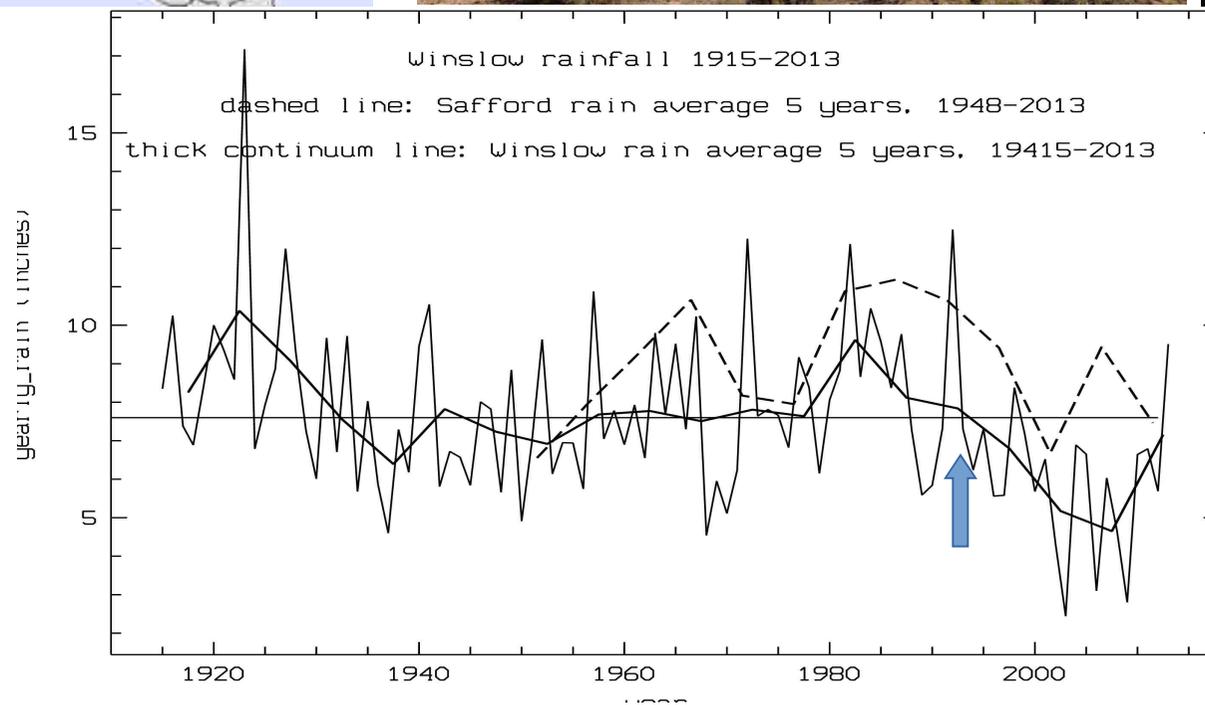


LA VISIONE ASTRONOMICA DEL CLIMA DELLA TERRA

Prof. SERGIO ORTOLANI

DIPARTIMENTO DI FISICA E ASTRONOMIA
GALILEO GALILEI
UNIVERSITA' DI PADOVA

Clima in Arizona (piovosità) a Winslow (Nord) e Safford (Sud, Mt. Graham).
Meno arido di Atacama. Ampia variabilità, decrescita. **Dati meteo disponibili !**
Gli astronomi oggi lavorano su archivi climatici unici



Il clima attuale e la sua evoluzione

IL clima è sempre stato variabile

Il più importante, recente cambiamento climatico, è il riscaldamento globale

I primi a riconoscere il ruolo dell'anidride carbonica nel riscaldamento della Terra (effetto serra) sono stati il matematico Fourier e il chimico Arrhenius. Secondo Arrhenius il raddoppio dell'anidride carbonica comporterebbe un aumento globale di circa 2-4 gradi.

A quell'epoca la scoperta era vista in modo positivo

Si apriva la possibilità di un clima migliore nei paesi scandinavi.

Dobbiamo all'anidride carbonica **la nostra sopravvivenza sulla Terra, altrimenti (1) la fotosintesi non funzionerebbe e (2) saremmo in una glaciazione irreversibile (iced ball)**

Fonti di **energia** per la Terra

- **Il SOLE**, circa **1360 W/m²** +/-1 (2003-2016)

-L'interno della Terra, **80 mW/m²**

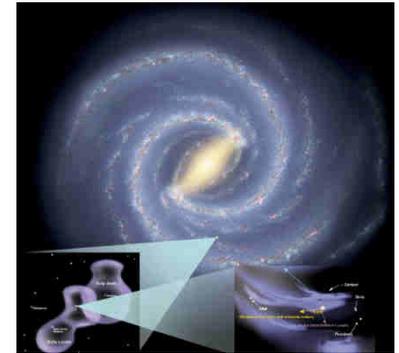
-Luna piena, **2.5 mW/m²**

Gli indicatori degli studi più recenti ci dicono che **il clima è un problema complesso:**

-non siamo isolati nello spazio;

-gli effetti di ambiente sono importanti;

-non dobbiamo MAI semplificare i fenomeni della natura.



La verità si raggiunge per approssimazioni successive.

Invece spesso ragioniamo in modo opposto, come ci fossimo solo noi e l'atmosfera. Siamo convinti di sapere tutto, soprattutto sul clima (lo dicono anche gli studenti !): **l'effetto serra della CO2 !!!**

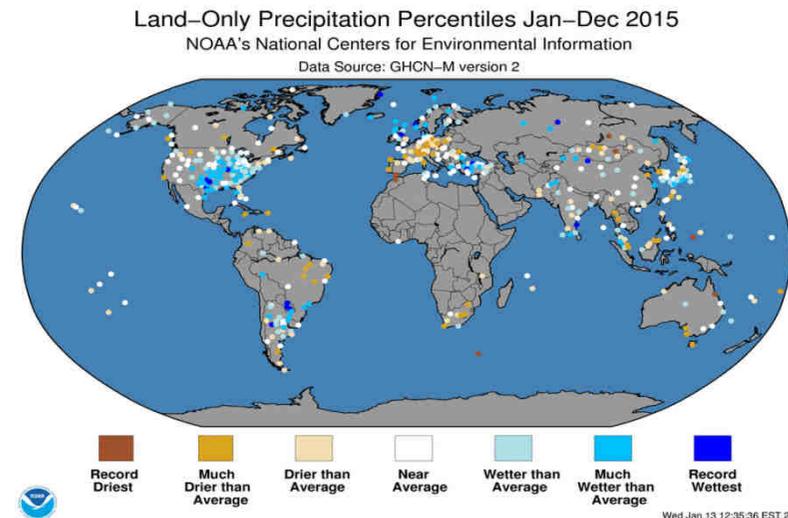
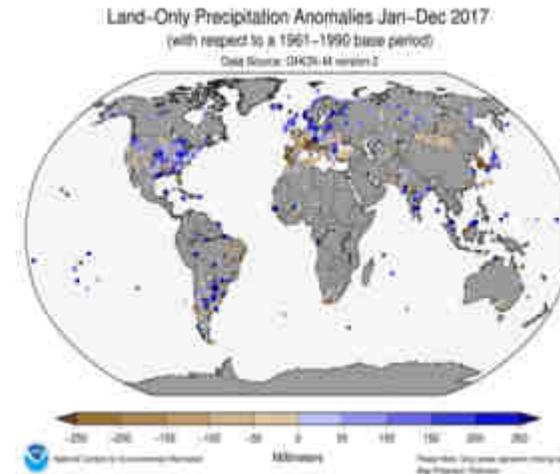
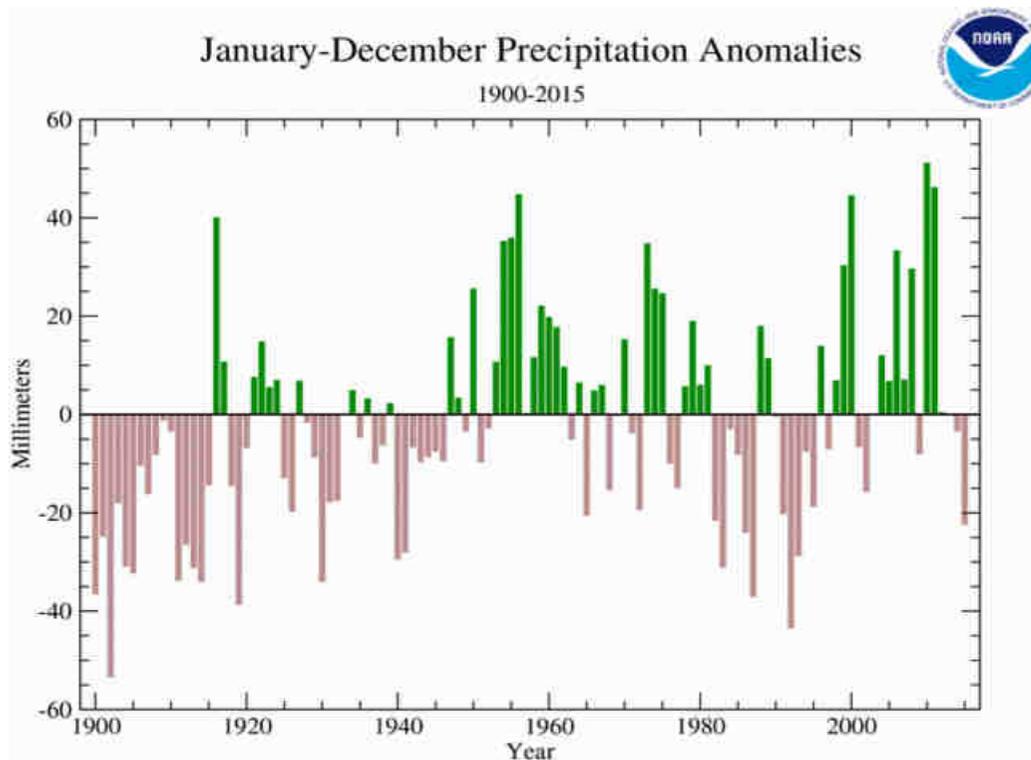
E' importante capire il clima per l'abitabilità di altri corpi celesti

L'idea errata (e tendenziosa ?) associata al global warming: (1) è tutta colpa delle emissioni di CO₂, (2) la desertificazione.

