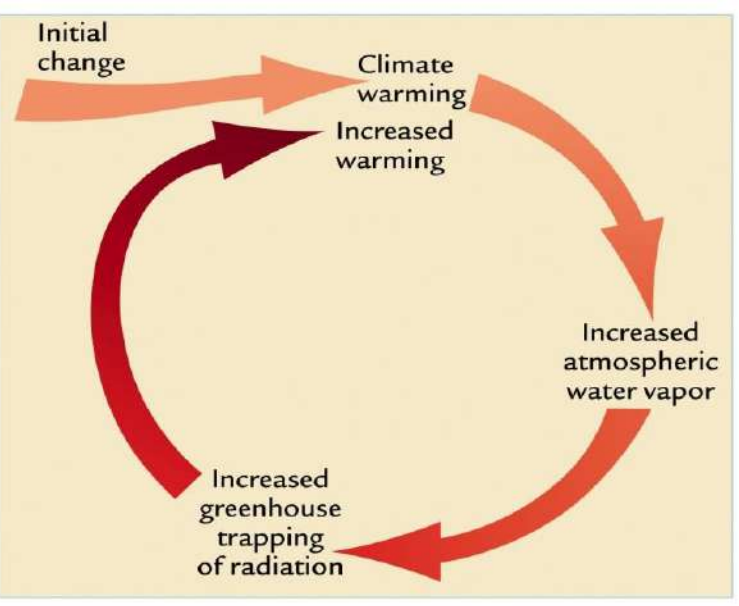
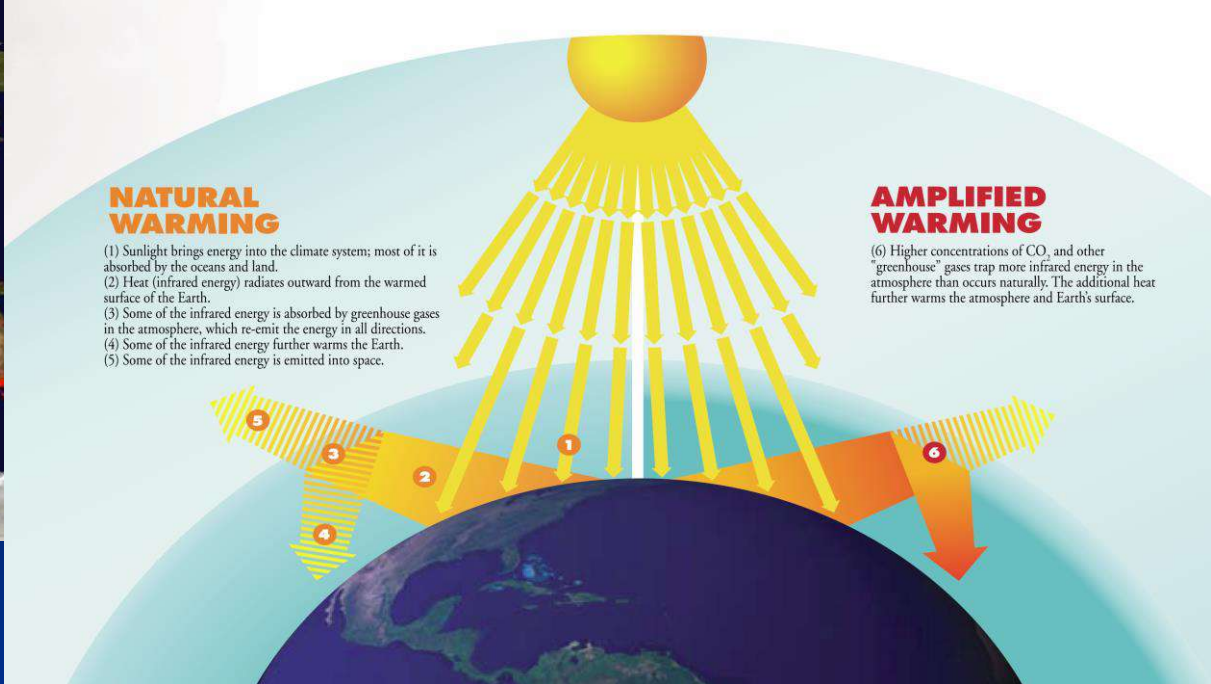
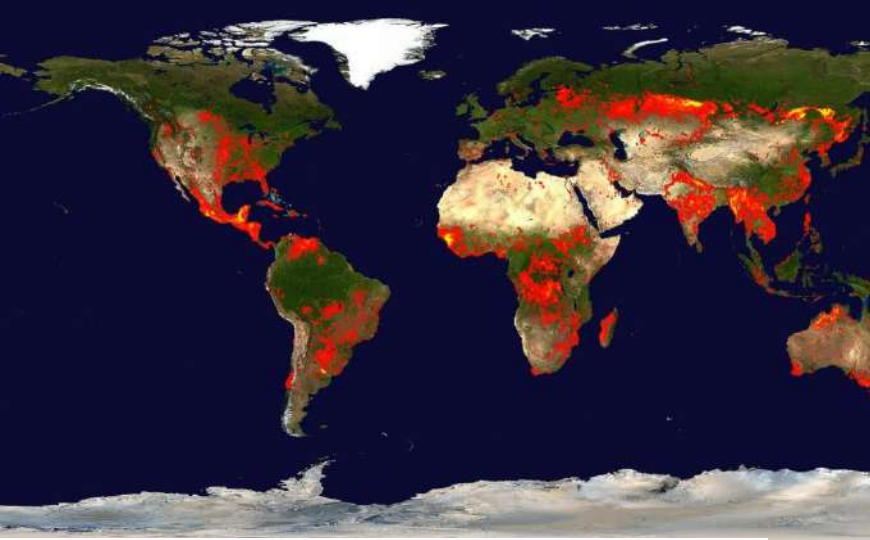




Il clima della Terra: scenari possibili in un futuro prossimo

Prof. Francesco Parello
Dip. DISTEM Unipa

25 luglio 2019



Climate change, desertification and migration: Connecting the dots



Il brivido della realtà Riscaldamento del pianeta? Ma se fa freddo

Neve in montagna. E a Milano minima a 5°
Il termometro smentisce i gretini nostrani
E con la scusa della sete nel mondo
M5S vuole alzare le tasse sull'acqua

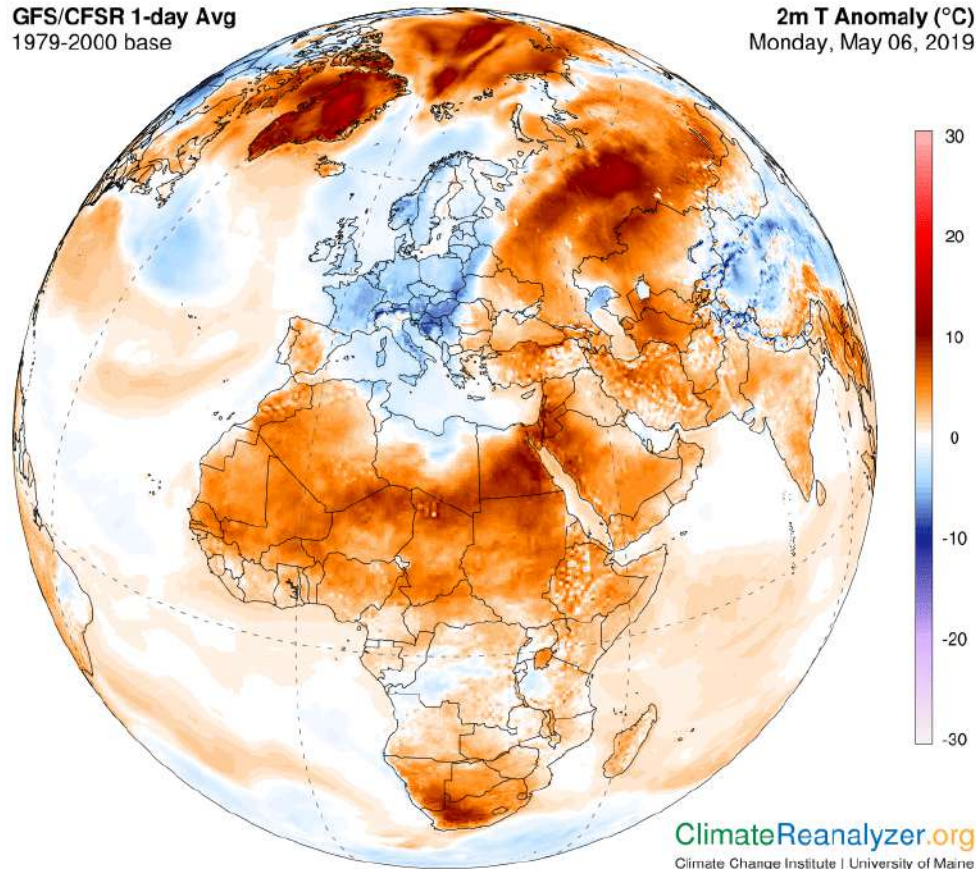


il 2018 è stato l'anno più caldo dal 1800 ad oggi per l'Italia. Con una anomalia di 1,58°C sopra la media del periodo di riferimento dal 1971 al 2000 ha superato il precedente record del 2015 (1,44°C sopra la media)".

Variabilità meteorologica e clima

GFS/CFSR 1-day Avg
1979-2000 base

2m T Anomaly (°C)
Monday, May 06, 2019



World
+ 0.6 °C

Northern Hemisphere
+ 0.9 °C

Arctic
+ 3.1 °C

Tropics
+ 0.8 °C

Southern Hemisphere
+ 0.4 °C

Antarctic
+ 0.5 °C

La carta prodotta dal Climate Change Institute. University of Maine mostra le anomalie di temperatura (ossia la differenza tra la temperatura normale di lungo periodo per i primi di maggio e quella invece effettivamente misurata) del 6 maggio 2019. Si vedono Scandinavia, Europa centrale e Mediterraneo con temperature sotto la media anche di quasi 10°C sulle Alpi e sui Balcani.

A questa "isola fresca" fanno da contrasto Africa, parte della Russia ed Artico con anomalie positive che in Groenlandia superano anche i 15°C.

Globalmente l'emisfero settentrionale ha un'anomalia di +0.9°C mentre l'Artico addirittura di +3.1°C. Eventi freddi a inizio maggio sono rari, inusuali ma non impossibili e negli archivi climatici italiani se ne trovano di ben più intensi. 1957, 1861 (con la neve IN PIANURA su larghe porzioni del nord Italia) o i più recenti 1970, 1981, 1985, 1991.

What Will Happen Next?



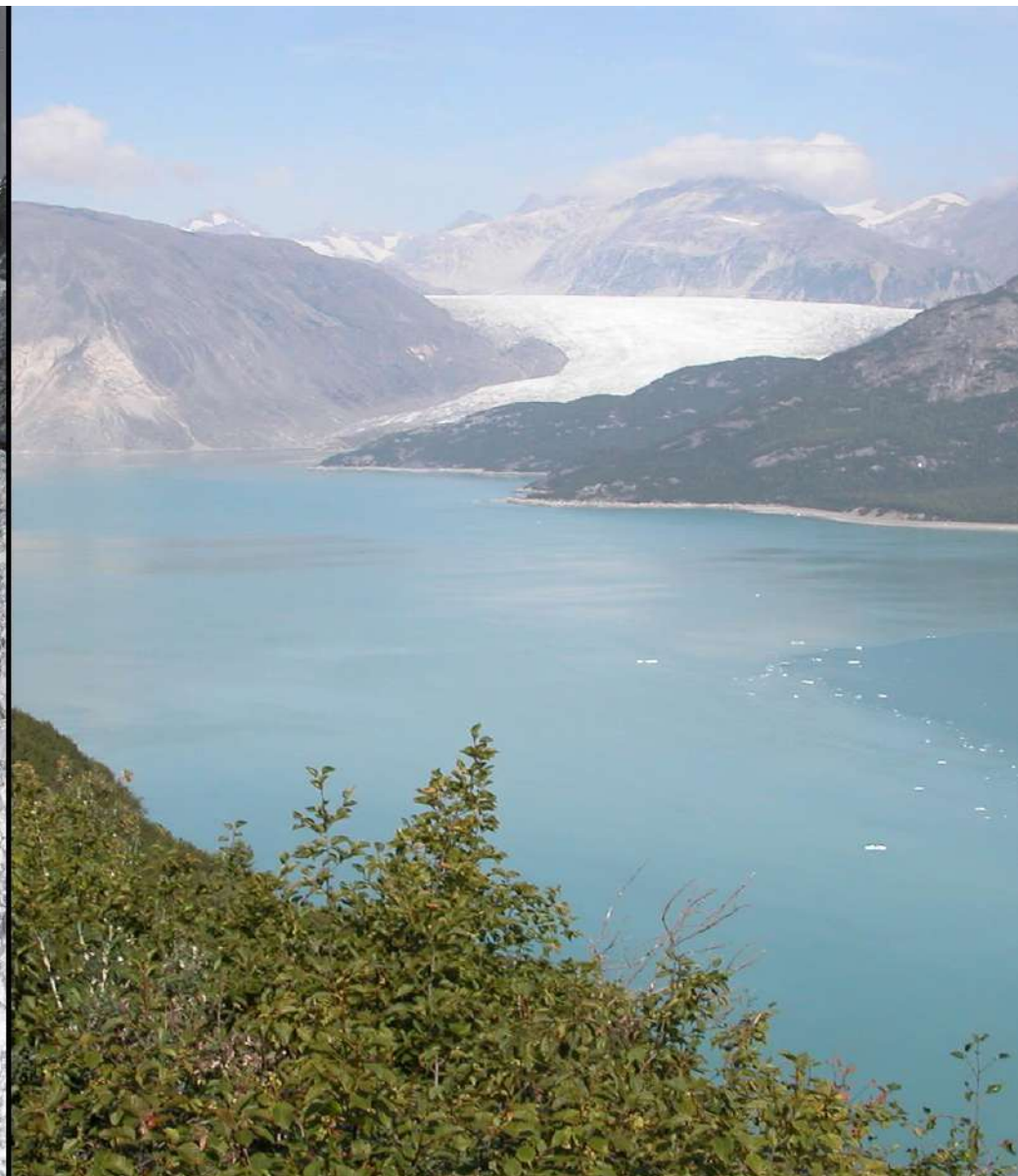
Muir Glacier melt, Alaska

1882



August 11, 2005

What Will Happen Next?



