

C'È ANCORA LA CRISI CLIMATICA? COMPRENDERE E AGIRE PRIMA CHE SIA TROPPO TARDI: LA LEZIONE DELLA RANA BOLLITA

Mario C. Cirillo,
già Direttore del Dipartimento per la Valutazione, i Controlli e la Sostenibilità Ambientale dell'ISPRA

C'È ANCORA LA CRISI CLIMATICA?

1. COMPRENDERE

2. AGIRE

3. PRIMA CHE SIA TROPPO TARDI

IL 2023 E IL 2024 SONO STATI GLI ANNI PIÙ CALDI DA 100.000 (CENTOMILA!) ANNI A QUESTA PARTE

DOMANDA: Il pianeta nel passato (oltre 100.000 anni fa) è stato più caldo del 2023 e 2024, e sicuramente non per opera dell'uomo. Perché si afferma che il riscaldamento attuale è opera nostra?

RISPOSTA: Le variazioni climatiche del passato si sono dispiegate su scale di migliaia, decine di migliaia, centinaia di migliaia e milioni di anni. Su questa ed altre “obiezioni” cfr. per es. Betti, 2024.

Il clima è un sistema caotico altamente non lineare: lievi variazioni nell'orbita e nell'inclinazione dell'asse terrestre, la deriva dei continenti, eruzioni vulcaniche e impatti di asteroidi hanno innescato mutamenti che si amplificano tramite una serie di *feedback* provocando mutazioni come l'alternanza tra condizioni glaciali e periodi interglaciali con tempi dell'ordine delle decine e delle centinaia di migliaia di anni.

L'attuale dinamica del clima è enormemente più rapida: parliamo di tempi che vanno da decine a qualche centinaio d'anni. Ci stiamo inoltrando in un territorio totalmente inesplorato.

“Per la Terra, cent'anni equivalgono a un attimo: se un processo che prima avveniva in milioni di anni ora avviene in cento, la velocità può essere paragonata a quella di un'esplosione.” (Magnason, 2020, pag.81)

LE CAUSE

ALTRI GAS SERRA:

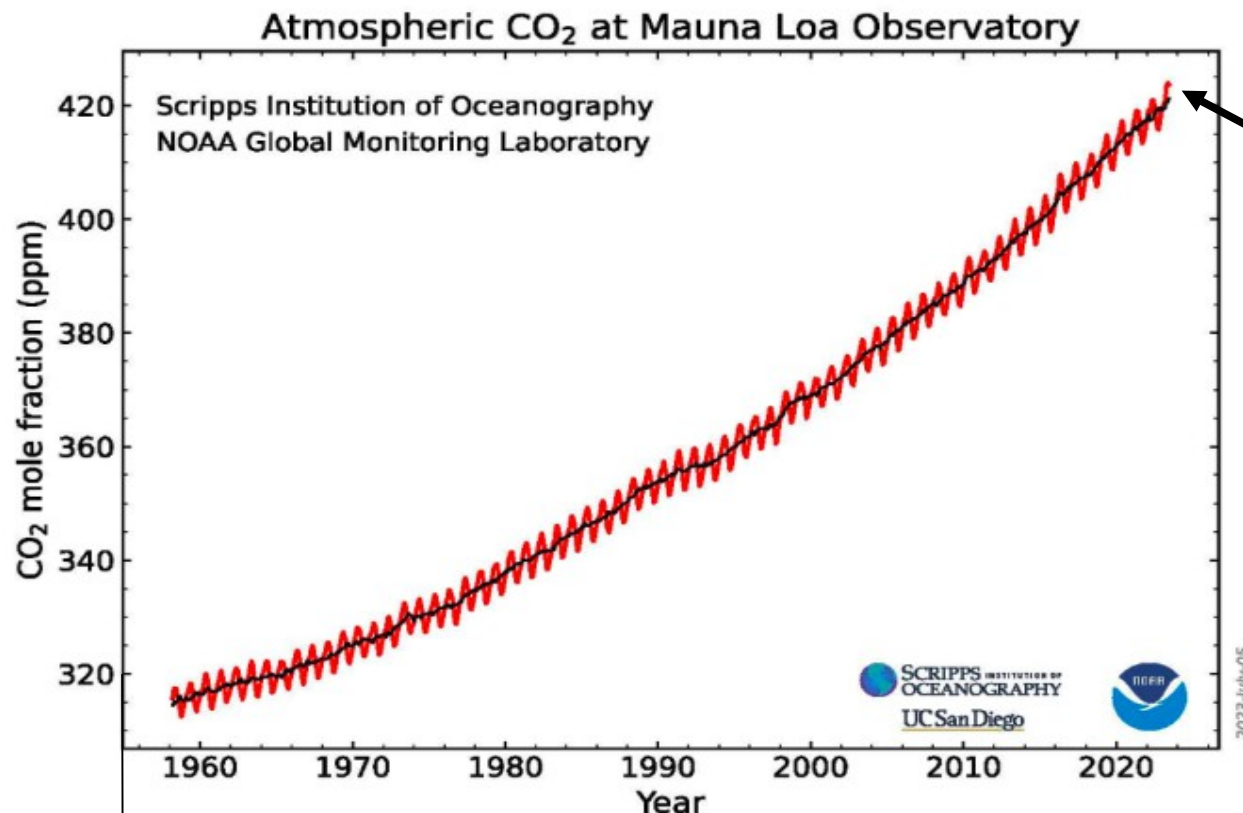
CH₄ metano

N₂O protossido di azoto

O₃ ozono

MPTGs: Montreal Protocol
Trace Gases

OTGs: Other Trace Gases



MAI VISTA UNA
CONCENTRAZIONE
SIMILE DI CO₂ DA
MILIONI DI ANNI A
QUESTA PARTE!
(cfr. per es.
CenCO2PIP, 2023)

