

Università di Parma – Anno Accademico 2024-2025

Corso di cambiamenti climatici

Prof. Stefano Caserini

Fenomenologia del cambiamento climatico:
cause naturali ed antropiche, scenari e proiezioni future

La scienza del clima in 10 piccoli passi sicuri

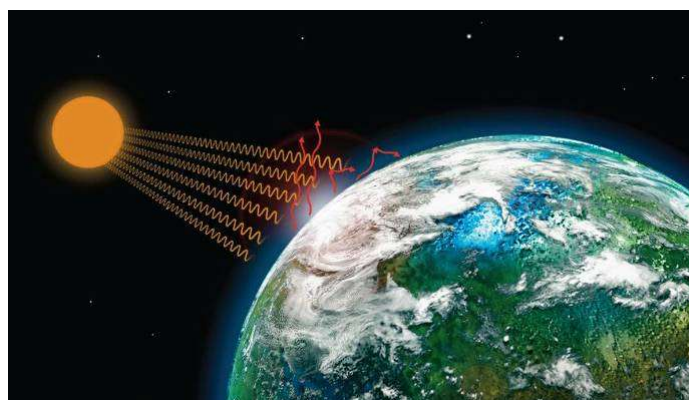
La scienza del clima in 10 piccoli passi sicuri

1. Sul pianeta esiste un effetto serra
2. Le attività umane stanno aumentando la presenza dei gas serra nell'atmosfera, portandole a livelli senza precedenti da milioni di anni
3. Le cause dell'aumento di CO₂ e degli altri gas serra sono ben note
4. Il pianeta si sta scaldando, in modo molto più rapido che nel passato
5. Il riscaldamento è dovuto alle attività umane
6. Il riscaldamento dell'atmosfera innesca dei feedback nel sistema climatico terrestre
7. Le variazioni del sistema climatico hanno conseguenze per gli ecosistemi e le società umane
8. Il futuro cambiamento climatico dipende dalle emissioni future
9. Limitare il riscaldamento richiede emissioni nette di gas serra pari a zero
10. Il sistema climatico ha una grande inerzia

Su questi 10 passi c'è un vastissimo consenso scientifico



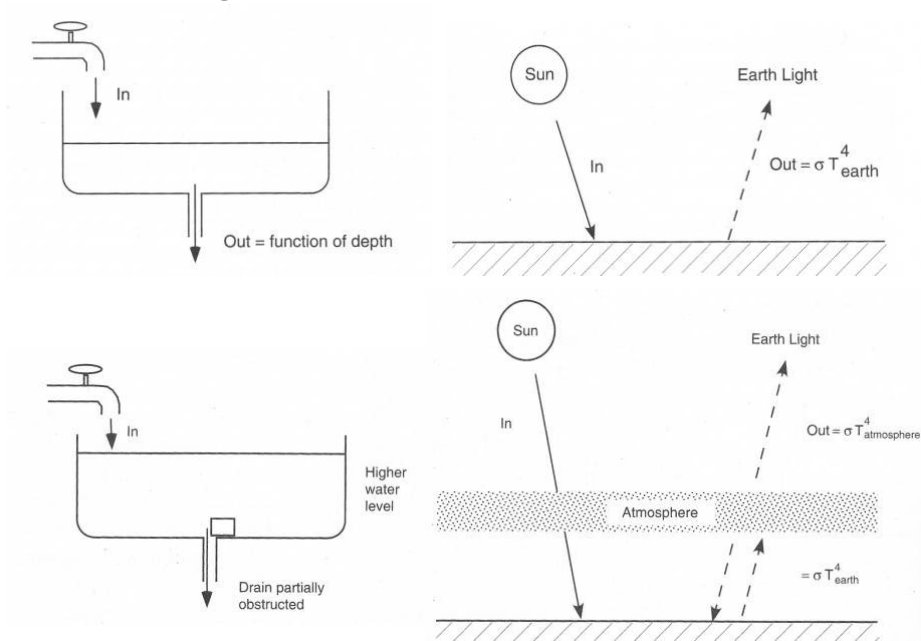
L'effetto serra è un fenomeno naturale, consistente nel “rallentamento” del trasferimento delle radiazioni infrarosse (a grande lunghezza d'onda), dalla superficie terrestre verso lo spazio.



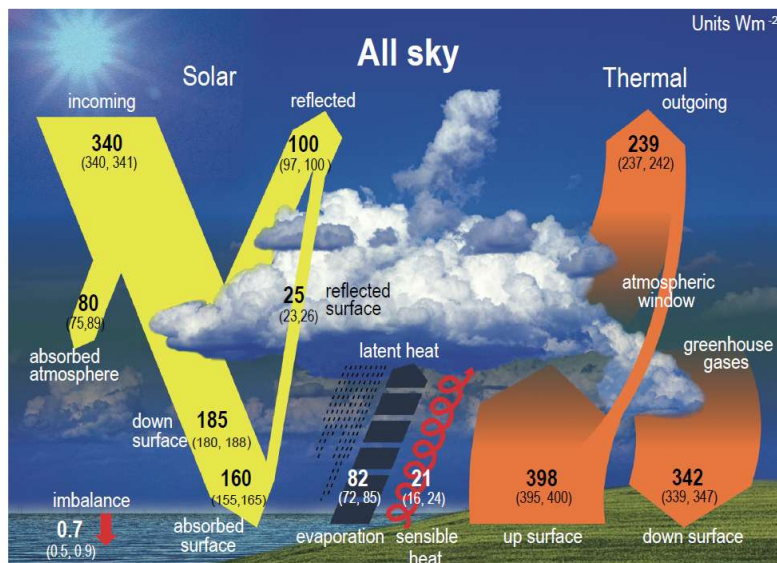
L'esistenza dell'effetto serra, come fenomeno naturale, è dimostrabile analizzando l'equilibrio energetico terrestre e considerando che l'attuale temperatura media alla superficie è di circa 15°C

Analogia "idraulica"

Fonte: D. Archer, The long thawn.



