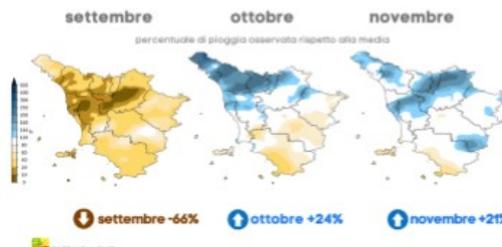
Il riscaldamento delle acque superficiali del Pacifico Occidentale Equatoriale ha superato in ottobre +15°C di anomalie, raggiungendo a fine novembre addirittura +2°C. Il Niño ha contribuito fortemente al riscaldamento a livello globale, con le anomalie più evidenti sul nord America, Asia, gran parte dell'Europa e su una porzione importante dell'Antartide.



FONTE: <https://climatecentral.org>

2023Autunno TOSCANA

anomalie mensili di precipitazione



Fonte: Osservatorio Siccità

GRAZIE PER L'ATTENZIONE!

Giulio Betti

Lamma / IBE (CNR) – socio AMPRO

betti@lamma.rete.toscana.it

www.lamma.rete.toscana.it