280 ← Concentrazione CO₂ era preindustriale

Stable climate: in balance

Incoming
solar energy

Outgoing
energy



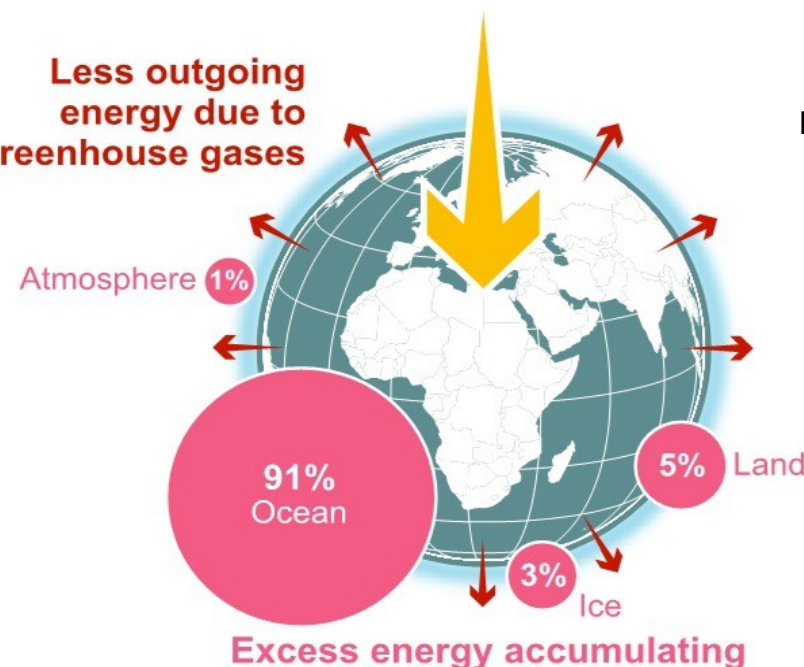
La “comfort zone” dell'Olocene, che per 11.700 anni circa ha favorito lo sviluppo della civiltà umana

Fonte: IPCC 2021, 2022

Today: imbalanced

Incoming
solar energy

Less outgoing
energy due to
greenhouse gases



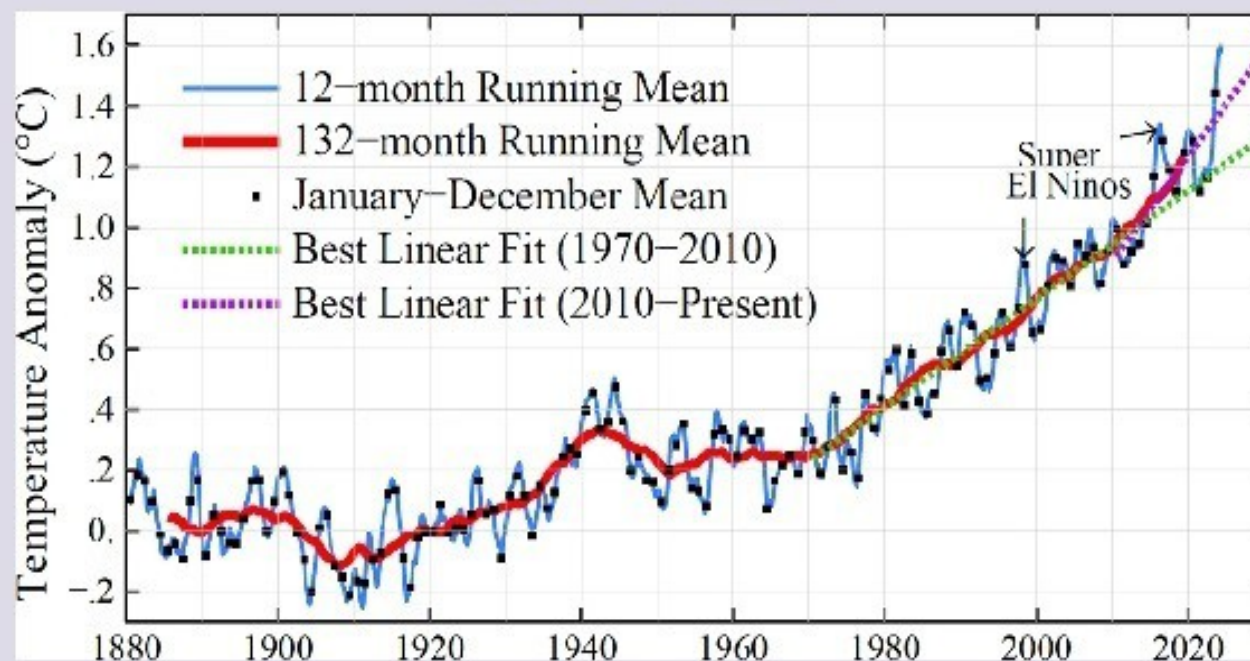
Quando un elemento forzante perturba il bilancio energetico della Terra, lo squilibrio induce un riscaldamento o un raffreddamento per ristabilire l'equilibrio