Muir Glacier melt, Alaska

August 13, 1941

August 31, 2004

What Will Happen Next?

Un recente studio pubblicato su [Science](#) mostra una rapida diminuzione dei ghiacciai a livello globale. In particolare è stato osservato che il movimento dei ghiacciai della Groenlandia e dell'Antartide verso il mare sta accelerando.



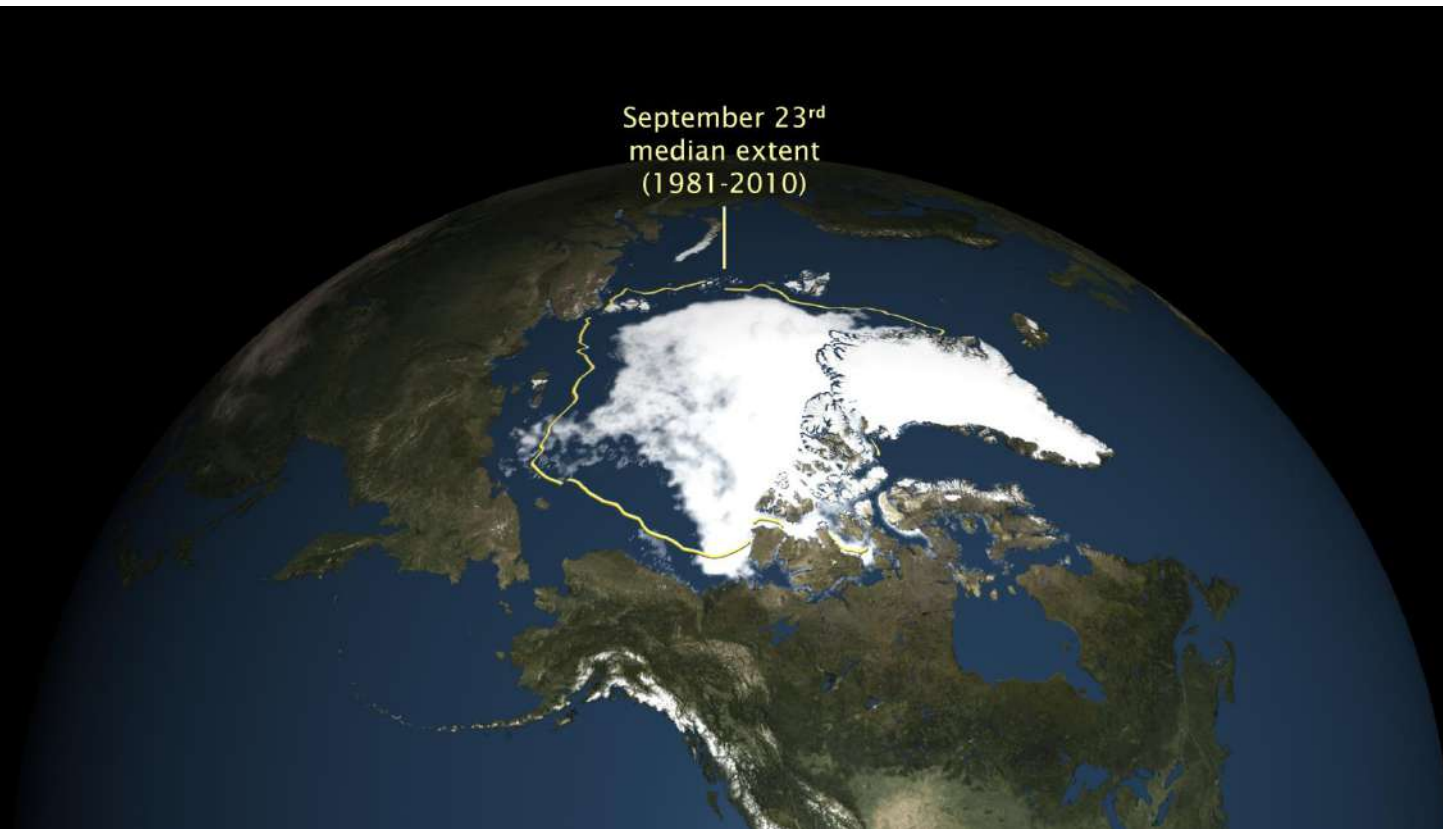
Aree a rischio inondazione nel golfo della Florida per risalita del livello del mare



©2004, ACIA / Map ©Clifford Grabhorn

In groenlandia l'area affetta da scioglimento dei ghiacciai (arancio e rosso) è raddoppiata in 10 anni

sea ice extent

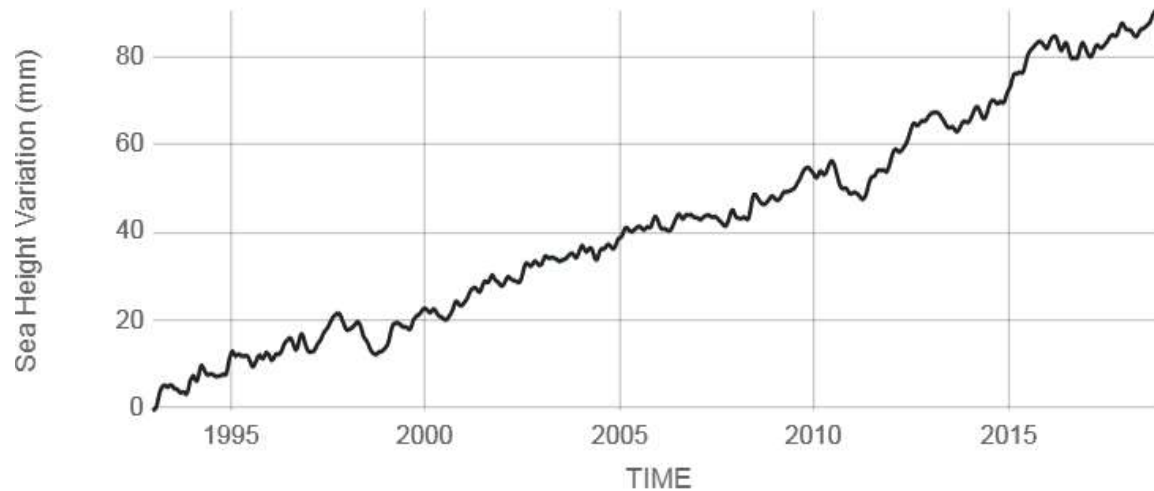


This map shows sea ice extent as measured by satellites on September 23, 2018. Areas with at least 15 percent ice cover appear in shades of gray-blue to white. Open ocean water (less than 15 percent ice cover) appears navy blue. The yellow line indicates the long-term median sea ice extent on September 23 for years 1981-2010.

Sea ice extent in the Arctic is declining in all months, but the decline is largest in September, which is historically the end of the summer melt season. When sea ice is slow to re-form in October and November, Arctic coastal communities are especially vulnerable to battering waves and flooding that accompany winter storms.

Sea level rise

**Sea Level
LATEST
MEASUREMENT:
August 2015**
66.91 mm



Source: climate.nasa.gov

**Sea Level
LATEST
MEASUREMENT:
December 2018**
90 (± 1) mm

**RATE OF
CHANGE**
3.3
millimeters per
year

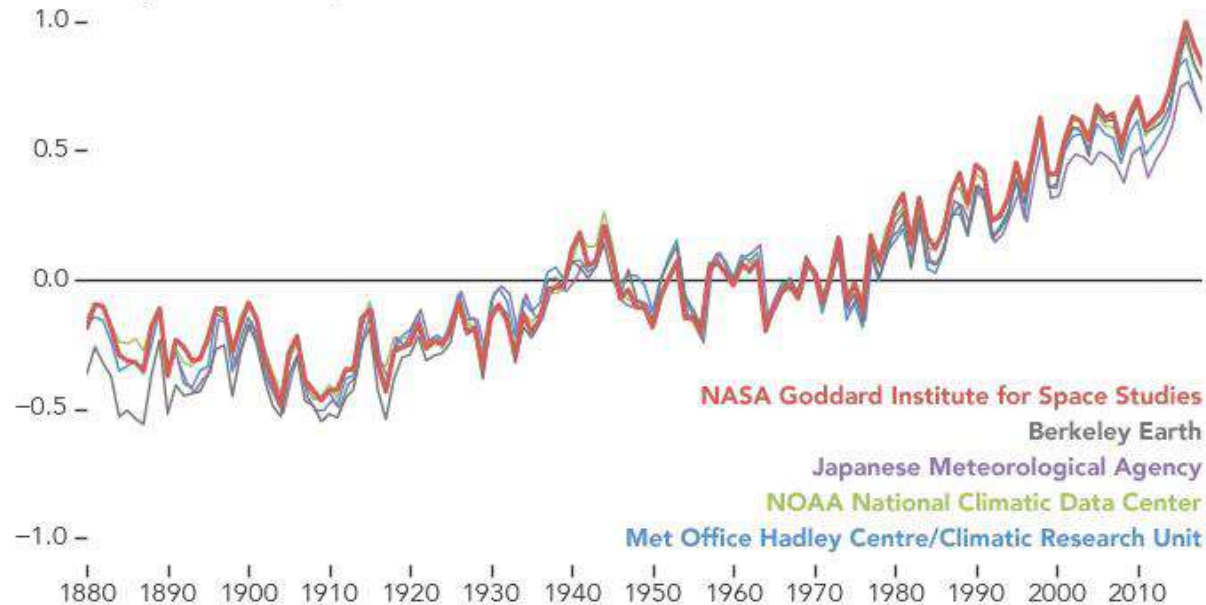
Sea level rise is caused primarily by two factors related to global warming: the added water from melting land ice and the expansion of sea water as it warms. The chart tracks the change in sea level since 1993 as observed by satellites.

global surface temperature relative to 1951-1980 average temperatures

2014
Global
Temperature
LATEST
MEASUREMENT:
January 2014
0.68 °C

A World of Agreement: Temperatures are Rising

Global Temperature Anomaly (°C)

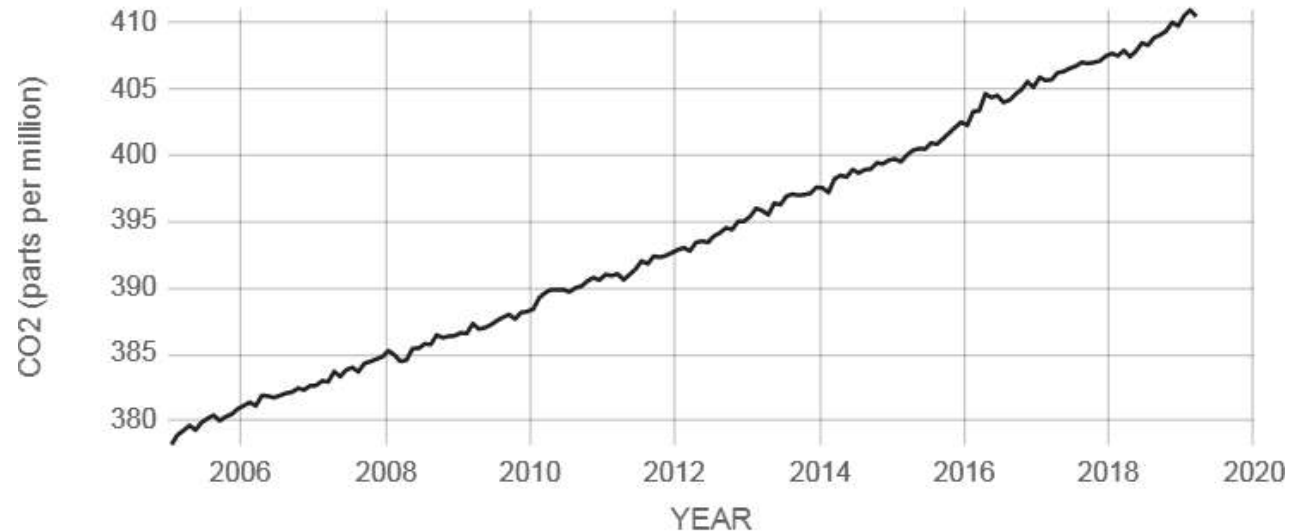


2018
Global
Temperature
LATEST
ANNUAL
AVERAGE
ANOMALY:
2018
0.8 °C

This graph illustrates the change in global surface temperature relative to 1951-1980 average temperatures. The 10 warmest years in the 134-year record all have occurred since 2000, with the exception of 1998. The year 2014 ranks as the warmest on record. (Source: [NASA/GISS](https://climate.nasa.gov/evidence/)).

