



Il clima cambia. Ma è tutta colpa dell'uomo?
Spunti per riflettere

Ernesto Pedrocchi 04-02-2016
ernesto.pedrocchi@polimi.it

Premessa 2

- **Tutta la storia dell'umanità dimostra che l'energia è un fattore fondamentale per il suo sviluppo. Il miglioramento delle condizioni di benessere dall'inizio della rivoluzione industriale è strettamente legato alla disponibilità di energia sicura, affidabile e a basso costo.**
- **Da ormai circa due secoli tale disponibilità si è progressivamente basata sull'uso dei combustibili fossili. Tuttora i combustibili fossili coprono circa il 75% del fabbisogno energetico e non è prevedibile che possano a breve essere facilmente sostituiti.**
- **L'uso dei combustibili fossili comporta l'immissione in atmosfera di CO₂ aggiuntiva rispetto ai flussi naturali e, essendo la CO₂ un gas con effetto serra, è stata imputata di essere responsabile del riscaldamento verificatosi nel XX secolo, in particolare di quello registrato nella seconda metà del secolo.**

Ernesto Pedrocchi POLITECNICO DI MILANO



Esiste un legame inscindibile tra energia e sviluppo.

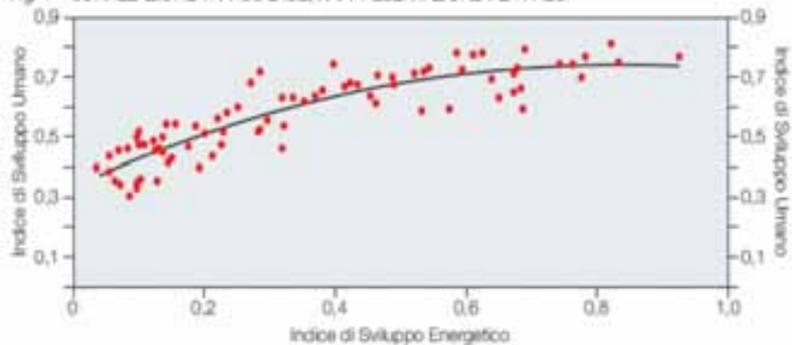
- Lo fa intuire la nostra vita, quotidianamente pervasa dal consumo di diverse fonti energetiche, per gli usi personali, i trasporti, il lavoro, il tempo libero, la salute, la cura della persona, l'educazione e la cultura.
- Lo prova la Storia dell'uomo dove i più significativi passi evolutivi e i principali cambiamenti socio-economici sono sempre stati associati alla scoperta, o meglio alla capacità di fare uso sistematico di fonti energetiche.
- Lo conferma la grande attenzione che il tema Energia sta riscuotendo nei dibattiti internazionali sullo sviluppo sostenibile incentrati sul comune obiettivo di identificare e promuovere un "sistema energetico sostenibile per tutti".

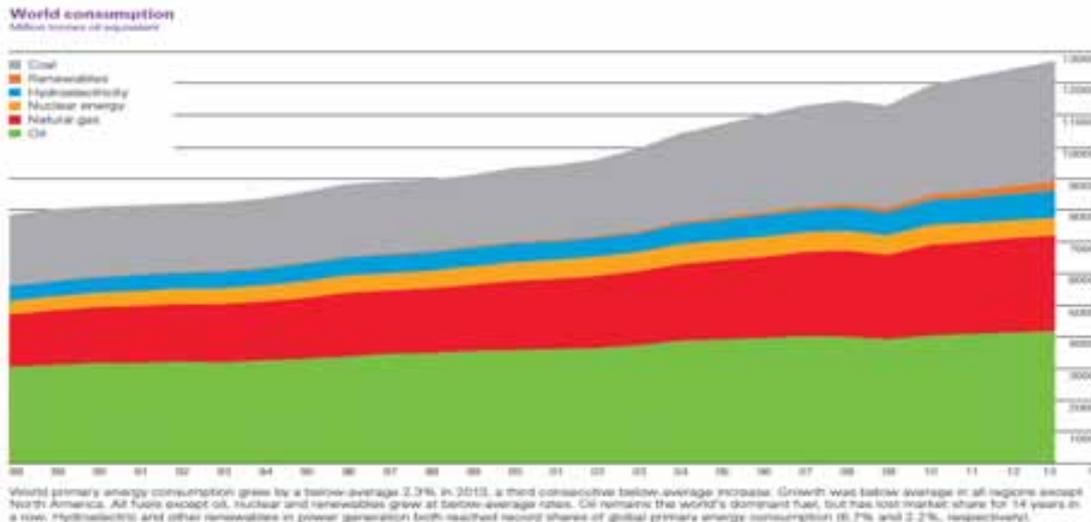


Indice di Sviluppo Umano (ISU)
tiene conto di differenti fattori:

- [PIL procapite](#),
- [alfabetizzazione](#)
- [speranza di vita](#).

Fig. 1 - CORRELAZIONE TRA ISU E ISE, RAPPRESENTAZIONE PER PAESI





➤ Il **clima locale** è relativo a una certa area della superficie terrestre che può essere più o meno estesa (ad esempio la città di Milano o la pianura padana).

➤ Il **clima globale** riguarda tutto il pianeta e il parametro principe per caratterizzarlo è la **temperatura globale media (Tgm)** che riassume tutti i parametri importanti: in particolare la copertura niveo-glaciale e il livello del mare.

➤ Attualmente esiste una rete di rilevamento abbastanza attendibile delle temperature che copre tutto il pianeta e permette di risalire alla Tgm. Per il passato si utilizzano vari segni che il clima globale ha lasciato sulla terra per ricostruire approssimativamente la Tgm (proxi data).



Clima locale e clima globale (2)

7

- Il clima locale influenza fortemente la pubblica opinione, che tende a generalizzarlo a clima globale, spesso dimenticando che **più del 70%** della superficie della Terra è coperto dai mari e del restante 30% solo una modesta frazione tra il 20 e il 30% è significativamente antropizzato (**quindi la frazione della superficie della Terra antropizzata è dell'ordine del 5-10%**).
- Il **clima locale** dipende dal clima globale, ma è anche certamente influenzato dall'antropizzazione del territorio, tra cui importante l'uso dell'energia in parte prodotta in loco con i combustibili fossili.
- E' scontata l'opportunità di un uso corretto dei combustibili, riducendo quanto possibile gli **inquinanti** (ossidi di zolfo e di azoto, particolato, incombusti).

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Emissioni antropiche di CO₂ e clima globale

8

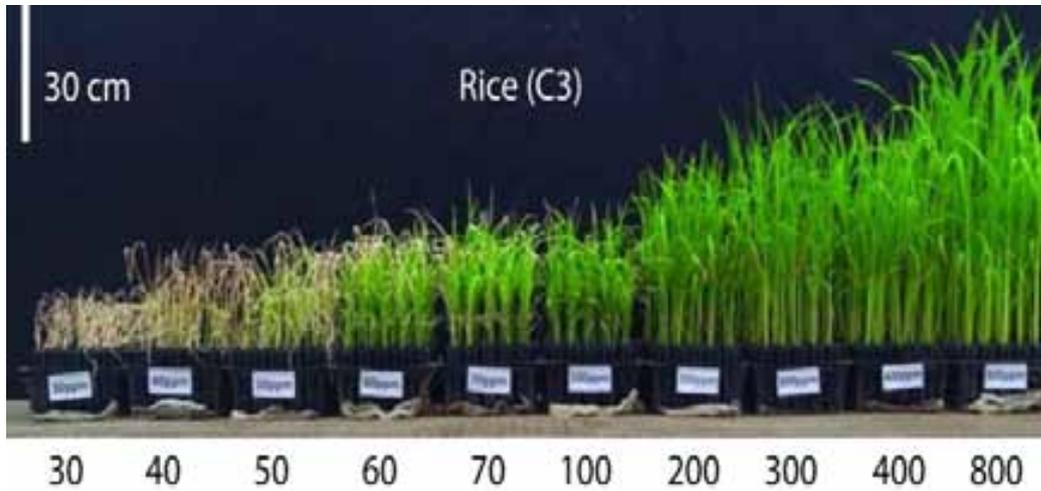
- La CO₂ emessa dai combustibili fossili è **meno del 5%** del totale immesso in atmosfera (IPCC).
- La CO₂, ai livelli attuali di concentrazione in atmosfera (**4 molecole ogni 10.000**) è lontanissima dall'essere un inquinante, ma è un gas con effetto serra. Ovvero essa tende a trattenere il calore emesso per radiazione dalla superficie terrestre che pertanto deve aumentare di temperatura per compensare il calore che arriva dal sole.
- La CO₂ è un potente fertilizzante di tutta la biosfera. Si sta ora assistendo a un processo di rinverdimento di tutto il globo terrestre, probabilmente conseguente l'aumento di concentrazione di CO₂ in atmosfera.

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



EFFETTI DELLA CO₂ SU UNA PIANTA COLTIVATA IN SERRA



von Caemmerer S, Quick WP, and Furbank RT (2012). The development of C₄ rice: Current progress and future challenges. *Science* 336 (6089): 1671–1672.

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



10

La temperatura globale media
 T_{gm}

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO

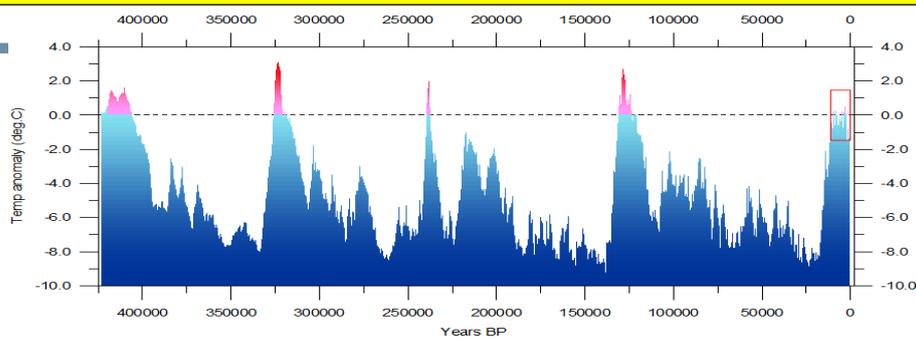


Le cinque ere glaciali



Figura 9
 Il paleoclima dall'origine della Terra in poi: il più delle volte faceva molto più caldo di oggi, ma ci sono state anche cinque ere glaciali. In una di esse viviamo noi.

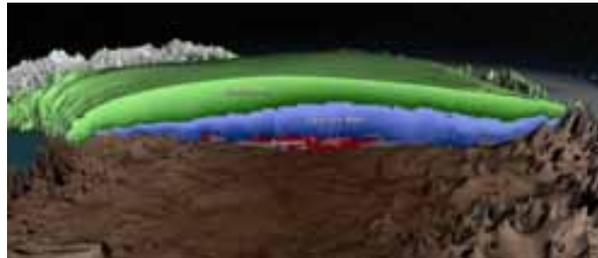
L'evoluzione della Tgm negli ultimi 450.000 anni



Petit et al., 1999, Climate and Atmospheric History of the Past 420,000 years from the Vostok Ice Core, Antarctica, Nature, 399, pp.429-436



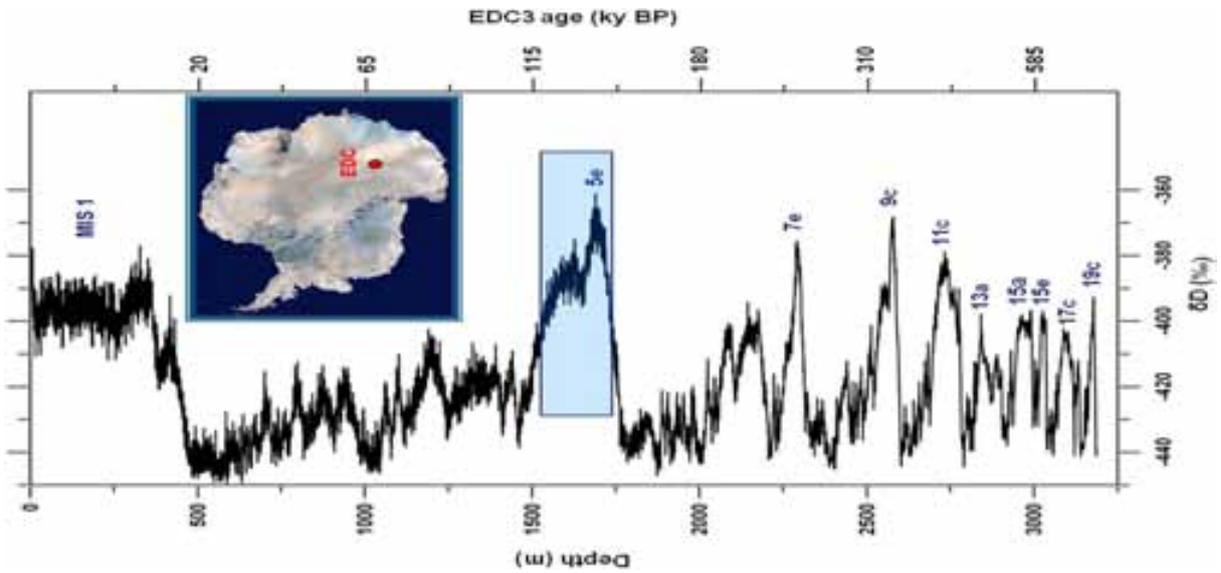
Antonoli F., e Silenzi S., (2007). Variazioni relative del livello del mare e vulnerabilità delle pianure costiere italiane. Quaderni della Società Geologica Italiana, 2, 29 pp.



McGregor et al 2015 Radiostratigraphy and age structure of the Greenland Ice Sheet, Journal of geophysical research, Earth surface, Volume 120, Issue 2,



Ricostruzione delle temperature fino a 600 ky BP (K. Pol et al. 2014 Geophysical Research Letters ¹³)

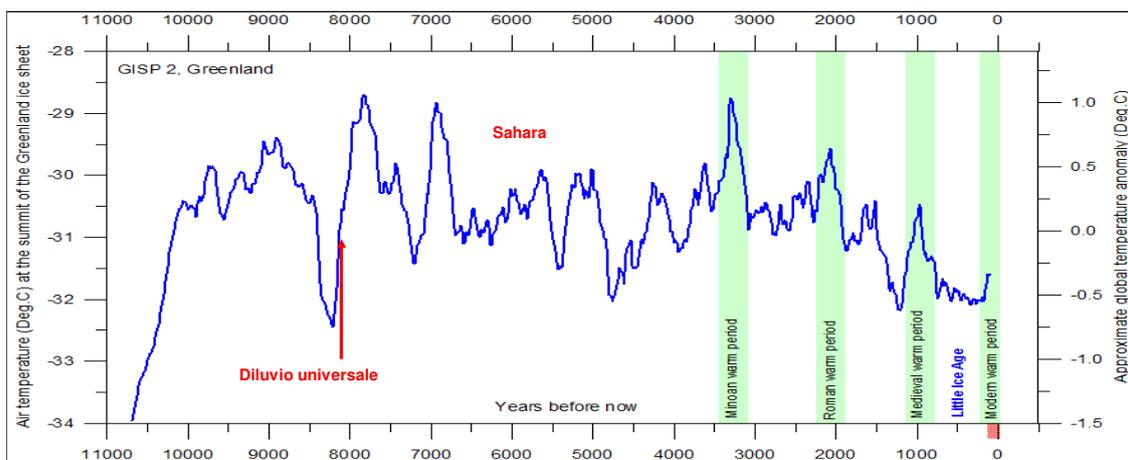


Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Ricostruzione della variazione di Tgm dopo l'ultima glaciazione (Alley (2000) from GISP2 ice core data).



-J.M. Grove, and R. Switsur, 1994 "Glacial geological evidence for the Medieval Warm Period". *Clim. Change*, 26, 143-169.

-E. Monnin et al.2004 «Evidence for substantial accumulation rate variability in Antarctica during Holocene» *Earth and Planetary Science Letters*

-V. Masson-Delmotte et al. «EPICA Dome C record of glacial and interglacial intensities» *Quaternary Science Reviews* 29 (2010) 113-128

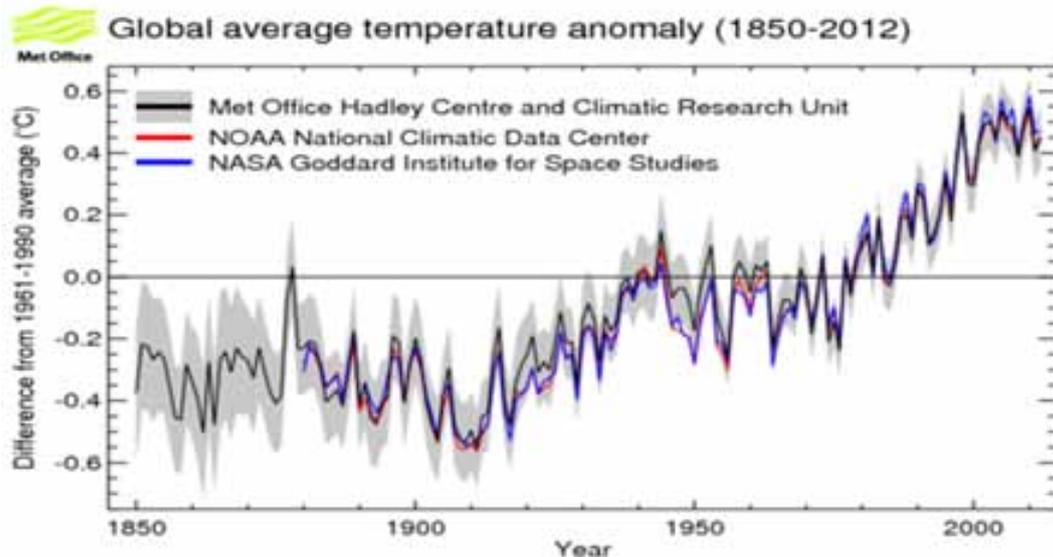
Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



La Tgm dal 1850

15



Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Prossima glaciazione secondo IPCC

16

There is *high confidence* that orbital forcing is the primary external driver of glacial cycles (Kawamura et al., 2007; Cheng et al., 2009; Lisiecki, 2010; Huybers, 2011). However, atmospheric CO₂ content plays an important internal feedback role.

It is therefore *virtually certain* that orbital forcing will not trigger a glacial inception before the end of the next millennium.