L'EMISSIONE DI GAS SERRA DA PARTE DELL'UOMO IMPRIME UNA VELOCITÀ DI CAMBIAMENTO MAI VISTA PRIMA SUL NOSTRO PIANETA

IL GLOBAL WARMING STA ACCELERANDO

Tra le possibili cause una persistente alta emissione di gas serra insieme alla riduzione dopo il 2010 delle emissioni di aerosol da navi soprattutto nel Nord Atlantico e Pacifico per i limiti introdotti dalla *International Maritime Organization (IMO)* (Copernicus, 2025; Hansen, 2025).

Global surface temperature change Temperature anomaly relative to 1880-1920



Fonte: Hansen et al., 2025

Nel periodo 1970-2010
l'incremento di
temperatura è di
0,18 °C/decade.

Nel periodo 2010-2023 è
di
0,30 °C/decade.

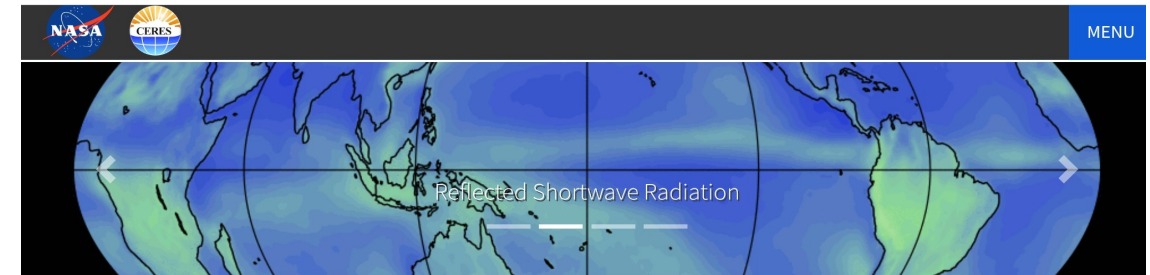
**L'ATTUALE
INCREMENTO DI
TEMPERATURA È
DECINE DI VOLTE
PIÙ RAPIDO CHE NEL
PASSATO**

“Nessun anno ha confuso le capacità predittive degli scienziati del clima più del 2023” (Schmidt, 2024)

LE OSSERVAZIONI SATELLITARI CONSENTONO LA MISURA DI GRANDEZZE CHE SAREBBE STATO IMPENSABILE MISURARE SOLO QUACHE DECENNIO FA

Il sistema CERES (*Clouds and Earth's Radiant Energy System*) della NASA fornisce tra le più spettacolari osservazioni che è possibile fare con le moderne tecniche di rilevazione.

**L'AMMINISTRAZIONE TRUMP HA
INTERROTTO FINANZIAMENTI ED ATTIVITÀ
DI RICERCA E MONITORAGGIO SUL CLIMA,
CON DANNI INCALCOLABILI SULLO
SVILUPPO DELLE CONOSCENZE IN UN
MOMENTO CRUCIALE DELLA EVOLUZIONE
CLIMATICA**



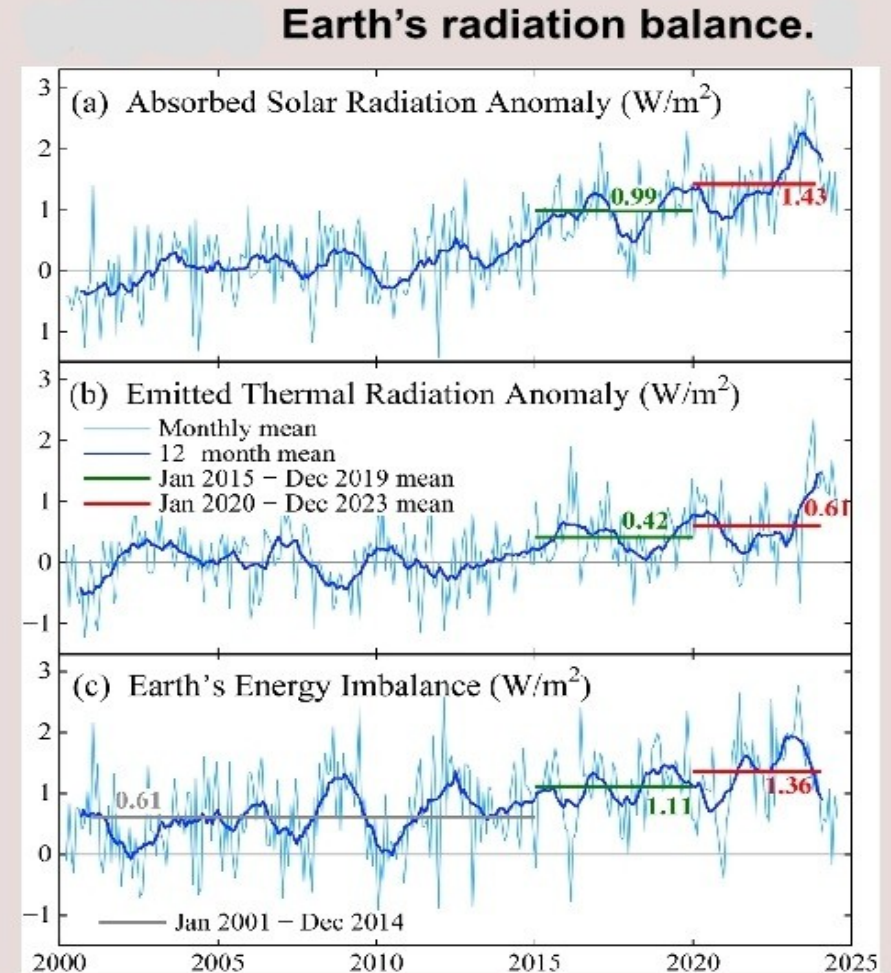
Due to the lapse in federal government funding, NASA is not updating this website. We sincerely regret this inconvenience.