atmospheric CO₂ levels 2004-2019

**Carbon Dioxide
LATEST
MEASUREMENT:
Sep 2015
400.95 ppm**



Source: climate.nasa.gov

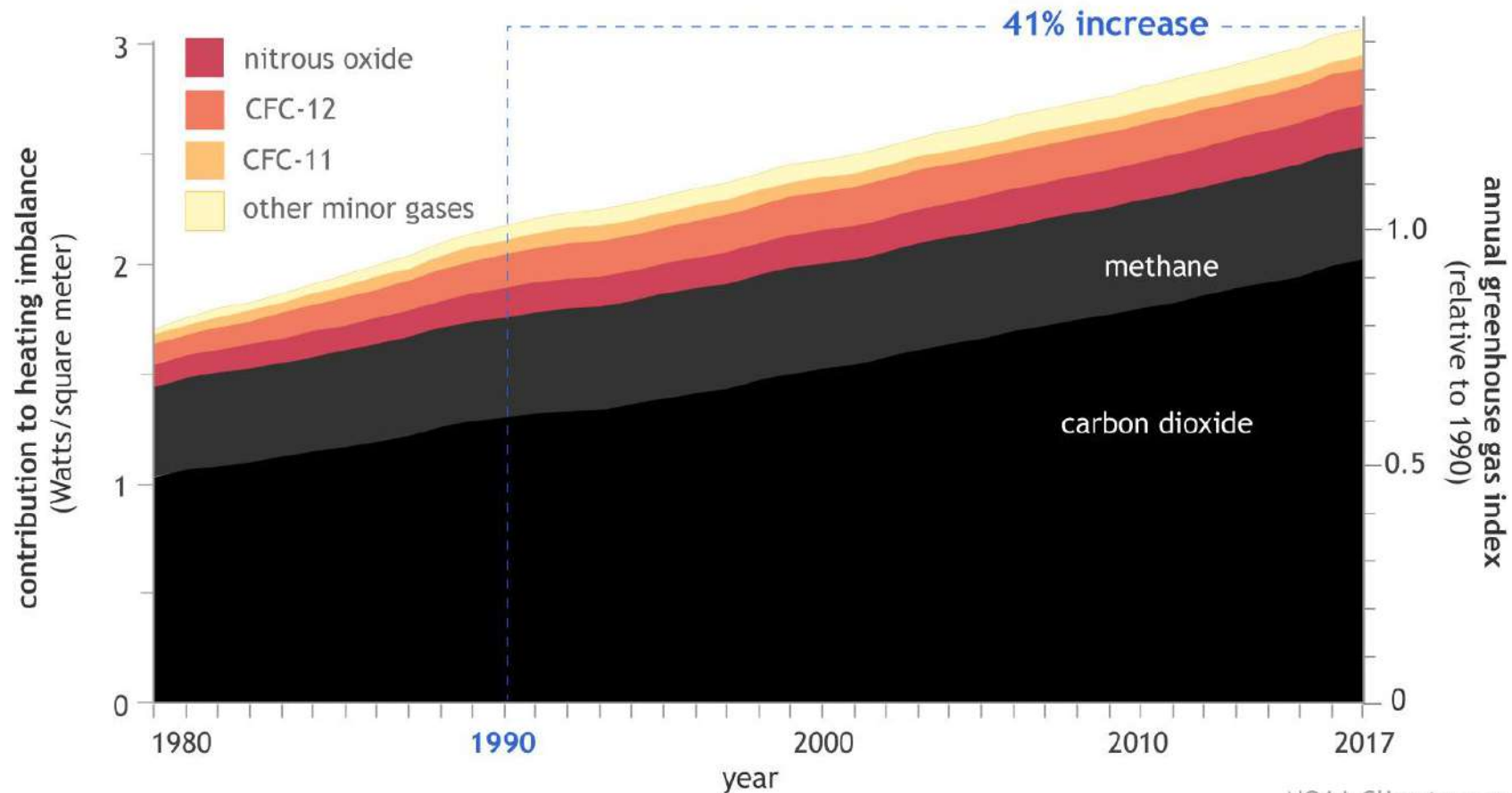
Carbon dioxide (CO₂) is an important heat-trapping (greenhouse) gas, which is released through human activities such as deforestation and burning fossil fuels, as well as natural processes such as respiration and volcanic eruptions. The chart shows atmospheric CO₂ levels in recent years, with average seasonal cycle removed.

May 3, 2019	414.81 ppm	NOAA-ESRL
	415.09 ppm	Scripps
May 3, 2018	409.22 ppm	NOAA-ESRL

daily mean concentrations | ppm = parts per million

June 2019 414 ppm
June 2018 410 ppm

Influence of all major human-produced greenhouse gases, 1979-2017



NOAA Climate.gov
Data: ESRL

(left vertical axis) The heating imbalance in watts per square meter relative to the year 1750 caused by all major human-produced greenhouse gases: carbon dioxide, methane, nitrous oxide, chlorofluorocarbons 11 and 12, and a group of 15 other minor contributors. Today's atmosphere absorbs about 3 extra watts of incoming solar energy(340 watt square meter) over each square meter of Earth's surface. According to NOAA's Annual Greenhouse Gas Index **(right axis)** the combined heating influence of all major greenhouse gases has increased by 41% relative to 1990. NOAA Climate.gov graph, based on data from NOAA

Il web terrestre

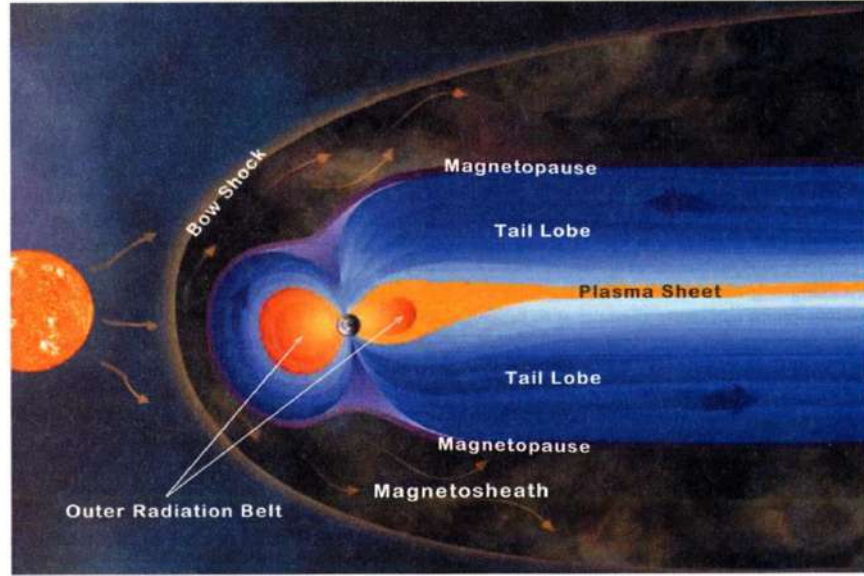
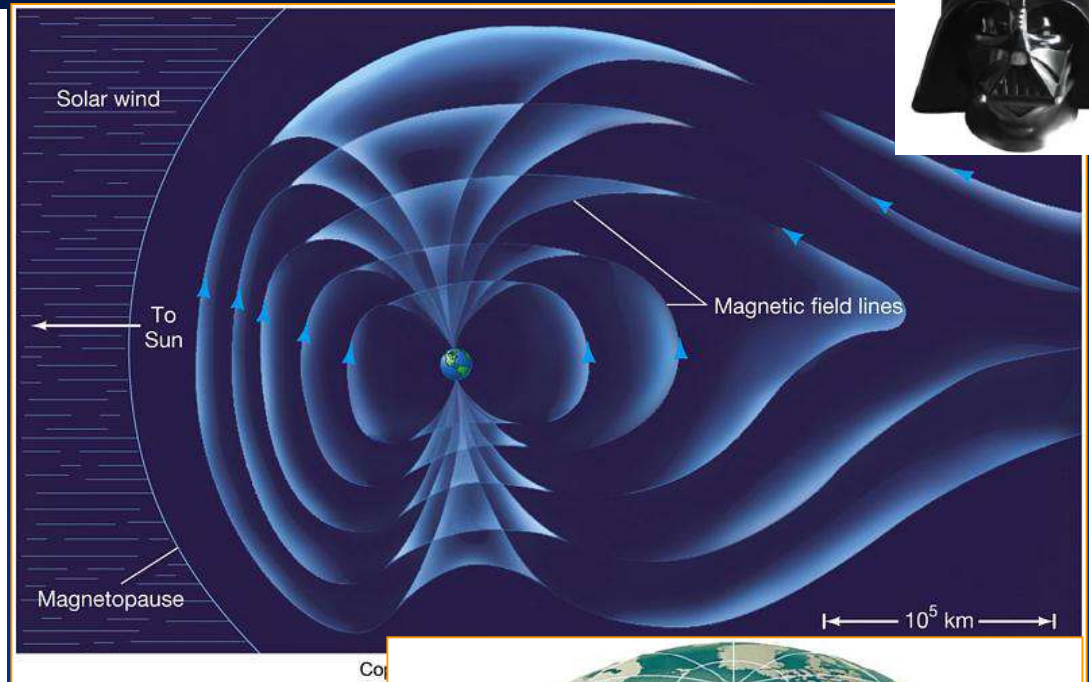
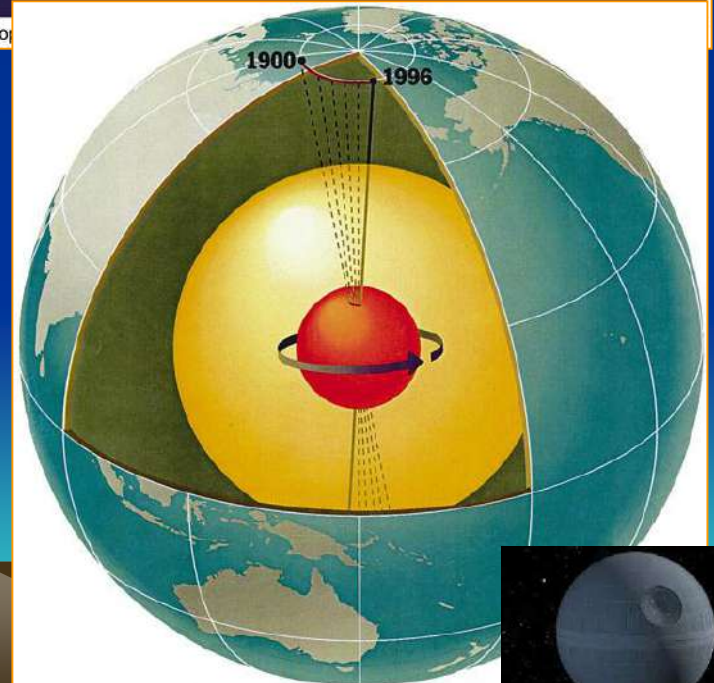


Fig. 1. Schematic depiction of the magnetosphere, showing the outflow of plasma from the sun, the diversion by the bowshock around the magnetosphere, and the general structure of the magnetosphere. The broad blue arrows within the magnetosphere show the direction of the magnetic field.

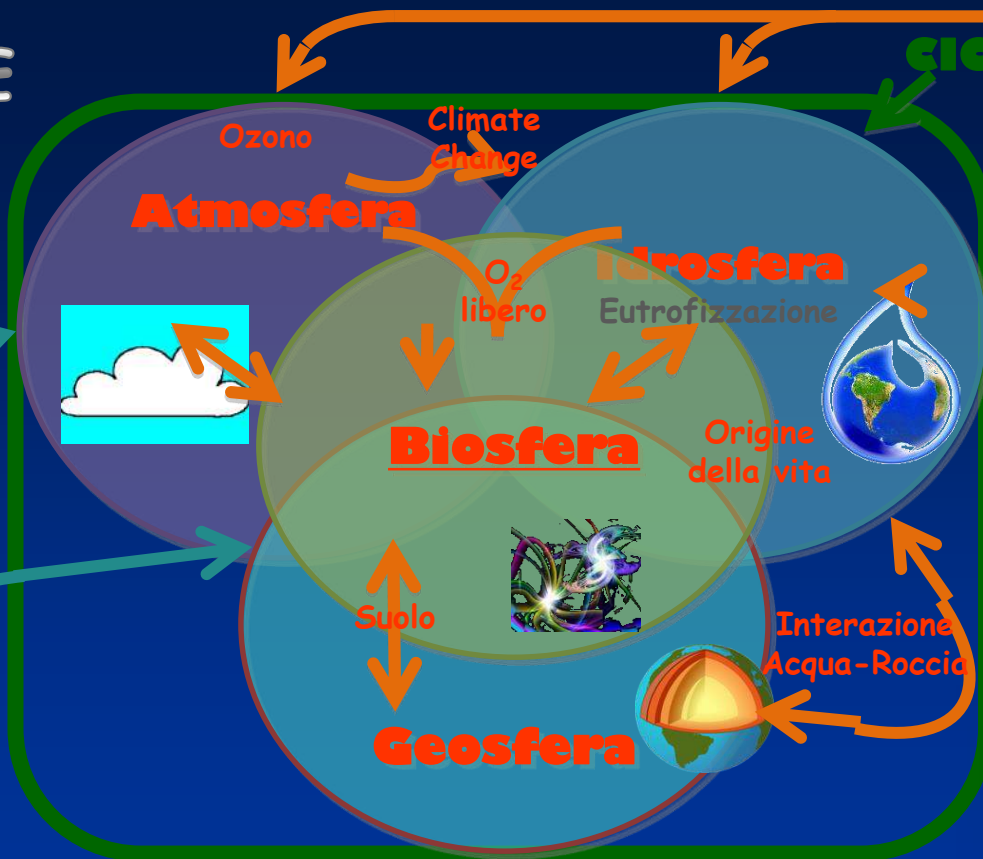


La terra è un sistema dinamico costituito dai tre stati della materia, solido, liquido e gassoso, nel quale una serie di "forze dinamiche" agiscono e sono connesse tra di loro in un involucro le cui connessioni sono poco conosciute, questo è quello che potremmo definire il WEB terrestre. La vita si è potuta evolvere soltanto quando questo sistema dinamico ha impedito alle radiazioni ionizzanti provenienti dal sole di arrivare massicciamente sulla terra



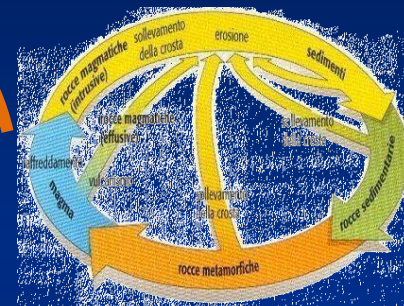
IL WEB TERRESTRE

Ovvero come interagiscono tra di loro questi reservoirs!!