Climate change 2013 The Physical Science Basis

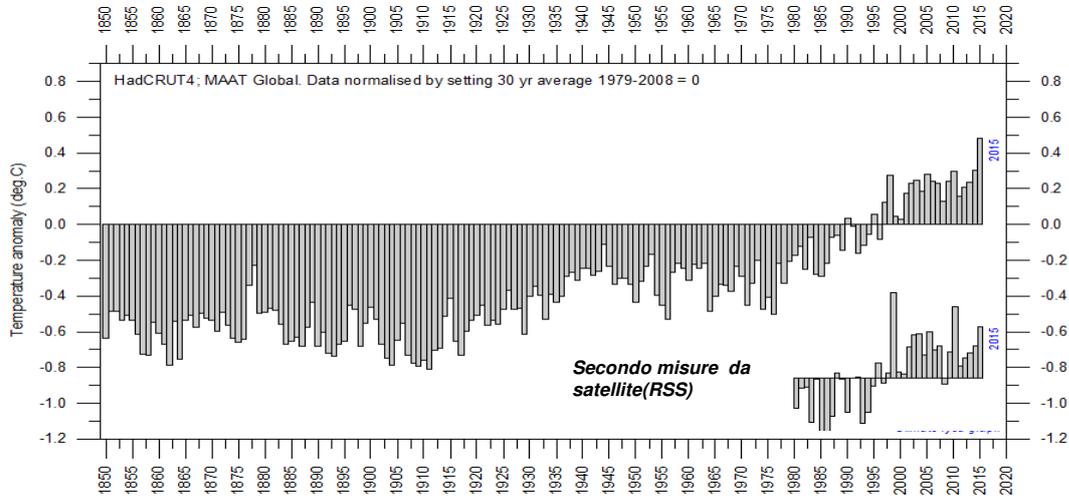
Sarebbe quasi da augurarsi che la CO₂ antropica serva ad evitare la prossima glaciazione

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Gli anni più freddi e quelli più caldi (secondo HadCRUT4)

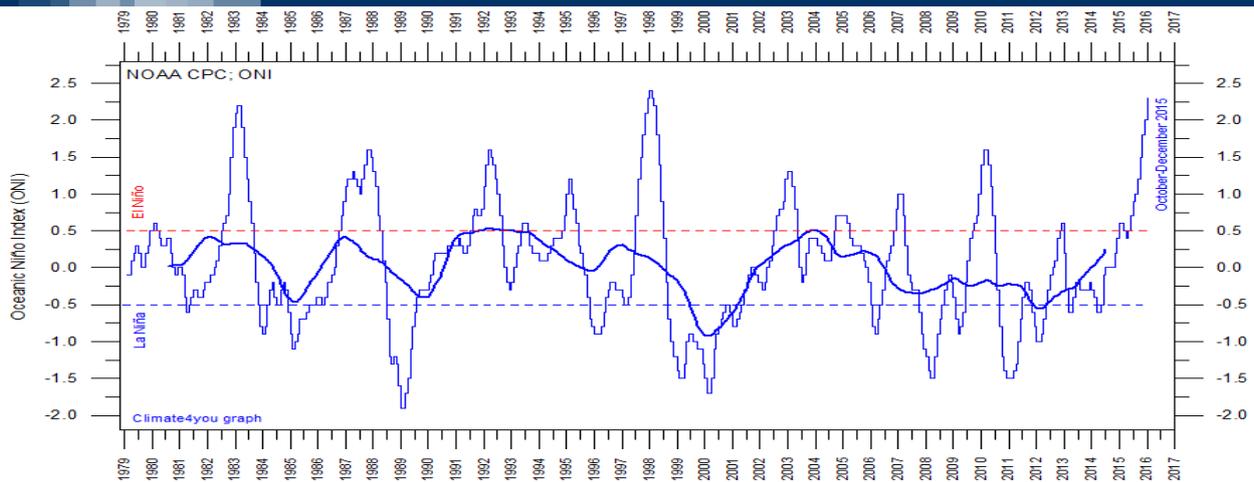


Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



La Niña and El Niño episodes



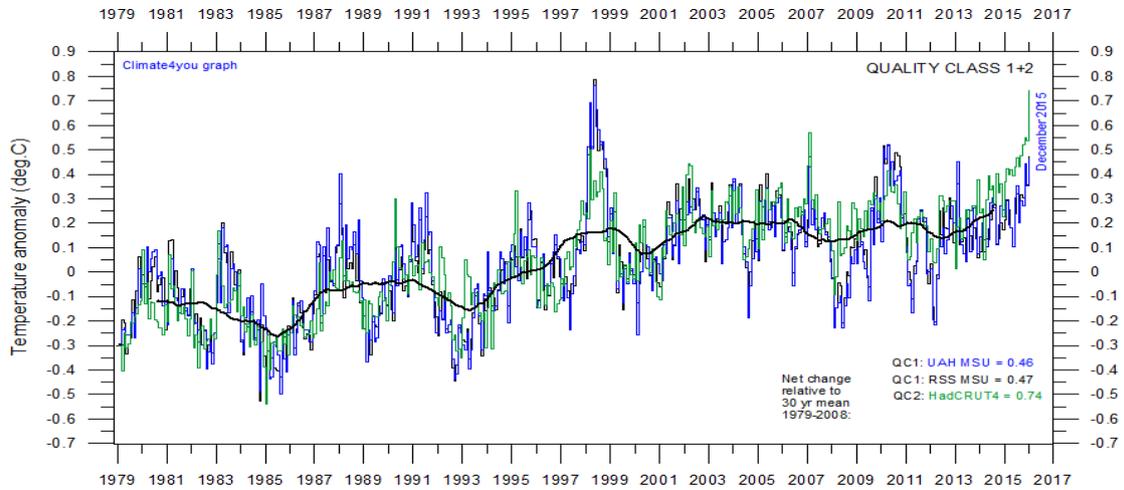
Warm ($>+0.5^{\circ}\text{C}$; red stippled line) and cold ($<-0.5^{\circ}\text{C}$; blue stippled line) episodes for the *Oceanic Niño Index (ONI)*, defined as 3 month running mean of *ERSST.v3b SST anomalies in the Niño 3.4 region (5°N-5°S, 120°-170°W)*. Base period: 1971-2000. For historical purposes cold and warm episodes are defined when the threshold is met for a minimum of 5 consecutive over-lapping seasons. The thin line indicates 3 month average values, and the thick line is the simple running 7 year average of these. Last 3 month running mean shown: August-October 2015

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Temperature anomaly (°C) dati privilegiati da IPCC



[Hadley Centre for Climate Prediction and Research](#)
and the [University of East Anglia's Climatic Research Unit \(CRU\)](#), UK.

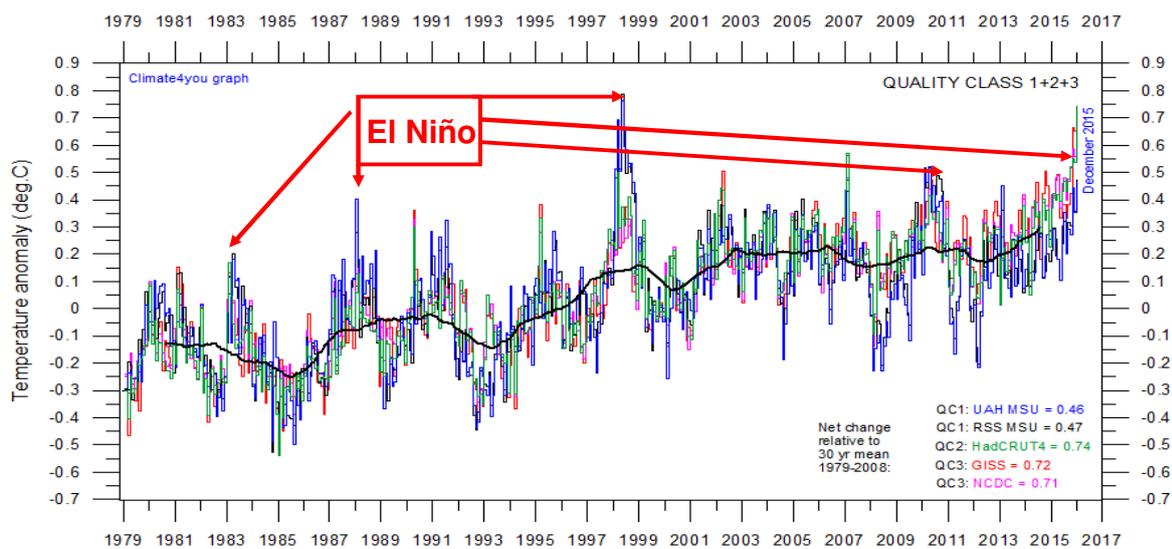
Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Temperature anomaly (°C) and El Niño

20

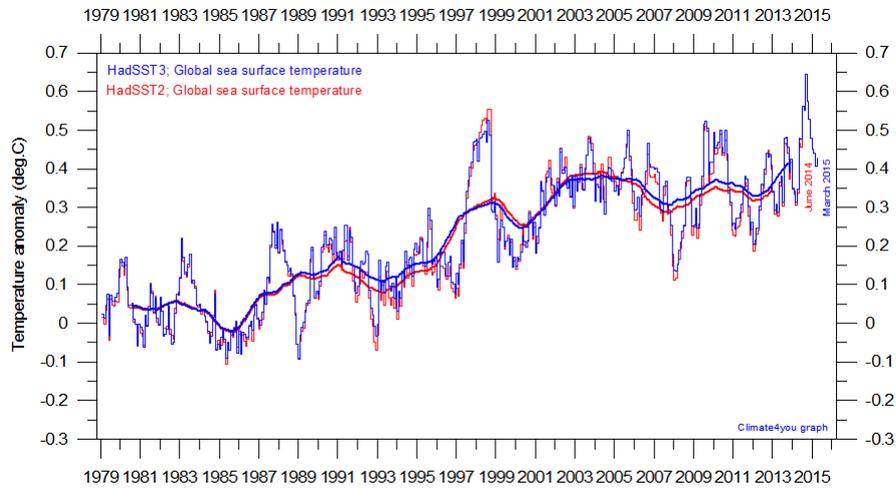


Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Global monthly average sea surface temperature (SST) since 1979 according to University of East Anglia's Climatic Research Unit (CRU), UK.



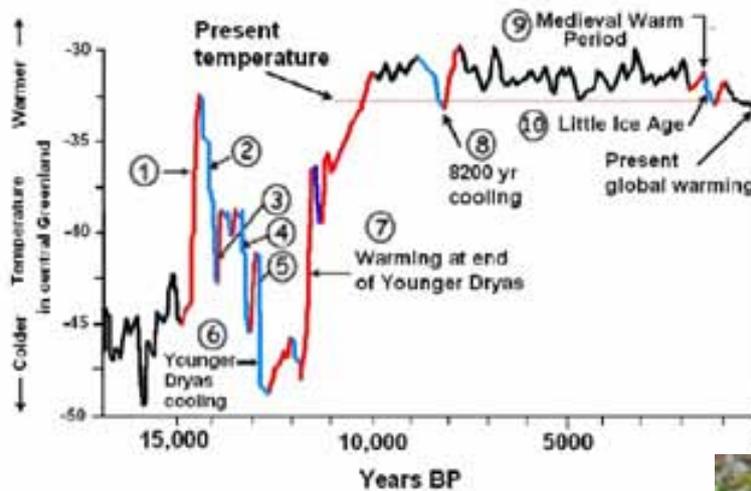
Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Variazioni con forti derivate anche nel passato

Alley, R.B. 2000



L'evento "Younger Dryas"- variazione di 10° C in 20 anni (camedrio alpino)

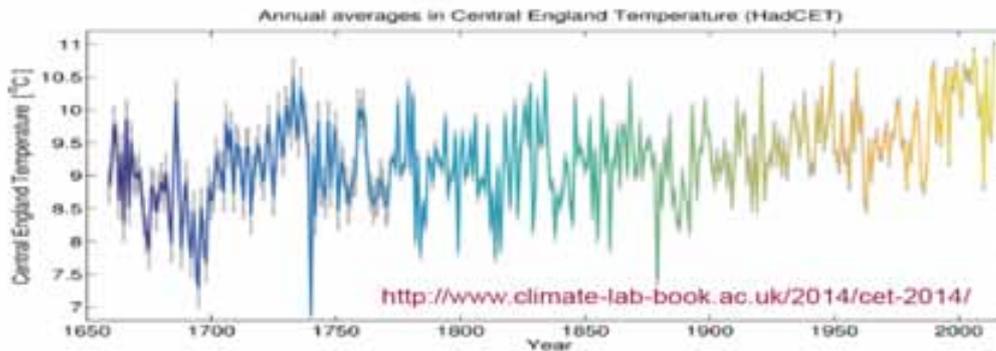


Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Is the warming since 1950 unusual?



- Long-term warming trend: fossil fuel contribution since 1950
- Year-to-year variations: volcanoes, El Nino
- Multi-decadal variations: solar, ocean circulations



L'aumento della concentrazione della CO₂ in atmosfera è dovuto a emissioni da attività antropiche?



Problemi connessi con le misure di conc. CO₂ di mediante analisi delle bolle d'aria intrappolate nei ghiacciai

- 1) Solubilità della CO₂ in acqua liquida: 70 volte maggiore rispetto l'N₂ e 30 volte maggiore rispetto l'O₂. Questo comporta che dopo migliaia di anni da quando la bolla è stata intrappolata la conc. dei diversi gas può essere variata.
- 2) Trapping depth >L'aria intrappolata è più «giovane» del ghiaccio circostante.
Ref. J. Barnola et al. 1987 Nature 329
A.Neftel et al. 1985 Nature vol.315;
H.Friedli et al. 1986 Nature vol 324. | IPCC (Mauna Loa 1958)
- 3) Il valore assunto come riferimento per il periodo preindustriale di 270/290ppm (ref G. S. Callendar 1958 Tellus v.10) è stato contestato da Jaworowski et al (1992 The Science of the Total Environment, v. 114) e da Beck (2007 Energy and Envir v.18 No 2) che propongono valori di circa 330-335 ppm.



Concentrazione di CO₂ e emissioni antropiche

I^a Domanda: è la CO₂ antropica che fa aumentare la concentrazione di CO₂ in atmosfera?

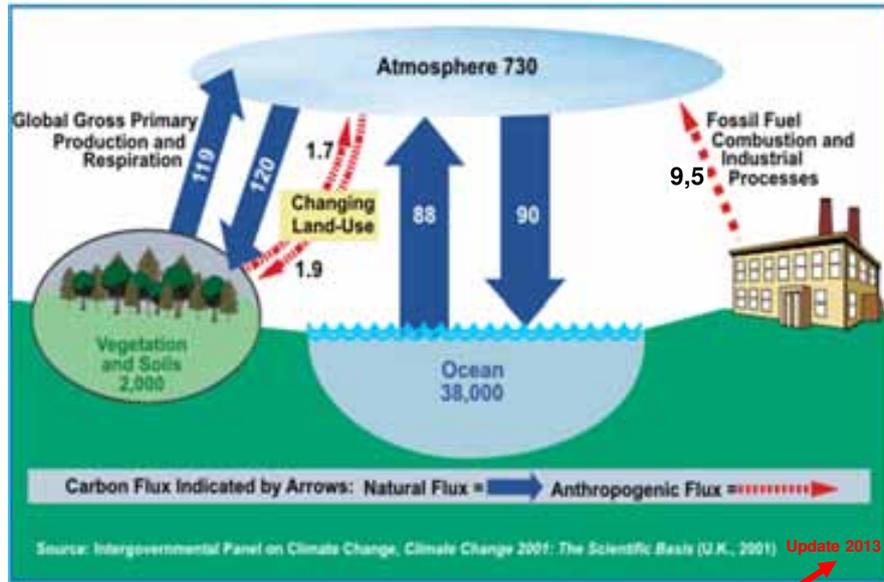


Risposta: è probabile, ma ci sono alcuni dubbi; un contributo non trascurabile potrebbe essere di origine naturale.



Il bilancio della CO₂ (Gt di carbonio)

27



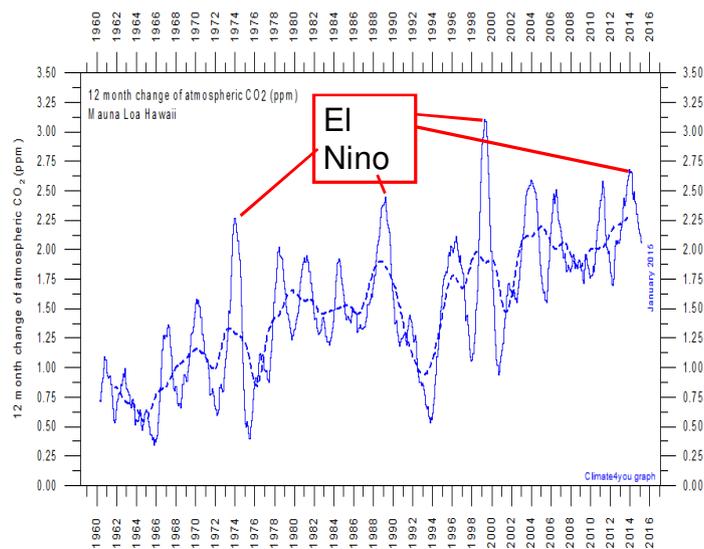
Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Andamento della variazione di concentrazione di CO₂ dal 1960 al 2015.

Pur essendo le emissioni antropiche di CO₂ crescenti abbastanza regolarmente negli anni, l'aumento di concentrazione nell'atmosfera è irregolare e molto influenzato dal fenomeno naturale di El Niño



Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Crescita della concentrazione di CO₂ in atmosfera ed emissioni antropiche di CO₂

29

1- Tempistica di crescita delle emissioni antropiche e della concentrazione in atmosfera. ▶

2- L'aumento eguale tra emisfero nord e emisfero sud. ▶

3- Il forte rallentamento tra il 1973 e il 1985. ▶

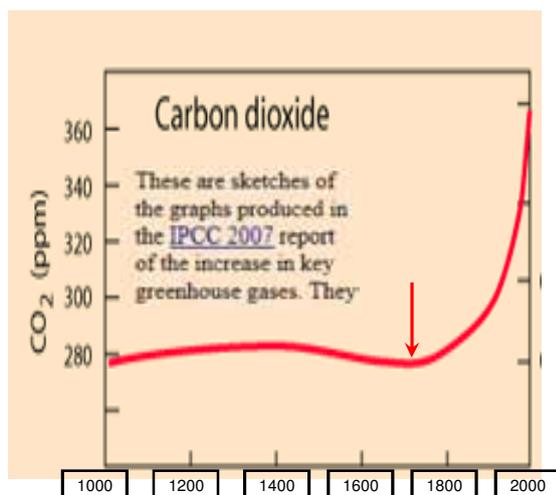
Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO

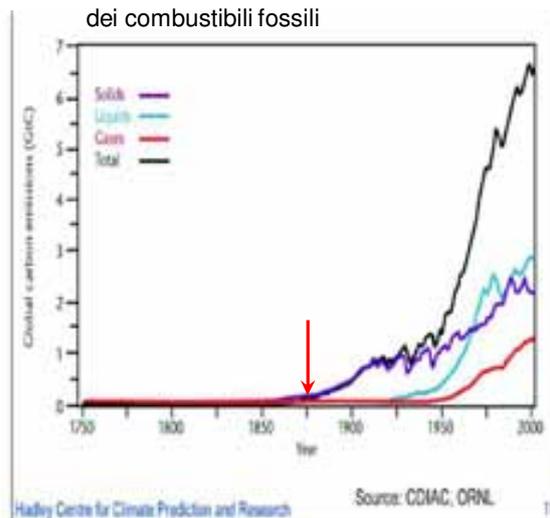


Variation della concentrazione di CO₂ in atmosfera secondo IPCC 2007

30



Emissioni di CO₂ dalla combustione dei combustibili fossili

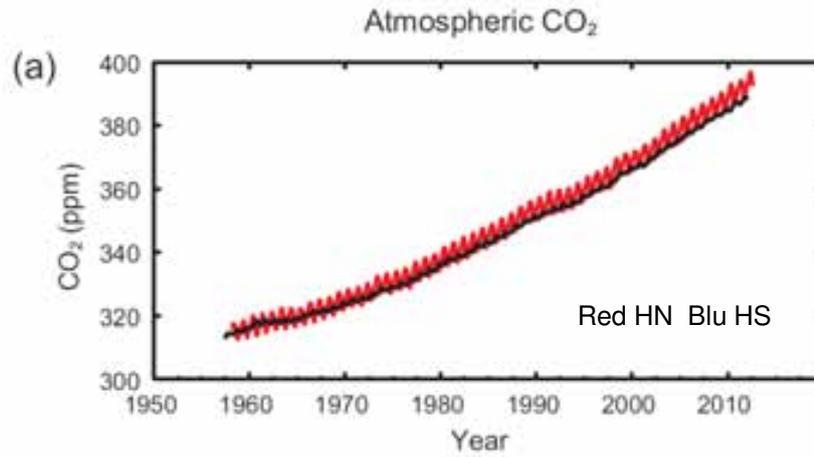


Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Variazione della concentrazione di CO₂ tra emisfero nord ed emisfero sud (IPCC)

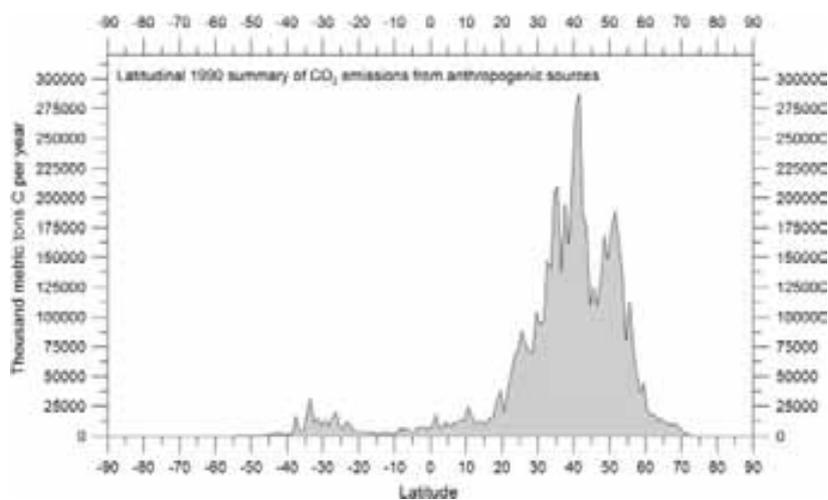


Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Posizionamento delle emissioni antropiche di CO₂



Latitudinal 1990 summary of CO₂ emissions from anthropogenic sources.
Data source: Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC).