Rappresentazione schematica del bilancio energetico medio globale della Terra nelle attuali condizioni climatiche



Fonte: IPCC, AR6-WG1-Fig.7.2 (Intergovernmental Panel on Climate Change, Assessment Report 6, Working Group 1, capitolo 7, figura 7.2)

La scienza del clima in 10 piccoli passi

1. Sul pianeta esiste un effetto serra
2. Le attività umane stanno aumentando la presenza dei gas serra nell'atmosfera, portandole a livelli senza precedenti da milioni di anni
3. Le cause dell'aumento di CO₂ e degli altri gas serra sono ben note
4. Il pianeta si sta scaldando, in modo molto più rapido che nel passato
5. Il riscaldamento è dovuto alle attività umane
6. Il riscaldamento dell'atmosfera innesca dei feedback nel sistema climatico terrestre
7. Le variazioni del sistema climatico hanno conseguenze per gli ecosistemi e le società umane
8. Il futuro cambiamento climatico dipende dalle emissioni future
9. Limitare il riscaldamento richiede emissioni nette di gas serra pari a zero
10. Il sistema climatico ha una grande inerzia

I principali gas serra che aumentano l'effetto serra terrestre:

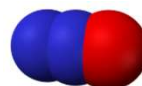


CO₂ : anidride carbonica o biossido di carbonio, presente oggi in atmosfera con concentrazioni di circa 423 parti per milione (ppm)

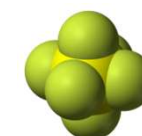
In «CO₂» il 2 si scrive con il pedice



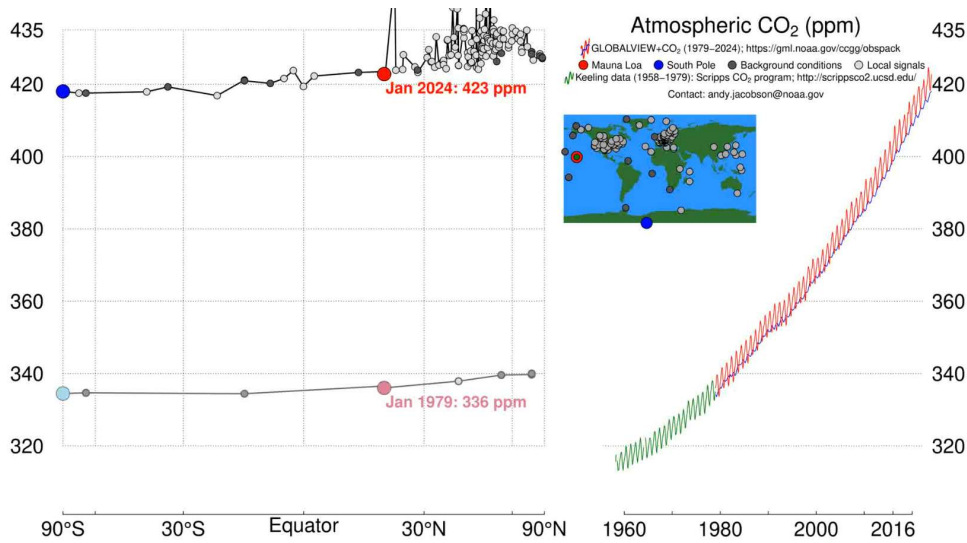
CH₄ : metano, presente in circa 1,94 ppm



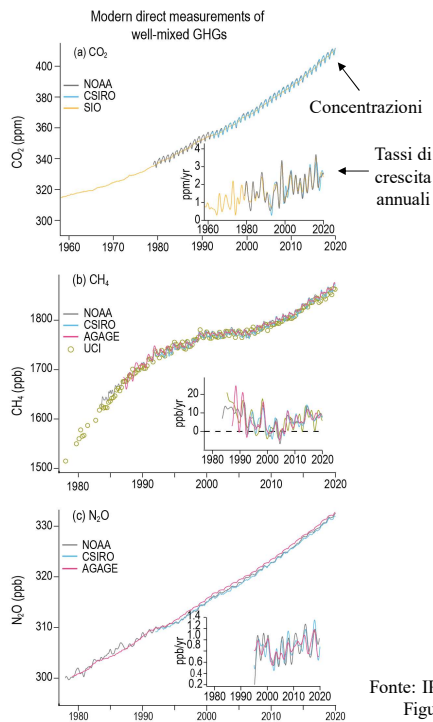
N₂O : protossido di azoto: presente in circa 0,338 ppm (338 ppb, parti per miliardo)



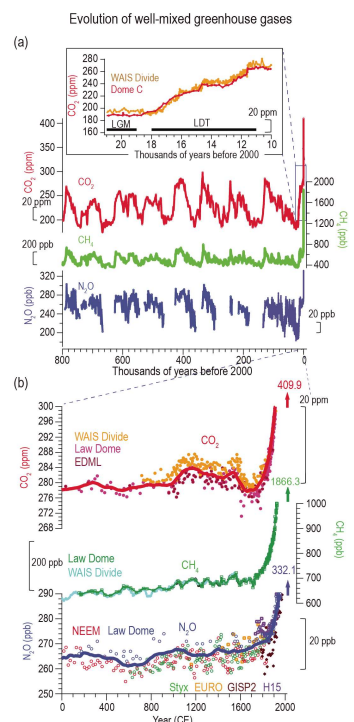
F-gas : miscela di gas fluorurati, ossia contenenti fluoro, presenti in piccolissime quantità nell'aria. Esempio: SF₆, esafluoruro di zolfo, presente in atmosfera in circa 0,0000119 ppm (11,9 ppt – parti per trilione)



Fonte: The Global Monitoring Laboratory (GML) of the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/>



Fonte: IPCC-AR6-WG1, Figure 2.4 e 2.5



Naturalmente non sono mancate le tesi “alternative” (infondate)

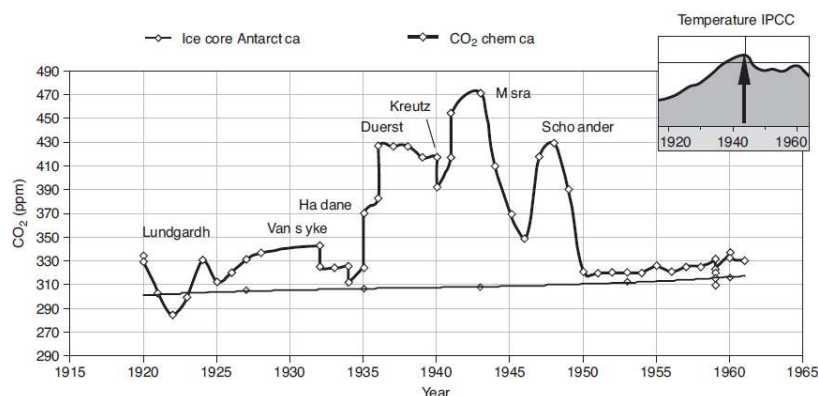


Figure 13: The northern hemisphere 1942 CO₂ maximum, delineated by historical chemical analysis. Includes ice core data by Neftel et al. [33] and IPCC temperature for orientation.

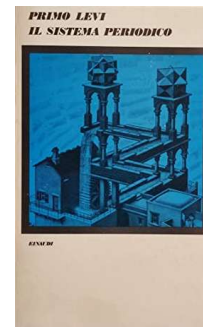
Fonte: Beck E. G. (2007) 180 years of atmospheric CO₂ gas by chemical methods. Energy and Environment, 18, 2, 259-282.