Impatto ambientale dei vulcani

Ciclo Minerogenetico



Origine dell'acqua sulla terra

Meccanismi di risalita dei magmi ed attività vulcanica

I processi di rifusione

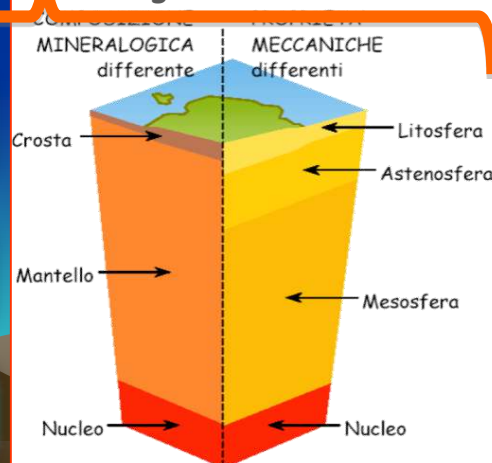


Metodi d'indagine

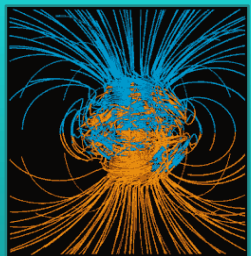
CROSTA

MANTELLO

NUCLEO



Campo Magnetico

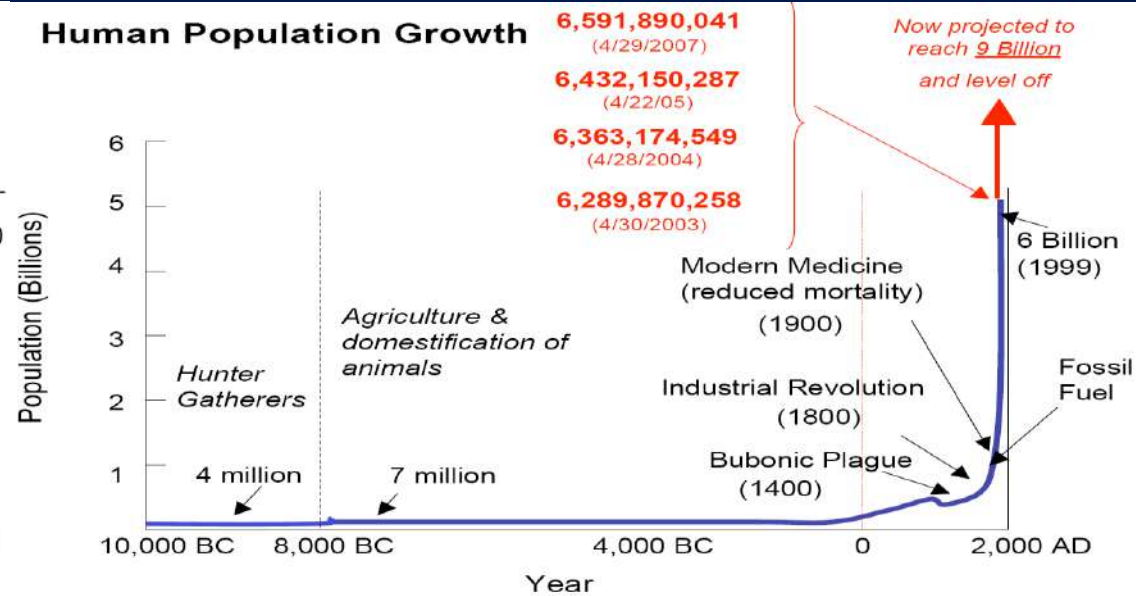


Il ruolo della biosfera

Four "Evolution" in Human Population Growth

Evolution Driver	Midpoint	Population (billions)	Doubling Time (years) before	Doubling Time (years) after
Local Agriculture	8000 B.C.	0.005	40,000 - 300,000	1,400 - 3,000
Global Agriculture	1750 A.D.	0.75	750 - 1,800	100 - 130
Public Health	1950	2.5	87	36
Fertility Control	1970	3.7	34 (peak)	>40 (since 1990)

Human Population Growth

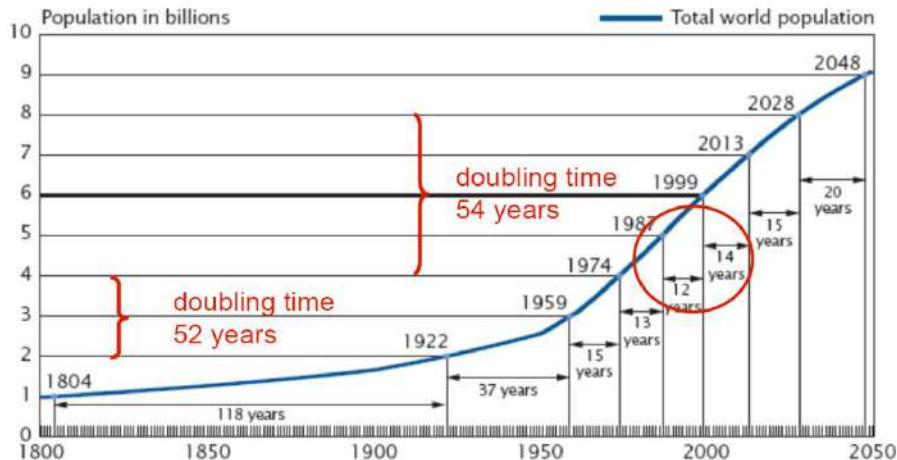


Adapted from: Cohen, "How Many People Can the Earth Support"

Adapted from: Cohen, "How Many People Can the Earth Support" <http://www.census.gov/main/www/popclock.html>

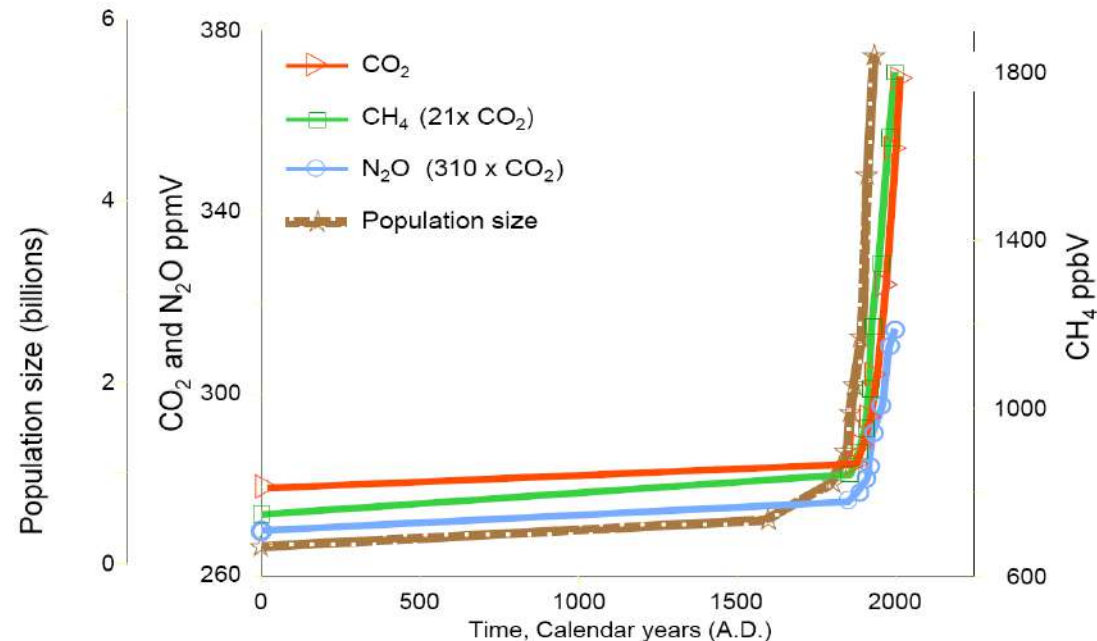
Figure 1. Time it takes to add a billion

Annual Additions and the Annual Growth Rate of Global Population
The growth of global population has peaked.

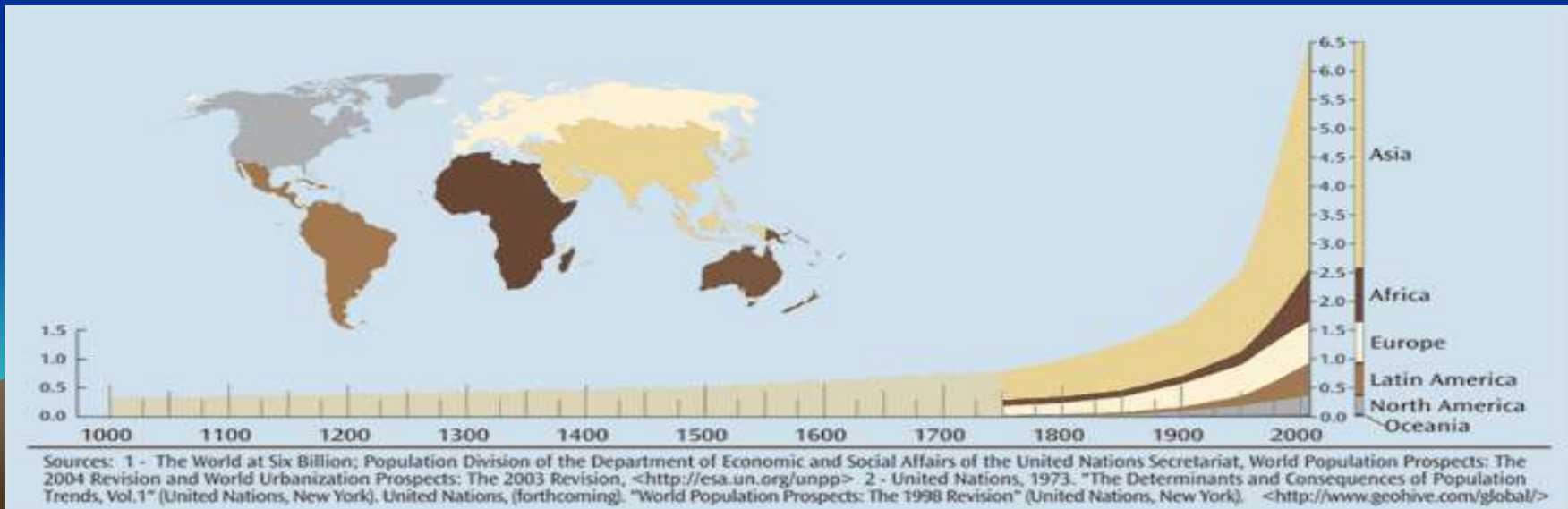
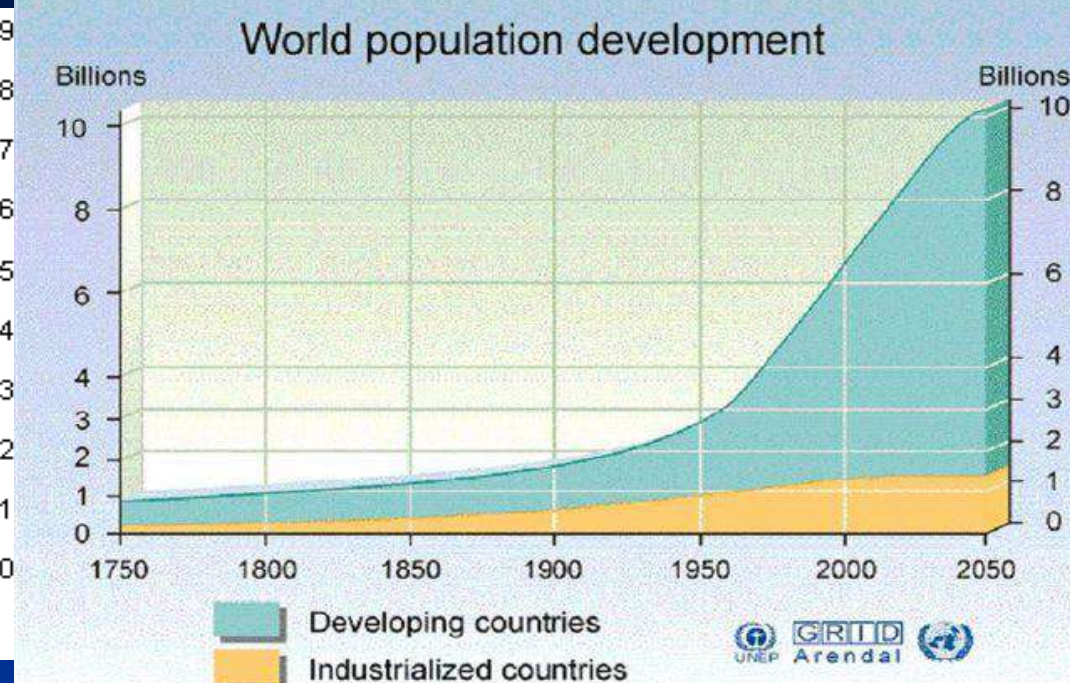
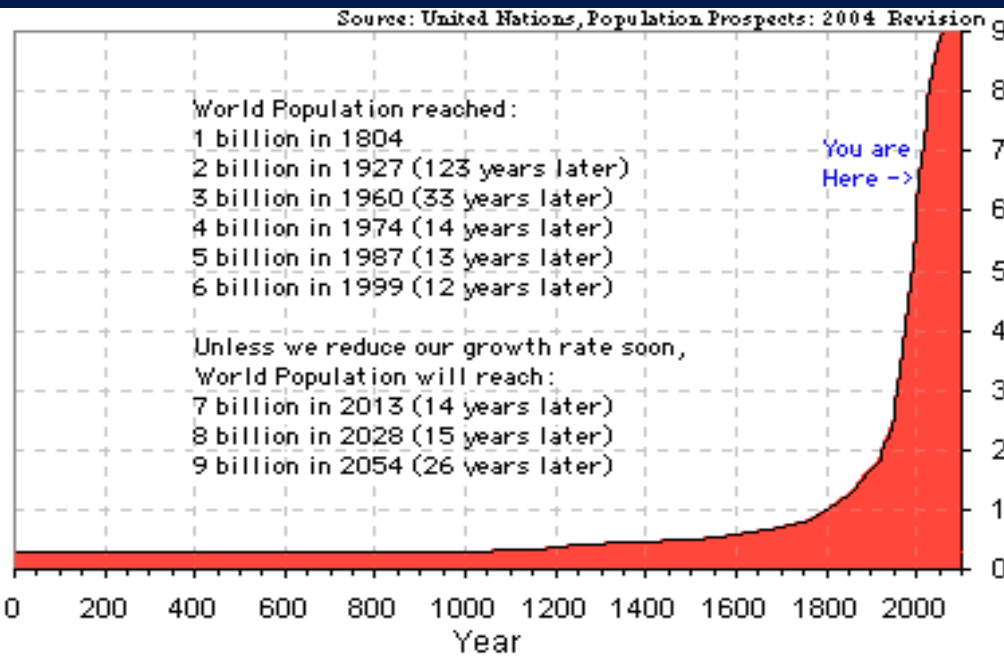