Un esempio delle enormi possibilità offerte dal sistema di misura CERES della NASA: come evolve il bilancio energetico della Terra.

La misura dell'energia entrante (a) e di quella uscente (b) consente di calcolare per differenza lo squilibrio energetico in cui si trova il nostro pianeta (c).

**LE MISURE MOSTRANO COME LO
SQUILIBRIO ENERGETICO STIA
AUMENTANDO.**

**IL RISCALDAMENTO DEL PIANETA
STA ACCELERANDO.**



Fonte: Hansen, 2025. Dati CERES (Clouds and Earth's Radiant Energy System)

IMPLICAZIONI DEL RISCALDAMENTO GLOBALE PER LA SALUTE PUBBLICA E PER I RISCHI OCCUPAZIONALI

L'aumento in frequenza ed intensità di eventi estremi come ondate di calore, trombe d'aria, cicloni, inondazioni, incendi, eccetera aumenta gli impatti su mortalità e morbidità soprattutto nelle fasce più fragili della popolazione.

Un mondo che si riscalda favorisce la proliferazione di agenti patogeni e malattie infettive. Con inverni più miti vettori di malattie come zanzare, zecche, pappataci, mosche, pulci, pidocchi, ecc., possono diffondersi a latitudini e altitudini più elevate; inoltre questi stessi vettori, che in passato erano eliminati grazie alle (allora) usuali basse temperature invernali, sopravvivono più facilmente durante gli inverni più miti.

Quanto ai rischi occupazionali, è ora di trattare anche in Italia la problematica inerente all'influenza dei cambiamenti climatici su questi rischi.

PUNTI DI NON RITORNO (*TIPPING POINTS*)

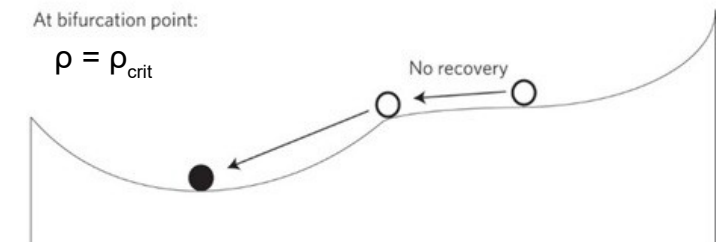
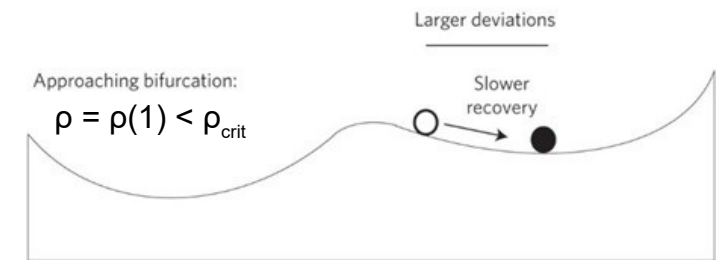
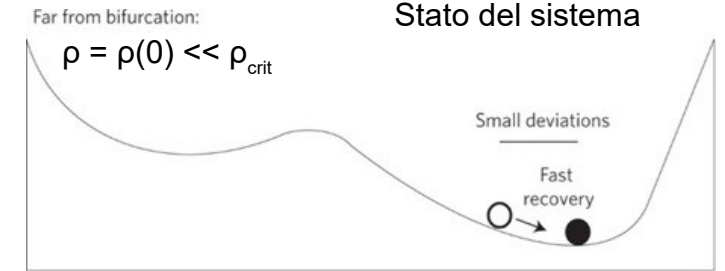
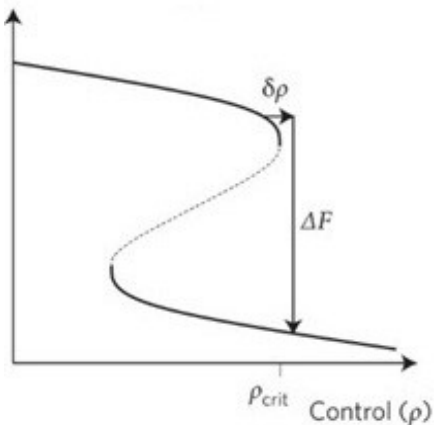
Cos'è un *tipping point*?