“Tutti i grafici con le concentrazioni di biossido di carbonio diffusi dall'Ipcc e ripresi nel film-documentario dell'ex presidente americano Al Gore costituirebbero una frode colossale. A dichiararlo alla stampa è stato un pool di scienziati tedeschi di Friburgo capitanati dal Prof. Ernst-Georg Beck...” (da www.meteolive.it)

La scienza del clima in 10 piccoli passi

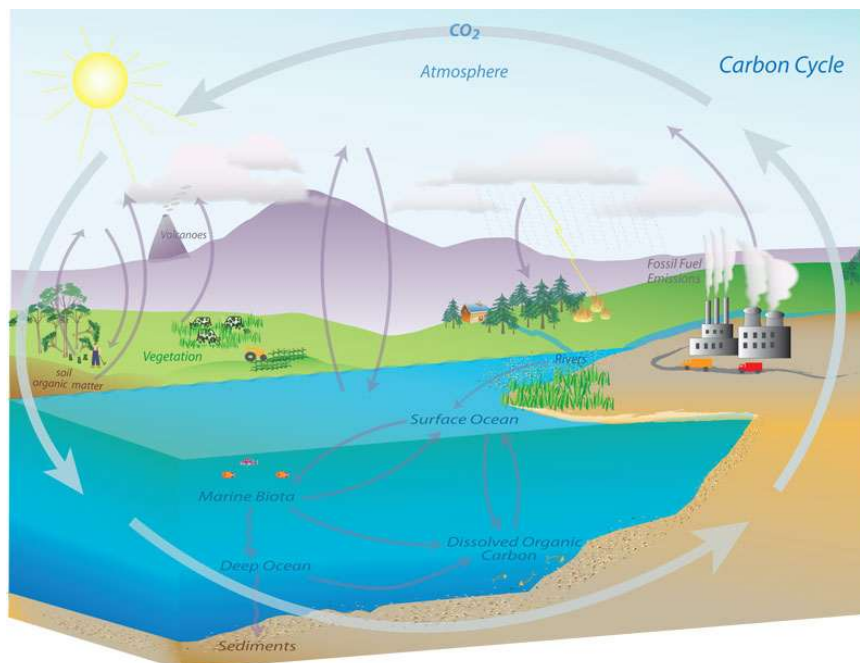
1. Sul pianeta esiste un effetto serra
2. Le attività umane stanno aumentando la presenza dei gas serra nell'atmosfera, portandole a livelli senza precedenti da milioni di anni
3. **Le cause dell'aumento di CO₂ e degli altri gas serra sono ben note**
4. Il pianeta si sta scaldando, in modo molto più rapido che nel passato
5. Il riscaldamento è dovuto alle attività umane
6. Il riscaldamento dell'atmosfera innesca dei feedback nel sistema climatico terrestre
7. Le variazioni del sistema climatico hanno conseguenze per gli ecosistemi e le società umane
8. Il futuro cambiamento climatico dipende dalle emissioni future
9. Limitare il riscaldamento richiede emissioni nette di gas serra pari a zero
10. Il sistema climatico ha una grande inerzia

Così avviene, dunque, che ogni elemento dica qualcosa a qualcuno (a ciascuno una cosa diversa), come le valli o le spiagge visitate in giovinezza: si deve forse fare un'eccezione per il carbonio, perché dice tutto a tutti, e cioè non è specifico, allo stesso modo che Adamo non è specifico come antenato; a meno che non si ritrovi oggi (perché no?) il chimico-stilista che ha dedicato la sua vita alla grafite o al diamante. Eppure, proprio verso il carbonio ho un vecchio debito, contratto in giorni per me risolutivi. Al **carbonio**, elemento della vita, era rivolto il mio primo sogno letterario, insistentemente sognato in un'ora e in un luogo nei quali la mia vita non valeva molto: ecco, volevo raccontare la storia di un atomo di carbonio.



H																	He																														
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne																														
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar																														
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																														
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe																														
Cs	Ba	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn																															
Fr	Ra	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og																															
<table border="1"> <tr> <td>La</td><td>Ce</td><td>Pr</td><td>Nd</td><td>Pm</td><td>Sm</td><td>Eu</td><td>Gd</td><td>Tb</td><td>Dy</td><td>Ho</td><td>Er</td><td>Tm</td><td>Yb</td><td>Lu</td> </tr> <tr> <td>Ac</td><td>Th</td><td>Pa</td><td>U</td><td>Np</td><td>Pu</td><td>Am</td><td>Cm</td><td>Bk</td><td>Cf</td><td>Es</td><td>Fm</td><td>Md</td><td>No</td><td>Lr</td> </tr> </table>																		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu																																	
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr																																	

(disponibile file audio lettura - su Elly)



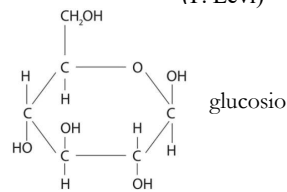
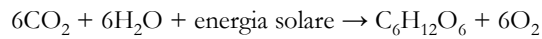
Fonte: Farmer and Cook, 2013

L'anidride carbonica... non è uno dei componenti principali dell'aria, bensì un rimasuglio ridicolo, un'impurezza" trenta volte meno abbondante dell'argon di cui nessuno si accorge... da questa sempre rinnovata impurezza dell'aria veniamo noi: noi animali e noi piante, e noi specie umana, coi nostri quattro miliardi di opinioni discordi, i nostri millenni di storia, le nostre guerre e vergogne e nobiltà e orgoglio.

(P. Levi)

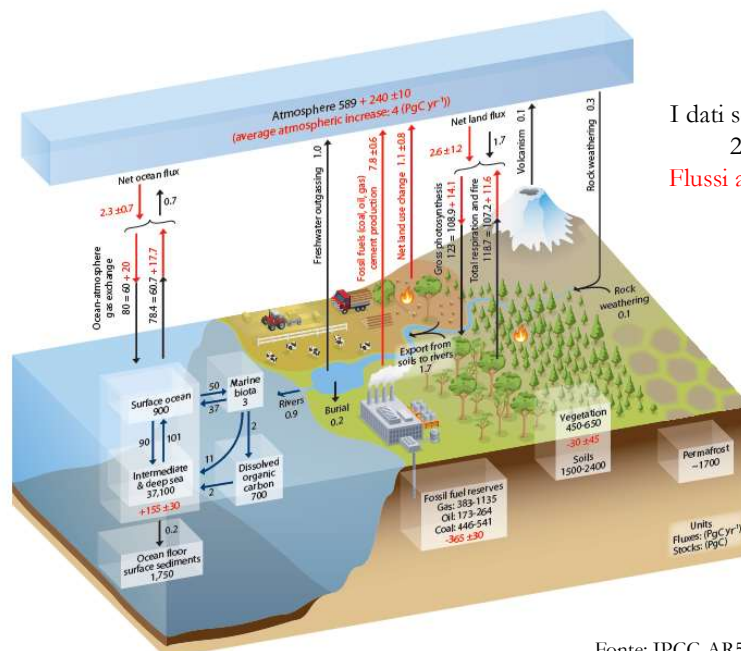
Ora il nostro atomo è inserito: fa parte di una struttura,... E' una bella struttura ad anello, un esagono quasi regolare, che però va soggetto a complicati scambi ed equilibri con l'acqua in cui sta sciolto; perché ormai sta sciolto in acqua, anzi, nella linfa della vite, e questo, di stare sciolti, è obbligo e privilegio di tutte le sostanze che sono destinate a (stavo per dire "desiderano") trasformarsi.