Source: United Nations, *World Population Prospects: The 1994 Revision*; U.S. Census Bureau, International Programs Center, International Data Base and unpublished tables.

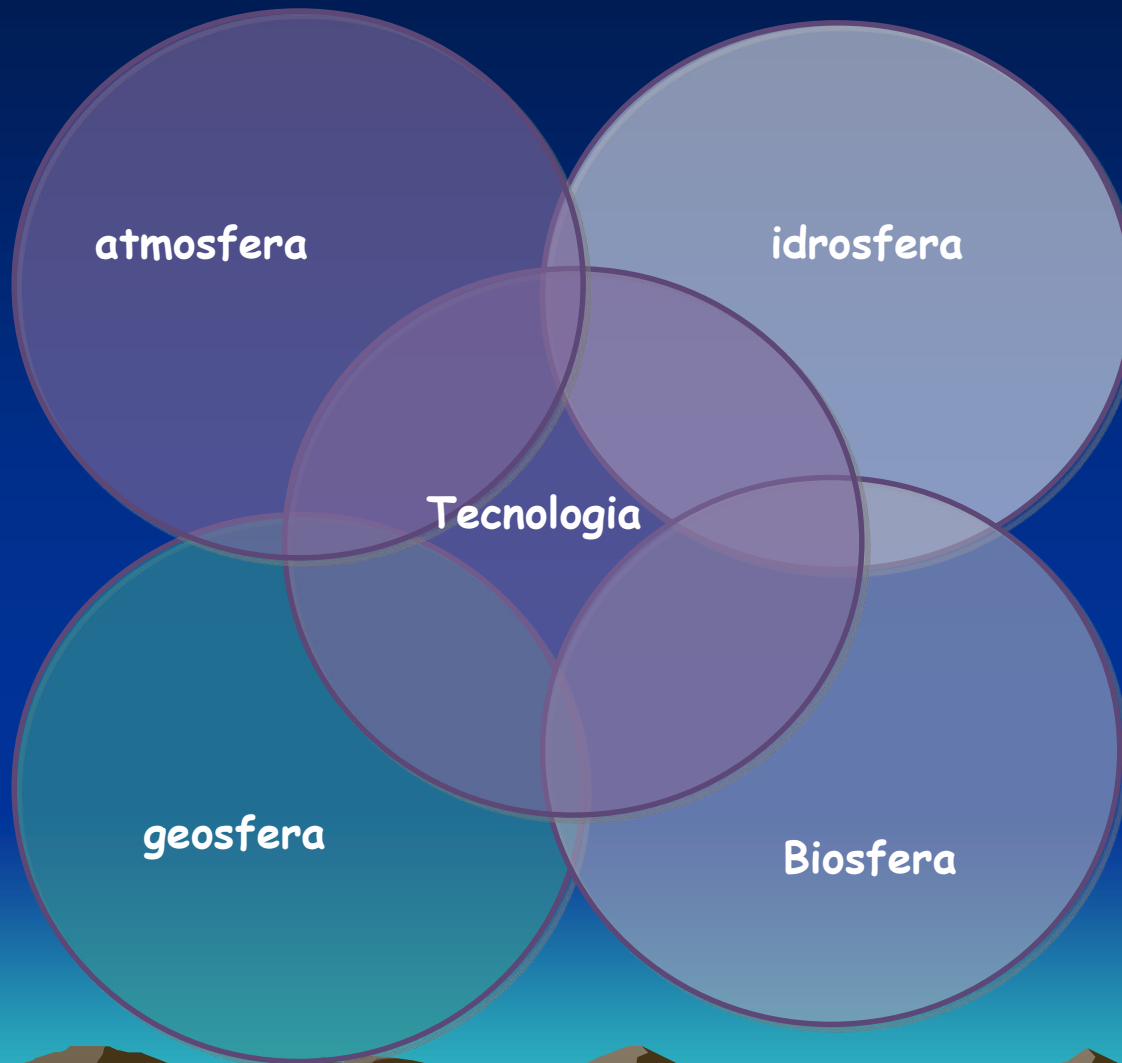
<http://www.census.gov/ipc/prod/wp02/wp02-1.pdf>



Curve di crescita della popolazione mondiale



ANTROPOCENE



The effects of human activity are greatly amplified by **technology**.

The chemical signatures of human activity touch nearly every part of globe.

Il ruolo della tecnologia e le sfere geochimiche

Global warming o climate changes?

The phrase "climate change" is growing in preferred use to "global warming" because it helps convey that there are changes in addition to rising temperatures.

Il ruolo svolto dalla CO_2 nel processo naturale di riscaldamento terrestre tramite l'effetto serra è stato suggerito per la prima volta dallo scienziato svedese Svante Arrhenius più di cento anni fa. Arrhenius è stato inoltre il primo a ipotizzare che le variazioni di CO_2 potessero spiegare le grandi variazioni di temperatura osservate nel passato conosciute anche come ere glaciali.



I rapporti dell'Ipcc (Intergovernmental Panel on Climate Change).

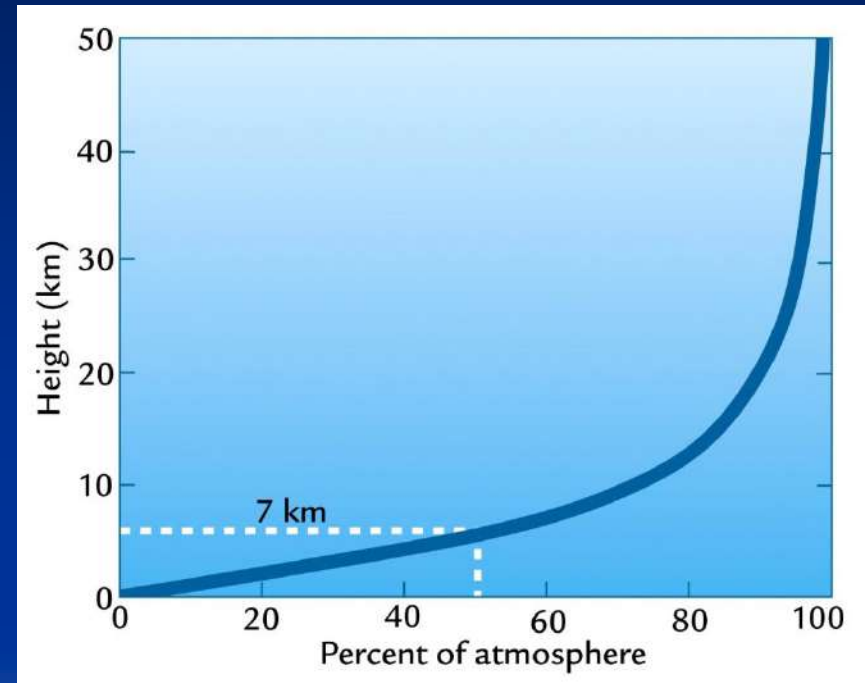
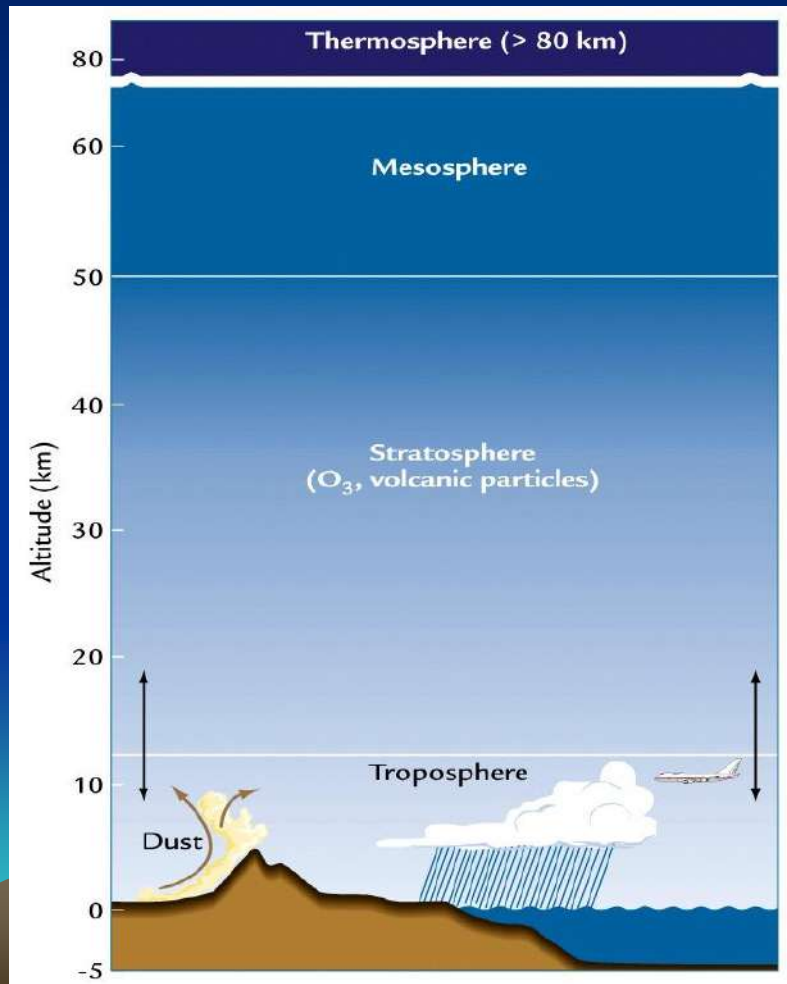
Responsabilità umane. Gli esperti dell'Ipcc ritengono con una probabilità compresa tra il 95 e il 98 % (*very likely*) che il riscaldamento climatico sia dovuto alle emissioni di gas serra determinate dalle attività umane.

L'impatto di questi effetti durerà per gli esperti almeno un millennio!!.



ATMOSFERA

L'atmosfera è il più piccolo dei serbatoi terrestri, La sua dimensione limitata rende l'atmosfera potenzialmente vulnerabile ai contaminanti. Infatti anche piccole immissioni di sostanze contaminanti possono portare a significative variazioni nel modo in cui si comporta l'atmosfera.



La troposfera contiene circa il 90% di tutti i gas atmosferici. Il restante 10% circa costituisce la stratosfera, la cui bassa massa è molto sensibile ai contaminanti atmosferici.

Significato del tempo di residenza

► Il tempo di residenza esprime una misura della lunghezza media del tempo in cui una singola molecola rimane in atmosfera (assumendo che l'atmosfera sia ben miscelata). E' una quantità fondamentale che descrive i sistemi in condizione di stato stazionario.