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Tempo di diffusione del C^{14} tra NH e SH (a seguito di test nucleari al circolo polare Artico) ref T. Quirk 2009 Energy & Environment

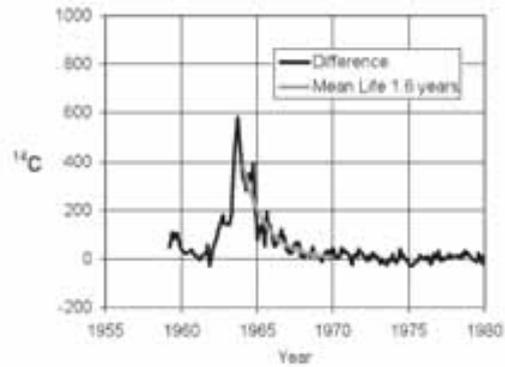


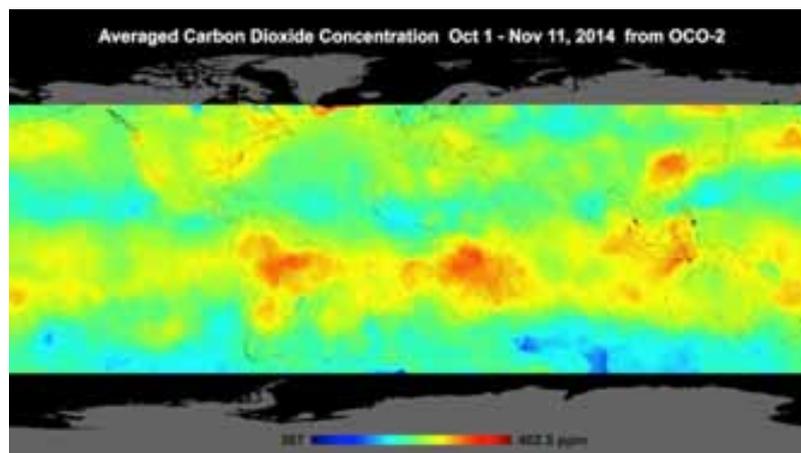
Figure 17. Timing differences of Northern and Southern Hemisphere carbon pulse. A number of massive weapons were detonated in the Arctic circle just before the Partial Test Ban Treaty came into force in October 1963. The measurements were made in New Zealand²⁰ and Germany²¹.

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Progetto OCO2 (NASA)

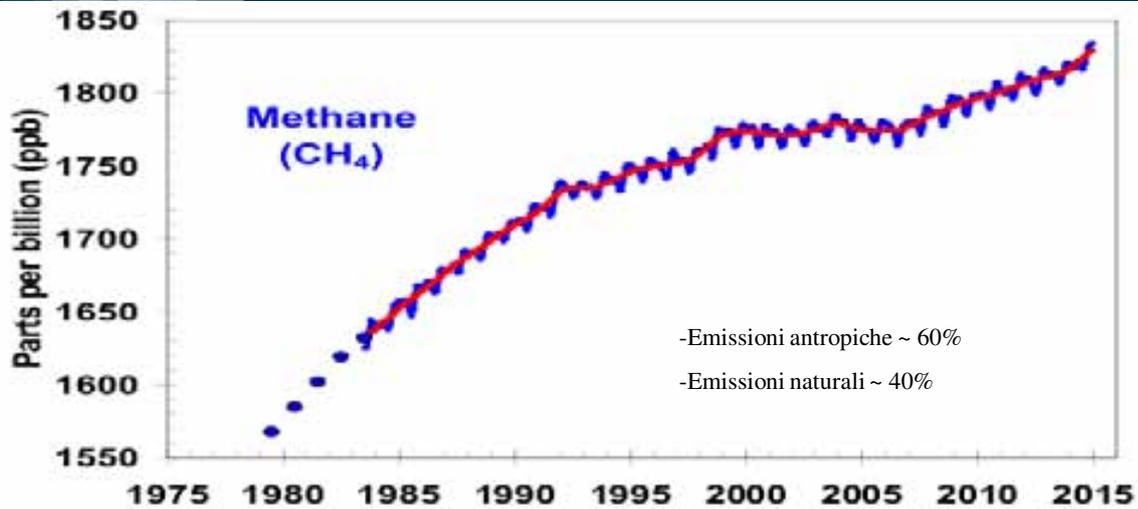


Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Variazione della concentrazione in atmosfera di CH₄ (ed emissioni antropiche)



THE NOAA ANNUAL GREENHOUSE GAS INDEX (AGGI) Updated Summer 2015*
NOAA Earth System Research Laboratory, R/GMD, 325 Broadway, Boulder, CO 80305-3328
James.H.Butler@noaa.gov
Stephen.A.Montzka@noaa.gov

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Confronto della concentrazione di CH₄ tra Emisfero Nord ed Emisfero Sud

Noaa -Global Network for Measurements of Greenhouse Gases in the Atmosphere

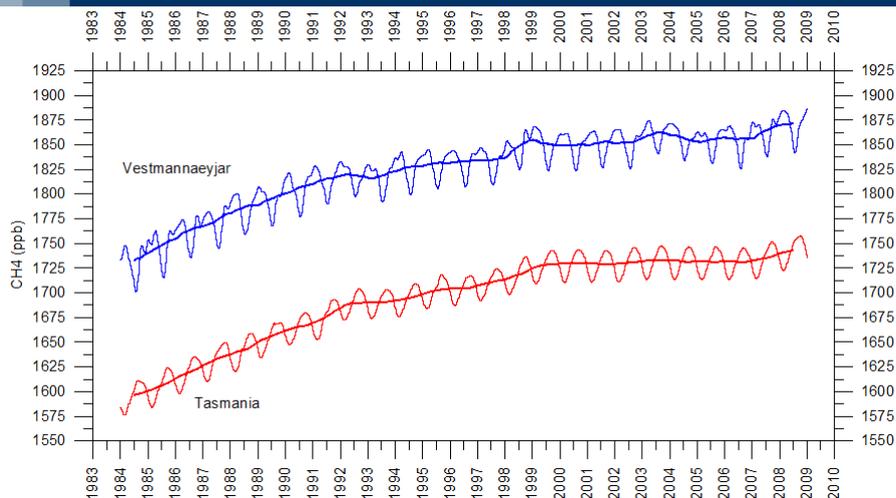


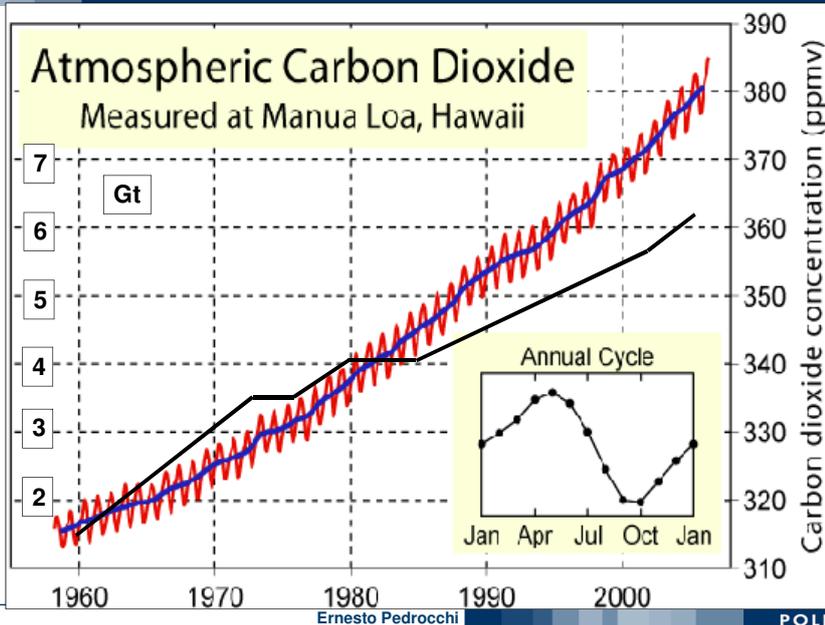
Diagram showing variations of atmospheric CH₄ since 1984 at Storholdfi, Vestmannaeyjar, Iceland (63.40 N, 20.29 W) and Tasmania, Australia (40.53 S, 144.30 E). The thin lines show weekly values, while the thick lines show the running annual average value. The Vestmannaeyjar observatory is located 127 m above sea level. The Tasmania measurements are carried out from aircraft between 0 and 1000 m above sea level. Last diagram update: 11 April 2010.

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



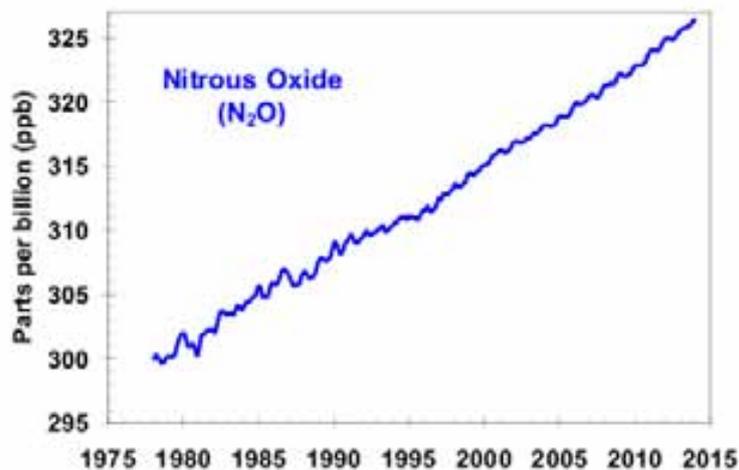
Kyoto ante litteram (Emissioni di CO₂ da Stat. Rew. BP)



POLITECNICO DI MILANO



Concentrazione in atmosfera di N₂O (ed emissioni antropiche)



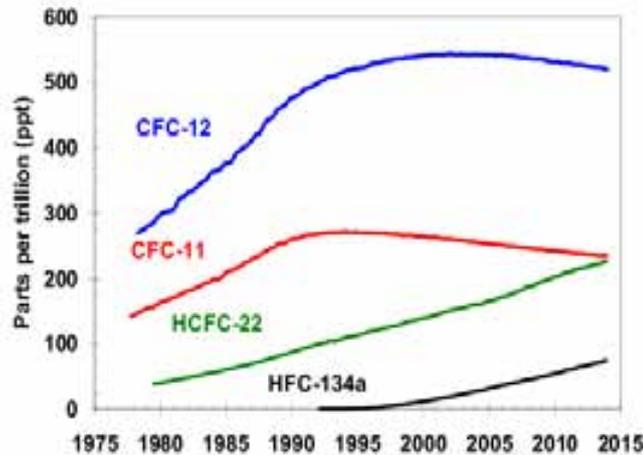
THE NOAA ANNUAL GREENHOUSE GAS INDEX (AGGI) Updated Summer 2014*
NOAA Earth System Research Laboratory, R/GMD, 325 Broadway, Boulder, CO 80305-3328
James.H.Butler@noaa.gov
Stephen.A.Montzka@noaa.gov

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Concentrazione in atmosfera di alcuni composti alogenati (dovuti tutti a emissioni antropiche)



THE NOAA ANNUAL GREENHOUSE GAS INDEX (AGGI) Updated Summer 2014*
NOAA Earth System Research Laboratory, R/GMD, 325 Broadway, Boulder, CO 80305-3328
James.H.Butler@noaa.gov
Stephen.A.Montzka@noaa.gov

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Domanda 2

L'aumento della concentrazione di CO₂ in atmosfera è il principale responsabile dell'aumento della temperatura globale media della Terra verificatosi dal periodo preindustriale (circa 1750) ad ora?

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Concentrazione di CO₂ e T_{mg}

II^a Domanda: è la concentrazione di CO₂ che causa la variazione della T_{mg}?



Risposta: ci sono molti dubbi e alcuni dati sperimentali che non lo confermano.

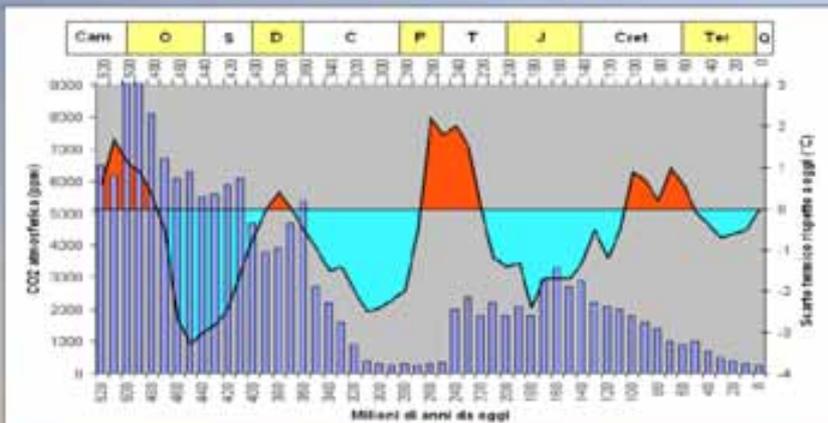


Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



CO₂ e temperature globali (ultimi 500 milioni di anni)



Il diagramma a barre la cui scala è sull'asse delle ordinate sulla sinistra indica la concentrazione atmosferica di CO₂ fra 520 milioni e 2 milioni di anni orsono; il diagramma a linee la cui scala è sull'asse delle ordinate sulla destra mostra invece la temperatura dei mari tropicali (legenda: Cam= Cambriano; O= Ordoviciano; S= Siluriano; D= Devoniano; C= Carbonifero; p= Permiano; T= Triassico; J= Giurassico; Cret=Cretaceo; Ter= Terziario; Q= Quaternario). I livelli di CO₂ sono tratti da [Alistair et al. \(2005\)](#) e sono basati su dati provenienti dal modello GEOCARB 3 e 2 riportati in Berner e Kothavala. Le temperature dei mari tropicali sono state ricavate analizzando il tenore di O₂ in gusci calcarei di conchiglie ([Veizer et al., 2000](#)).

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



L'effetto dei gas serra

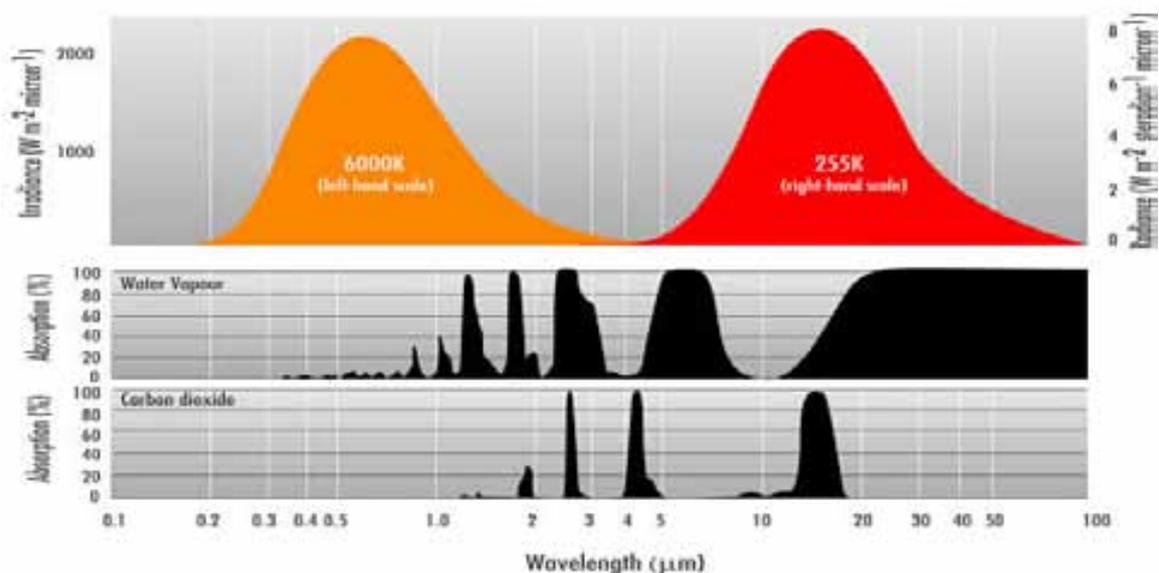
La radiazione solare 1367 W/m^2
Senza i gas serra $T=255\text{K} (-18^\circ \text{ C})$
Con i gas serra naturali (1750) $T=288\text{K} (+15^\circ \text{ C})$ ovvero **più 33° C** ,
corrispondente a una maggior radiazione solare (fattore forzante F o Forcing Radiativo) di 144 W/m^2 :
- di cui 92 dovuti all'acqua ($21^\circ \text{ C} \sim 70\%$),
- 30 dovuti alla CO_2 ($7^\circ \text{ C} \sim 20\%$) e
- 22 dovuti ad altri gas (5° C).

Dal periodo preindustriale ad ora la concentrazione di CO_2 è passata da circa 280 a 400 ppm, l'IPCC ha dato una formula per valutare l'aumento di fattore forzante: $\Delta F(\text{W/m}^2)=5,35 \ln C/\text{Co}$, con questa si ricava $\Delta F=1,66 \text{ W/m}^2$, a cui corrisponde circa un $\Delta T \sim 0,5^\circ \text{ C}$.