È una soglia critica oltre la quale un piccolo cambiamento porta a un effetto profondo, rapido e spesso irreversibile: anche se le cause iniziali dovessero cessare, la trasformazione rimane e non è possibile tornare indietro.

In sistemi complessi, caotici e fortemente non lineari come il clima, vi sono dei parametri caratterizzati da valori critici detti anche valori soglia. Allorché i valori dei parametri si avvicinano ai valori critici il sistema presenta delle instabilità che, in prossimità o superato il valore soglia, possono comportare un drastico cambiamento dello stato del sistema.

Quello che si cerca di fare è individuare degli indicatori (***early-warning signals – EWS***) che segnalano quando il sistema complesso è vicino a una fase di instabilità. Anche in questo caso si individuano dei valori critici di questi indicatori che rivelano l'approssimarsi dell'instabilità del sistema.

Stato del sistema



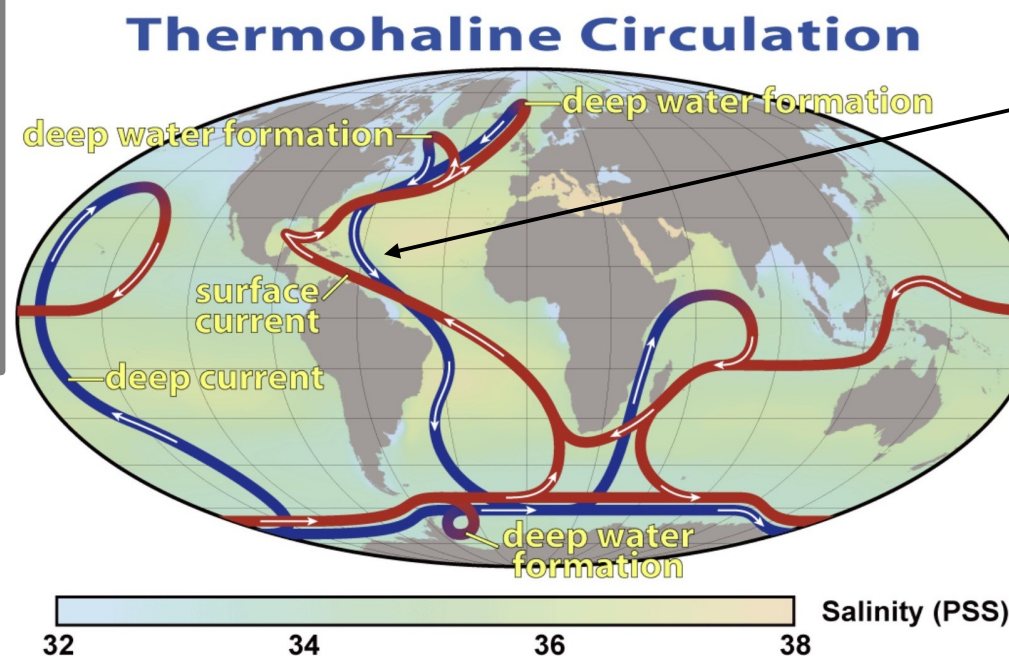
PUNTO DI NON RITORNO CLIMATICO: IL COLLASSO DELL'AMOC (*Atlantic Meridional Overturning Circulation*)

L'AMOC è una corrente che spazza da nord a sud tutto l'Oceano Atlantico, caratterizzata da un flusso di acqua calda da sud a nord negli strati superficiali, e da un flusso inverso di acqua fredda in profondità.

UNO DEGLI EFFETTI PIÙ DRAMMATICI DEL RISCALDAMENTO GLOBALE È IL FORTE RALLENTAMENTO O ADDIRITTURA IL COLLASSO DELL'AMOC.

CONTRARIAMENTE AI RAPPORTI IPCC (IPCC 2021, 2022), CHE INDICANO QUESTI COME EVENTI NON MOLTO PROBABILI IN TEMPI BREVI, VALUTAZIONI PIÙ RECENTI LANCIANO L'ALLARME.

Cfr. Boers, 2021; Ditlevsen & Ditlevsen, 2023; Romanou et al., 2023, van Westen et al., 2024; Rahmstorf, 2024; Hansen et al., 2025; Baker et al., 2025; Drijfhout et al. 2025, per menzionare solo alcune fra le più recenti pubblicazioni scientifiche sul tema.



AMOC, oggetto di analisi fin dagli anni '60

La circolazione termoalina è il movimento delle masse d'acqua negli oceani causato dalle differenze di densità dovute a variazioni di temperatura (termo-) e salinità (-alina). Essa ha una influenza importante sul clima globale.

L'AMOC trasporta immense quantità di calore – 50 volte i consumi energetici di tutta l'umanità! – dall'emisfero Sud all'emisfero Nord. E' questa corrente che rende temperato il clima dell'area euroatlantica.

Un suo stop implicherebbe un drammatico abbassamento delle temperature nell'Europa nord-occidentale, ed è sbagliato pensare che il riscaldamento globale compenserà questo raffreddamento: il risultato sarà una estremizzazione del freddo nel nord-Atlantico, inclusa l'Europa nord-occidentale, e del caldo altrove. Allo stesso tempo ci sarebbe un forte aumento in frequenza e intensità degli eventi estremi.