Composti con tempi di residenza lunghi possono accumularsi fino a raggiungere concentrazioni relativamente alte rispetto agli elementi con brevi tempi di residenza.

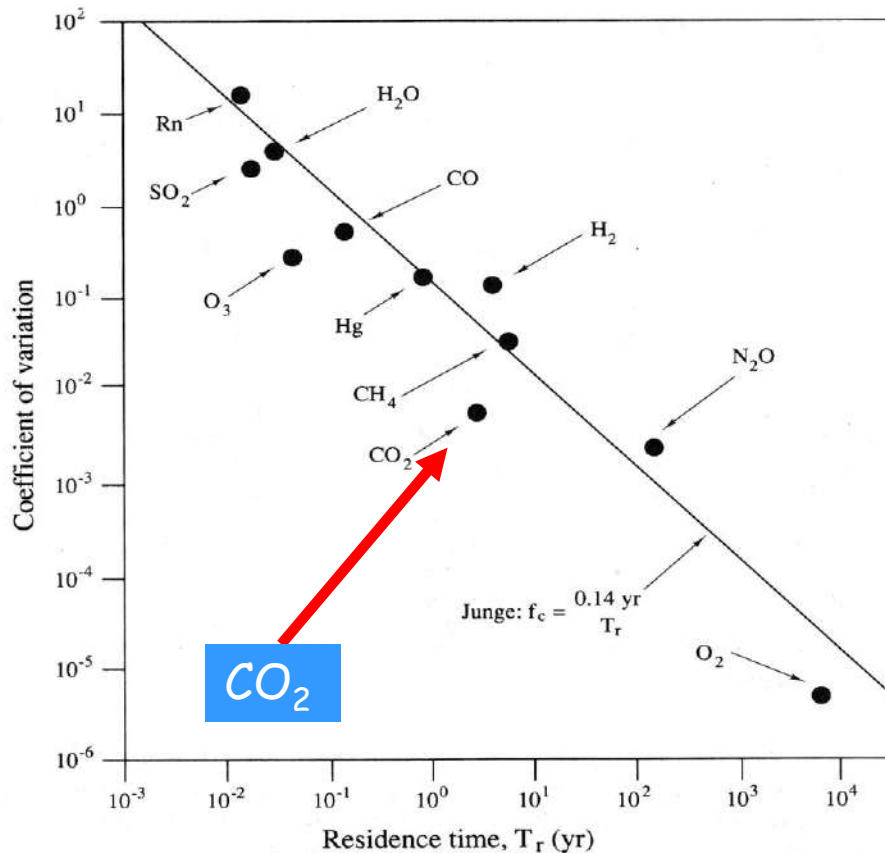


Figure 3.4 Variability in the concentration of atmospheric gases (expressed as the coefficient of variation in measurements) as a function of their estimated mean residence times in the atmosphere. From Junge (1974), as updated by Slinn (1988).

Comunque nonostante i gas con brevi tempi di residenza siano rimossi facilmente, la loro alta reattività può produrre prodotti di reazione che possono causare problemi. In generale se un gas presenta lunghi tempi di residenza, avrà anche un tempo lungo a disposizione per miscelarsi in atmosfera e quindi ci si deve aspettare per quella specie chimica una particolare costanza nella sua concentrazione a scala globale.

Significato del tempo di residenza

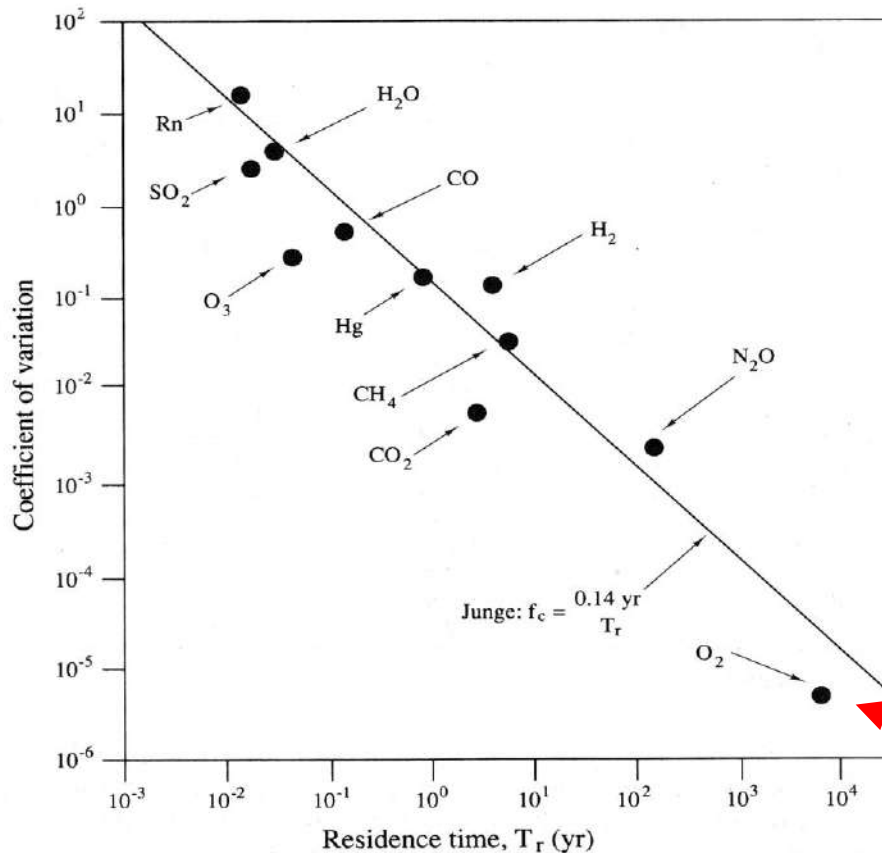


Figure 3.4 Variability in the concentration of atmospheric gases (expressed as the coefficient of variation in measurements) as a function of their estimated mean residence times in the atmosphere. From Junge (1974), as updated by Slinn (1988).

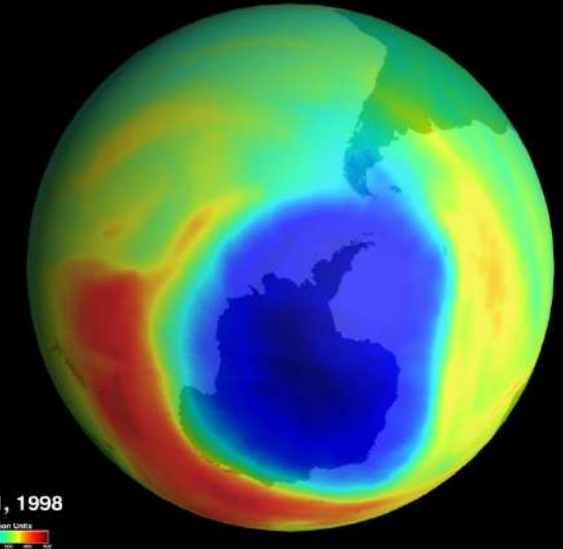
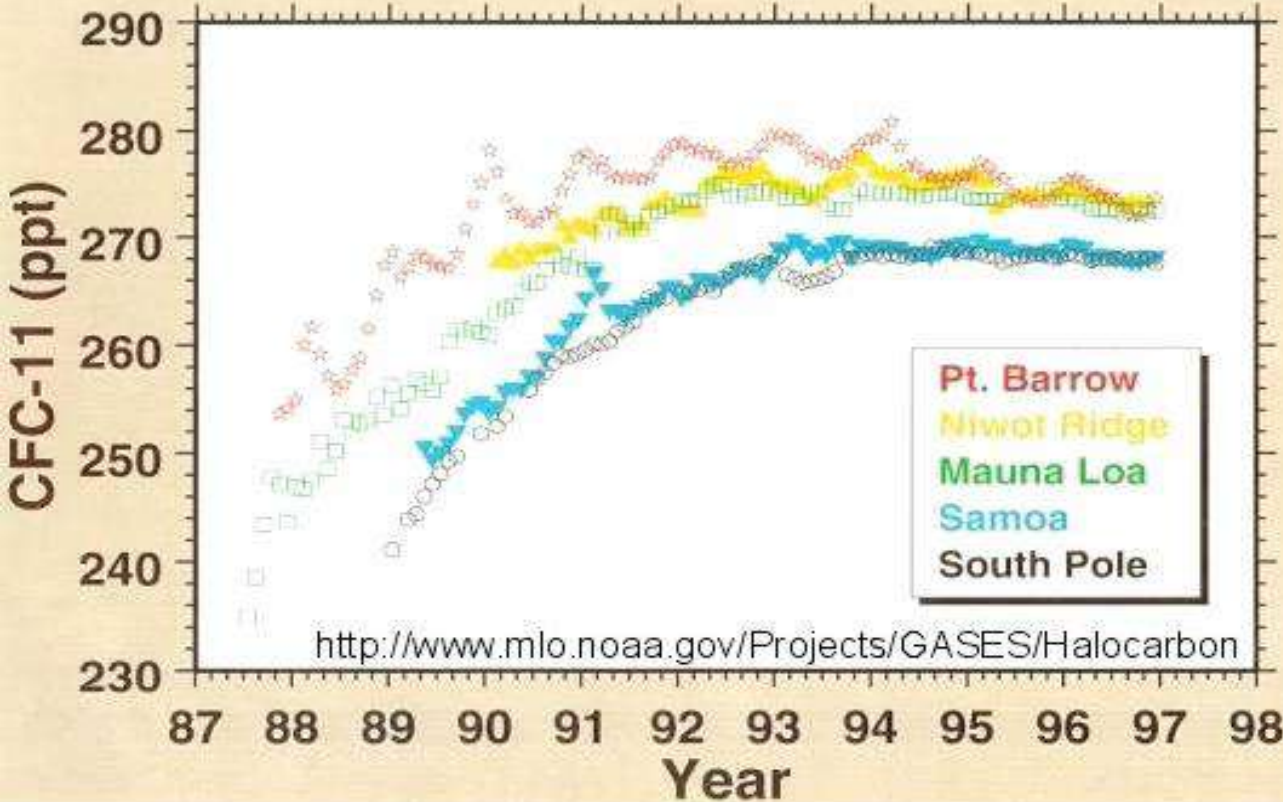
Se ad esempio il processo di fotosintesi si interrompesse oggi sarebbero necessari circa 8000 anni per consumare tutto l'ossigeno atmosferico

Gas ad impatto antropogenico: CO₂, CH₄, N₂O, NH₃, O₃, CO, SO₂, NO_x(NO₂+NO).

CO₂, CH₄, N₂O presentano tempi di residenza di alcuni anni e concentrazioni relativamente costanti a scala globale

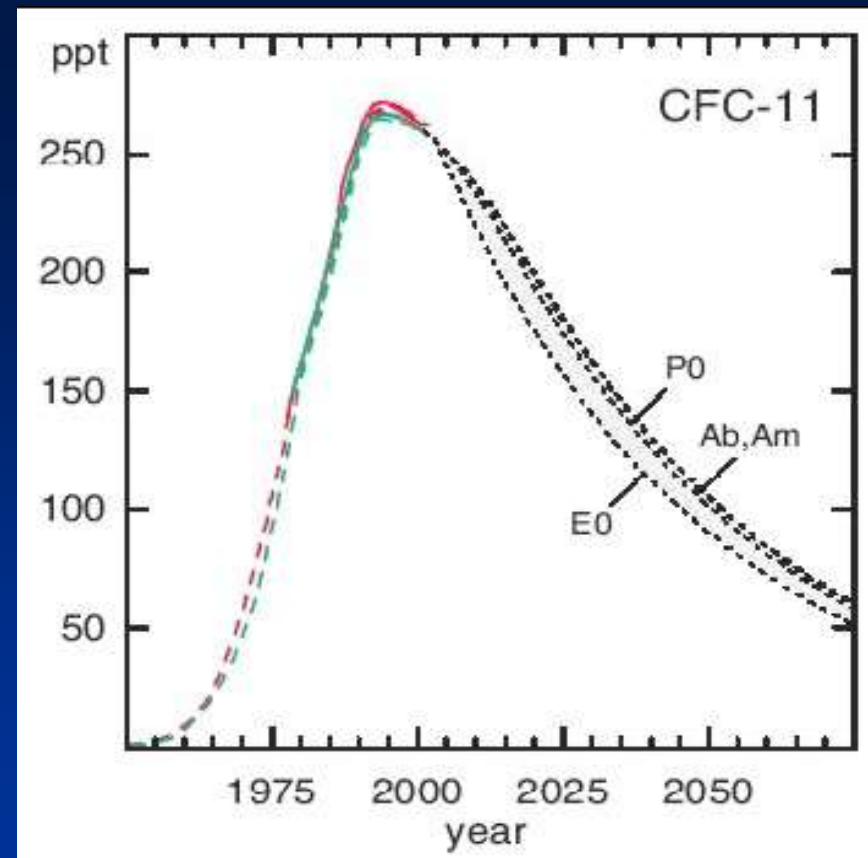
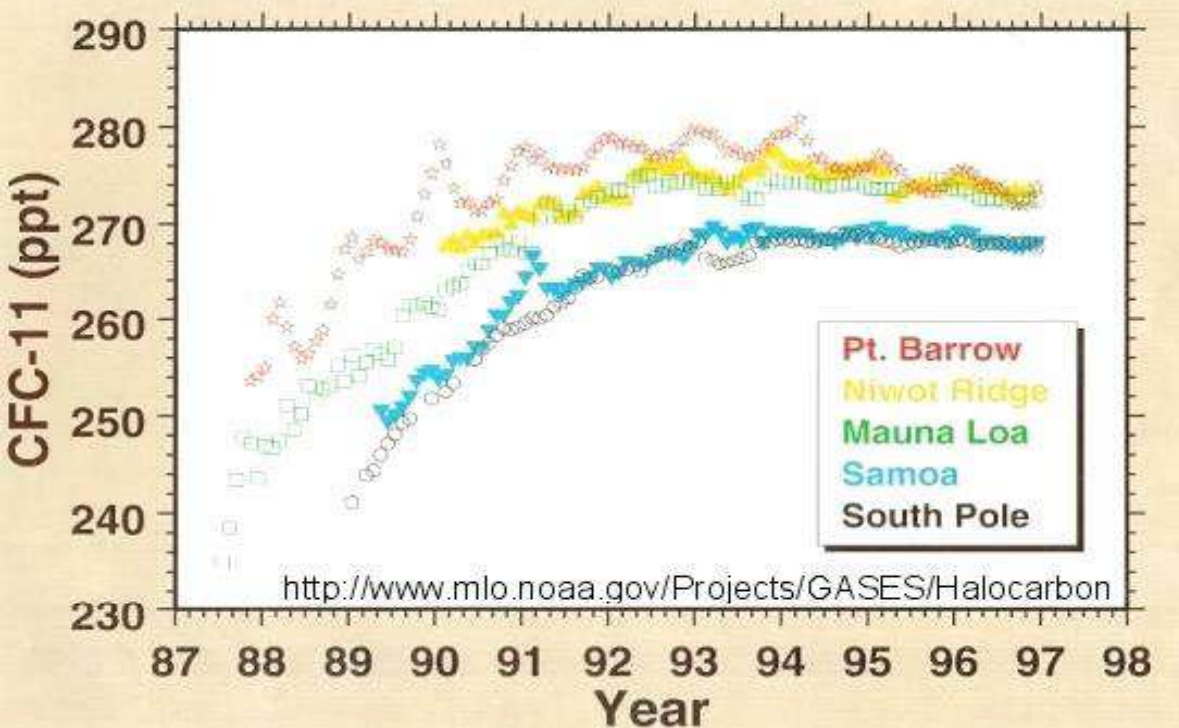
flussi antropogenici