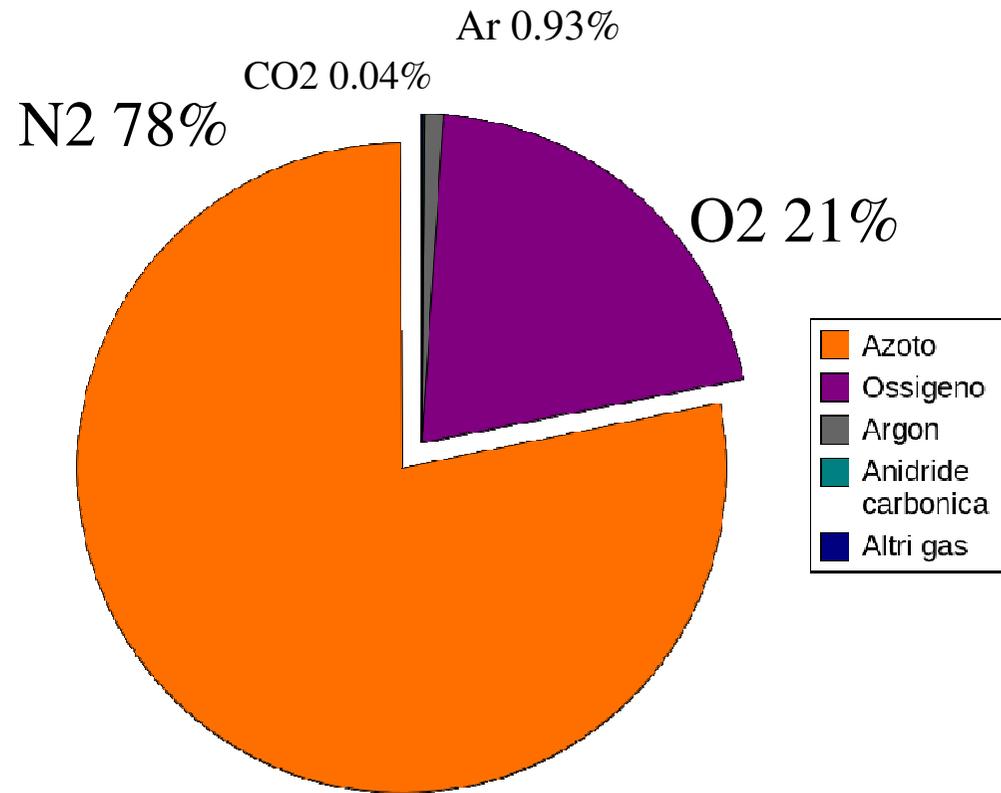
Invece dobbiamo controllare: (1) se e quanto aumenta la temperatura, (2) quali siano le cause



Chiariamo un punto: global warming e precipitazioni.
**Non c'è correlazione, è una mistificazione, vanno in
direzione contraria, come indicato dalla teoria**



La composizione delle atmosfere: l'abbondanza della CO₂ primordiale e attuale



L'aumento recente dell'anidride carbonica è una realtà.

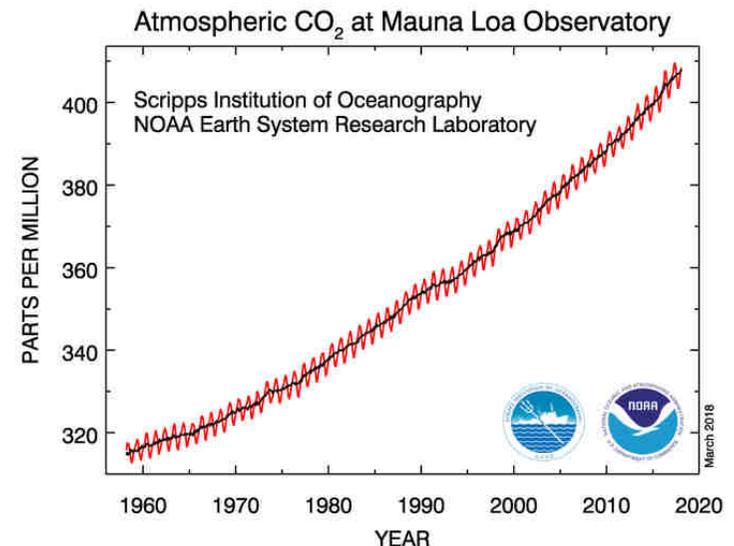
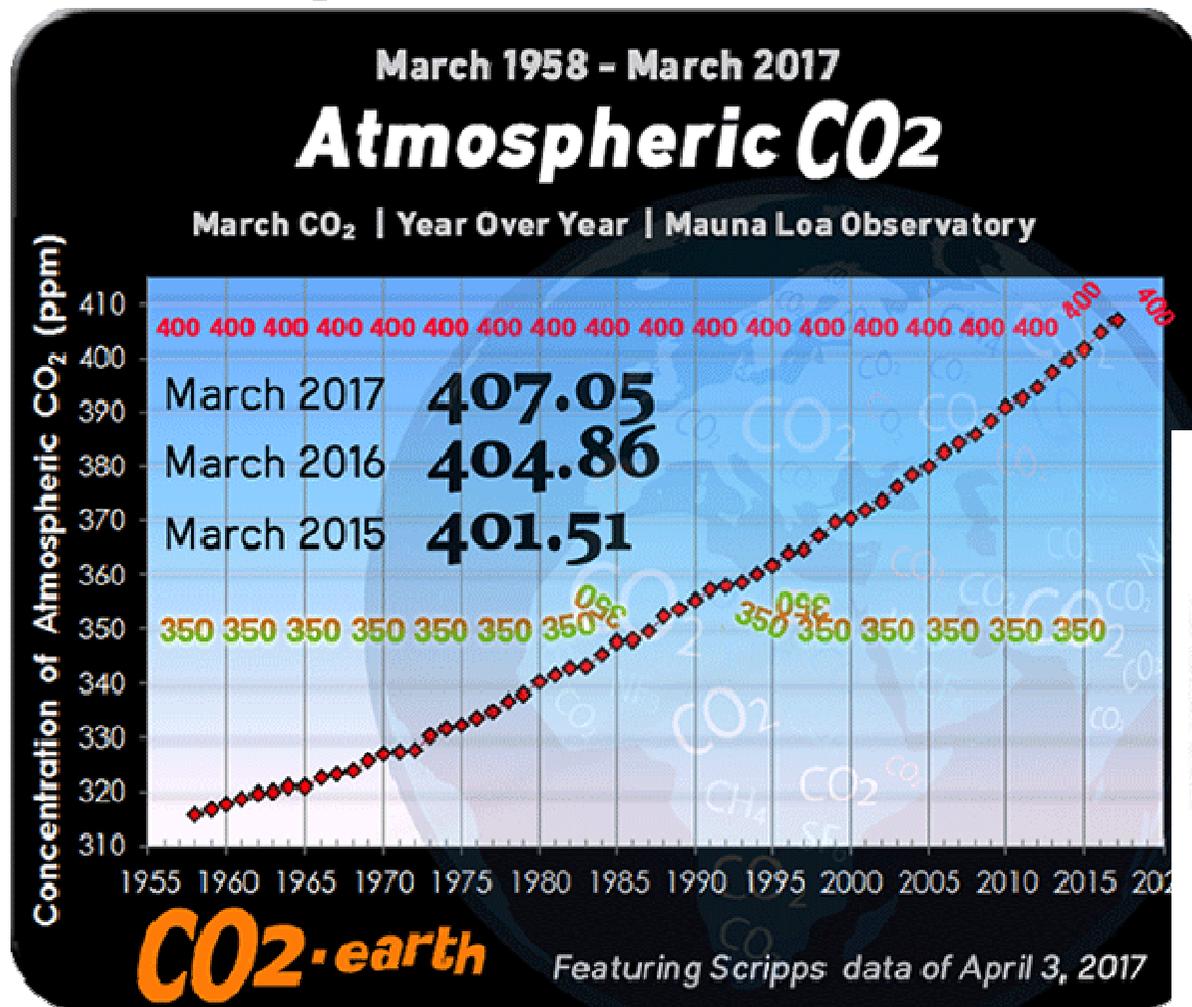
Dove andremo a finire ? Cosa succederà ? Di chi è “la colpa” ?