(P. Levi)



→ Primo Levi (1975) Il Sistema Periodico – Carbonio

Il ciclo biogeochimico del carbonio – IPCC-AR5



I dati sono valori medi 2002-2009.
Flussi antropogenici in rosso

Fonte: IPCC-AR5, WG1, Fig. 6.1

L'EMISSIONE è la **massa di una sostanza** (ad esempio: tonnellate di CO₂) scaricata **in un certo intervallo di tempo** (ad esempio: un anno) nell'atmosfera. È un flusso.

L'unità di misura di un'emissione sarà ad es. t CO₂/anno (tonnellate all'anno), kt/anno, Mt/anno, Gt/anno, ecc.

kt = migliaia di tonnellate Mt = milioni di t Gt = miliardi di t

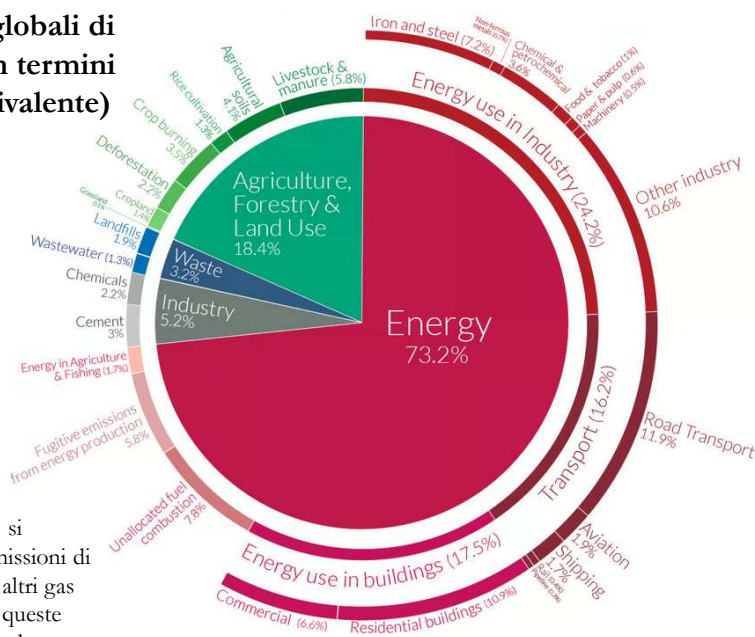
Emissioni annuali di CO₂ nel 2024: circa **40 Gt di CO₂**
(circa 5 t di CO₂ per abitante)

Emissioni cumulate: le emissioni di ogni anno si sommano alle emissioni degli anni precedenti. Emissioni cumulate di CO₂ nel 2022: **1800 Gt di CO₂**

La PRESENZA di un inquinante in un dato comparto ambientale (aria, oceano, suolo, sottosuolo) è la **massa di inquinante** (ad esempio: tonnellate) contenuta **nel comparto stesso**. È uno «stock».

L'unità di misura di uno stock sarà ad es. tonnellate oppure, kt o Mt o Gt.

Emissioni globali di gas serra (in termini di CO₂ equivalente)



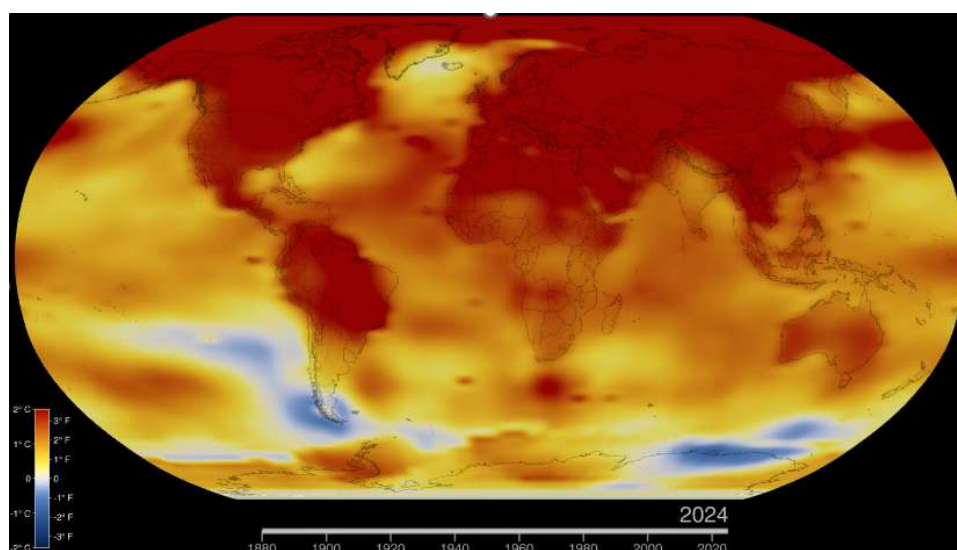
CO₂ equivalente: si sommano alle emissioni di CO₂ quelle degli altri gas serra, «pesando» queste emissioni in base al potere riscaldante in un determinato periodo di tempo

<https://ourworldindata.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions>

La scienza del clima in 10 piccoli passi

1. Sul pianeta esiste un effetto serra
2. Le attività umane stanno aumentando la presenza dei gas serra nell'atmosfera, portandole a livelli senza precedenti da milioni di anni
3. Le cause dell'aumento di CO₂ e degli altri gas serra sono ben note
4. **Il pianeta si sta scaldando, in modo molto più rapido che nel passato**
5. Il riscaldamento è dovuto alle attività umane
6. Il riscaldamento dell'atmosfera innesca dei feedback nel sistema climatico terrestre
7. Le variazioni del sistema climatico hanno conseguenze per gli ecosistemi e le società umane
8. Il futuro cambiamento climatico dipende dalle emissioni future
9. Limitare il riscaldamento richiede emissioni nette di gas serra pari a zero
10. Il sistema climatico ha una grande inerzia

“Il riscaldamento del pianeta è inequivocabile” (IPCC, AR4, 2007)



L'Hockey stick La mazza da Hockey

Global-scale temperature patterns and climate forcing over the past six centuries