Questa enorme quantità di calore, che non si trasferirebbe all'emisfero nord, potrebbe imprimere una forte accelerazione alla fusione della calotta polare del *West Antarctica*, con un innalzamento del livello del mare di diversi metri nell'arco di 50-150 anni.

"TRE INDIZI FANNO UNA PROVA"

I più recenti dati osservazionali (1), dati paleoclimatici (2), modellizzazioni (3), indicano che l'AMOC, che si sta indebolendo ormai da parecchi decenni, si troverebbe in un regime bistabile, cioè relativamente vicino alla soglia critica del *tipping point*. Ciò potrebbe implicare un imminente crollo dell'AMOC intorno alla metà di questo secolo, in particolare se lo scenario emissivo non muta in meglio rispetto alla situazione attuale.

- DRAMMATICO ABBASSAMENTO DELLE TEMPERATURE NELL'AREA NORD ATLANTICA

- INNALZAMENTO DEL LIVELLO DEI MARI DI DIVERSI METRI, CON IMPATTI IN PARTICOLARE SULLE METROPOLI COSTIERE

TUTTO QUESTO NELL'ARCO DI ALCUNI DECENNI, SE SI VERIFICASSE IL COLLASSO DELL'AMOC

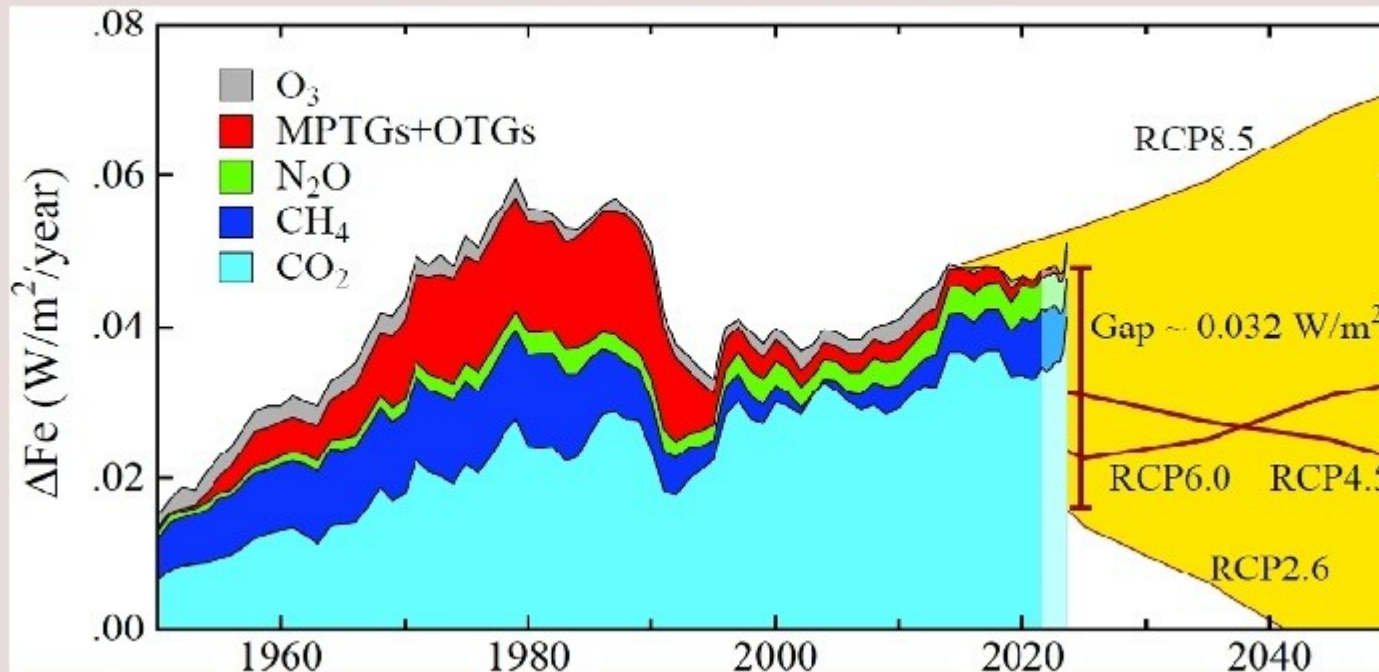
DOVREBBE ESSERE APPLICATO IL PRINCIPIO DI PRECAUZIONE, MOLTO SEMPLICEMENTE.

**È ESSENZIALE RENDERE CONSAPEVOLI OPINIONE PUBBLICA E DECISORI DELLO STATO DELLE COSE
NON NE SENTO PARLARE**

EVITARE PUNTI DI NON RITORNO DOVREBBE ESSERE LA MAX PRIORITÀ: QUALI AZIONI?

Nei diversi scenari - RCP (Representative Concentration Pathway) i numeri indicano per ogni scenario le forzanti attese a fine secolo in W/m^2 : per es. RCP2.6 significa una forzante attesa per fine secolo di $2,6 W/m^2$.

Annual growth of greenhouse gas forcing and various IPCC climate forcing scenarios.



Fonte: Hansen et al., 2025

RCP2.6 è lo scenario emissivo che porta a fine secolo un incremento di temperatura inferiore a $2^{\circ}C$ ($1,8^{\circ}C$).