Bilancio in miliardi di CO₂/anno: +29(antropico)-17(natura)=+12

Ma è proprio vero ? Molti dubbi, es. processo di cementificazione...

Ricordiamo che se non ci fosse emissione la CO₂ sparirebbe in 2000 anni

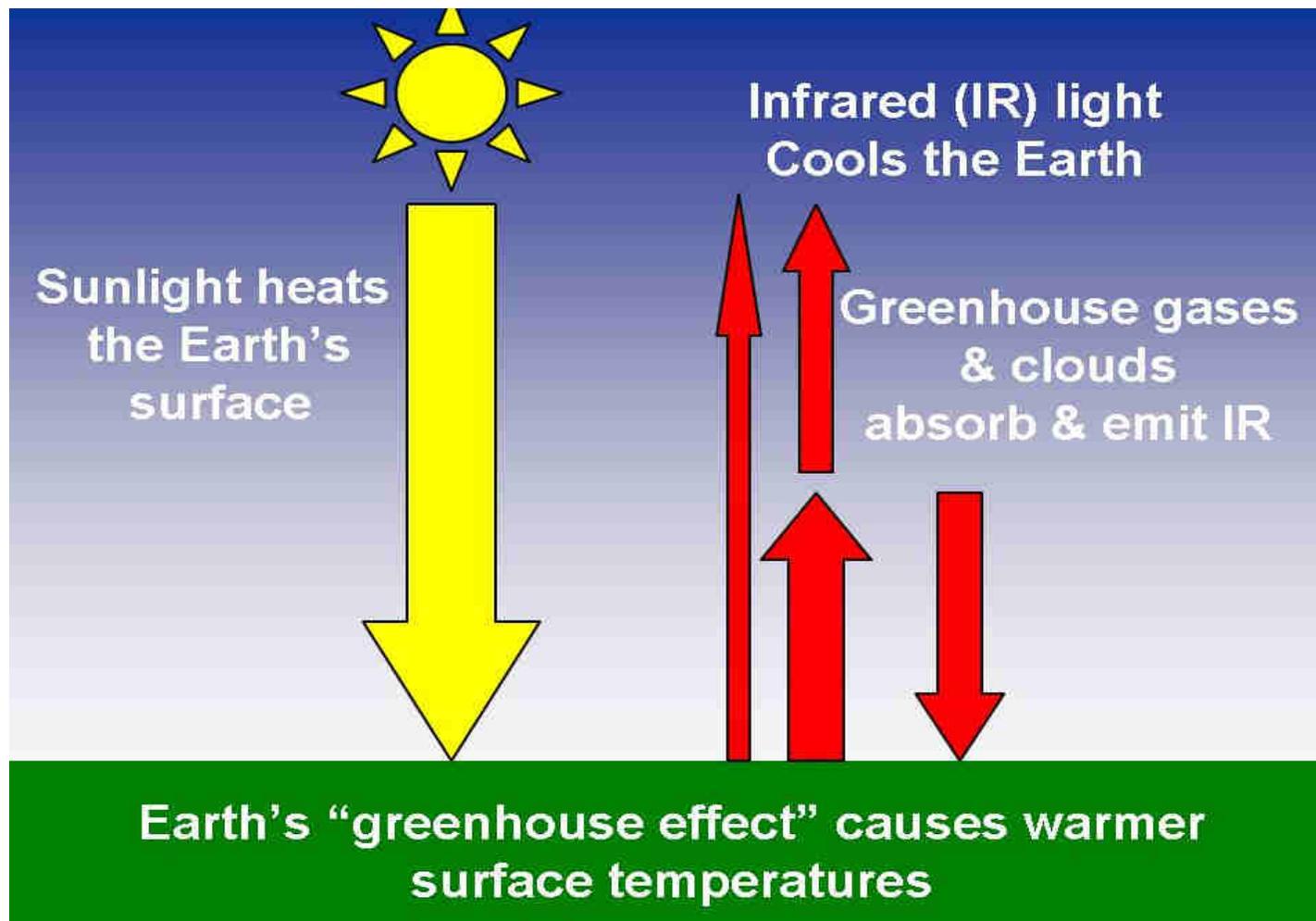
E le piante morirebbero. La CO₂ è il fertilizzante originario...



Almeno parte della CO₂ in eccesso è di origine antropica: **la fotosintesi (e i viventi) privilegiano l'isotopo più leggero, il ¹²C rispetto al ¹³C, il metano segue lo stesso, ma l'interpretazione è diversa**

L'effetto serra: oggi la maggior parte di noi crede che questo sia l'unico regolatore (e problema) climatico.

L'effetto serra c'è, ed è dovuto al **70% al vapore acqueo** e al **30% circa all'anidride carbonica**, le altre molecole dominanti (O₂ e N₂) non contano. Difficile da dimostrare.

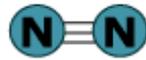


L'effetto serra: la CO₂ e l'acqua. L'effetto sulla temperatura è molto complesso e le serre non c'entrano nulla. **L'effetto c'è, il problema è quanto conta.**

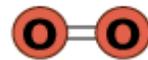
Ci sono teorie alternative viste come sostenute da “negazionisti”. L'effetto serra è diventato argomento “fideistico”, con implicazioni politiche e intimidazioni. I negazionisti sono visti come “cattivi”. Gli astronomi sono fuori dalla mischia...

Perchè i gas come N₂ e O₂ non contribuiscono all'effetto serra ? Attenzione agli HCFC, i sostituti dei CFC, sono 1200 volte più potenti della CO₂ (Science 2008)

Abundant Atmospheric Gases

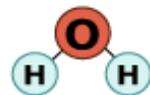


Nitrogen, N₂

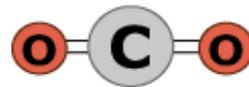


Oxygen, O₂

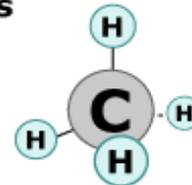
Greenhouse Gases



Water, H₂O



Carbon Dioxide, CO₂



Methane, CH₄



Nitrous Oxide, N₂O



Ozone, O₃

Ma se l'effetto serra dipendesse solo dalla CO₂ (e/o H₂O) allora **perché su Marte (pressione parziale CO₂ 6 millibar, quindi molto superiore alla Terra) l'effetto serra è trascurabile ?** E invece perché Plutone ha 70 C meno della temperatura «effettiva» al suolo ed anche Titano ha una temperatura inferiore ai calcoli ?

C'è un effetto dovuto alla pressione ?

Nikolov e Zeller, 2017

Problema di scambio di energia tra i gas serra eccitati e l'energia termica dei gas dominanti ?

Ned **Nikolov** is a physical scientist with the USDA Forest Service; he had been **instructed by his employer not to engage in climate research** during government work hours, **nor to reveal his government affiliation** when presenting results from his climate studies. Karl **Zeller** is a retired USDA Forest Service research scientist with no restrictions. Ned **Nikolov worked on this manuscript outside of his assigned official work** duty hours. Because of the controversial subject matter and the novel findings previously associated with Nikolov and Zeller, we felt that the use of pseudonyms was necessary to guarantee a double-blind peer review of our manuscript and to assure a fair and unbiased assessment.

La piccola epoca glaciale del '600: le variazioni della CO₂ seguono quelle della temperatura di circa 40-50 anni! Perché ?

(Cox, P., Jones, C., Science 1998, 2008)

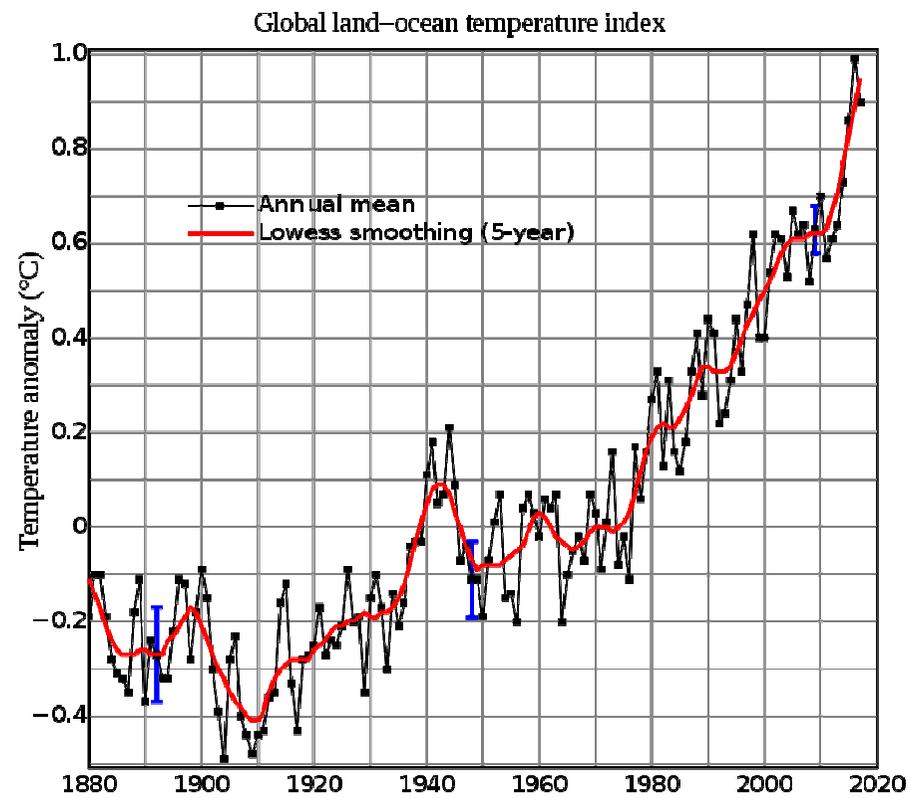
Questo complica molto in quadro, il clima è molto più complesso del previsto
E non è chiaro quale sia la causa o l'effetto...