Michael E. Mann*, Raymond S. Bradley* & Malcolm K. Hughes*

Articolo pubblicato su Nature, 1998

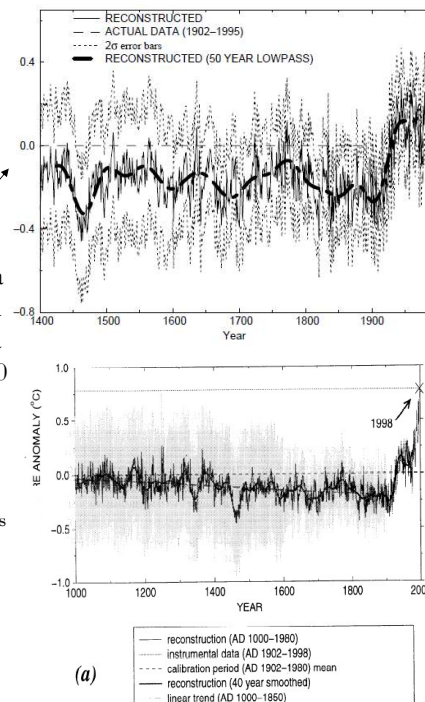
Variazione della temperatura media dell'emisfero nord, in °C, rispetto alla temperatura media del periodo 1902-1980

GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 26, NO. 6, PAGES 759-762, MARCH 15, 1999

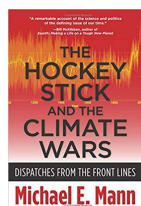
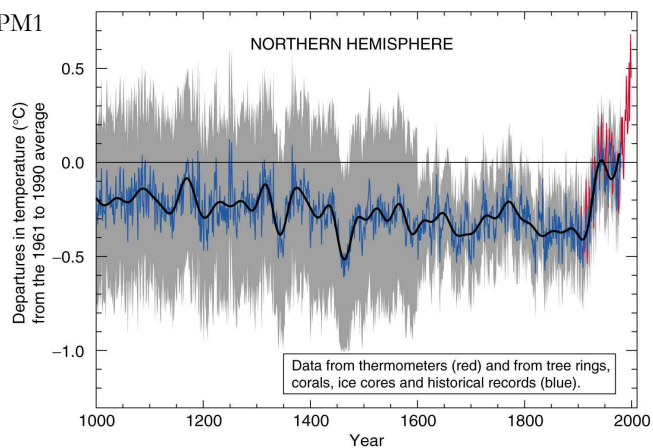
Northern Hemisphere Temperatures During the Past Millennium: Inferences, Uncertainties, and Limitations

Michael E. Mann and Raymond S. Bradley
Department of Geosciences, University of Massachusetts, Amherst Massachusetts

Malcolm K. Hughes
Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona, Tucson, Arizona



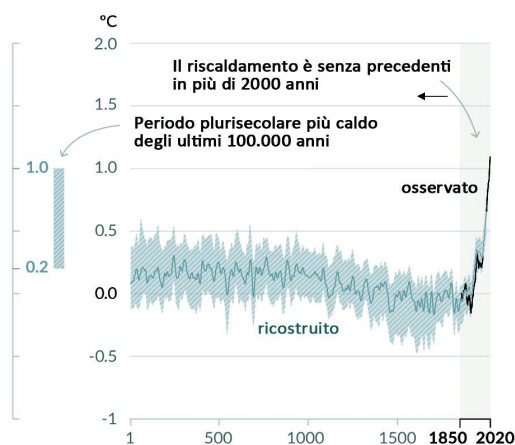
IPCC-AR3, WG1, Fig. SPM1
(anno 2001)



IPCC-AR6-WG1, SPM

L'aumento delle temperature media globale dell'ultimo secolo non ha precedenti negli ultimi 2000 anni e più

a) Variazione della temperatura superficiale globale (media decennale) come **ricostruita** (1-2000) e **osservata** (1850-2020)



La temperatura superficiale globale è aumentata più rapidamente dal 1970 che in qualsiasi altro periodo di 50 anni almeno negli ultimi 2000 anni (alta confidenza).

Le temperature medie del decennio più recente (2011-2020) superano quelle del più recente periodo caldo plurisecolare, circa 6500 anni fa [da 0,2°C a 1°C rispetto al 1850-1900] (media confidenza).

IPCC-AR6-WG1, SPM

La scienza del clima in 10 piccoli passi

1. Sul pianeta esiste un effetto serra
2. Le attività umane stanno aumentando la presenza dei gas serra nell'atmosfera, portandole a livelli senza precedenti da milioni di anni
3. Le cause dell'aumento di CO₂ e degli altri gas serra sono ben note
4. Il pianeta si sta scaldando, in modo molto più rapido che nel passato
5. **Il riscaldamento è dovuto alle attività umane**
6. Il riscaldamento dell'atmosfera innesca dei feedback nel sistema climatico terrestre
7. Le variazioni del sistema climatico hanno conseguenze per gli ecosistemi e le società umane
8. Il futuro cambiamento climatico dipende dalle emissioni future
9. Limitare il riscaldamento richiede emissioni nette di gas serra pari a zero
10. Il sistema climatico ha una grande inerzia

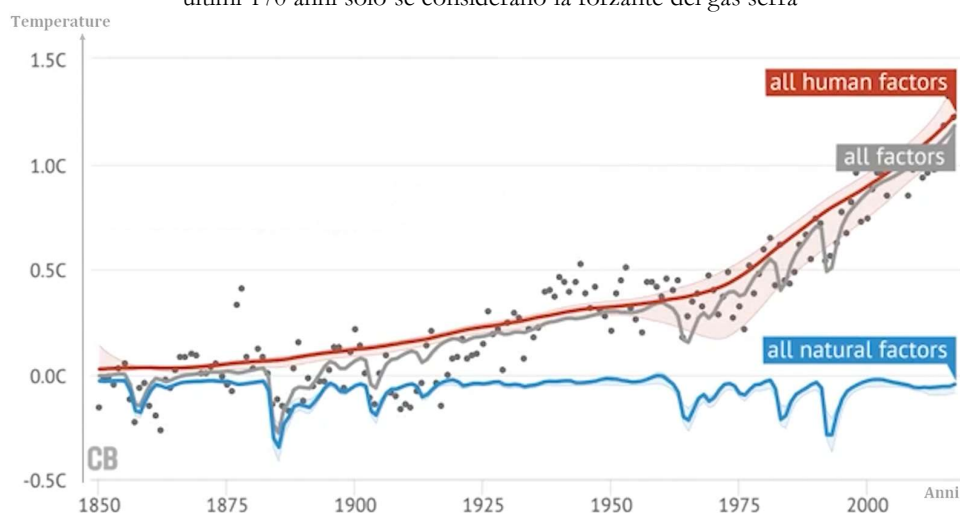
Possibili cause della variazioni delle temperature globali già considerate e scartate molti anni fa, e ora non più oggetto di dibattito:

- variazione della potenza solare (è variata in direzione opposta);
- variazioni della radiazione cosmica che influenza la formazioni di nubi e quindi le temperature (effetto molto piccolo);
- emissioni di CO₂ dei vulcani (troppo piccole);
- variazioni dell'asse terrestre (troppo lente);
- altre cause astronomiche (irrilevanti).