Attualmente le emissioni sono più prossime allo scenario RCP8.5, che comporta a fine secolo un incremento di temperatura pari a $4,4^{\circ}C$.

LO SCENARIO GEOPOLITICO ATTUALE NON FA BEN SPERARE

A fine luglio 2025 è uscito il rapporto *A Critical Review of Impacts of Greenhouse Gas Emissions on the U.S. Climate*, del *US Department of Energy* (DOE). Sul sito del DOE c'è scritto:

“Among the key findings, the report concludes that carbon dioxide (CO₂)-induced warming appears to be less damaging economically than commonly believed, and that aggressive mitigation strategies could be more harmful than beneficial. Additionally, the report finds that U.S. policy actions are expected to have undetectably small direct impacts on the global climate and any effects will emerge only with long delays.”

Poco importa se scienziati citati nel rapporto hanno dichiarato che la loro ricerca è stata utilizzata impropriamente e manipolata: il documento ha l'obiettivo di deregolamentare l'emissione dei gas serra, assecondando lo slogan di Trump “*drill baby drill*”.

IN QUESTA SITUAZIONE QUALI AZIONI SI POSSONO FARE A LIVELLO GLOBALE?

ENERGIA NUCLEARE: in una prospettiva caratterizzata da consumi energetici crescenti – si pensi alla fame di energia per lo sviluppo e utilizzo dell'IA – non appare possibile, a fronte del manifesto fallimento di una diffusione a scala globale di pratiche di efficienza e risparmio energetico, decarbonizzare senza ricorrere all'energia nucleare da fissione e – in prospettiva – da fusione.

GEOINGEGNERIA: a fronte dell'inseverirsi degli impatti climatici sarà inevitabile ricorrere a tecniche di geoingegneria climatica atte a ridurre in qualche modo la radiazione solare che raggiunge la Terra, allo scopo di controbilanciare in qualche modo il riscaldamento prodotto dall'effetto serra, ad esempio spargendo aerosol nell'alta o nella bassa atmosfera, con inevitabili effetti collaterali indesiderati (Cirillo, 2023). Allo stesso tempo occorre rendere tecnicamente ed economicamente perseguibile la cattura e il sequestro del carbonio in atmosfera.

E L'ITALIA?

ALL'ITALIA NON RESTA CHE PERSEGUIRE UNA STRATEGIA DI ADATTAMENTO, COSA CHE AL MOMENTO FA POCO E MALE, SOPRATTUTTO A LIVELLO CENTRALE (Cirillo, 2025a)

LA “STORIA DELLA RATA BOLLITA” BEN ILLUSTRATA LA TRAIETTORIA VERSO CUI SI È INCAMMINATA L'UMANITÀ (Cirillo, 2025b).

CON LA CRISI CLIMATICA NON È MAI TROPPO TARDI E, AL TEMPO STESSO, È SEMPRE TROPPO TARDI.

PERCHÈ?

PERCHÈ I TEMPI DEL CLIMA NON SONO QUELLI DELL'ESSERE UMANO

La crisi climatica non ha le peculiarità che caratterizzano i pericoli ai quali l'umanità è abituata a fare fronte, in particolare il collegamento immediato tra cause ed effetti.

La lentezza con cui si percepiscono i cambiamenti climatici porta ad anteporre, sia nell'agenda politica che nella pubblica opinione, altre emergenze che “emergono” molto più rapidamente e si decifrano meglio: la guerra, l'economia, l'immigrazione, la pandemia, ..., mettendo il *climate change* in secondo o terzo piano (Cirillo, 2022a).

L'emergenza climatica è tutt'altro che un'emergenza. I primi studi sono dell'800. Le grandi compagnie petrolifere, considerando l'abbattimento delle emissioni di CO₂ come una minaccia ai loro colossali affari, si sono impegnate con ogni mezzo, fin dagli anni '60 del secolo scorso, a minimizzare il problema o addirittura negarlo, delegittimando la scienza del clima (cfr. per es. Vaillant, 2024).

QUESTO PROBLEMA È ACUITO DELLA TIMIDEZZA, CHE ESONDA SPESSO IN RETICENZA, DEI RICERCATORI E DEGLI SCIENZIATI CHE STUDIANO IL CLIMA.

QUALI I MOTIVI?

- * DISAGIO – SE NON PEGGIO – DI FRONTE ALL'ENTITÀ DEL PROBLEMA (Capstick et al., 2022).**
- * PROPENSIONE A NON “TURBARE” LA PUBBLICA OPINIONE.**
- * PRESSIONI DA PARTE DI POLITICI E GIORNALISTI – ANCHE DI RIVISTE SCIENTIFICHE! – A “VEDERE IL BICCHIERE MEZZO PIENO”.**

**CHI PAGA MAGGIORMENTE IL PREZZO DI QUESTA SITUAZIONE
SONO I NOSTRI FIGLI, NIPOTI E PRONIPOTI.**

**QUESTO SOLLEVA UN PROBLEMA ETICO DI DIMENSIONI
COLOSSALI, PERCHÈ UNA MODIFICA DEL CLIMA DA PARTE
DEGLI UMANI QUALE QUELLA CHE SI STA REALIZZANDO
ATTUALMENTE NON HA PRECEDENTI NELLA STORIA, E
COMPORTERÀ DANNI INCALCOLABILI ALLE PROSSIME
GENERAZIONI (CIRILLO, 2022b).**

MA NON SE NE PARLA COME SI DOVREBBE

PER APPROFONDIRE

Baker, J. A. , M. J. Bell, L. C. Jackson, G. K. Vallis, A. J. Watson & R. A. Wood (2025) Continued Atlantic overturning circulation even under climate extremes, *Nature* | Vol 638 | 27 February 2025, pages 987-994. <https://doi.org/10.1038/s41586-024-08544-0>

Betti, G. (2024) *Ha sempre fatto caldo! E altre comode bugie sul cambiamento climatico*. Aboca.