**Global warming caused by CFCs,
not carbon dioxide, researcher
claims in controversial study**

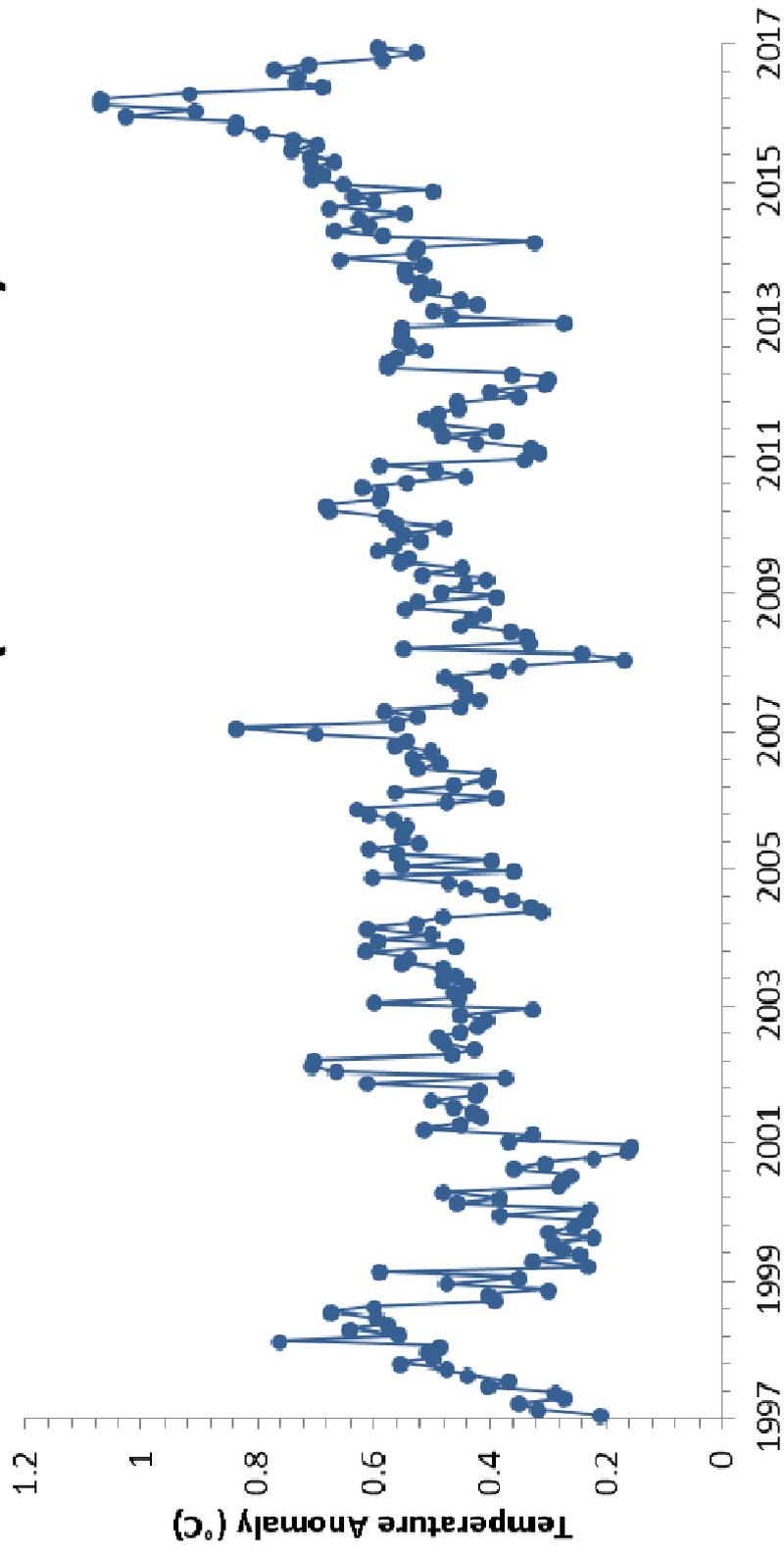
Date: May 30, 2013 Source:
University of Waterloo

CFC or HCFC ?

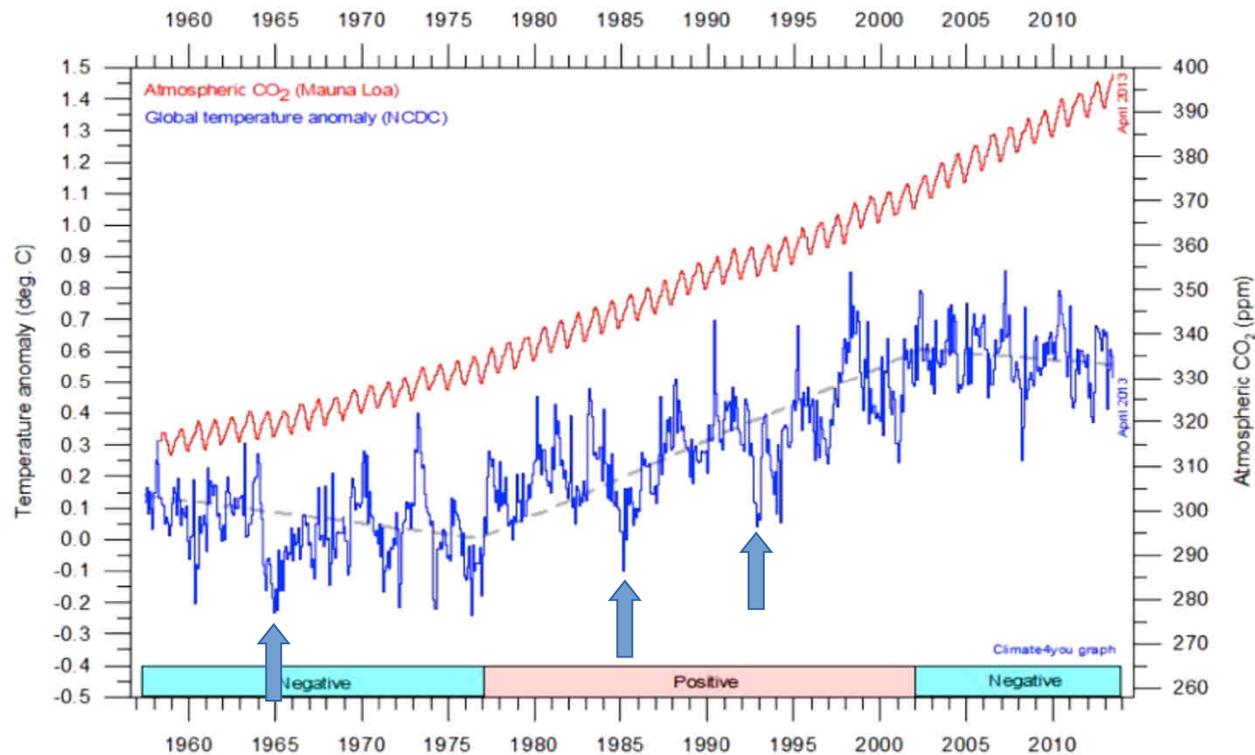
l'aumento di temperatura nell'ultimo secolo è una realtà