Analogamente prevedendo un raddoppio della concentrazione di CO_2 da 400 a 800ppm, si può ricavare che $\Delta F \sim 3,7 \text{ W/m}^2$ e concomitaneamente $\Delta T \sim 1,1^\circ \text{ C}$.

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



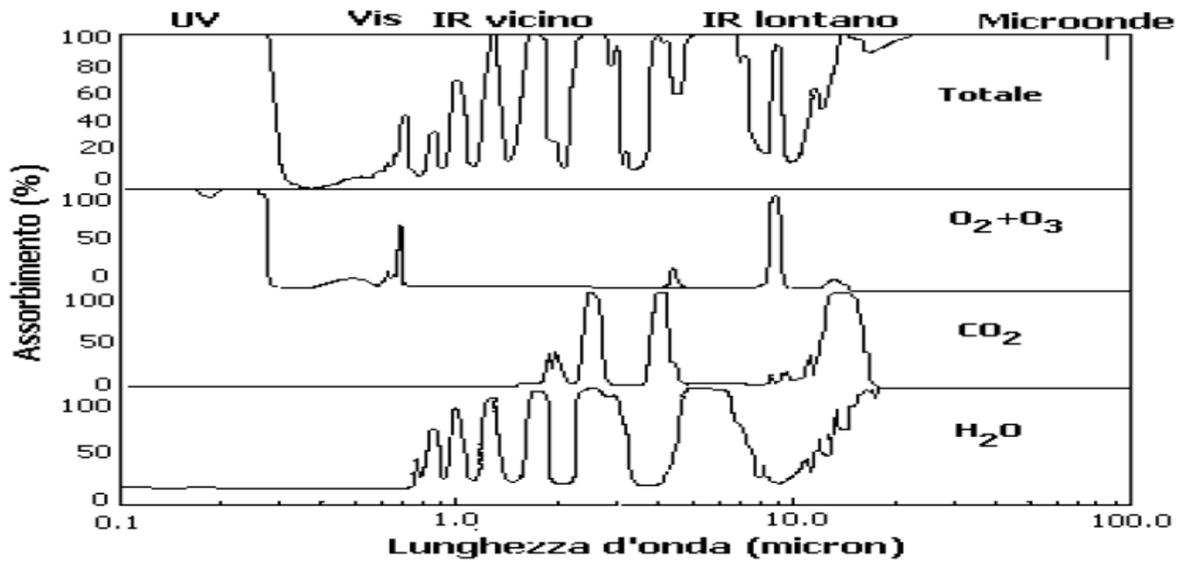
Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Spettri di assorbimento dei principali gas serra

45



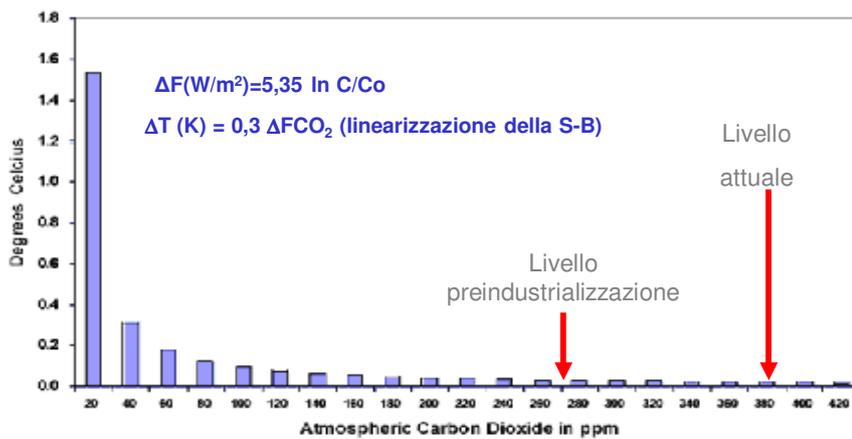
Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



La saturazione dell'effetto serra della CO₂

The Warming Effect of Atmospheric Carbon Dioxide

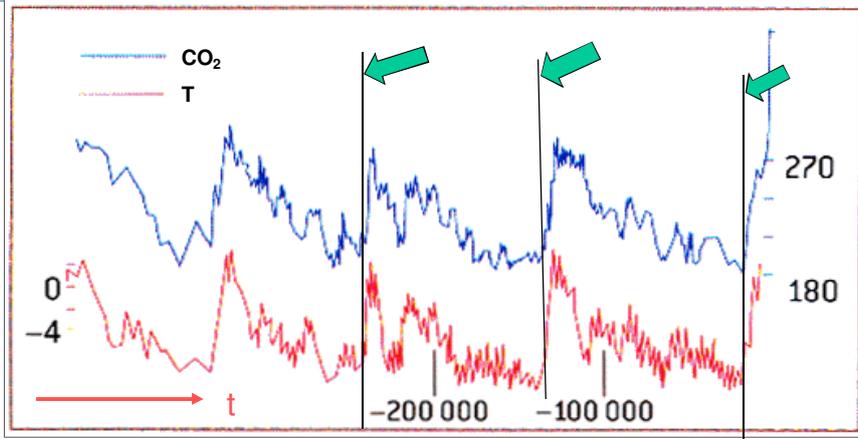


Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Orbital forcing is considered the pacemaker of transitions between glacial and interglacial (*IPCC 2013 « high confidence »*).



At 240000 BP, temperature increase is before CO₂ increase by a 800y time shift. Time/temperature relationship calibrated by Argon isotopes (Caillon et al 2001, 2003)

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO

Vostok Ice Cores 150,000 - 100,000 years ago

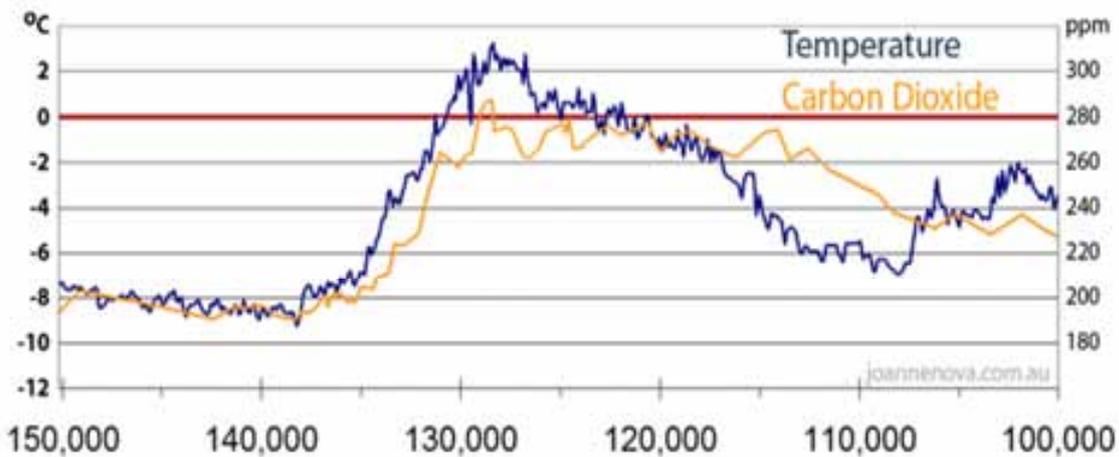
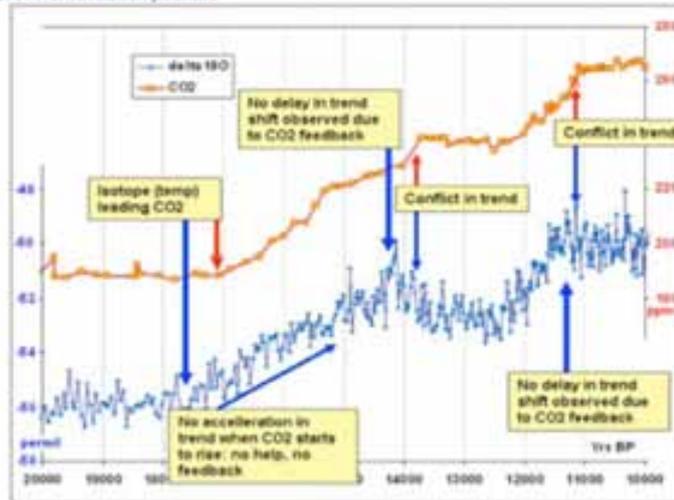


Figure 5.7.2. Temperature and CO₂ levels detail for 100,000-150,000 years ago from the Vostock ice core (Petit *et al.*, 1999; Fischer *et al.*, 1999; Monnin *et al.*, 2001; Caillon *et al.*, 2003. From Joanne Nova, 2013, <http://joannenova.com.au/global-warming-2/ice-core-graph/>.



Variazioni di T e di CO₂ all'uscita dell'ultima glaciazione

Carotaggi EPICA Dome C – Temperatura e CO₂
Non vi sono prove di feedback positivo



Fonti: Monnin et al, 2004 (CO₂); Stenni et al, 2006 (d18O); Björk

Barbara Stenni 0412348637c

Ernesto Pedrocchi

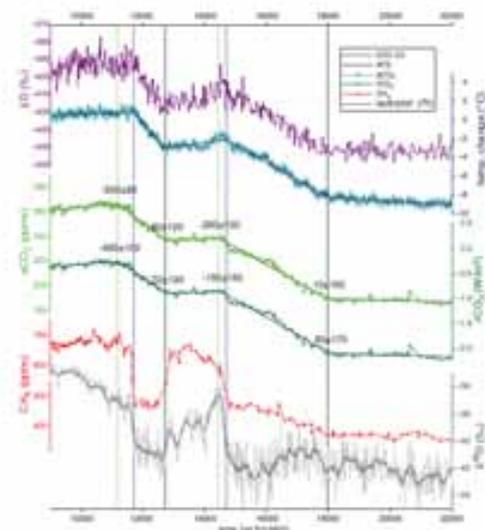
POLITECNICO DI MILANO



Variazioni di T e di CO₂ all'uscita dell'ultima glaciazione

50

Fig. 4. Various climate time series during TI. Shown are dD from EDC(28) (purple), ATS (dark blue, this study) and confidence interval (light blue), aCO₂ from EDC (1, 2) (light green), rCO₂ (dark green), atmospheric CH₄ from EDC (29) (red), and Greenland d18O from NorthGRIP (gray) onto the GICC05 age scale (27) with a 220-year running average (dark gray). The solid lines represent the best six-point linear fit of ATS, aCO₂, and rCO₂ (supplementary materials). The vertical dashed lines mark the four break points in ATS (blue) and in aCO₂ (green), where we evaluated the aCO₂-AT and the rCO₂-AT phase lags (black numbers). The new EDC age scale is described in the supplementary materials.



F. Parrenin et al. 2013 (Science 339)

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



T e concentrazione di CO₂ da 2000 anni

51

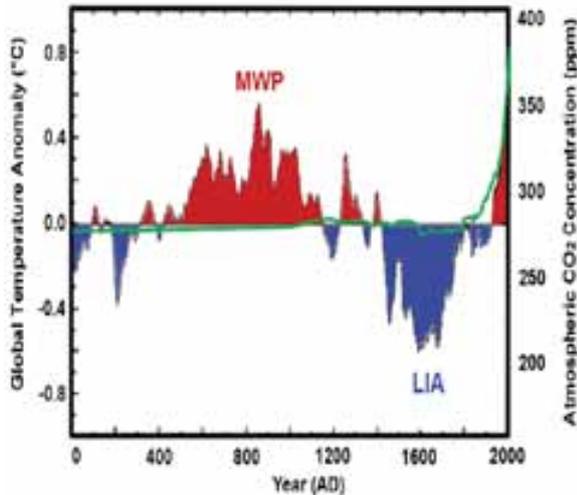


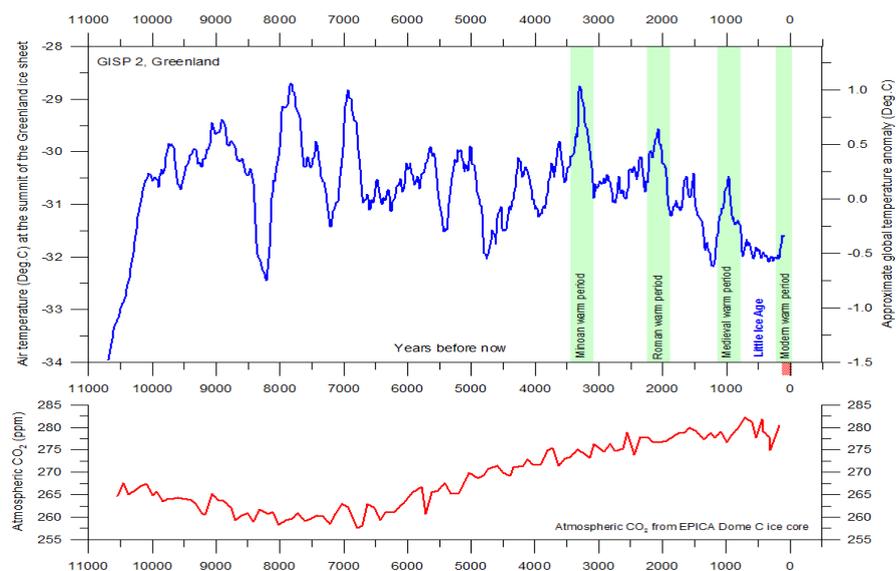
Figure 1.1.1. The mean relative temperature history of the Earth (blue, cool; red, warm) over the past two millennia highlighting the Medieval Warm Period (MWP) and Little Ice Age (LIA), together with a concomitant history of the atmosphere's CO₂ concentration (green). Adapted from Loehle, C. and McCulloch, J.H. 2008. Correction to: A 2000-year global temperature reconstruction based on non-tree ring proxies. *Energy & Environment* 19: 93-100.

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Temperatura e CO₂ durante il periodo dell'Olocene



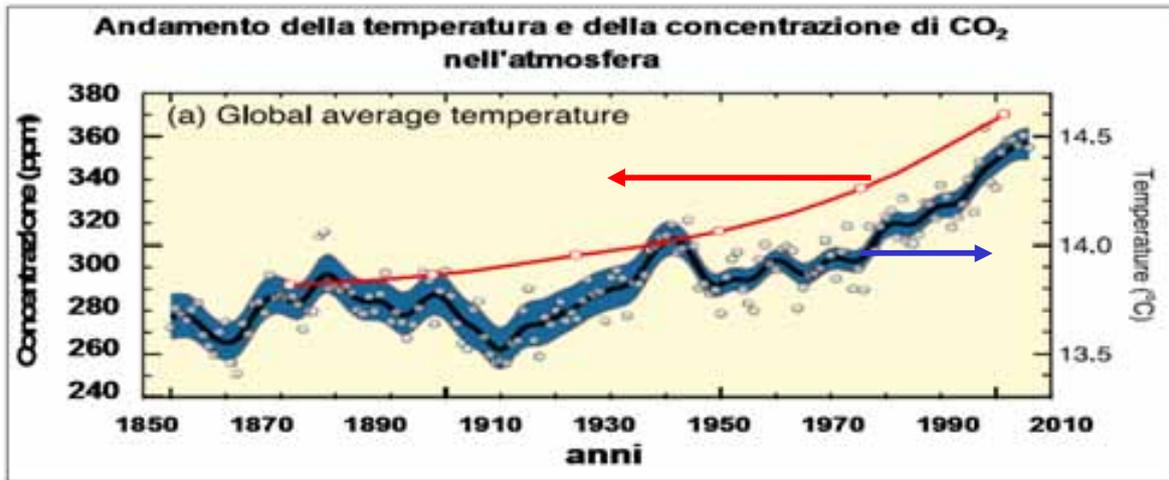
Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Andamento della T e della CO₂ negli ultimi 160

53

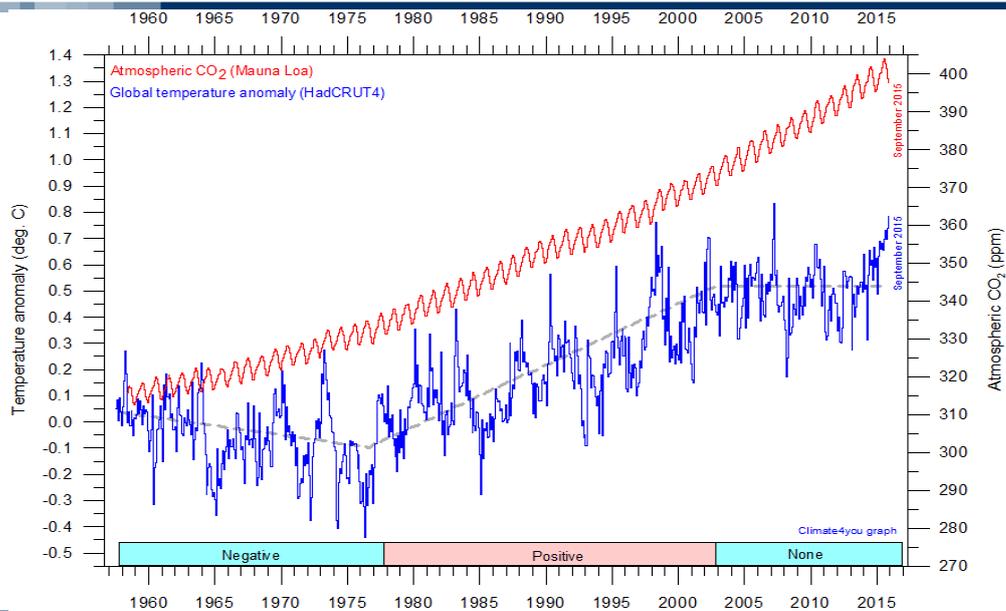


Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Andamento della T e della CO₂ negli ultimi 50 anni

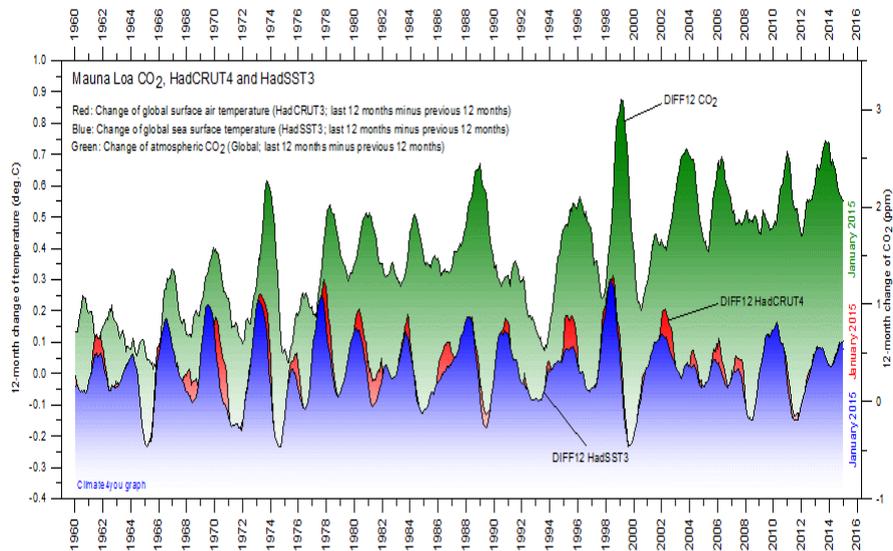


Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Temperatura globale media dell'aria e della superficie del mare, a confronto con le variazioni della concentrazione di CO₂ in atmosfera negli ultimi 50 anni.



Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



56

L'effetto del sole su la T_{gm}

1. Posizione e orientamento della terra nella sua orbita attorno al sole
2. Le variazioni della attività del sole

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



L'attività solare e il suo effetto sul clima terrestre⁵⁷

•Il flusso di energia solare che giunge sulla terra varia poco, negli ultimi 500 anni il massimo è stato $1366,5 \text{ W/m}^2$ (nella seconda metà del XX secolo) e il minimo $1364,7 \text{ W/m}^2$ (nella seconda metà del XVII secolo) (la differenza è solo 0,1%).

•C'è evidenza dell'esistenza di sistemi di amplificazione dell'influenza dell'attività solare sul clima terrestre (per ora non chiaramente spiegati).

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



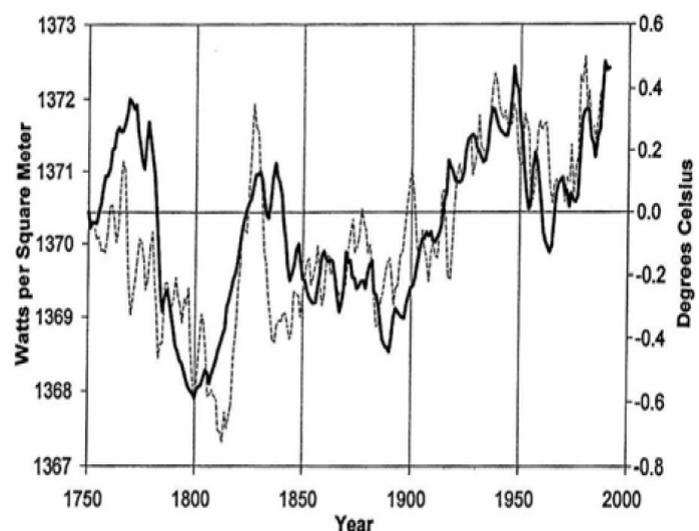
Legame tra temperatura e irraggiamento solare (dal 1750 al 2000)

58

Figure 37. Solar irradiance and global warming and cooling from 1750 to 1990. During this 250 year period, the two curves follow a remarkably similar

Linea continua solar irradiance

Linea tratti Tgm



G. Usoskin et al. 2005
JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 110, A10102, doi:10.1029/2004JA010946, 2005

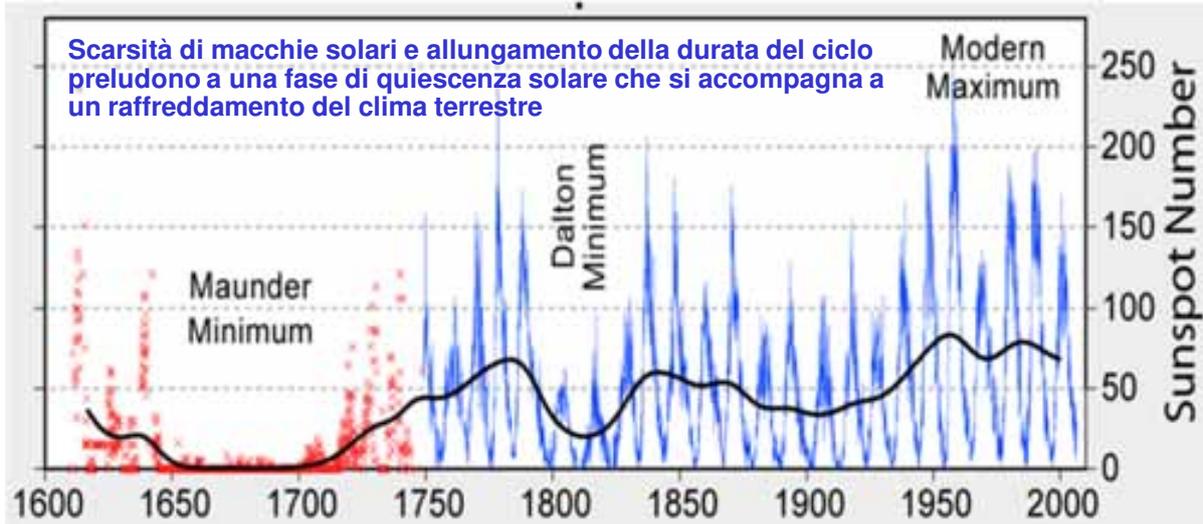
Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



I cicli delle macchie solari

59



Solar Influences Data Analysis Center, World Data Center for the Sunspot Index, at the Royal Observatory of Belgium

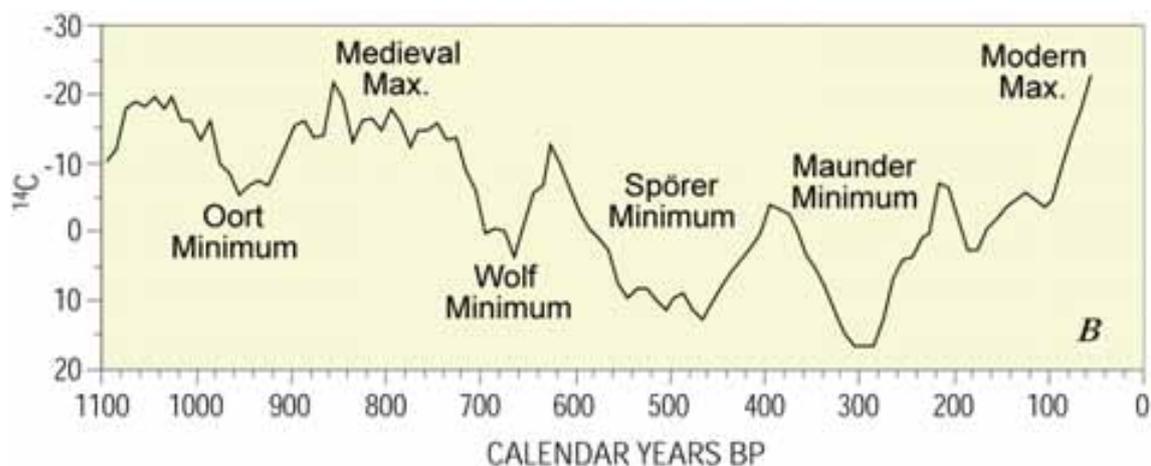
Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Changes in [carbon-14](#) concentration in the [Earth's atmosphere](#), as a long term proxy of solar activity.

60



United States Geological Survey

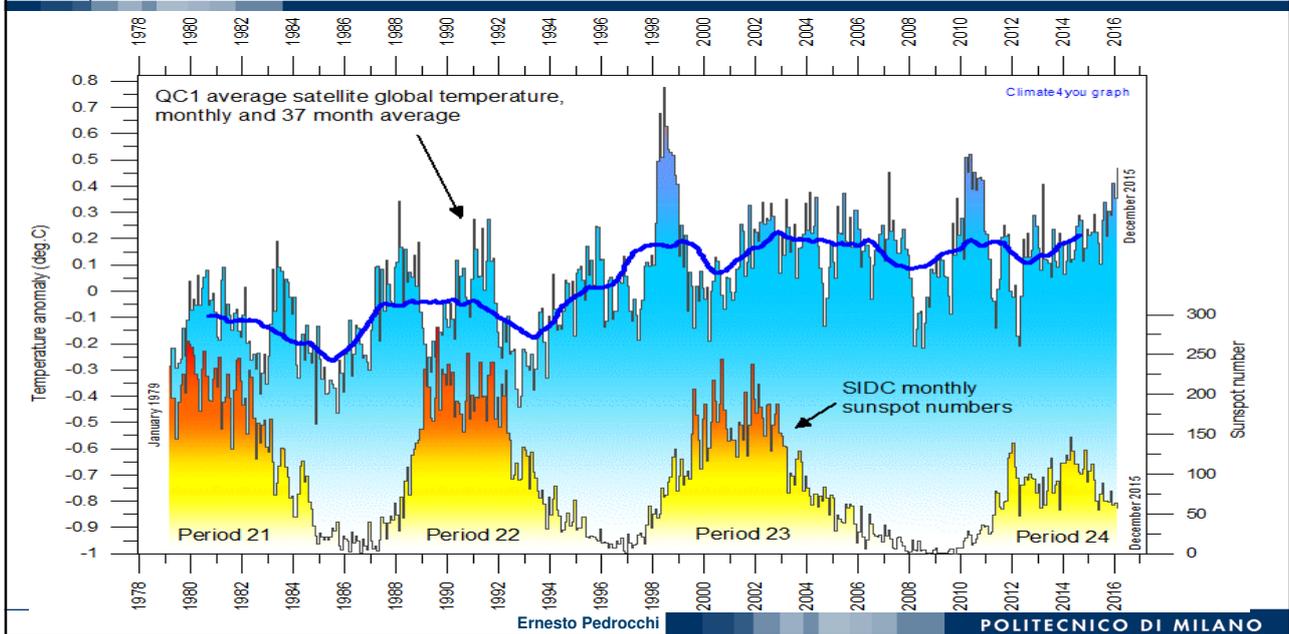
Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



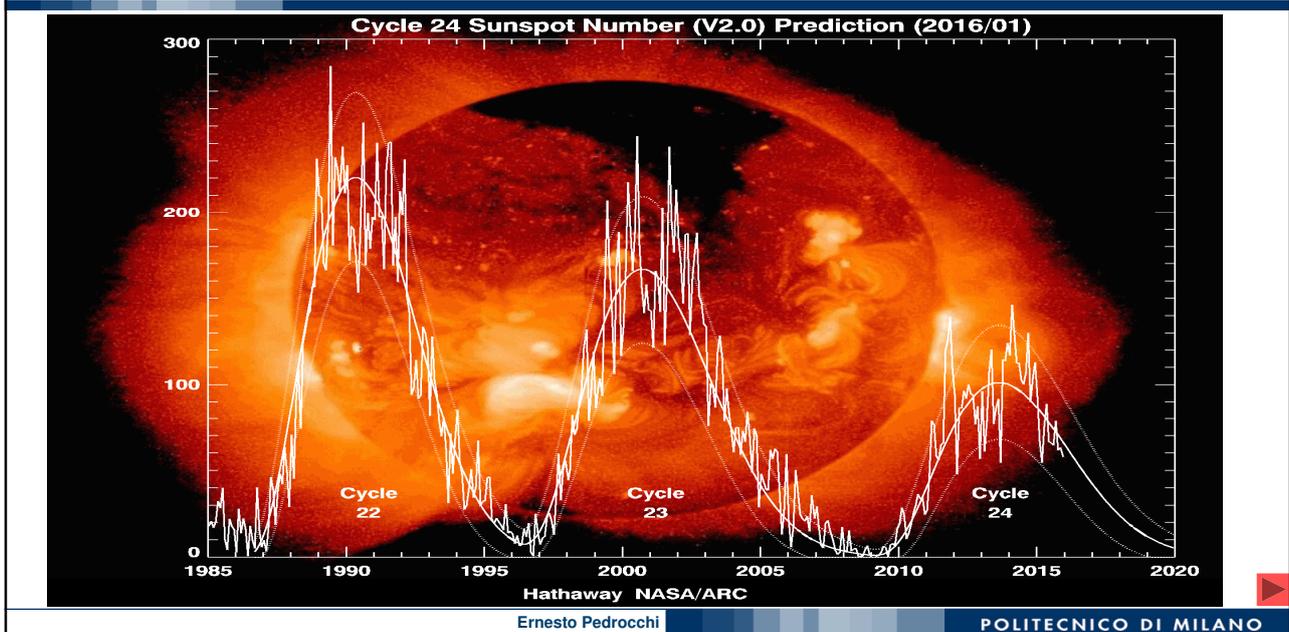
Macchie solari e temperatura globale

(Solar Influences Data Analysis Center (SIDC))



L'attuale ciclo di macchie solari

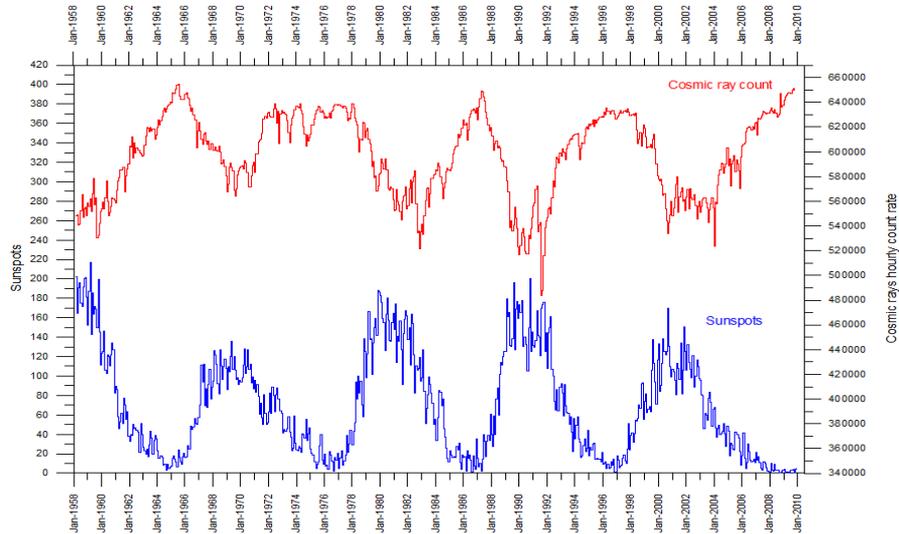
62





Correlazione tra raggi cosmici e numero di macchie solari dal 1958

Germany Cosmic Ray Monitor in Kiel (GCRM) and NOAA's National Geophysical Data Center



Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Attività solare, raggi cosmici e clima terrestre

64

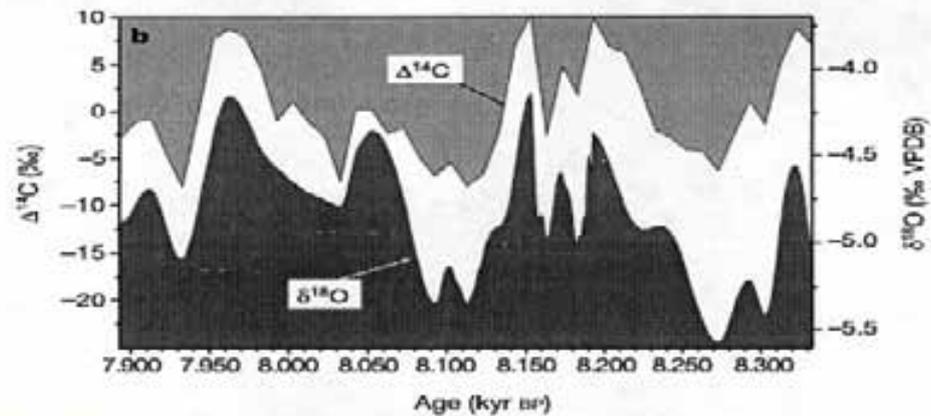


Figure 14: Values of carbon-14 (produced by cosmic rays – hence a proxy for solar activity) correlate extremely well with oxygen-18 (climate proxy); data are from a stalagmite in Oman (Neff 2001). The time interval covers more than 3,000 years, from about 9,600 to 6,200 years before present (BP). The lower graph shows a particularly well-resolved time interval from 8,350 to 7,900 years BP. It would be difficult to explain this detailed correlation except through the modulation of galactic cosmic rays by changes in the solar wind and solar magnetic activity [Singer 1958]. The mechanism whereby cosmic rays influence terrestrial climate is most likely a change in cloudiness, as suggested by Svensmark [2007a, 2007b].

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO

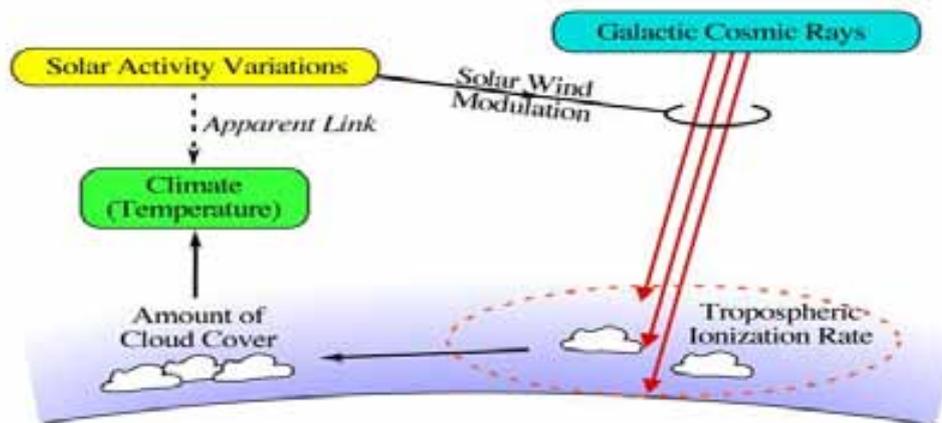


Figure 2: The cosmic ray link between solar activity and the terrestrial climate. The changing solar activity is responsible for a varying solar wind strength. A stronger wind will reduce the flux of cosmic ray reaching Earth, since a larger amount of energy is lost as they propagate up the solar wind. The cosmic rays themselves come from outside the solar system (cosmic rays with energies below the "knee" at 10^{15} eV, are most likely accelerated by supernova remnants). Since cosmic rays dominate the tropospheric ionization, an increased solar activity will translate into a reduced ionization, and empirically (as shown below), also to a reduced low altitude cloud cover. Since low altitude clouds have a net cooling effect (their "whiteness" is more important than their "blanket" effect), increased solar activity implies a warmer climate. Intrinsic cosmic ray flux variations will have a similar effect, one however, which is unrelated to solar activity variations.

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Teoria di Gleissberg

Ciclo di Gleissberg di 80-90 anni, legata a irregolare oscillazione del sole attorno al centro di massa del sistema solare, potrebbe essere responsabile di cambiamenti climatici significativi come il minimo di Maunder 1670 (Piccola Era Glaciale) o quello di Dalton 1810. Prossimo previsto intorno al 2030.

Scarsità di macchie solari e allungamento della durata del ciclo preludono a una fase di quiescenza solare che si accompagna a un raffreddamento del clima terrestre

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Effetto Iride (R. Lindzen)

Si tratta di un effetto di feedback negativo della concentrazione di CO₂ nell'atmosfera.

Con l'aumento della temperatura superficiale aumenta l'evaporazione dagli oceani, aumentano le nubi basse che causano un feedback negativo, ma si innescano dinamiche che diminuiscono l'efficienza del potere di trattenimento delle nubi alte consentendo alla radiazione infrarossa di sfuggire maggiormente verso lo spazio (un ulteriore feedback negativo)



Teorie contrapposte alla natura antropica del cambiamento climatico

Roy Spencer >>> Il netto feedback da CO₂ è negativo. La variazione della copertura di nubi non è conseguenza del cambio di temperatura, ma vale il rovescio: la copertura nuvolosa è una forzante del cambio di temperatura e deriva probabilmente da Pacific Decadal Oscillation

Henrik Svensmark >>>> I raggi cosmici e il vento solare

Fred Singer >>>> La differente variazione di temperatura tra superficie e bassa troposfera



Considerazioni conclusive sui fenomeni fisici

69

E' possibile, **ma non certo**, che l'aumento della concentrazione di CO₂ registrato dal 1750 derivi dall'uso dei combustibili fossili.