Il caso dei fluoroclorocarburi



Buco dell'ozono

Il grafico mostra che anche se i flussi antropogenici di CFC sono diminuiti negli ultimi anni, il decremento della concentrazione non è così evidente, questo dipende principalmente dal fatto che la vita media dei CFC in atmosfera è di circa 50 anni.



Il grafico a destra è un tentativo di predizione della diminuzione dei CFC-11 effettuato dal WMO nel 2002 (Stratospheric Ozone Depletion Assessment). Il simbolo " E_0 " sta a significare zero emissioni e coincide con un decadimento di primo ordine con una velocità costante pari a $1/(\text{tempo di vita in atmosfera})$. Le altre curve rappresentano altri scenari possibili

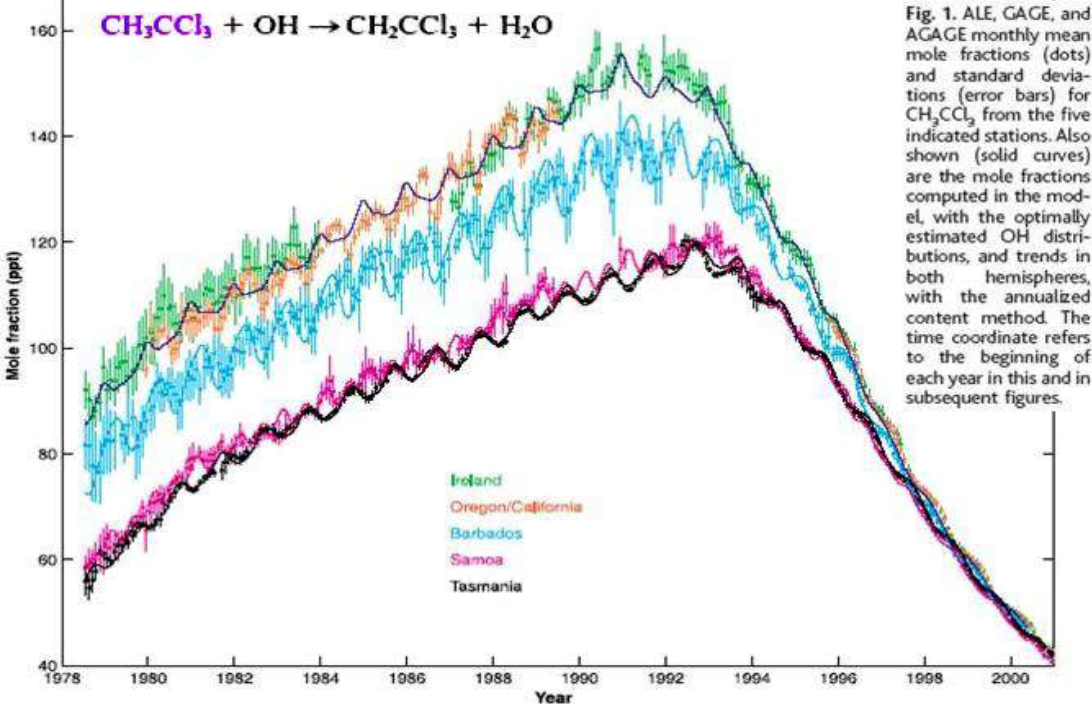


Table 2-2. VSL organic halogen source gases assessed in this report.

Source Gas	Formula
Bromochloromethane ^a	CH_2BrCl
Dibromomethane (methylene bromide) ^a	CH_2Br_2
Dibromochloromethane ^a	CHBr_2Cl
Bromodichloromethane ^a	CHBrCl_2
Tribromomethane (bromoform) ^a	CHBr_3
1-bromopropane (n-propyl bromide or n-PB)	$\text{n-C}_3\text{H}_7\text{Br}$; $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Br}$
Iodomethane ^a	CH_3I
Trifluoroiodomethane ^a	CF_3I
Iodoethane (ethyl iodide) ^a	$\text{C}_2\text{H}_5\text{I}$; $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{I}$
1-iodopropane (n-propyl iodide) ^a	$\text{n-C}_3\text{H}_7\text{I}$; $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{I}$
2-iodopropane (isopropyl iodide) ^a	$\text{i-C}_3\text{H}_7\text{I}$; $\text{CH}_3\text{CHICH}_3$
Chloriodomethane ^a	CH_2ClI
Bromiodomethane	CH_2BrI
Diiodomethane ^a	CH_2I_2
Dichloromethane (methylene chloride) ^a	CH_2Cl_2
Trichloromethane (chloroform) ^a	CHCl_3
Trichloroethene (trichloroethylene) ^a	C_2HCl_3 ; CHClCCl_2
Tetrachloroethene (perchloroethylene) ^a	C_2Cl_4 ; CCl_2CCl_2
1,2-dichloroethane	$\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$; $\text{CH}_2\text{ClCH}_2\text{Cl}$

^a Assessed in the 1999 Assessment (Kurylo and Rodríguez et al., 1999), which dealt only with the atmospheric observation interpretation. The laboratory chemical data were not assessed in detail.

Alcuni composti alogenati a vita breve hanno già iniziato a decrescere in atmosfera. La velocità con cui decrescono è incoraggiante anche se esistono parecchi altri composti che hanno tempi di residenza più lunghi, (non sono di fatto così reattivi)

Gas	Lifetime	Dispensation
CO_2	variable (years)	flux to oceans and biomass
N_2O	120 years	destroyed in stratosphere
CFCs	> 50 years	destroyed in stratosphere
Halons (H-1301)	> 20 years	"
HCFCs	months - years	destroyed by tropospheric OH
HFCs	years	"
CH_4	8 - 10 years	"
NMHCs	hours - years	"
PFCs	1000s years	destroyed above mesosphere
NO_x	hours - days	OH, O_3
CO	month	"
SO_2	weeks	OH

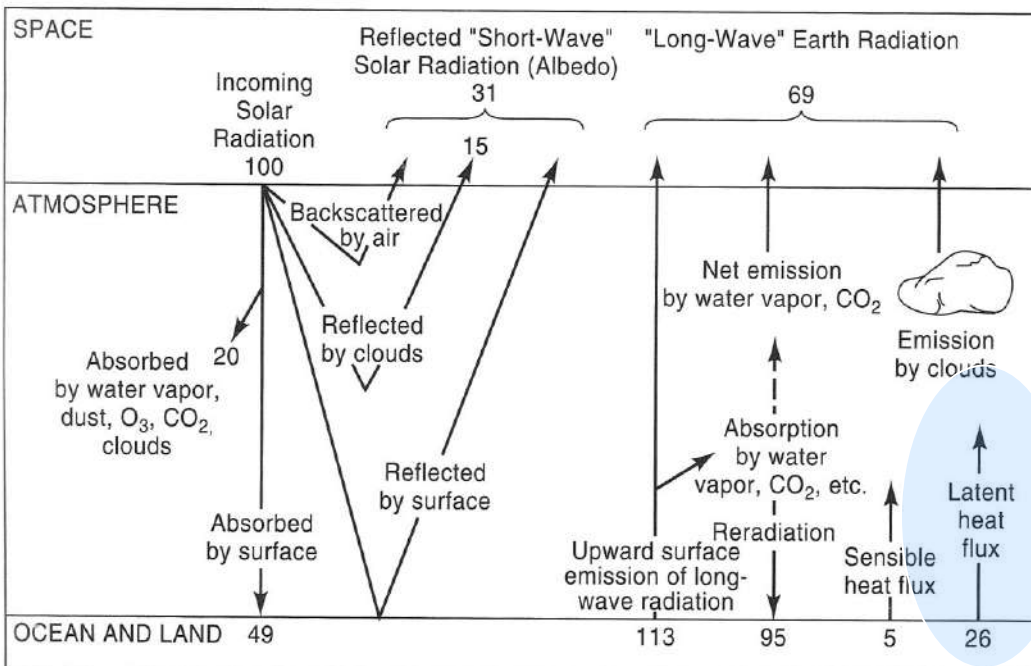
NMHC non-methane hydrocarbons

HCFC hydrochlorofluorocarbon

PFC perfluorocarbon

CFC chlorofluorocarbon

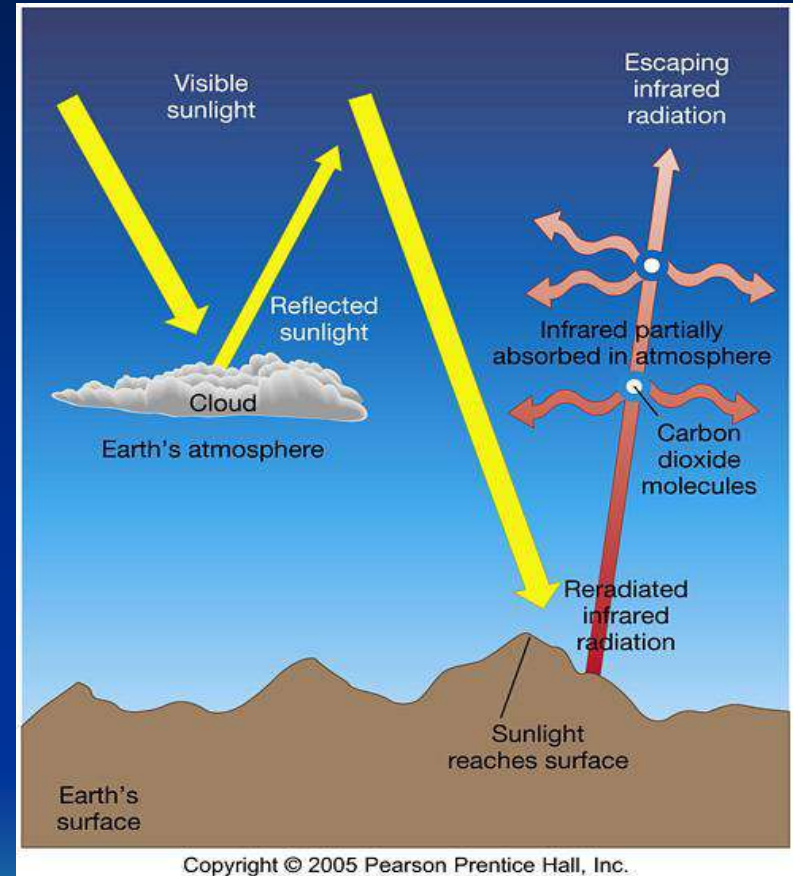
HFC hydrofluorocarbon



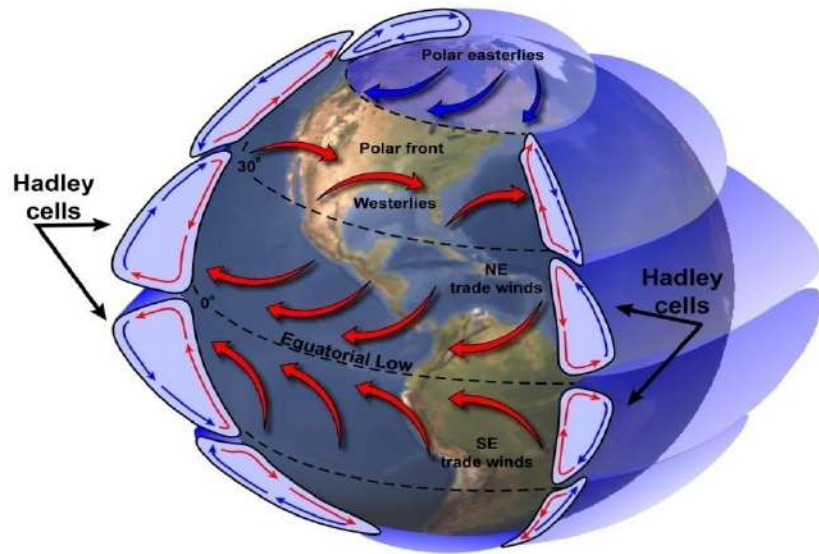
Delle 49 unità di energia solare assorbite sulla superficie della terra 26 vengono utilizzate per evaporare l'acqua dando luogo ad un flusso di calore latente dalla superficie della terra e dagli oceani verso l'atmosfera. **E' il flusso di calore latente che guida il ciclo idrologico!!!.**

Flussi di energetici

Effetto Serra e Global Warming



Meno energia lascia la terra rispetto a quanta ne entra perché si ha una variazione della lunghezza d'onda della radiazione luminosa in entrata e in uscita. La luce visibile in arrivo viene parzialmente assorbita e la radiazione infrarossa reirradiata viene intrappolata dai gas serra (principalmente H₂O e CO₂).