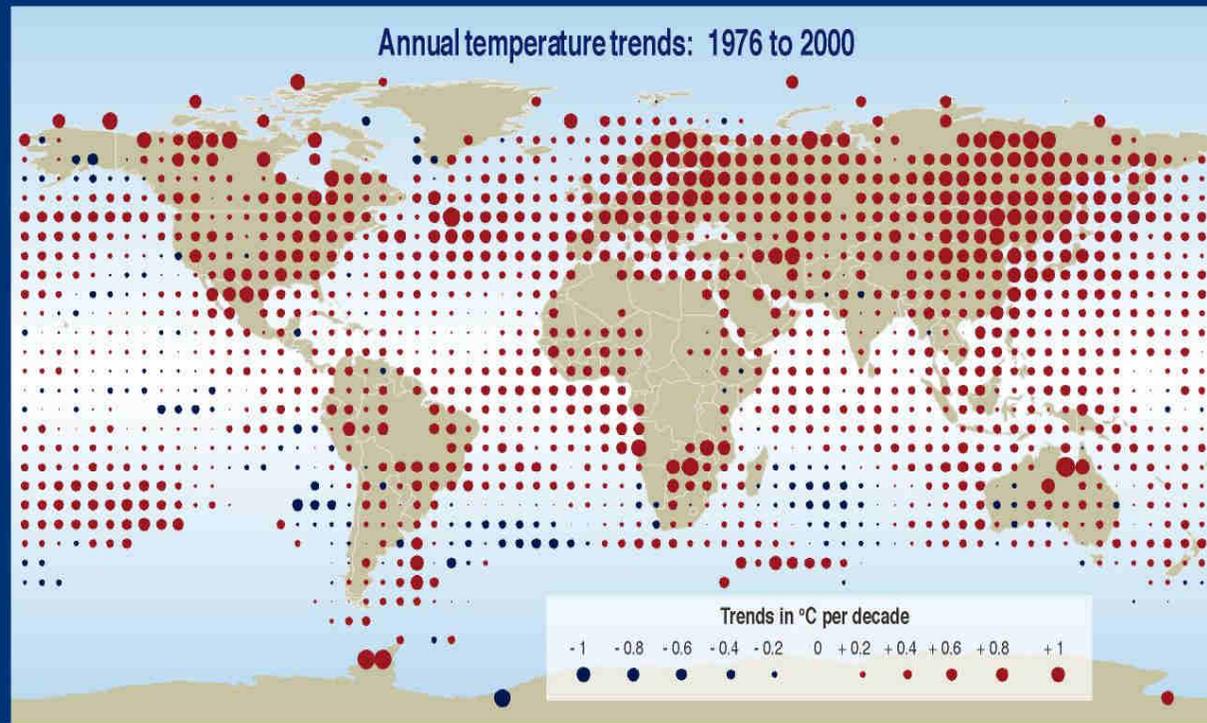
Surface Observations (HadCRUT4v5)



Ci sono altri effetti: la CO₂ continua a crescere, la temperatura invece non la segue neppure gli ultimi 50 anni. Ciclo di 60 anni ? Andamenti periodici legati a influenze esterne oltre all'effetto serra della CO₂ ? **Eruzioni vulcaniche, polveri**



L'aumento di temperatura è un fenomeno globale, poche località ne sono esenti, pero'... intanto si nota un crescita maggiore in regioni ad economia più avanzata.

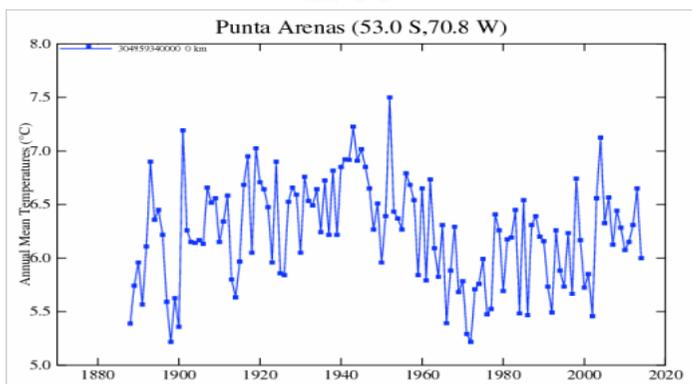
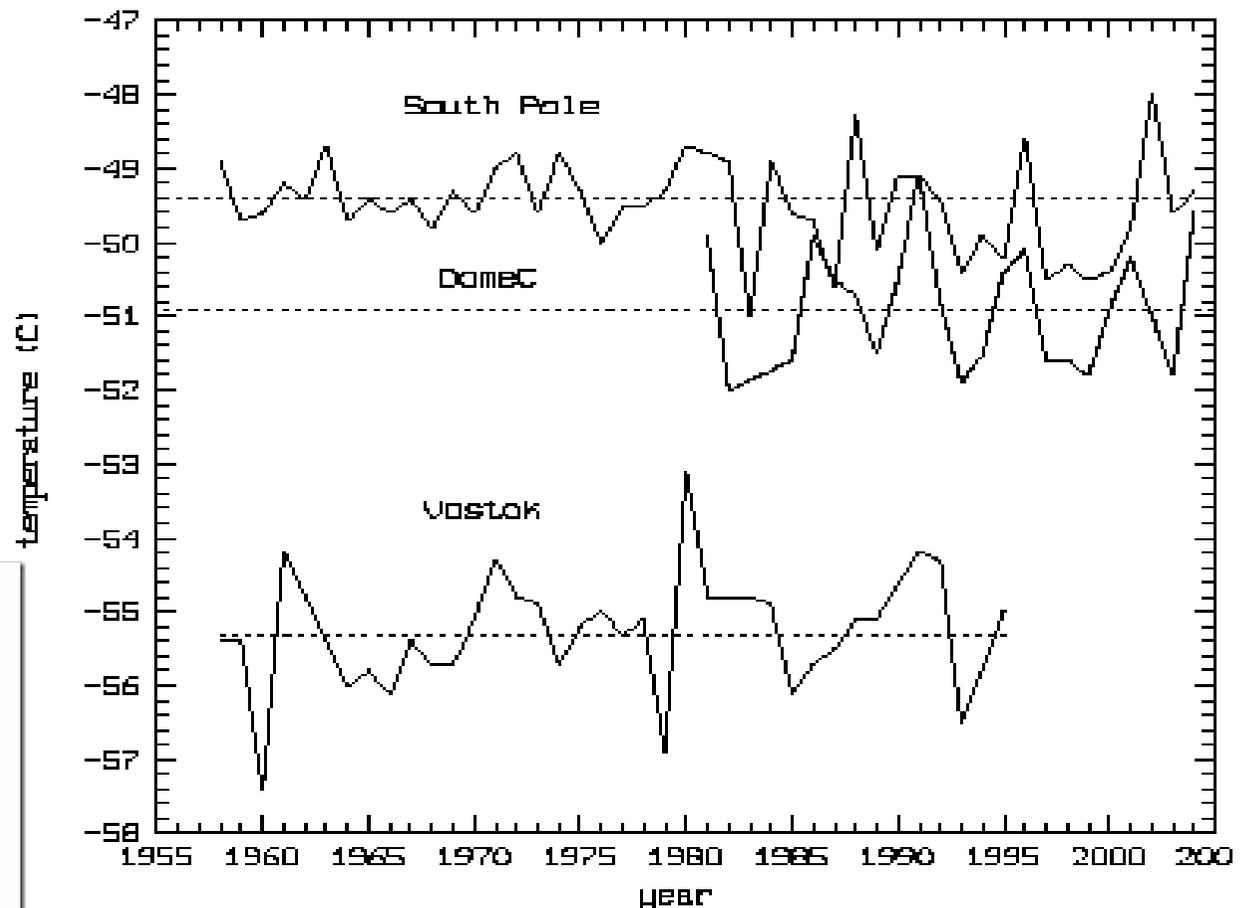
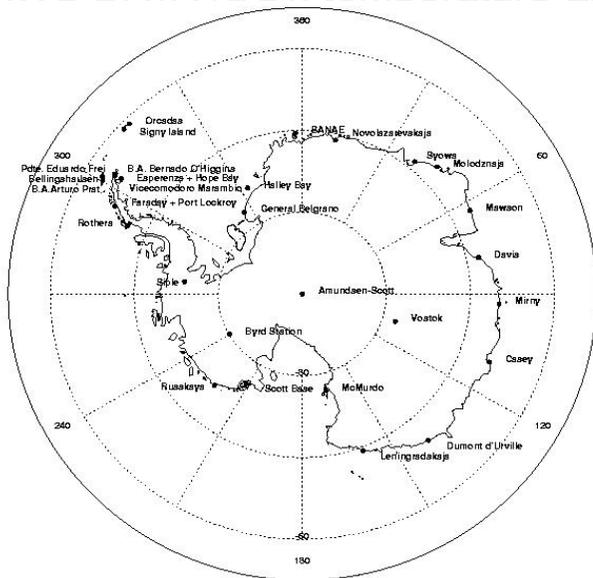


SYR - FIGURE 2-6b

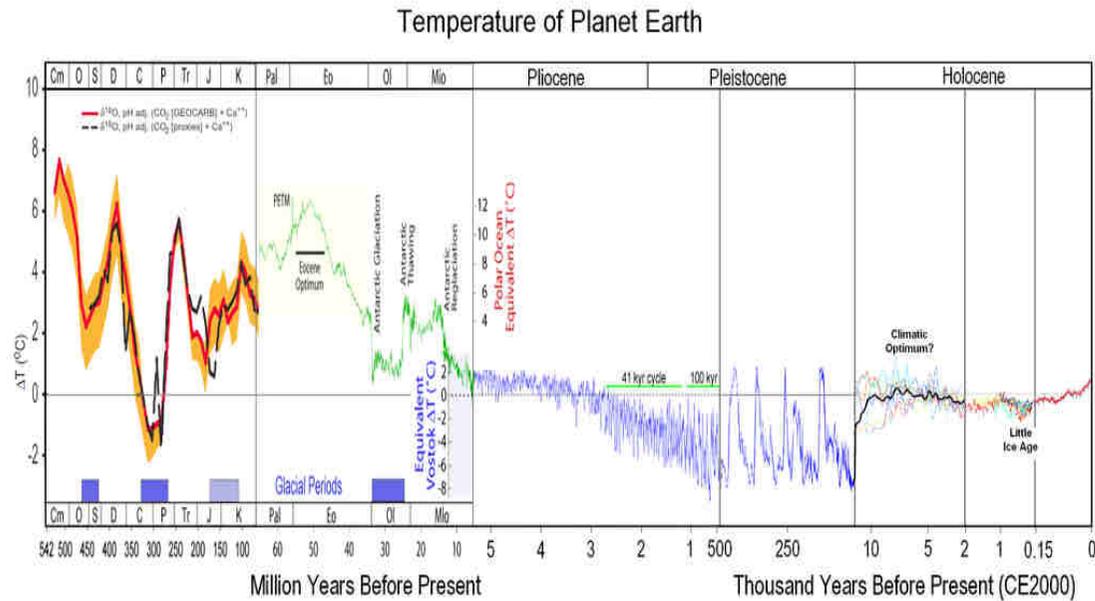
Il global warming non è ovunque. Nel continente antartico, che è un importante regolatore del clima, la situazione è più stabile di quello che è l'opinione comune, nonostante il clima in Antartide sia più dipendente dalla CO2 che dall'H2O il clima è stabile.