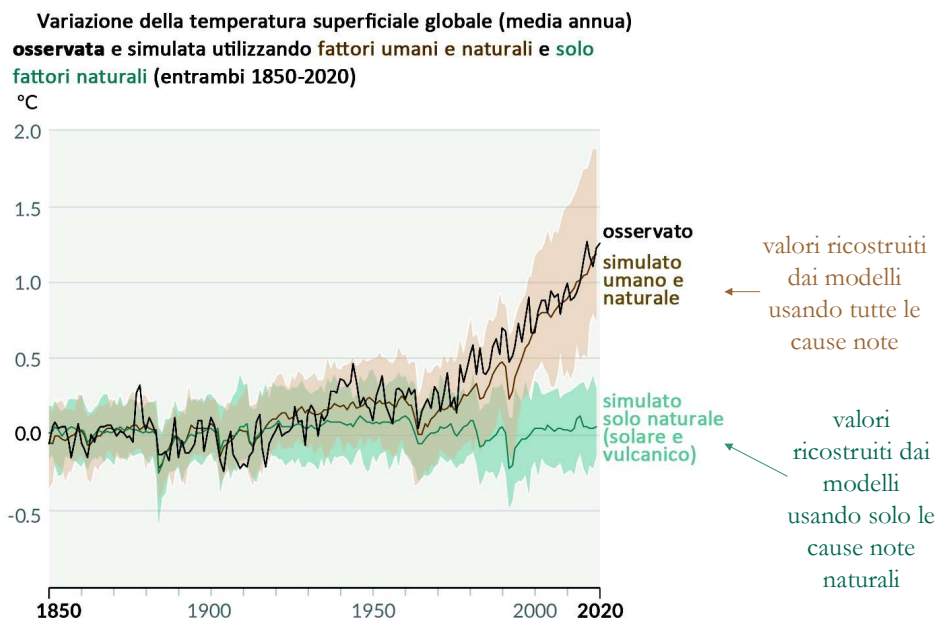
“Il sole ha avuto una chiara influenza sul clima nel periodo pre-industriale e ha avuto un’influenza percepibile nella prima metà del XX secolo. Il rapido aumento delle temperature osservato dopo il 1985 non può essere attribuito alla variabilità solare, qualsiasi sia il meccanismo considerato e in qualsiasi modo si pensi che la variazione solare possa essere amplificata. Tutti i parametri del sole che possono avere un’influenza sul clima negli ultimi 20 anni sono andati in una direzione opposta a quella richiesta per spiegare l’aumento osservato delle temperature medie”.

Lockwood M., Frohlich C. (2007) Recent oppositely directed trends in solar climate forcings and the global mean surface temperature. *Proceedings of the Royal Society*, 463, 2086, 2447-2460.

I modelli climatici riescono a valutare l'effetto delle diverse «forzanti» del sistema climatico e riescono a “spiegare” l'aumento delle temperature che si è registrato negli ultimi 170 anni solo se considerano la forzante dei gas serra



Fonte: Carbon Brief



Fonte: IPCC, WGI- AR6, fig. SPM1

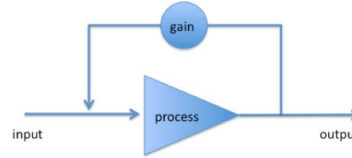
La scienza del clima in 10 piccoli passi

1. Sul pianeta esiste un effetto serra
2. Le attività umane stanno aumentando la presenza dei gas serra nell'atmosfera, portandole a livelli senza precedenti da milioni di anni
3. Le cause dell'aumento di CO₂ e degli altri gas serra sono ben note
4. Il pianeta si sta scaldando, in modo molto più rapido che nel passato
5. Il riscaldamento è dovuto alle attività umane
6. **Il riscaldamento dell'atmosfera innesca dei feedback nel sistema climatico terrestre**
7. Le variazioni del sistema climatico hanno conseguenze per gli ecosistemi e le società umane
8. Il futuro cambiamento climatico dipende dalle emissioni future
9. Limitare il riscaldamento richiede emissioni nette di gas serra pari a zero
10. Il sistema climatico ha una grande inerzia

Per spiegare le variazioni climatiche, oltre all'effetto diretto dei gas serra è necessario considerare i fenomeni di **"feedback"**

"feedback" (retroazioni)

amplificazione (*feedback* positivo) o smorzamento (*feedback* negativo) degli effetti diretti



Numerosi sono i feedback dell'aumento delle temperatura globali dell'atmosfera e degli oceani causato dai gas serra, *feedback* sia positivi che negativi

Il principale dei fenomeni di **"feedback"** è l'incremento di vapore acqueo conseguente all'aumento di temperatura

incremento T → **incremento vapor d'acqua** → *incremento T*
(H₂O in fase gassosa è un gas serra)

Principali **"feedback"** presenti nel sistema climatico

Feedback positivi

- *incremento T* → **incremento vapore acqueo** → *incremento T*
- *incremento T* → fusione ghiacci alpini e marini e del ghiaccio marino artico → minor riflettività della superficie → **riduzione albedo** → *incremento T*
- *incremento T* → **diminuzione solubilità CO₂ oceani** → aumento concentrazione atmosferica di CO₂ → *incremento T*
- *incremento T* → **rilascio di CO₂ e CH₄ da permafrost** → concentrazione atmosferica → *incremento T*
- *incremento T* → **fusione calotte glaciali** → minor riflettività della superficie → riduzione albedo → *incremento T*

Feedback negativi

- *incremento T* → **incremento energia emessa dalla Terra** → *diminuzione T*
- *incremento T* → aumento fotosintesi vegetale → **riduzione CO₂** → *diminuzione T*
- *incremento T* → aumento fotosintesi oceanica → **riduzione CO₂** → *diminuzione T*
- *incremento T* → **aumento dei processi di dilavamento (weathering) delle rocce** → riduzione di CO₂ atmosferica → *diminuzione T*

velocità della riposta: **molto veloce** **veloce** **molto lenta**

La scienza del clima in 10 piccoli passi

1. Sul pianeta esiste un effetto serra
2. Le attività umane stanno aumentando la presenza dei gas serra nell'atmosfera, portandole a livelli senza precedenti da milioni di anni
3. Le cause dell'aumento di CO₂ e degli altri gas serra sono ben note
4. Il pianeta si sta scaldando, in modo molto più rapido che nel passato
5. Il riscaldamento è dovuto alle attività umane
6. Il riscaldamento dell'atmosfera innesca dei feedback nel sistema climatico terrestre
7. **Le variazioni del sistema climatico hanno conseguenze per gli ecosistemi e le società umane**
8. Il futuro cambiamento climatico dipende dalle emissioni future
9. Limitare il riscaldamento richiede emissioni nette di gas serra pari a zero
10. Il sistema climatico ha una grande inerzia

Estratto dal Sommario per i decisori politici del Synthesis Report dell'AR6-IPCC

I cambiamenti climatici causati dall'uomo stanno già influenzando molti fenomeni meteorologici e climatici estremi in ogni regione del mondo. Questo ha portato a impatti negativi diffusi e a conseguenti perdite e danni alla natura e alle persone (confidenza alta).