Il legame tra concentrazione di CO₂ e variazioni climatiche, in base a diverse constatazioni remote e recenti, è **molto dubbio** (poca attendibilità dei modelli climatici basati sull'effetto serra).

E' probabile ci sia **buona correlazione tra cambiamenti climatici ed attività solare**.

MP1



Considerazioni conclusive

70

In base alle mie precedenti considerazioni:

•Indubitabilmente la CO₂ è un gas con effetto serra, ma il suo effetto sulla Tgm ha andamento logaritmico ed è sempre minore. I maggiori aumenti stimati da IPCC sono dovuti a effetti di feedback positivo, sui quali ci sono molti dubbi.

•L'aumento della concentrazione di CO₂ in atmosfera è anche di origine naturale e potrebbe aumentare o diminuire. Probabilmente è la Tgm che influenza la concentrazione di CO₂ e non l'inverso.

•In ogni caso i combustibili fossili sono destinati ad uscire dal mercato dell'energia e il loro contributo a lungo termine si ridurrà fortemente (400PgC >>> 1500PgC??????).

•Salvo nei modelli, non c'è inequivocabile evidenza sperimentale che l'aumento di CO₂ in atmosfera verificatosi dal periodo preindustriale comporti aumenti della Tgm.

•Quindi, molto probabilmente, è la Tgm che comanda tutto.

Diapositiva 70

MP1 Rivedere e semplificare

Mariella; 04/04/2015

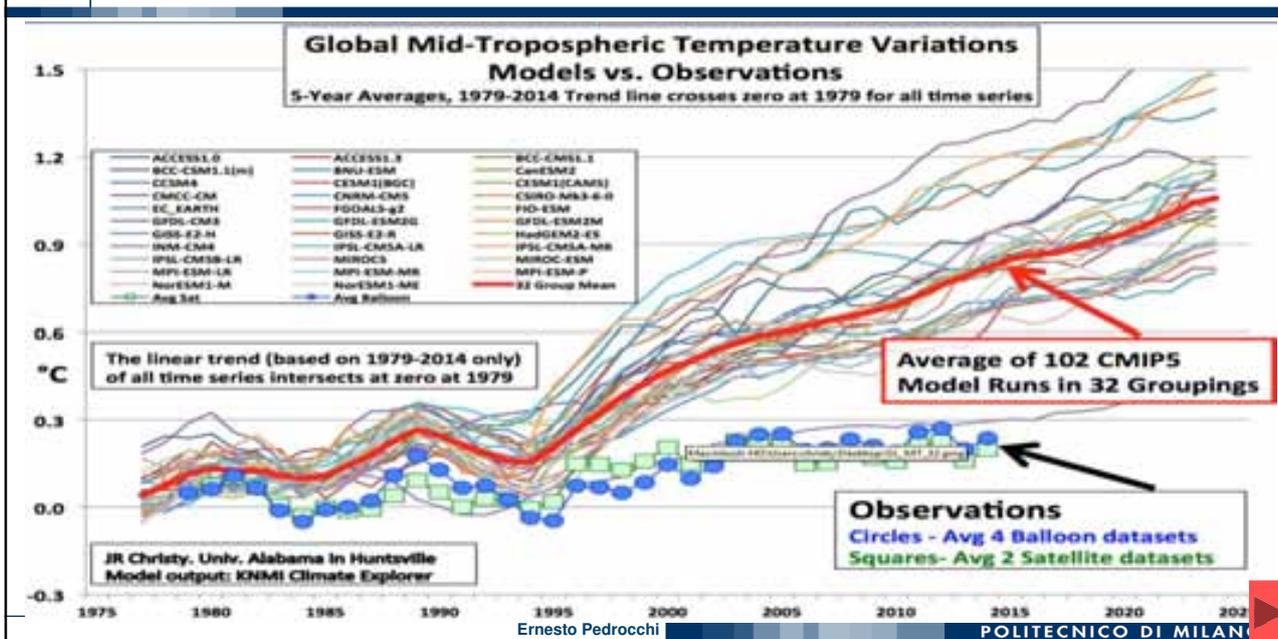


Che attendibilità hanno le proiezioni dei modelli climatici



Modelli e dati reali

John R. Christy University of Alabama





Modelli del clima globale (GCM). Considerazioni di base

- Il clima globale è un sistema fisico estremamente complesso che dipende da molti fattori fisici, chimici e biologici di cui alcuni poco noti. Inoltre il clima globale non dipende solo da fattori terrestri, ma dipende anche da fattori astronomici.
- I risultati dei GCM possono essere affidabili quanto lo sono le teorie di base su cui poggiano, ma la scienza del clima riconosce che il complesso del sistema climatico è in buona parte ancora sconosciuto e anche per il futuro non sarà facile conoscerlo.
- In particolare se i fattori naturali forzanti (quali l'effetto del sole, delle eruzioni vulcaniche e degli aerosol) e le relative retroazioni non sono ben noti, i GCM diventano un puro esercizio di aggiustamento di parametri per best fit di andamenti del clima globale passato, inutilizzabili per ogni ragionevole previsione.
- *"In climate research and modelling, we should recognize that we are dealing with a coupled-nonlinear chaotic system, and therefore that long-term prediction of future climate states is not possible." IPCC Third Assessment Report (2001), Section 14.2.2.2, page 774 [H/tCristopher Essex.]*

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Modelli del clima globale (GCM). Particolari criticità

- I modelli climatici sono troppo sensibili all'effetto dei gas serra? La sensibilità climatica risulta sovrastimata?
- Previsioni di aumento della Tgm negli ultimi 15 anni di almeno 0,3° C (sperimentalmente non rilevato).
- Surriscaldamento nell'alta troposfera a livello tropicale (sperimentalmente non rilevato).
- Estrema difficoltà nel prevedere l'evoluzione delle nubi (24% dell'effetto serra complessivo).
- Sottostimata valutazione dei parametri astronomici.

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Vapor d'acqua in atmosfera

DAL 1998 IL VAPORE ACQUEO IN ATMOSFERA NON SALE PIU' E DUNQUE NON AUMENTA IL FEEDBACK POSITIVO

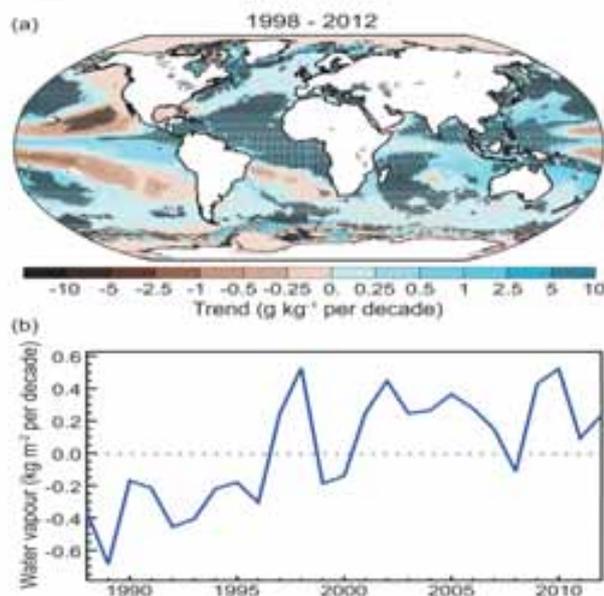
Per quanto riguarda le terre emerse, al paragrafo 2.5.3 si dice che:
“On a global scale, evapotranspiration over land increased from the early 1980s up to the late 1990s (Wild et al., 2008; Jung et al., 2010; Wang et al., 2010) and Wang et al. (2010) found that global evapotranspiration increased at a rate of 0.6 W m^{-2} per decade for the period 1982–2002. After 1998, a lack of moisture availability in SH land areas, particularly decreasing soil moisture, has acted as a constraint to further increase of global evapotranspiration (Jung et al., 2010).”

Fonte:

IPCC – AR5 - 2 - Observations: Atmosphere and Surface observations

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



L'immagine e il diagramma mostrano il contenuto in vapore della colonna d'aria al di sopra delle superfici oceaniche. Il diagramma indica che dal 1998 il contenuto è sostanzialmente stazionario il che indica che è stazionario il feedback positivo da vapore acqueo (è uno dei motivi per cui i GCM sbagliano!) . La carta dal canto su mostra l'estrema variabilità spaziale del trend.

Forte:

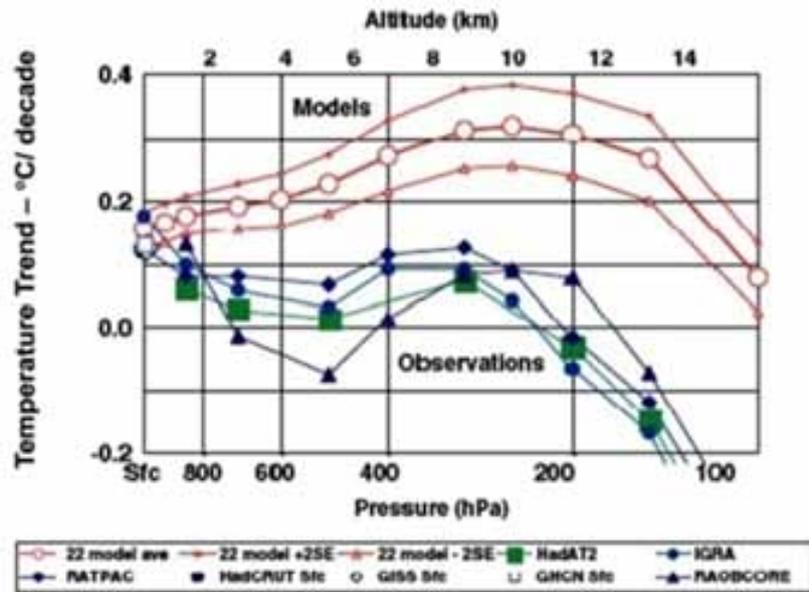
IPCC – AR5 – 2 - Observations:
Atmosphere and Surface observations,
figura 2.31 – pag 207)

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



D.H., Christy et al. 2007. A comparison of tropical temperature trends with model predictions. *International Journal of Climatology* (Royal Meteorological Society). DOI:10.1002/joc.1651.



Quali possono essere le conseguenze sul lungo termine dell'aumento della CO_2 in atmosfera



Produttività netta globale degli ecosistemi dal 1982 al 1999 - +6%

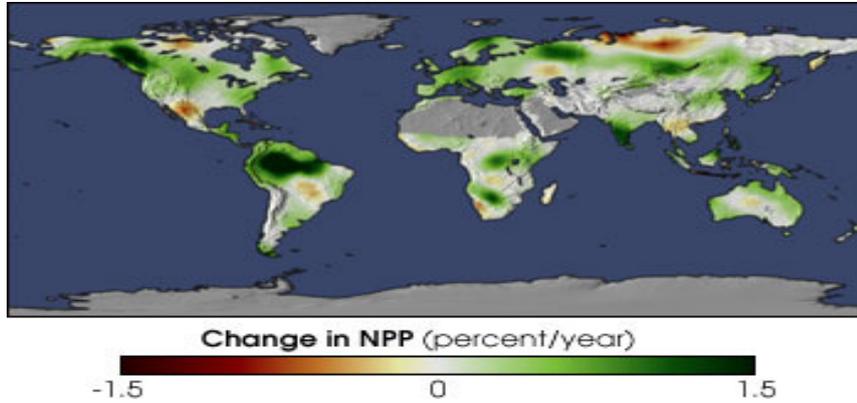


Image by Robert Simmon, NASA Earth Observatory, based on data provided by the University of Montana Numerical Terradynamic Simulations Group (NTSG) <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/GlobalGarden/>

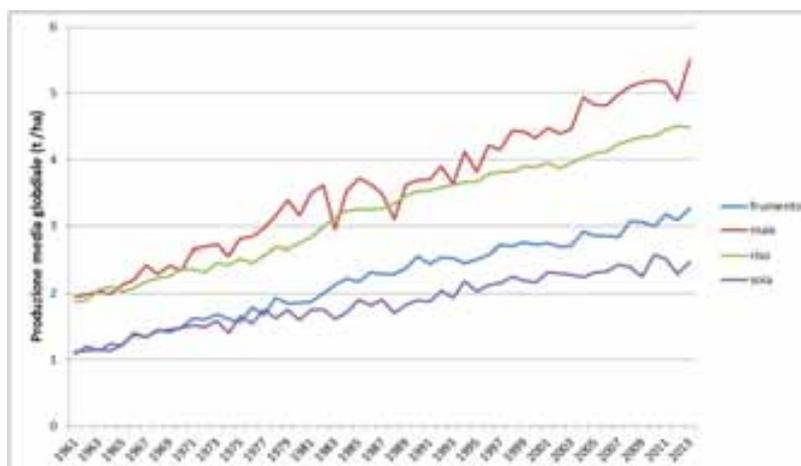
Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Produzione agricola mondiale (dati FAO)

80



Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



CO₂ e global greening

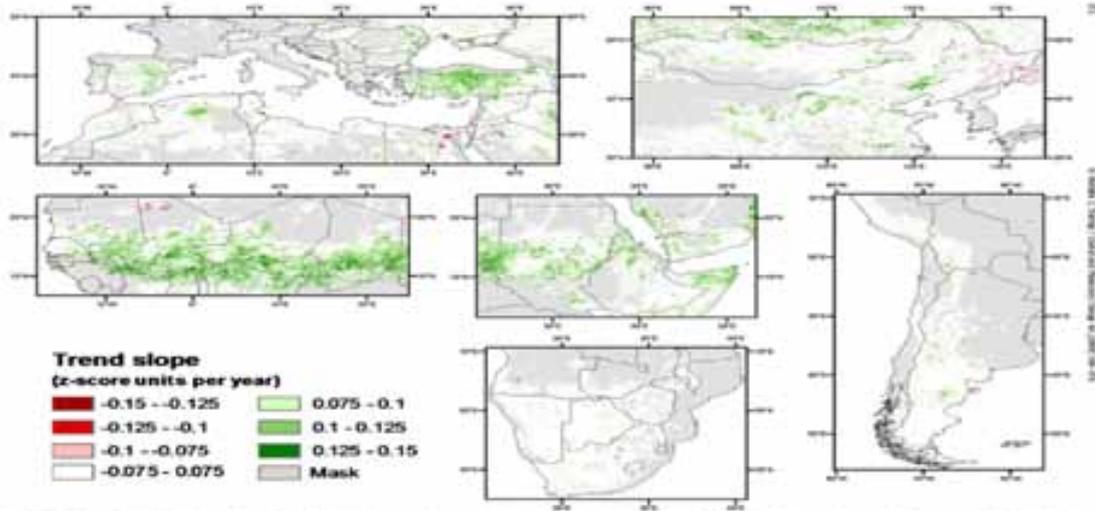


Fig. 2. 1982–2000 trends in standardized z-score. Due to the standardized nature data are comparable across regions. The average greening is on the order of 0.08 z-score units per year across the Northern Hemisphere and 0.05 z-score units per year across the Southern Hemisphere. The polygons show regions that are significant at the 95% level.

Source: Ulf Hell  n e Christian Tottrup, 2008. Regional desertification: A global synthesis. *Global and Planetary Change* 64 (2008) 169–176

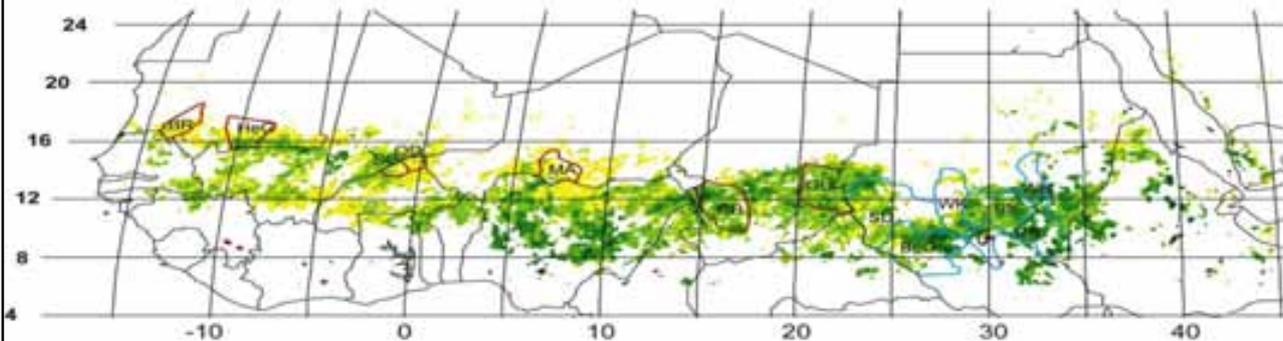
Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



1982-1999 Trend in NDVI yearly integral

(areas with trends < 95% probability are in white)



Olsson L., Eklundh L., Ardo J., 2005. A recent greening of the Sahel—trends, patterns and potential causes, *Journal of Arid Environments* 63 (2005) 556–566

Herrmann S.M., Anyambab A., Tucker C.J., 2005. Recent trends in vegetation dynamics in the African Sahel and their relationship to climate, *Global Environmental Change*, Volume 15, Issue 4, December 2005, Pages 394-404

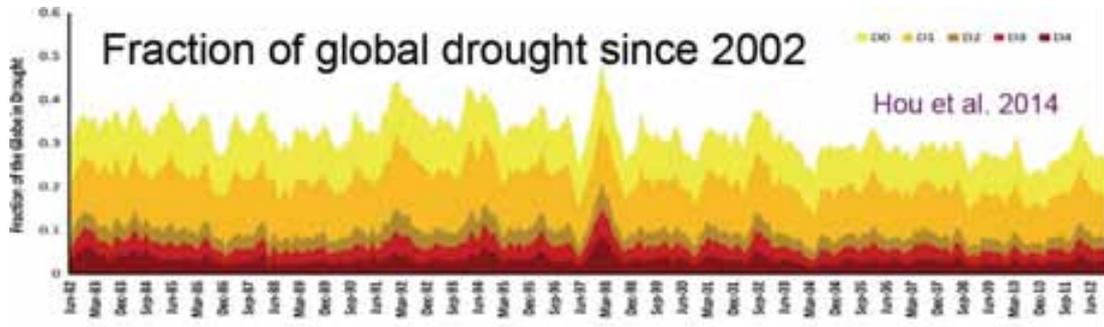
Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Frazione della siccità globale dal 1982

83



L'aumento di CO₂ contrasta l'effetto negativo dell'ozono
Ref. CSIRO and Australia's National Science Agency (nov 2013)

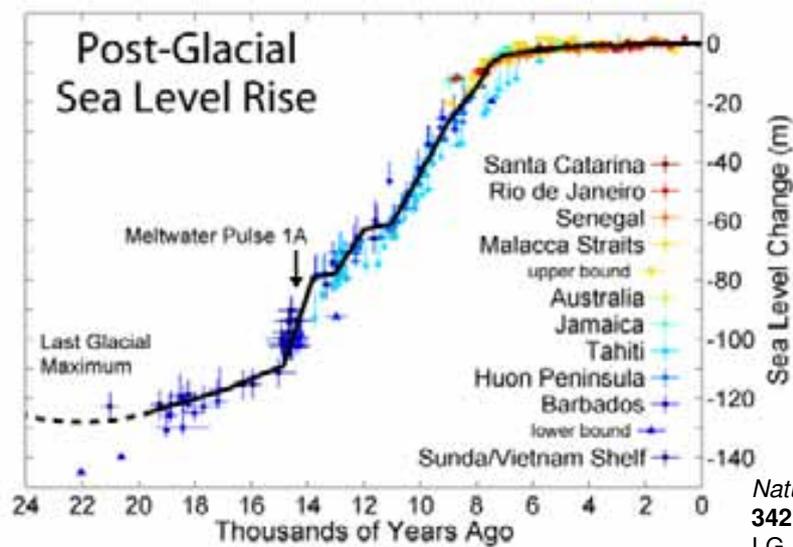
Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



La variazione del livello del mare

84



Nature
342: 637-642; Toscano, M.A. and Macintyre,
I.G., 2003.