Boers, N. (2021): Observation-based early-warning signals for a collapse of the Atlantic Meridional Overturning Circulation. - *Nature Climate Change*, 11, 8, 680-688.
<https://doi.org/10.1038/s41558-021-01097-4>

Capstick, S., A. Thierry, E. Cox, O. Berglund, S. Westlake & J. K. Steinberger (2022) Civil disobedience by scientists helps press for urgent climate action. *Nature Climate Change* volume 12, pages 773–774 (sep. 2022). <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01461-y>

CenCO2PIP (2023) *Toward a Cenozoic history of atmospheric CO₂. The Cenozoic CO₂ Proxy Integration Project (CenCO2PIP) Consortium, Science, 8 Dec 2023, Vol 382, Issue 6675*. Alla ricerca, durata 7 anni, hanno partecipato più di 80 ricercatori di 16 Paesi. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.adi5177>

Cirillo, M.C. (2022a) *Dialogo dell'anima del mondo con un pensionato*. FOCSIV <https://www.focsiv.it/dialogo-dellanima-del-mondo-con-un-pensionato/>

Cirillo, M.C. (2022b) *Dialogo dell'anima del mondo con una mamma*. FOCSIV. <https://www.focsiv.it/dialogo-dellanima-del-mondo-con-una-mamma/>

Cirillo, M.C. (2023) *Dialogo dell'anima del mondo con un tecnofilo*. FOCSIV. <https://www.focsiv.it/dialogo-dellanima-del-mondo-con-un-tecnofilo/>

Cirillo, M.C. (2025a) *Defend Italy, dalle aggressioni del Climate Change*. Ambiente e non solo... <https://ambientenonsolo.com/defend-italy-dalle-aggressioni-del-climate-change/>

Cirillo, M.C. (2025b) *La crisi climatica e la storia della rana bollita*. Ambiente e non solo ... <https://ambientenonsolo.com/la-crisi-climatica-e-la-storia-della-rana-bollita/>

Copernicus (2025) Global Climate Highlights 2025. The 2024 Annual Climate Summary. 10th January 2025.
https://climate.copernicus.eu/global-climate-highlights-2024?utm_source=socialmedia&utm_medium=bs&utm_campaign=global-climate-highlights-2024

Ditlevsen, P. & S. Ditlevsen (2023) *Warning of a forthcoming collapse of the Atlantic meridional overturning circulation*. Nature Communication, Published online: 25 July 2023.
<https://www.nature.com/articles/s41467-023-39810-w>

Drijfhout, S., et al. (2025) *Shutdown of northern Atlantic overturning after 2100 following deep mixing collapse in CMIP6 projections*. Environ. Res. Lett. 20 094062.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/adfa3b>

Hansen, J. E., et al. (2025) *Global Warming Has Accelerated: Are the United Nations and the Public Well-Informed?* Environment: Science and Policy for Sustainable Development, 67:1, 6-44, DOI: 10.1080/00139157.2025.2434494. <https://doi.org/10.1080/00139157.2025.2434494>

IPCC (2021, 2022) Rapporti dell'IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) relativi al VI ciclo di valutazione, 2021-2022. <https://ipccitalia.cmcc.it/ar6-sesto-rapporto-di-valutazione/>

Magnason, A.S. (2020) *Il tempo e l'acqua*. Iperborea.

Rahmstorf, S. (2024) *Is the Atlantic Overturning Circulation approaching a tipping point?* Oceanography, Vol. 37, No.3, Sep. 2024, 17-29. <https://tos.org/oceanography/assets/docs/37-rahmstorf.pdf>

Romanou, A. et al. (2023) *Stochastic Bifurcation of the North Atlantic Circulation under a Midrange Future Climate Scenario with the NASA-GISS ModelE*. Journal of Climate, Vol. 36, 15 Sep. 2023, 6141-6161.
<https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/36/18/JCLI-D-22-0536.1.xml>

Schmidt, G. (2024) *Why 2023's heat anomaly is worrying scientists*. Nature 627, pag. 467, 2024, <https://doi.org/10.1038/d41586-024-00816-z>

Vaillant, J. (2024) *L'età del fuoco. Una storia vera da un mondo sempre più caldo*. Iperborea.

van Westen, R.M., M. Kliphuis & H. A. Dijkstra. (2024) *Physics-based early warning signal shows that AMOC is on tipping course*. Science Advances 9 Feb 2024, Vol 10, Issue 6. <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.adk1189>

Grazie dell'attenzione

mario.cirillo@tiscali.it