Principali impatti dei cambiamenti climatici

- Aumento della temperatura e della frequenza delle ondate di calore
- Modifiche delle precipitazioni (variazione totali, frequenze e intensità)
- Aumento della frequenza degli eventi meteorologici estremi
- Riduzione dei ghiacci
- Aumento del livello del mare

Salute e benessere	Risorse idriche	Ecosistemi (biodiversità)	Infrastrutture e sistemi insediativi	Altre cose importanti
--------------------	-----------------	---------------------------	--------------------------------------	-----------------------

→ Prossima lezione

La scienza del clima in 10 piccoli passi

1. Sul pianeta esiste un effetto serra
2. Le attività umane stanno aumentando la presenza dei gas serra nell'atmosfera, portandole a livelli senza precedenti da milioni di anni
3. Le cause dell'aumento di CO₂ e degli altri gas serra sono ben note
4. Il pianeta si sta scaldando, in modo molto più rapido che nel passato
5. Il riscaldamento è dovuto alle attività umane
6. Il riscaldamento dell'atmosfera innesca dei feedback nel sistema climatico terrestre
7. Le variazioni del sistema climatico hanno conseguenze per gli ecosistemi e le società umane
8. **Il futuro cambiamento climatico dipende dalle emissioni future**
9. Limitare il riscaldamento richiede emissioni nette di gas serra pari a zero
10. Ogni decimo di grado è importante

Per il futuro: non previsioni ma scenari

Gli scenari climatici sono «ipotesi di futuro», sono costruiti dagli scienziati considerando diversi futuri percorsi socio-economici, con diversi ritmi di crescita economica, incremento di popolazione, uso di combustibili fossili o tecnologie rinnovabili, rivalità o cooperazione fra le nazioni.

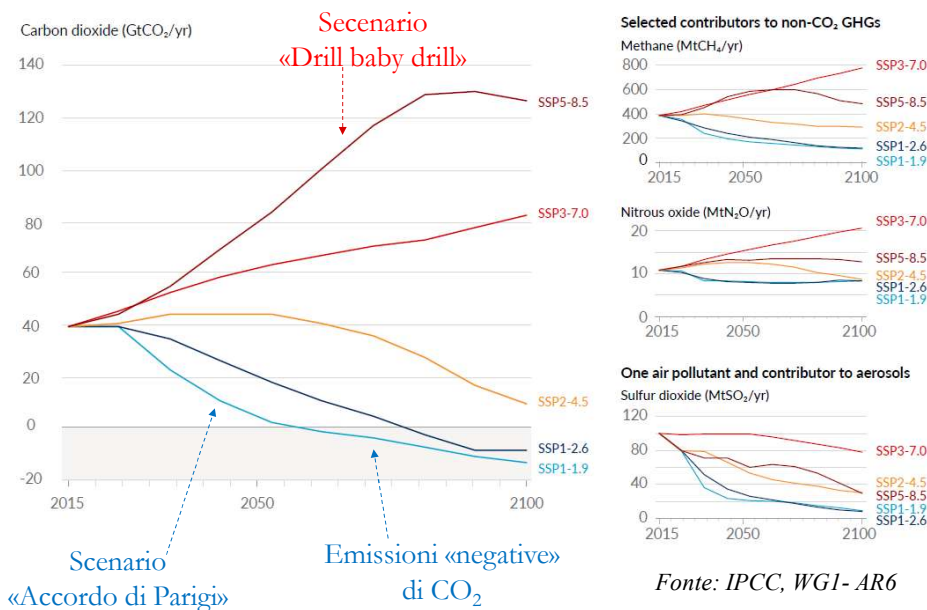
Fra gli scenari considerati :

- Scenario senza una politica climatica (chiamato a volte «business as usual»)
- Scenario con azioni drastiche, immediate e prolungate di riduzione delle emissioni dei gas serra
- Scenario intermedio, con azioni moderate

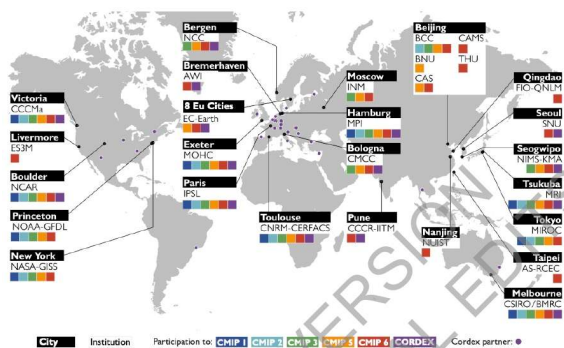
I risultati degli scenari climatici **non sono previsioni meteorologiche o climatiche ma proiezioni climatiche.**

Si effettua la proiezione del clima (tempo medio su un lungo periodo) non la previsione del tempo su un giorno o una settimana

Emissioni di gas serra previsti dai 5 scenari dell'AR6-IPCC



Le proiezioni delle temperature e di altri parametri climatici sono effettuate con i modelli climatici, simulazioni matematiche del sistema climatico terrestre basate su equazioni che descrivono il comportamento di atmosfera, oceani, superficie terrestre, ghiacci, biosfera. Questi modelli elaborano enormi quantità di dati e sono costruiti e aggiornati da diversi gruppi di scienziati.

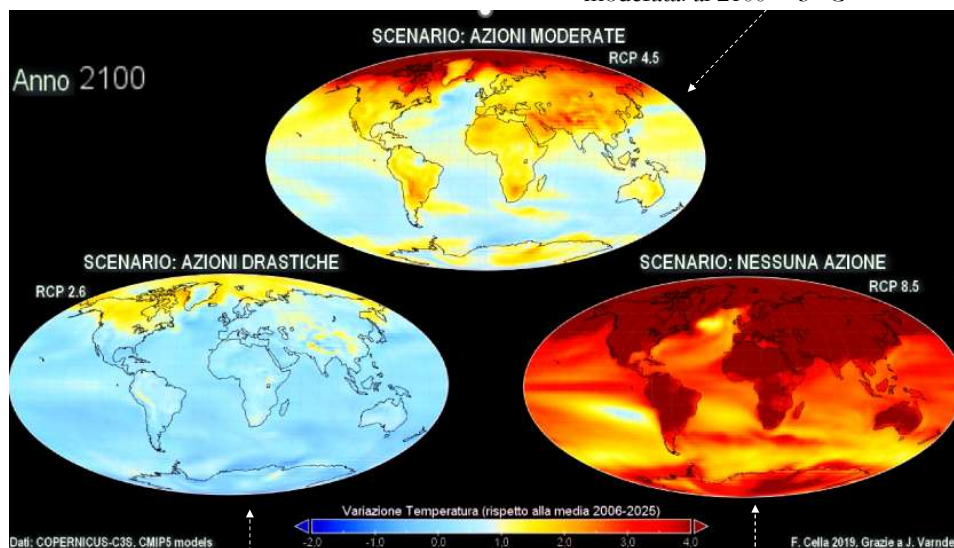


Numerosi centri di ricerca di tutto il mondo utilizzano gli stessi scenari di emissione per effettuare con i loro modelli le proiezioni delle temperature. I risultati sono resi disponibili agli scienziati che scrivono i rapporti IPCC, per confrontarli e ricavare i valori medi delle proiezioni