Il meccanismo del clima è molto complesso e la nostra capacità di previsione ha dei limiti. Qui qualcosa non torna.

AWS DATA (SO): temperature al Polo Sud, a Dome C, e stazione Vostok + Punta Arenas



Evoluzione della temperatura negli ultimi 500 milioni di anni (Wikipedia)



In Italia ? La temperatura varia poco di anno in anno, ma la piovosità varia molto e ci fa percepire il cambiamento climatico. Cause sconosciute.

Piovosità a Padova 1725-1980 (Camuffo 1984)

Valori attuali circa 85 cm/anno con altrettanti giorni piovosi, ai minimi rispetto al passato. Siccità persistente in Veneto in un clima di global warming ?

Positivo per gli astronomi...

Esempio di evento estremo invernale a Padova (Bertolin, 2009)

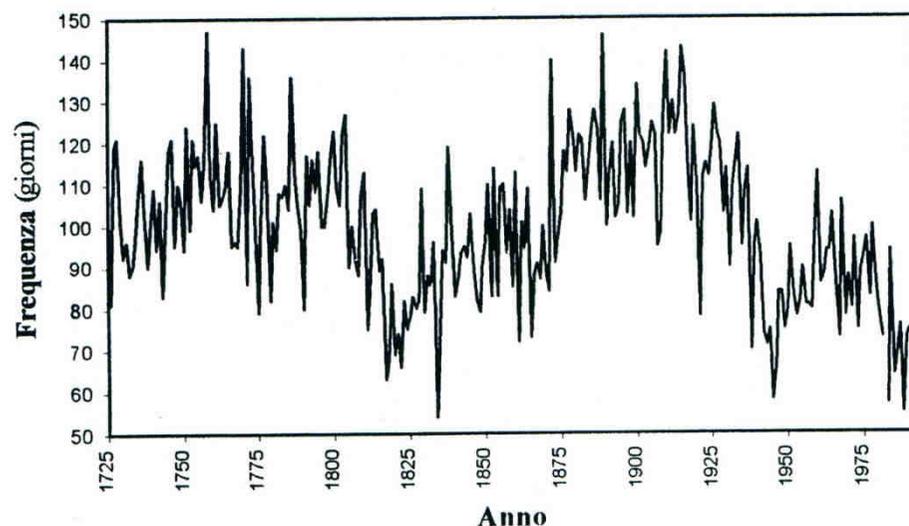


Fig.50. Frequenza annua dei giorni piovosi

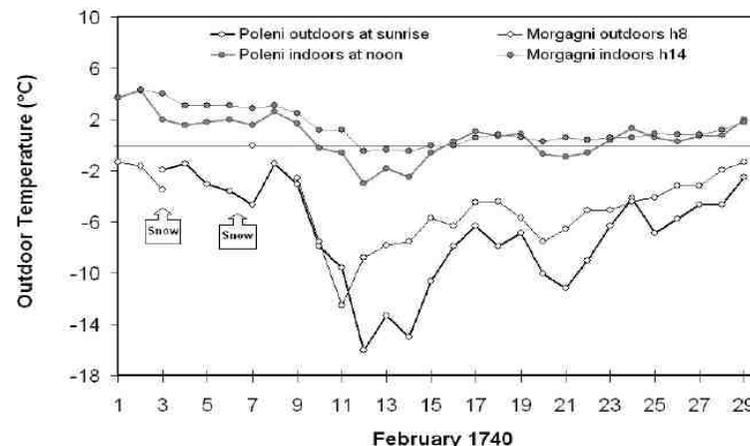
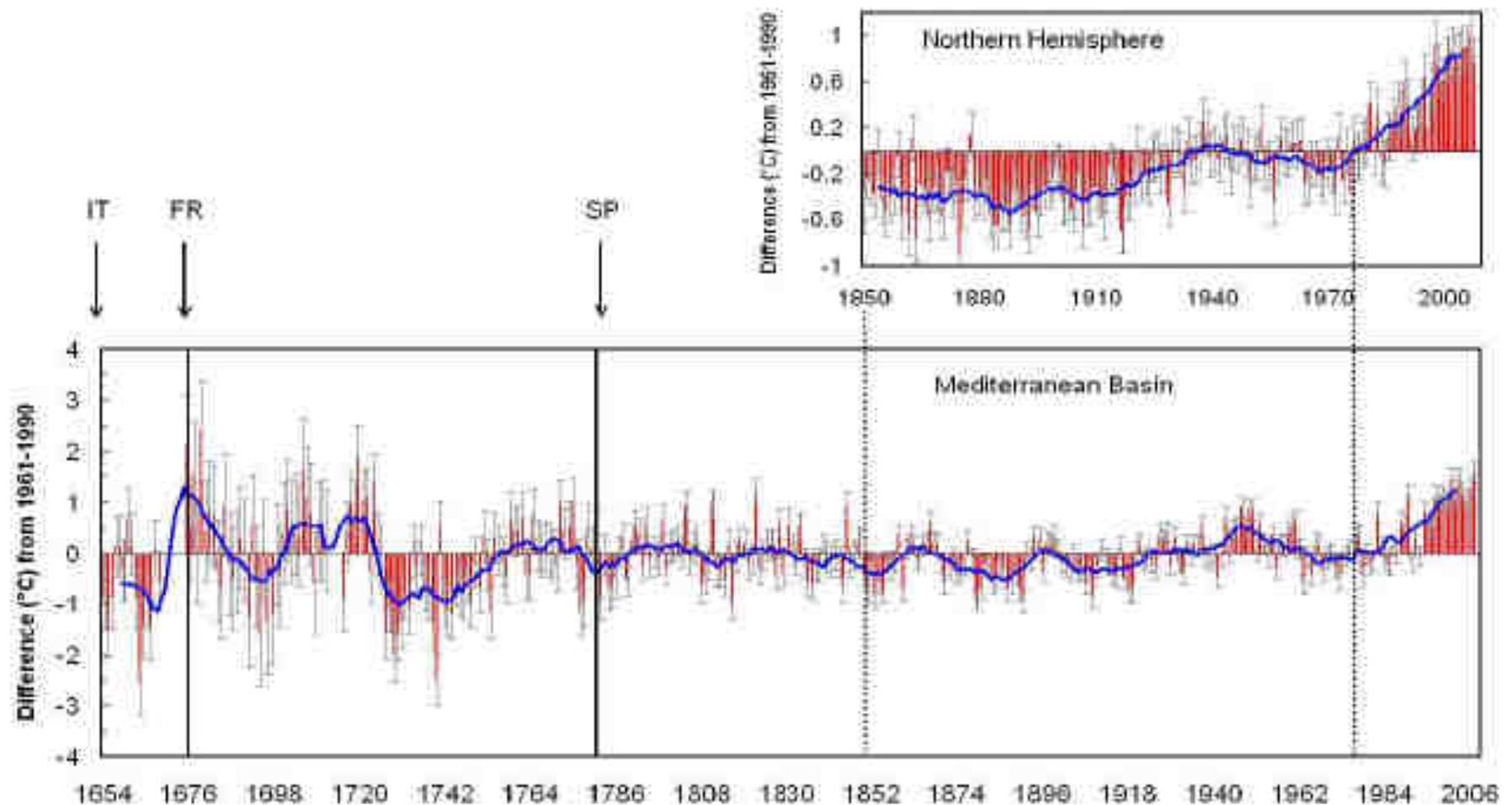


Figure 5.9: Outdoor and indoor readings by Poleni and Morgagni in February 1740. White dots: outdoor readings; Full dots: indoor readings; Thick line: Poleni readings; thin line: Morgagni readings. Arrows: snowy days.