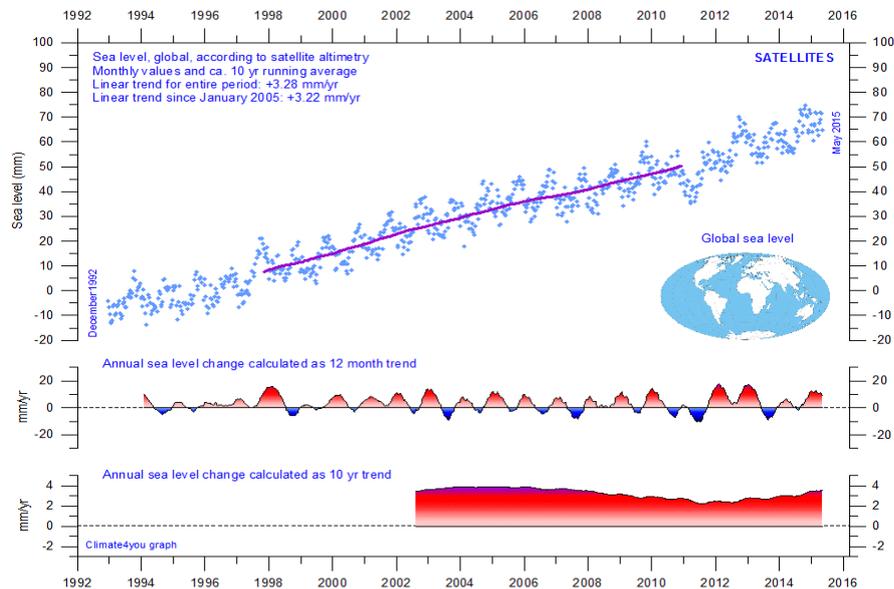
Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Variazione del livello dei mari dal 1992

Colorado Center for Astrodynamics Research at University of Colorado at Boulder



Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Ritiro dei ghiacciai

86

Del ghiaccio totale sulla Terra il 90% in Antartide e l'8% in Groenlandia.

Stato

1- I ghiacciai dell'Antartide sono come superficie in espansione e quelli della Groenlandia sono in leggera decrescita.

2- I ghiacciai dell'Artico e quelli terrestri, specialmente nell'emisfero nord, mostrano in media una decrescita (minimo nel 2007).

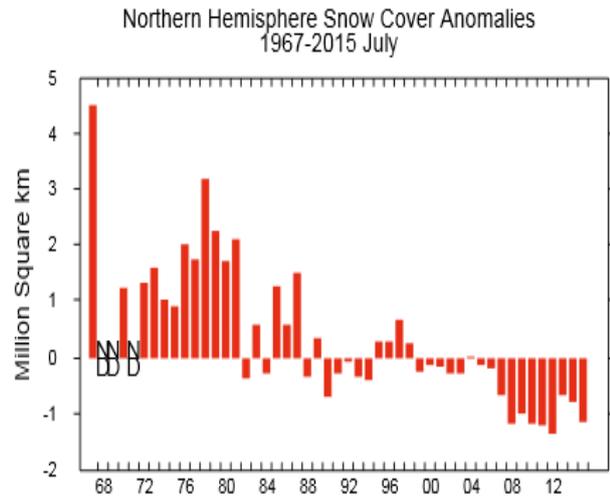
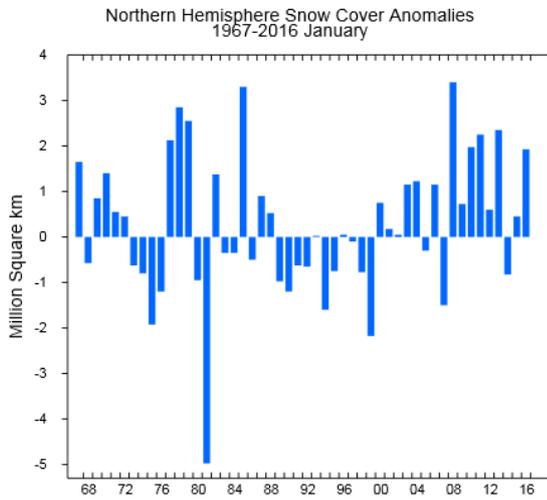
Cause

L'aumento della Tgm che c'è stato nell'ultimo quarto del secolo scorso ha interessato prevalentemente l'emisfero nord. Tuttavia pur essendosi la temperatura all'incirca stabilizzata, si è su valori medi più alti di quelli medi del 19° e del 20° secolo. Non meraviglia quindi che i ghiacciai in particolare quelli nell'emisfero nord siano in ritiro.

I ghiacciai delle Alpi sono in ritiro già dall'inizio del 19° secolo.

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO

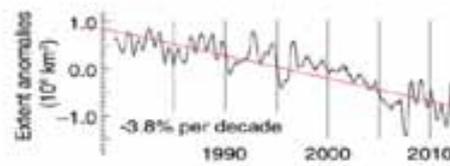
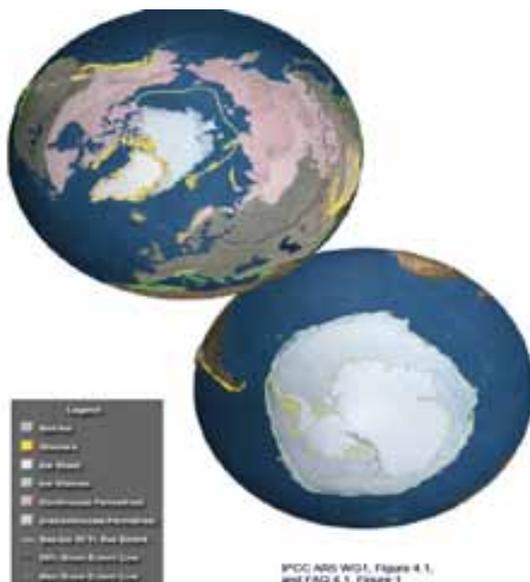


Ernesto Pedrocchi

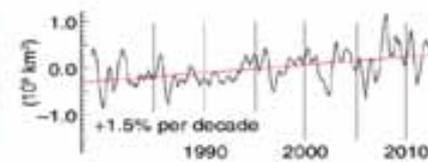
POLITECNICO DI MILANO



Estensione dei ghiacciai artici e antartici



ARCTIC: Geometry of the Arctic Ocean enables temperature to play a big role



ANTARCTIC: Physical processes more complicated; regional changes are in different directions

IPCC AR5 WGI, Figure 4.1, and FAQ 4.1, Figure 1

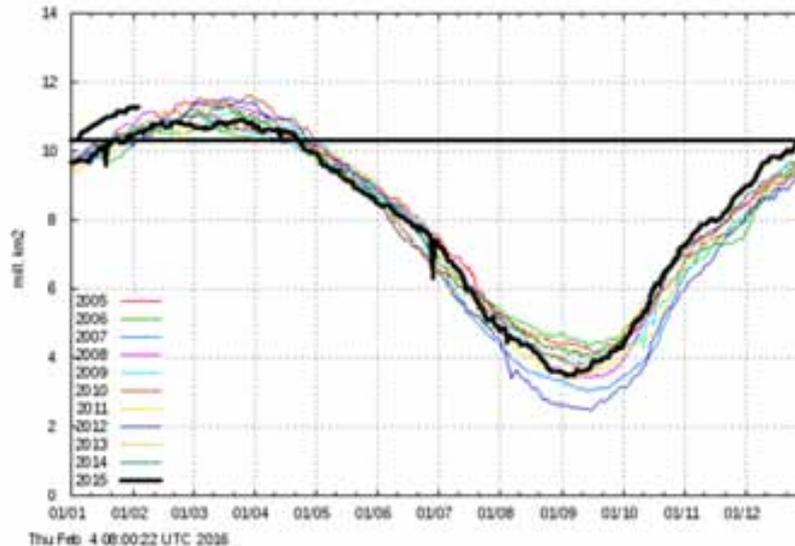
Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Recente evoluzione dei ghiacciai artici (febb. 2016)

89



Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Eventi estremi 1

E' stato introdotto il concetto di "eventi estremi" quali:

- siccità e intense precipitazioni,
- aumento della piovosità e mancanza di precipitazioni,
- cicloni, tornado, uragani ed altri.

1. A livello globale

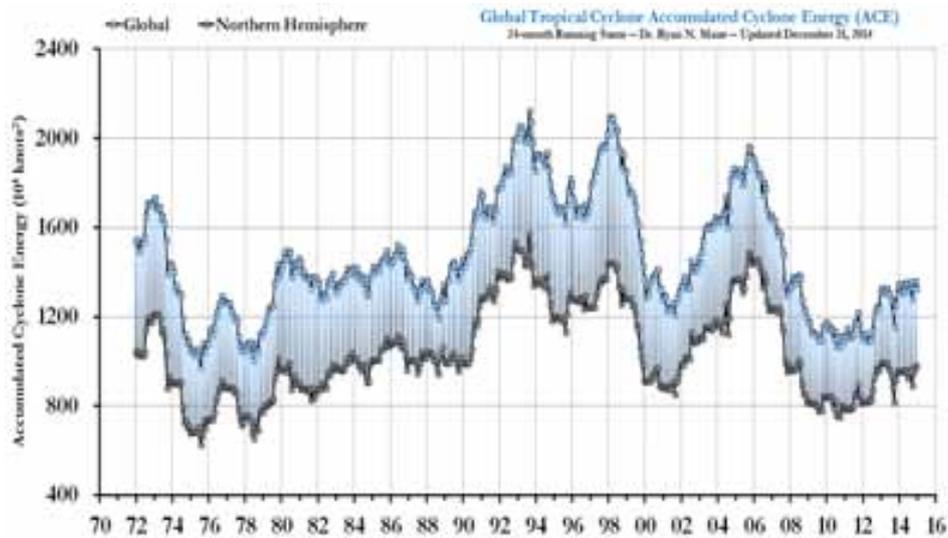
- L'IPCC stesso nell'ultimo rapporto AR5 SPM (sett-2013) segnala che tali eventi nella seconda metà del secolo scorso si sono probabilmente intensificati in diverse aree, ma non su scala globale.
- Indice ACE (Accumulated Cyclone Energy) non mostra segni di variazione dal 1970.

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Energia accumulata nei cicloni tropicali dal 1970 al 2014 ⁹¹ (Ryan N.Maue, 2014).



Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Eventi estremi 2

2- A livello locale

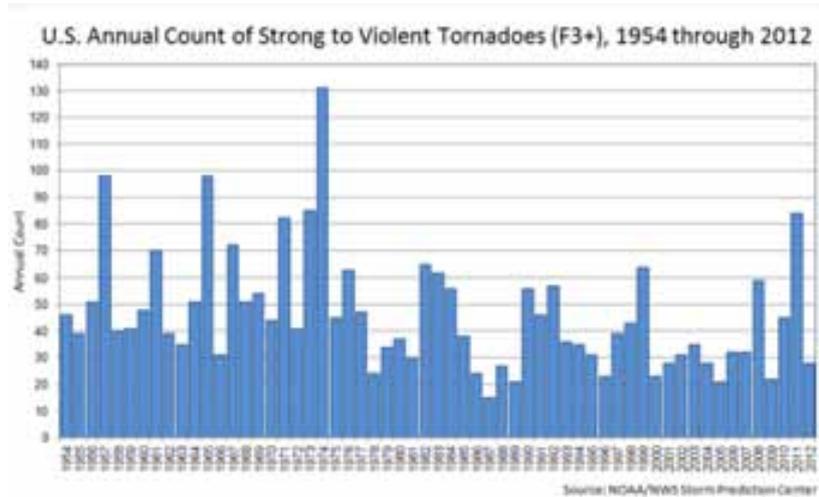
- E' molto difficile conoscere i dati del passato («Storia culturale del clima» W. Behringer)
- Il problema dei danni: possono essere molto gravi non per l'aumento della frequenza o dell'intensità dei fenomeni, ma per la non controllata utilizzazione antropica del territorio.

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Andamento dei cicloni tropicali più intensi in USA



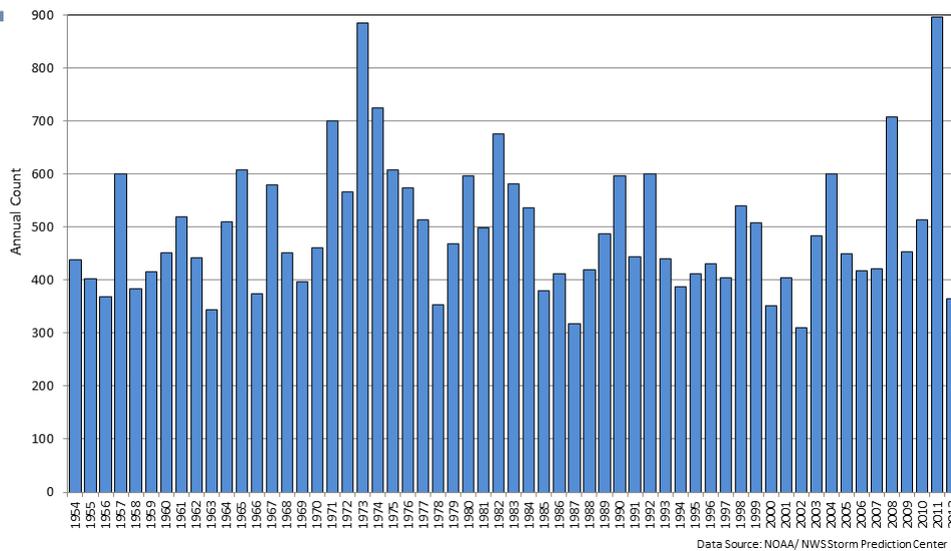
Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



U.S. Annual Count of EF-1+ Tornadoes, 1954 through 2012

94



Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Relazione tra trend di piovosità e T superficiale

95

Solid blue (red) dots indicate a statistically significant positive (negative) relationship with the global mean near-surface temperature anomaly.

L'89% delle serie storiche di Precipitazione Massima Giornaliera non presenta trend significativi nell'ultimo secolo.

S Vestra et al. 2012 Global Increasing Trends in Annual Maximum Daily Precipitation
JOURNAL OF CLIMATE VOLUME 26

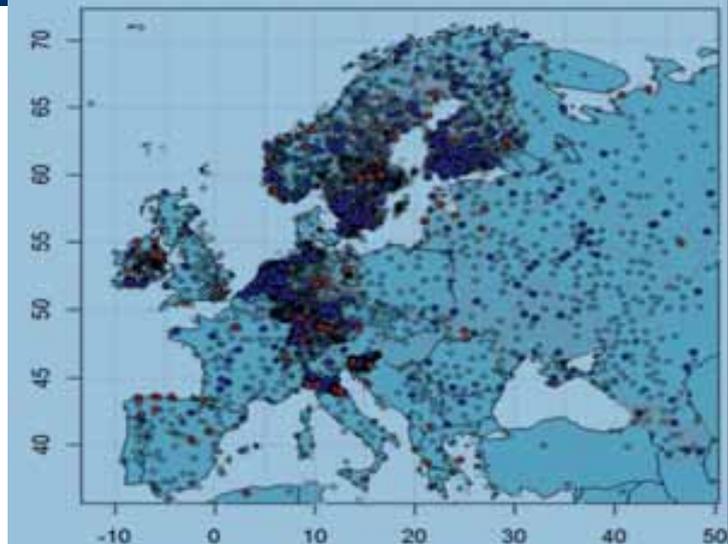


FIG. 7. As in Fig. 5, but for Europe. For visualization purposes, red dots overlay blue dots.

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



96

Che ruolo possono avere le azioni di mitigazione e di adattamento per far fronte ai cambiamenti climatici?

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Mitigazione o Adattamento

Mitigazione

- Se la causa fosse naturale è inefficace.
- Scientificamente non si è certi che sia efficace.
- Se anche lo fosse, deve essere universalmente perseguita (pericolo della delocalizzazione).

Adattamento

- E' valida sia che la causa sia naturale che antropica.
- E' tecnicamente certa l'efficacia.
- E' valida anche se unilaterale.

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Limiti della strategia della mitigazione

- La strategia della mitigazione sarebbe giustificabile solo nell'ipotesi di **certezza** che il «riscaldamento» derivi dalla CO₂ antropica. Se anche ci fosse questa certezza non si conosce la tempistica.
- La strategia della mitigazione è **poco efficace** (con il 20% delle riduzioni previste al 2020 in UE si riducono le emissioni antropiche totali di <3% e le emissioni totali di <0,2%).
- La strategia della mitigazione è molto difficilmente percorribile perché è impensabile trovare un **accordo condiviso** da tutte le nazioni. **C'è il pericolo della delocalizzazione.** Se alcuni paesi importanti non aderiscono all'accordo, diventano attraenti sedi di installazioni di produzioni energivore. Si potrebbe al limite verificare che a pari fabbisogno energetico mondiale le emissioni di CO₂ aumentino.
- Gli interventi di mitigazione possono essere gravosi per l'economia e frenare lo sviluppo.
- Mettono in essere processi complicati e farraginosi di controllo e creano una gigantesca burocrazia, costosa ed inutile.

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



COP di Lima 2014 (più di 190 paesi partecipanti)

IPCC pensa a un nuovo accordo vincolante tra tutte le nazioni per ridurre le emissioni antropiche di CO₂. (COP di Parigi 2015)

➤ Quasi tutte le nazioni europee aderiscono entusiaste penalizzando gravemente i propri cittadini. In esse il costo dell'energia elettrica, significativamente aumentato, causa difficoltà a livello di competizione internazionale.

➤ In USA l'amministrazione Obama è favorevole e vanta l'accordo, non vincolante, con la Cina (il paese con le maggiori emissioni di CO₂ impegnata però solo dal 2030). Ma Obama dovrà fare i conti con il Senato ora di parte ostile alla sua amministrazione.

➤ I paesi in via di sviluppo (tra cui Cina, India e Brasile) o sottosviluppati (sono tanti) supportano tali iniziative solo per rivendicare il loro diritto a godere di finanziamenti dai paesi sviluppati per ipotetici danni causati dalle emissioni negli anni passati.

➤ Cina e India hanno chiesto che i paesi occidentali si impegnino a versare 100 G\$ all'anno in un fondo per combattere il global warming tagliando le emissioni in tutto il mondo. L'India ha dichiarato che non vuole penalizzare i suoi cittadini poveri frenando la crescita economica.

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



COP di Parigi 2015 (195 paesi partecipanti)

COP 21 , gli attori più importanti

Unione Europea

US

Paesi in via di sviluppo (Cina, India, ecc)

L'Accordo

L'accordo raggiunto è stato magnificato come un traguardo importante e storico che cambierà il mondo. La realtà è diversa: l'accordo, un sofisticato esercizio burocratico, è stato imposto dagli US con l'obiettivo prioritario che non contenesse obiettivi vincolanti di riduzione delle emissioni e di compensi economici, perché ciò avrebbe esposto l'Amministrazione Obama alla verifica del Congresso con la maggioranza a 2/3. Questo risultato ha reso furenti gli ambientalisti (J Hansen), anche L'UE voleva un accordo più vincolante, ma per non mettere in difficoltà Obama, oborto collo, ha dovuto appoggiare la richiesta dell'Amm. US.