Proiezione delle temperature (medie di 5 modelli climatici)

Fonte: Copernicus

con una politica climatica
moderata: al 2100 + 3 °C



con una politica climatica
ambiziosa: al 2100 < 2 °C

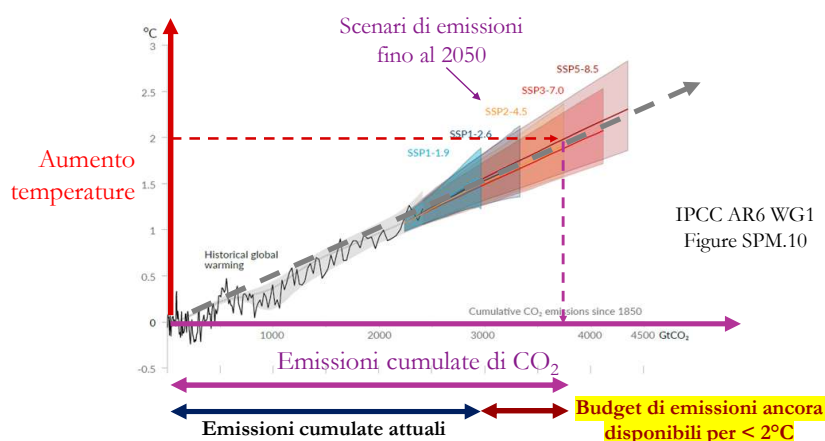
senza una politica climatica:
al 2100 +4,5 °C

La scienza del clima in 10 piccoli passi

1. Sul pianeta esiste un effetto serra
2. Le attività umane stanno aumentando la presenza dei gas serra nell'atmosfera, portandole a livelli senza precedenti da milioni di anni
3. Le cause dell'aumento di CO₂ e degli altri gas serra sono ben note
4. Il pianeta si sta scaldando, in modo molto più rapido che nel passato
5. Il riscaldamento è dovuto alle attività umane
6. Il riscaldamento dell'atmosfera innesca dei feedback nel sistema climatico terrestre
7. Le variazioni del sistema climatico hanno conseguenze per gli ecosistemi e le società umane
8. Il futuro cambiamento climatico dipende dalle emissioni future
9. **Limitare il riscaldamento richiede emissioni nette di gas serra pari a zero**
10. Il sistema climatico ha una grande inerzia

La relazione lineare fra emissioni cumulate di CO₂ e aumento delle temperature medie globali implica che raggiungere emissioni nette di CO₂ antropogeniche pari a zero è un requisito per stabilizzare l'aumento della temperatura globale indotto dall'uomo a qualsiasi livello.

Limitare l'aumento della temperatura globale entro uno specifico livello implica limitare le emissioni cumulate di CO₂ entro un budget di carbonio. IPCC AR6 WG1, SPM



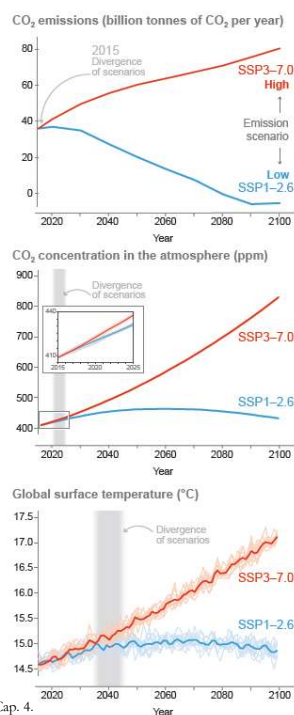
La scienza del clima in 10 piccoli passi

1. Sul pianeta esiste un effetto serra
2. Le attività umane stanno aumentando la presenza dei gas serra nell'atmosfera, portandole a livelli senza precedenti da milioni di anni
3. Le cause dell'aumento di CO₂ e degli altri gas serra sono ben note
4. Il pianeta si sta scaldando, in modo molto più rapido che nel passato
5. Il riscaldamento è dovuto alle attività umane
6. Il riscaldamento dell'atmosfera innesca dei feedback nel sistema climatico terrestre
7. Le variazioni del sistema climatico hanno conseguenze per gli ecosistemi e le società umane
8. Il futuro cambiamento climatico dipende dalle emissioni future
9. Limitare il riscaldamento richiede emissioni nette di gas serra pari a zero
10. Il sistema climatico ha una grande inerzia

I percorsi di emissioni che **raggiungono e mantengono** emissioni nette di gas serra pari a zero portano ad un calo della temperatura superficiale dopo un picco precedente (alta confidenza).

SSP3-7.0: scenario ad alte emissioni
SSP1-2.6: scenario a basse emissioni

Limitare la temperatura superficiale globale **non impedisce ulteriori cambiamenti** nelle componenti del sistema climatico che reagiscono su scale temporali multi-decennali o ancora più lunghe (alta confidenza). L'innalzamento del livello del mare è **inevitabile per secoli o millenni** a causa del continuo riscaldamento degli oceani profondi e della fusione delle calotte glaciali, e i livelli del mare rimarranno elevati per migliaia di anni (alta confidenza).
(IPCC-AR6, WG1, SPM)



Fonte: IPCC-AR6-WG1, Cap. 4.

La scienza del clima in 10 piccoli passi sicuri

1. Sul pianeta esiste un effetto serra
2. Le attività umane stanno aumentando la presenza dei gas serra nell'atmosfera, portandole a livelli senza precedenti da milioni di anni
3. Le cause dell'aumento di CO₂ e degli altri gas serra sono ben note
4. Il pianeta si sta scaldando, in modo molto più rapido che nel passato
5. Il riscaldamento è dovuto alle attività umane
6. Il riscaldamento dell'atmosfera innesca dei feedback nel sistema climatico terrestre
7. Le variazioni del sistema climatico hanno conseguenze per gli ecosistemi e le società umane
8. Il futuro cambiamento climatico dipende dalle emissioni future
9. Limitare il riscaldamento richiede emissioni nette di gas serra pari a zero
10. Il sistema climatico ha una grande inerzia

Su questi 10 passi c'è un vastissimo consenso scientifico