La nostra verifica (Bertolin, tesi): temperature annuali dal 1664. Il clima è sempre stato variabile, come oggi. Le figure iniziano con la serie **italiana** di misure strumentali (termometri): piccole variazioni (1 grado). **Le misure di Padova tra le migliori al mondo.**



Clima e attività solare IN ITALIA

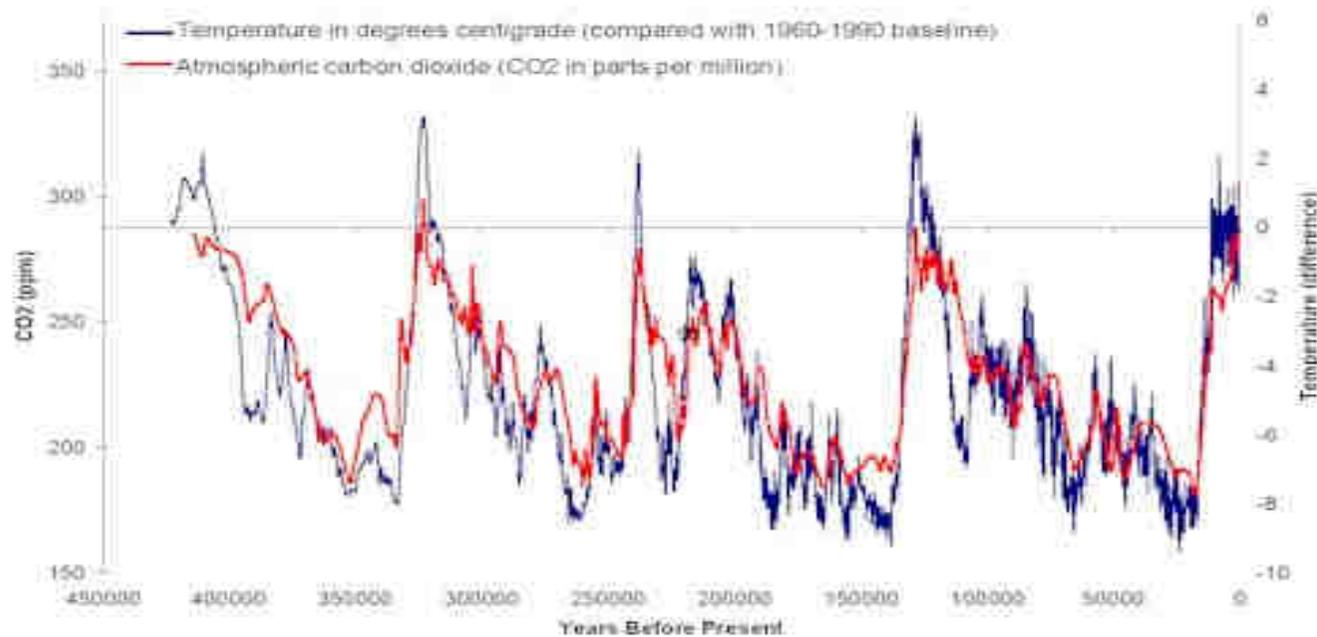
(Crescenti, Ortolani F., Dip. Geologia, univ. Napoli, 2006)



Decrescita degli aerosol (anti effetto serra) in Europa ed aumento delle temperature (Philipona et al., GRL, 2008)

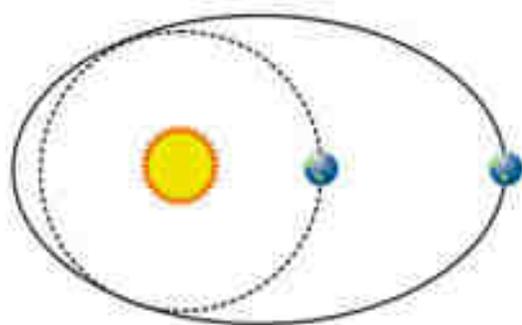


8 **glaciazioni** nell'ultimo milione di anni, qui riportate le 5 glaciazioni entro 500.000 anni. Ora siamo in un “fortunato” ristretto periodo interglaciale. Ha oscillato anche la CO2, ma non è chiaro il motivo. Oscillazioni di 10 gradi con i minimi interrotti improvvisamente. L'uomo le ha attraversate tutte (in Africa ?) ed è sopravvissuto.



Cause astronomiche delle glaciazioni: inclinazione dell'asse, eccentricità dell'orbita e precessione, combinati con la presenza di calotte polari (N!) che rendono il clima instabile. **Oggi è stabile stabile grazie alla bassa eccentricità attuale che continuerà per altri 20-30 milioni di anni. Un periodo interglaciale così lungo non si era mai verificato prima.**

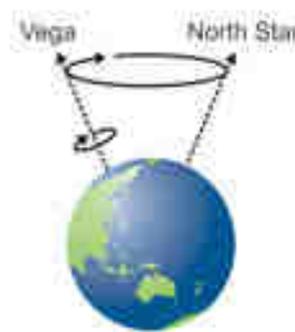
Milankovitch Cycles



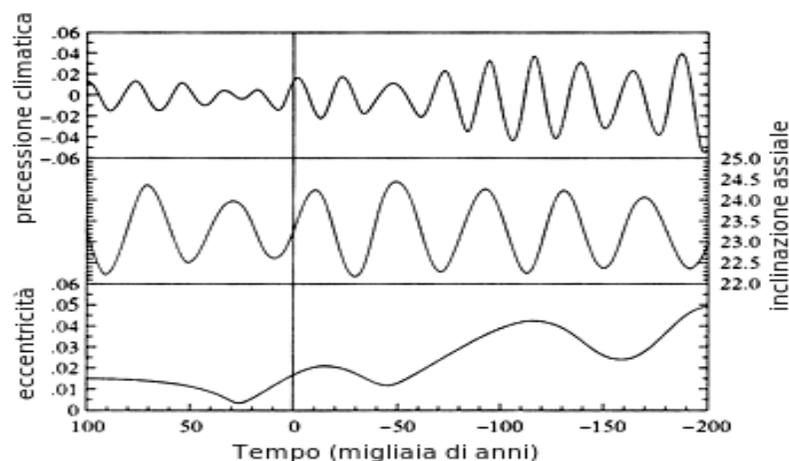
Eccentricity



Obliquity



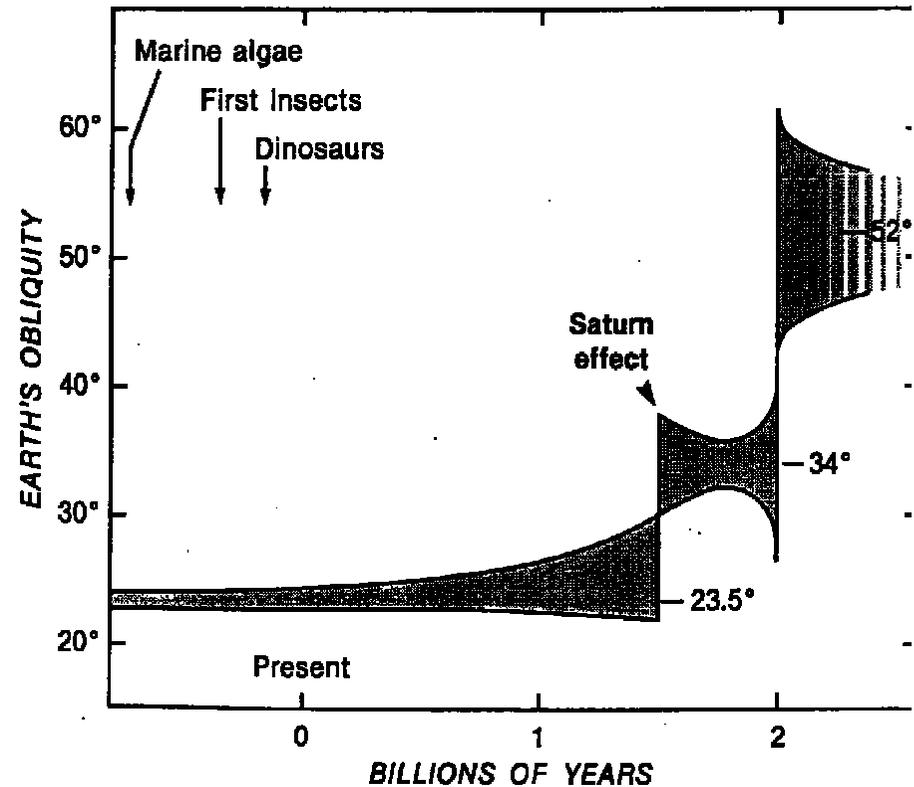
Precession



Sfuggiti da una glaciazione ? Gianopolski et al., Nature, 14/1/2016:

“moderate anthropogenic cumulative CO₂ emissions of 1,000 to 1,500 gigatonnes of carbon **will postpone the next glacial inception by at least 100,000 years**. Our simulations demonstrate that under natural conditions alone the Earth system would be expected to **remain in the present delicately balanced interglacial climate state**, steering clear of both large-scale glaciation of the Northern Hemisphere and its complete deglaciation, for an unusually long time”