L'accordo si è poi derubricato a un vincolo sull'aumento di Tgm (2° C > 1,5° C), questo è un vincolo fittizio privo di base scientifica e non alla portata dell'uomo. In sintesi un accordo per perpetuare l'apparenza che si faccia qualcosa a fronte di gravi spese pubbliche, ma con un continuo rimando a scadenze future non mai verificabili.

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



La deriva ideologica e politica

101

- Il cambiamento climatico ha dato lo spunto a una ristretta élite di politici e burocrati, autoreferenziate «illuminati», di cercare di imporre una governance mondiale per imporre linee guida sovranazionali che promuovano il bene dell'umanità.
- Un governo mondiale potrebbe anche essere auspicabile per risolvere i grandi problemi che affliggono l'umanità:
 - la malnutrizione nei paesi poveri
 - la mancanza di istruzione e le guerre tribali e religiose
 - le malattie (malaria, tubercolosi e aids in particolare)
 - la non disponibilità di vaccini
 - le differenze tra paesi del sud del mondo e quelli del nord
- Si è voluto usare la paura del cambiamento climatico che colpisce molto la sensibilità degli uomini. Si è però usato per un fine politico, che potrebbe essere auspicabile, una leva sbagliata: l'AGW che non ha basi scientifiche attendibili.

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



La soluzione percorribile

- Non resta che tentare di limitare gli eventuali danni conseguenti al cambiamento climatico antropico o naturale che sia



Strategia dell'adattamento

- Identificare gli effetti dannosi più probabili e le aree più vulnerabili.
- Studiare e progettare interventi graduali di adattamento e protezione.
- Realizzare gli interventi con una opportuna scala di priorità.

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Vantaggi della strategia dell'adattamento

- **Interventi validi indipendentemente dalla causa antropica o naturale del fenomeno.**
- **Interventi mirati, con tecnologie note e già praticate, tempi di intervento congruenti con l'insorgere dei danni, con buona probabilità di successo su problemi in generale già esistenti.**
- **Strategia valida anche se unilaterale.**
- **Si recuperano gli eventuali effetti positivi.**



Copenhagen Consensus Center (B. Lomborg)

104

- **We work with some of the world's top economists (including 7 Nobel Laureates) to research and publish the smartest solutions to global challenges. Through social, economic and environmental benefit-cost research, we show policymakers and philanthropists how to do the most good for each dollar spent.**
- **The Copenhagen Consensus is solutions-oriented, and our approach improves knowledge and gives an overview of research and facts within a given problem, which means that the prioritization is based on evidence. We host forums in which the topics are debated and a final consensus is reached.**



WHAT ARE THE BEST TARGETS TO COMBAT CLIMATE CHANGE?

- Invest 0.5% of GDP in **energy technology R&D** which will return \$11 dollars for every dollar spent.
- Invest 0.05% of GDP in **adaptation** which contains both highly specific location based benefits and costs but benefits should greatly outweigh costs.

AND POOR TARGETS?

- Global annual **carbon emission reduction** targets, for example 2° C reduction below preindustrial level, are extremely costly compared to benefits due to a lack of low-carbon energy sources. Returns less than one dollar for every dollar spent.
- Emission intensity targets which are extremely costly compared to benefits due to a lack of **low-carbon energy sources**.



I principali effetti negativi abitualmente citati:

- l'innalzamento del livello del mare;
- la carenza di acqua dolce;
- l'incremento della frequenza e dell'intensità di eventi meteorologici estremi;
- la diffusione di malattie quali colera, malaria, febbre gialla.

A livello storico i periodi caldi (ad esempio il Periodo Caldo Medioevale) corrispondono a momenti di maggior sviluppo rispetto a quelli freddi (Piccola Età Glaciale).



Il dibattito scientifico sul cambiamento climatico è svincolato da interessi di altra natura?



Il dibattito scientifico sul AGW è svincolato da altri interessi?

Purtroppo no, dovrebbe essere governato solo dalla scienza.

Ci sono diversi interessi potenti:

- **Produttori di combustibili fossili**
- **I paesi sottosviluppati**
- **Tutta la «Green Economy»** 
- **Il settore della ricerca scientifica sui problemi energetici**
- **Il settore della ricerca scientifica sui cambiamenti climatici**





Il peso della «Green Economy»

- Non è esplicitamente citata, ma è evidente che un supporto ideologico molto importante alle previsioni allarmistiche del AR5 dell' IPCC viene dalla Green Economy.
- Tutto il mondo della Green Economy non scende nel dettaglio analitico di quanto detto nell' AR5, ma prende in modo molto superficiale solo gli aspetti allarmistici per giustificare la propria sopravvivenza e l' aggravio economico per l' energia. Nel mondo per combattere l' AGW si spende 1G\$/d.
- Il ruolo della Green Economy è e sarà anche in futuro un ostacolo molto pesante per un eventuale rinsavimento circa AGW, qualora, e non è escluso, ce ne fosse la necessità.

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Grazie a tutti per l'attenzione



Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Consenso scientifico



Il problema del consenso scientifico

➤ Modalità di avanzamento nelle conoscenze scientifiche

La conoscenza scientifica avanza proprio mediante l'elaborazione dei dubbi. Il più grande nemico del progredire della scienza non è l'ignoranza, è l'illusione della certezza.

➤ Le indagini statistiche

1-Articolo di John Cook et al. "Quantifying the consensus on anthropogenic global warming in the scientific literature" su *Environ. Res. Lett.* 8 024024 (2013)

- 66,4% non esprime posizione su AGW,
- 32,6% esprime posizione favorevole,
- 0,7% esprime posizione di rigetto,
- 0,3% sono incerti

According to D. Middleton (2015) only 8,2% of the papers considered by J. Cook et al. explicitly endorsed human-caused global warming.

2-Studio su AMS (George Mason University) 2012 e 2014

- 59% pro AGW
- 6% natural causes
- 11% metà e metà
- 23% non esprime posizione



Consensus among scientists as to whether humans are dominant cause of 20th century warming?

- The much vaunted '97% consensus' was based on a deeply flawed study that examined the abstracts of published papers.
- Actual surveys of scientists found:
 - American Meteorological Society (2014): **52%**
 - Verheggan et al. (2014) survey of climate scientists: **85%**



**Allarmismo e
catastrofismo**



La linea strategica del AR5

- Nell'AR5 è evidente un atteggiamento difensivo. Rispetto alle previsioni precedenti viene ridimensionato il valore dell'aumento di temperatura per il futuro, ma si afferma una maggiore certezza nella natura antropica del fenomeno.
- Non contraddire quanto detto nei precedenti rapporti dell'IPCC. Sul problema della sospensione del trend di aumento della T_{gm} , cercano con poca convinzione una spiegazione, ma puntano a ridurre l'importanza adducendo la brevità della durata (15 anni troppo poco perché sia significativo, ma in precedenza aumenti di durata anche più breve erano stati enfatizzati).
- Assegnare probabilità alte alle loro previsioni più preoccupanti e probabilità basse ai fenomeni fisici segnalati dai critici.
- Alimentare la paura, specialmente circa i fenomeni estremi e il livello dei mari.
- IPCC sostiene che è molto probabile che il cambiamento climatico verificatosi dalla metà del 20° sec. sia dovuto alle emissioni antropiche di CO_2 .

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



La catena dell'allarmismo (in parte tratto da Judith Curry Georgia Inst. of Technology)

- I media, sollecitati da vari gruppi di attivisti, esasperano gli allarmi circa il cambiamento del clima globale che è dato per scontato essere indotto dalle attività umane. L'opinione pubblica viene spaventata ed i politici per non perdere consenso operano di conseguenza. L'aspetto scientifico è messo da parte.
- Il cambiamento climatico è diventato la causa dominante di quasi tutti i problemi del mondo (eventi meteo estremi, migrazioni, salute pubblica ed epidemie, conflitti tra popolazioni ecc.)
- La sola soluzione è ridurre le emissioni antropiche di CO_2 conseguenti l'uso dei combustibili fossili, che ora coprono circa l'80% del fabbisogno energetico e che l'IEA prevede dominanti per molti decenni.
- Questa strada fa credere che se si risolvesse il problema del cambiamento climatico anche tanti altri problemi troverebbero soluzione.
- Ora anche a causa della quasi stabilizzazione dell'aumento della T_{gm} dalla fine del secolo scorso questo parametro non è più sufficientemente allarmistico, allora si punta su la frequenza di eventi estremi e sull'aumento del livello del mare come conseguenti il cambiamento del clima globale indotto dall'uomo.
- A livello globale non c'è segno che ci sia aumento di eventi estremi né come intensità né come frequenza, può esserci ed esserci stato aumento a livello locale anche se il confronto con il passato è molto difficile non essendoci dati attendibili. La percezione da parte della pubblica opinione della gravità di eventi estremi è legata alla maggiore vulnerabilità dovuta all'aumento incontrollato degli insediamenti umani in zone non idonee.
- Il tema del cambiamento climatico indotto dall'uomo è stato esacerbato anche dalla connotazione di essere "politicamente corretto".

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



Il principio di precauzione

- “Where there are threats of serious or irreversible damage, lack of full scientific certainty shall not be used as a reason for postponing cost-effective measures to prevent environmental degradation” (United Nations, 1992, Principle 15)
- Questo è un asserto sociologico, senza basi scientifiche e senza il rigore opportuno per essere usato come base per azioni estremamente gravose per lo sviluppo dell’umanità. **Post-normal science.**
- Bisogna tenere in considerazione anche le conseguenze avverse di una tale scelta .
- Un principio di precauzione efficace dovrebbe puntare:
 1. alla riduzione della vulnerabilità ai problemi provocati dai cc,
 2. alle soluzioni di adattamento nelle situazioni pericolose conseguenti ai cc.

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



The global cooling (anni '70)

- Negli anni '70, dopo un periodo relativamente freddo dal 1945 al 1970, parte l’allarme per il «Global Cooling».
- Tra le cause probabili c’è sempre l’uomo.
- Fra gli allarmisti ci sono Stephen Schneider (Stanford Un.) e James Hansen (ex capo del GISS della NASA).
- Schneider e Hansen diventeranno poi paladini del «Global Warming».
- Schneider sostenne che si trattava del problema più importante e più inquietante che l’umanità doveva affrontare.

Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



UN BRUTTO ESEMPIO

•“It is found that even an increase by a factor of 8 in the amount of CO₂ which is highly unlikely in the next several thousand years, will produce an increase in the surface temperature of less than 2 deg.”

S. Schneider, *Science*, 1971

• “To capture the public imagination, we have to offer up some scary scenarios, make simplified dramatic statements and little mention of any doubts one might have. Each of us has to decide the right balance between being effective and being honest”

S. Schneider, *Discover magazine*, 1989



Strategia del consenso

John Houghton «Se non sono allarmisti, nessuno prenderà seriamente il loro lavoro»

Rajendra Pachauri «Noi dobbiamo spaventare i governi perché agiscano»

C'è un tentativo di evitare il dibattito forzando il consenso, atteggiamento che certamente non favorisce il progresso scientifico.



Immediately after President Obama's successful re-election, his campaign organization was transformed into an Internal Revenue Service (IRS) non-profit organization named Organization for Action (OFA). The IRS quickly granted OFA its non-profit status as a 501-c-4 organization, even though the IRS consistently held up such non-profit status for political opponents.

On March 5, OFA sent letters to various scientists, and others, over the President's signature, claiming that the biggest obstacle to fighting climate change (what used to be called global warming) is political. The letter, states the subject is "Stand up for science," and states that OFA's web site has identified certain politicians as climate change deniers and urges the recipients to take action. A key point made in the letter is:

"We need to listen to our friends at NASA and the 97 percent of climate scientists who agree that climate change is real, man-made, and happening right now. Now is the time for serious action, not excuses or outright denial»



Recent global temperature record

- 'Warmest year': 2014 is in a statistical tie with 9 other years since 1998 (uncertainty is 0.1°C)
- No statistically significant trend for past 16+ years. Compare with major warming trend 1976-1998 (22 yrs)
- Since 1998, 25% of human CO₂ has been emitted
- Climate models predicted a trend of 0.2°C/decade in early part of 21st century: growing discrepancy between climate models and observations
- Changes in ocean circulation seems to be dominant reason for 'pause', with solar & volcanoes
- Growing discrepancy raises serious questions about utility of climate models, the cause of warming in the 20th century, and predictions of 21st century warming.



Implications for the future: II. View emphasizing natural variability

- The 'pause' will continue at least another decade (into the 2030's?); El Ninos weak and infrequent
- Climate models are too sensitive to human forcing; 21st century warming will be on the low end of IPCC projections (or even below)
- Solar variations & volcanoes: wild card. Most are predicting solar cooling in the near term
- Can't rule out unforeseen surprises



Implications for utility regulators

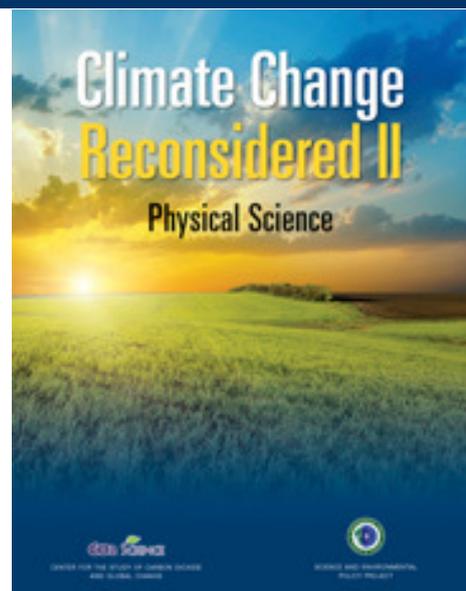
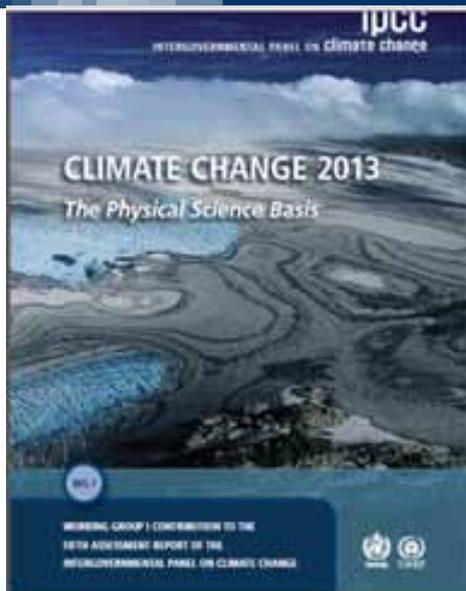
- There is a great deal of uncertainty in our understanding of what has caused the 20th century warming and how the 21st century climate might evolve.
- We need to prepare for surprises – including 'cold' ones
- We need to stop treating climate change as a 'tame problem', and need to adopt a decision making framework, suitable for conditions of deep uncertainty, that seeks flexible, robust and anti-fragile policies

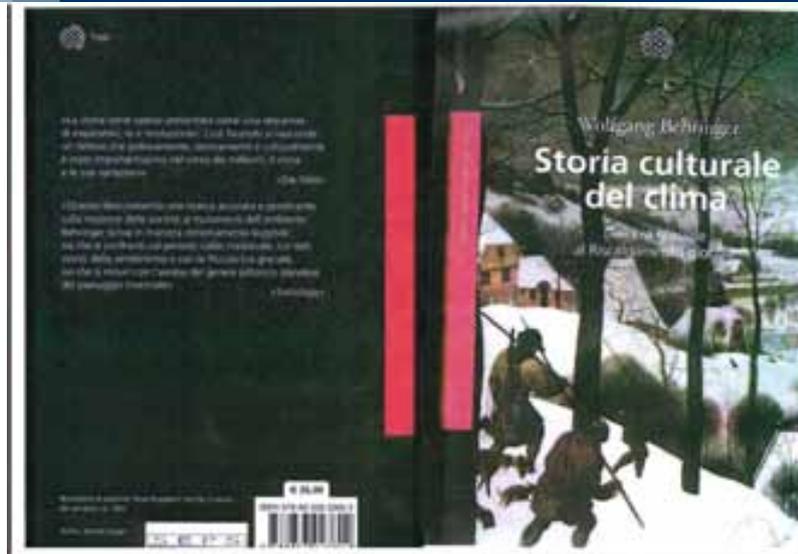


Uno statement di R. S. Lindzen (MIT)

"le generazioni future si meraviglieranno, attonite, di come agli inizi del XXI secolo il mondo sviluppato sia stato colpito da un panico isterico per un aumento della temperatura a livello mondiale di pochi decimi di grado, e di come, sulla base di grossolane esagerazioni nelle proiezioni fatte al computer, ... abbia potuto profetizzare la necessità di un totale rovesciamento dell'era industriale"

Richard S. Lindzen - Professore di Fisica dell'Atmosfera al Massachusetts Institute of Technology



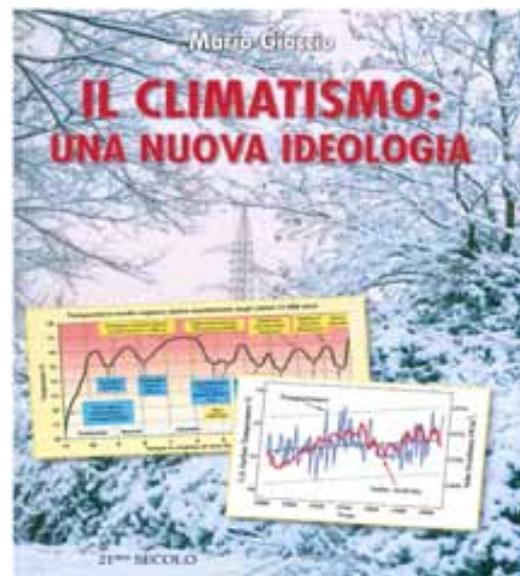
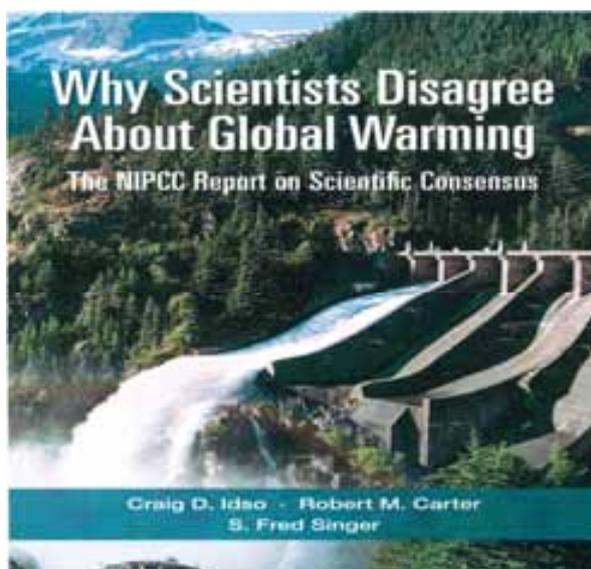


Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO



128



Ernesto Pedrocchi

POLITECNICO DI MILANO