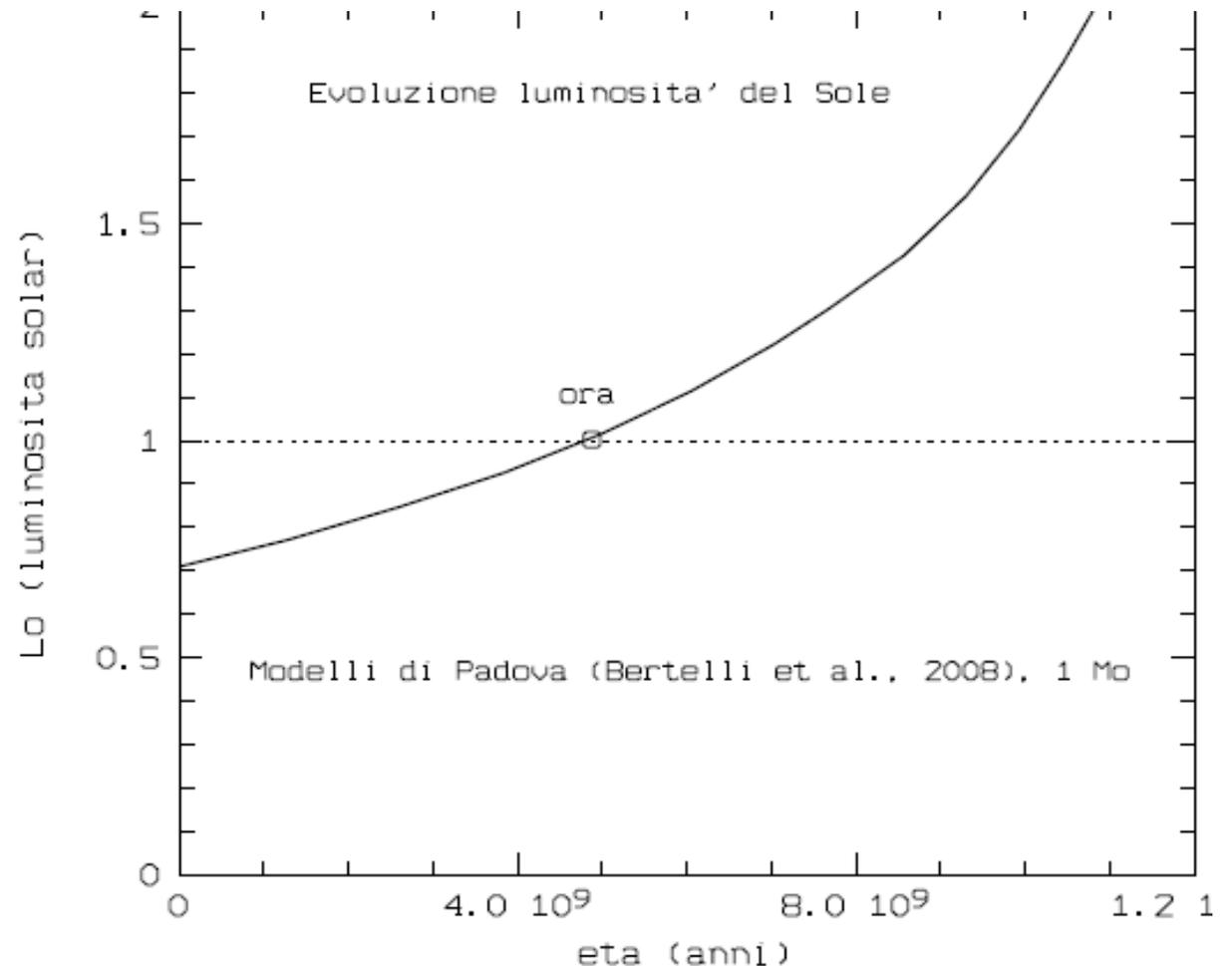
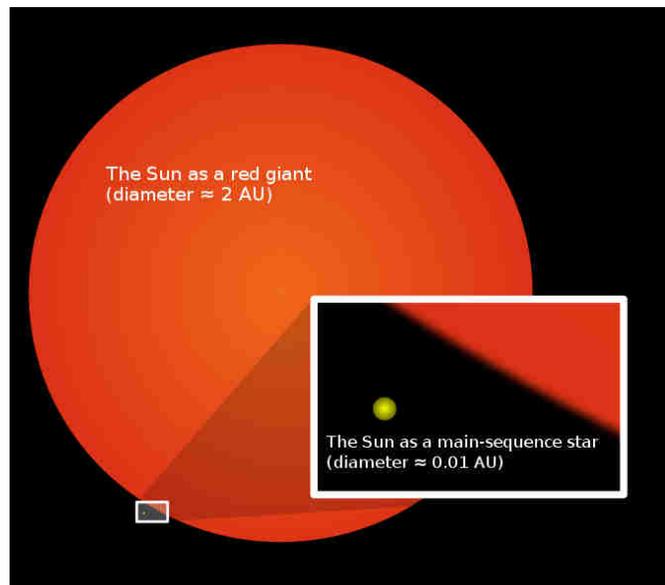
Ci sono insidie nel futuro:
perderemo la protezione della
Luna che si sta allontanando
dalla Terra... L'asse di rotazione
della Terra **tra un miliardo di anni**
inizierà a oscillare con ampiezza
crescente e le stagioni verranno
esasperate (Ward).
Ci saranno anche imprevedibili
eruzioni vulcaniche e grandi
impatti meteorici.
Potremo sopravvivere ?



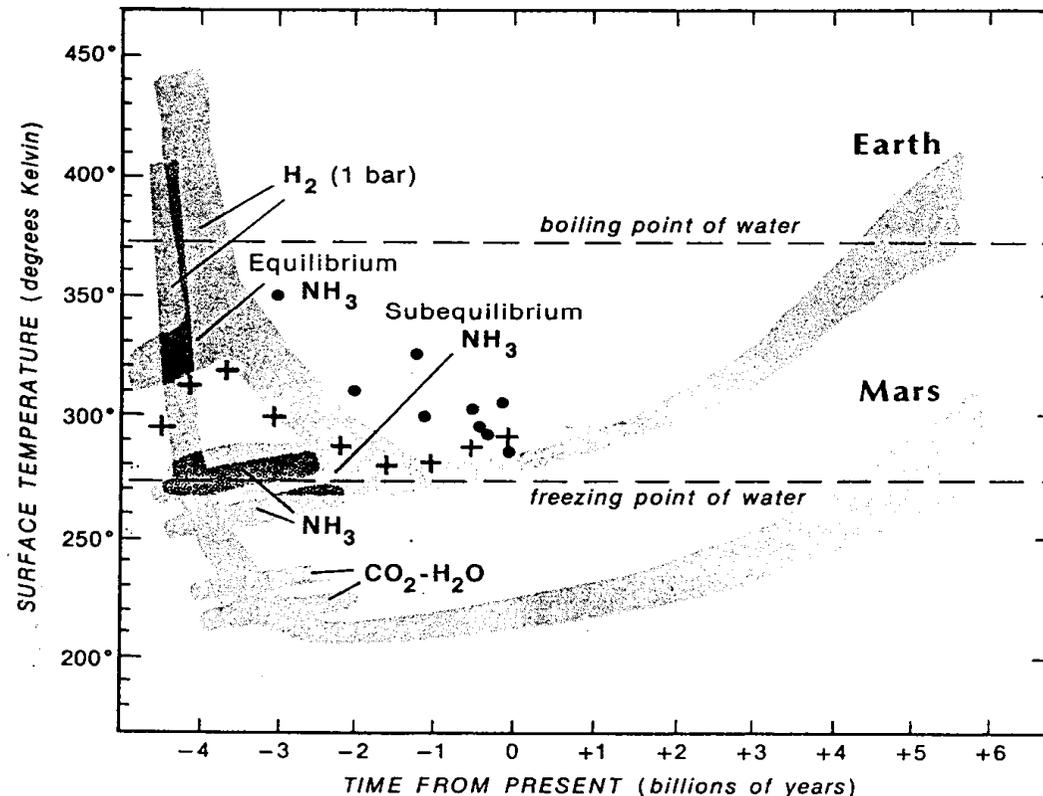
Il Sole, come conseguenza del continuo bruciamento dei combustibili nucleari aumenta progressivamente il raggio e la luminosità. 4 miliardi di anni fa il Sole era il 30% meno luminoso 4 miliardi e tra 4 miliardi di anni sarà circa il 30% piu' brillante. Il clima del lontano passato ha superato un periodo molto critico. Nel futuro sulla Terra si supererà la temperatura di ebollizione dell'acqua. Ma sarà una "cottura" MOLTO LENTA...

un decimillesimo di grado ogni mille anni

Ammesso che non succeda qualcosa altro: instabilità della Terra (e del SS?)



Perchè il futuro è su Marte... la Terra diventerà inabitabile in 2-3 miliardi di anni mentre Marte diventerà abitabile (Sagan)



This diagram, adapted from two in *Nature*, compares evolutionary tracks for surface temperatures on Earth and Mars as calculated by Carl Sagan and his colleagues at Cornell. Left-hand branches are for initial model atmospheres with the indicated infrared absorbers. Dots are Earth temperatures derived from the isotopic analysis of rocks from ancient scabeds; crosses show temperatures from a computer model by M. H. Hart, Goddard Space Flight Center.

Dal quadro descritto quello che emerge è che i pianeti come la Terra sono sistemi molto complessi, così anche il clima.

(1)E' molto difficile fare previsioni in tempi scala di decine di anni. Bastano piccole differenze iniziali per avere situazioni evolutive molto diverse.

(2)Per quanto riguarda il futuro più lontano, prima dobbiamo prepararci ad una glaciazione, poi, per il lungo termine, il clima della Terra diventa inospitale. O deviamo l'orbita della Terra o ci spostiamo su un altro pianeta. E' un destino inevitabile

(3)Investimenti massicci per energie alternative e limitazione dell'emissione della CO2 possono avere senso ma non necessariamente per contenere la temperatura globale