Questo lavoro viene svolto in maniera efficiente dalla circolazione atmosferica e dagli oceani.

Quindi l'atmosfera e gli oceani agiscono come "heat engine" guidato dalle variazioni in latitudine nella radiazione solare.

Il calore viene trasportato dall'equatore verso i poli in tre modi:

a) Dalle correnti oceaniche che trasportano acqua tiepida

b) Dalla circolazione atmosferica che trasporta aria tiepida

c) Dalla circolazione atmosferica che trasporta calore latente in forma di vapore acqueo

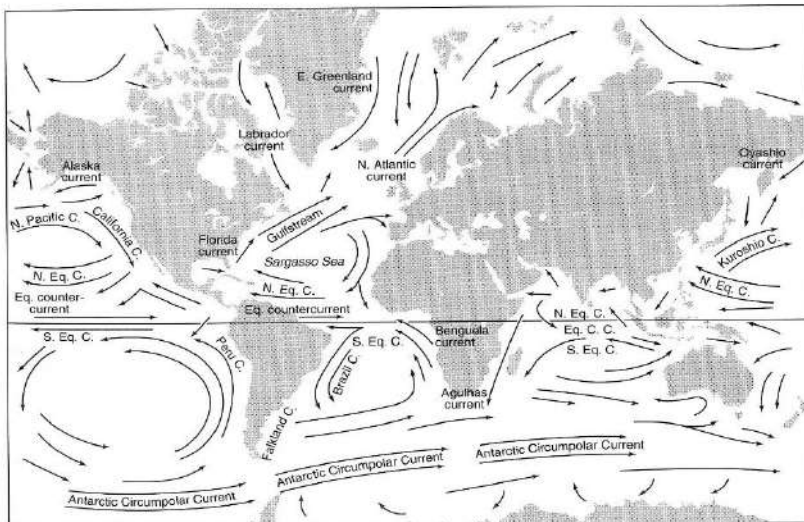


Figure 1.11 Surface currents of the oceans. (After Drake et al. 1978, Fig. 6.1, p. 88.)

NATURAL WARMING

- (1) Sunlight brings energy into the climate system; most of it is absorbed by the oceans and land.
- (2) Heat (infrared energy) radiates outward from the warmed surface of the Earth.
- (3) Some of the infrared energy is absorbed by greenhouse gases in the atmosphere, which re-emit the energy in all directions.
- (4) Some of the infrared energy further warms the Earth.
- (5) Some of the infrared energy is emitted into space.

AMPLIFIED WARMING

- (6) Higher concentrations of CO₂ and other "greenhouse" gases trap more infrared energy in the atmosphere than occurs naturally. The additional heat further warms the atmosphere and Earth's surface.

Le attività umane stanno semplicemente amplificando questo effetto "naturale"

CO₂ e CH₄ contribuiscono in maniera preponderante all'aumento dell'effetto serra

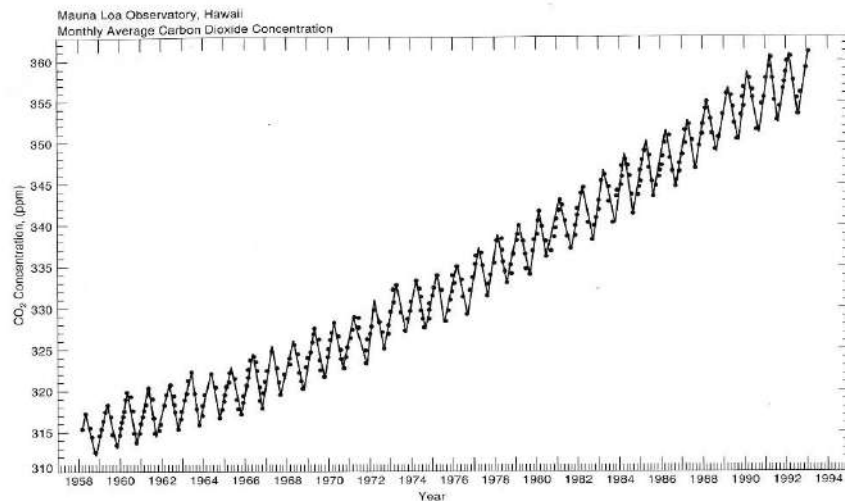
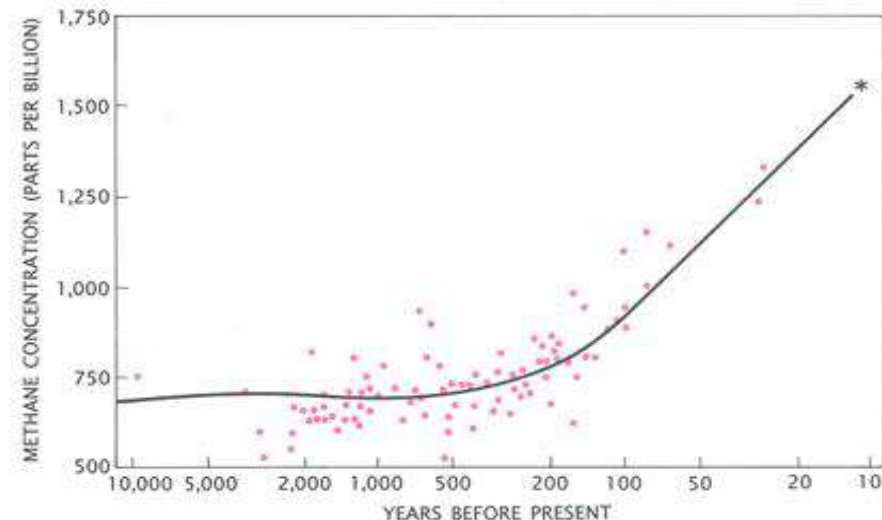


Figure 2.1. Mean monthly concentration of atmospheric CO₂ at Mauna Loa, Hawaii, 1958-late 1993 (C. D. Keeling, personal communication, 1994). The yearly oscillation is explained mainly by the annual cycle of photosynthesis and respiration of plants in the Northern Hemisphere. (Note: 1 ppm CO₂ = 2.12 Gt C, where 1 Gt C = 10⁹ tons C = 10¹² g C.)



	Global Warming Factor	Concentration parts (ppb*)
Carbon Dioxide – CO₂	1	379,000
Methane – CH₄	21	1,760
Nitrous Oxide – N₂O	310	320
Chlorofluorocarbons—CFCs	5,000 to 14,000	less than 1

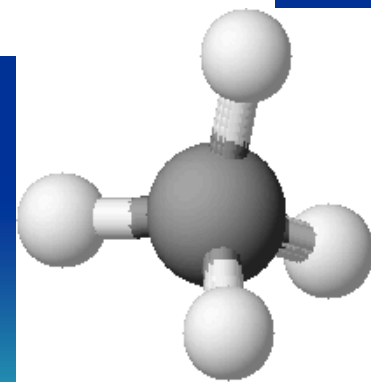
* parts per billion

383 ppm

Dati 2008

414 ppm

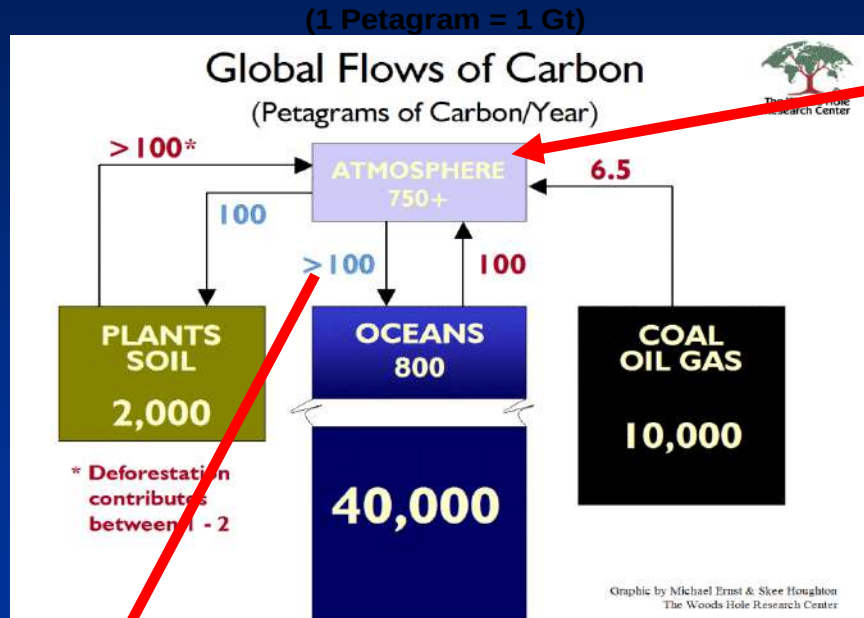
Dati 2019



Il metano è un gas serra con un potenziale di riscaldamento globale di 21 (il suo potere di riscaldamento è 21 volte quello dell'anidride carbonica).

Prima dell'avvento della rivoluzione industriale la quantità di anidride carbonica rilasciata in atmosfera dai processi naturali era in equilibrio con la quantità assorbita dalle piante e dagli oceani. L'utilizzo dei combustibili fossili (petrolio, gas naturali e carbone) ha prodotto quantità in eccesso di CO_2 verso l'atmosfera. Circa metà di questo eccesso viene attualmente assorbito dalle piante e dagli oceani ma il resto tende ad accumularsi nell'atmosfera amplificando il naturale effetto serra.

deforestazione e incendi sono responsabili dell'eccesso di C tra i due reservoirs. Il comparto piante e suoli ne emette più di quanto ne assorbe.



750 Pg di carbonio corrispondono ad una conc. Di CO_2 pari a 351 ppm

Oggi abbiamo 414 ppm di CO_2 in atmosfera e quindi circa 820 Pg di carbonio

$Pg = 10^{15} \text{ g}$

Gli oceani assorbono più CO_2 di quanta ne rilasciano

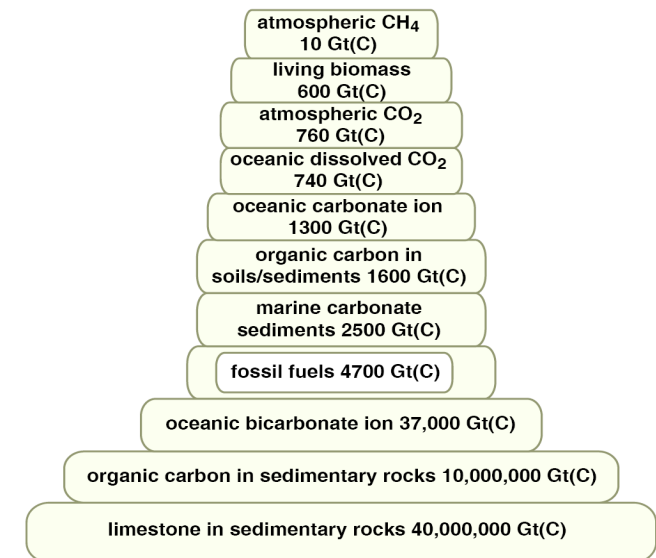
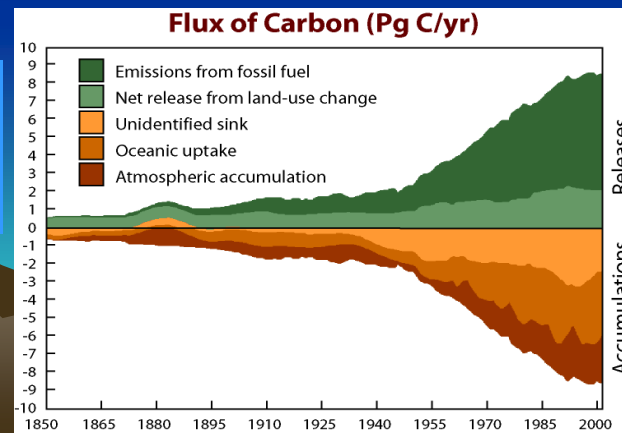
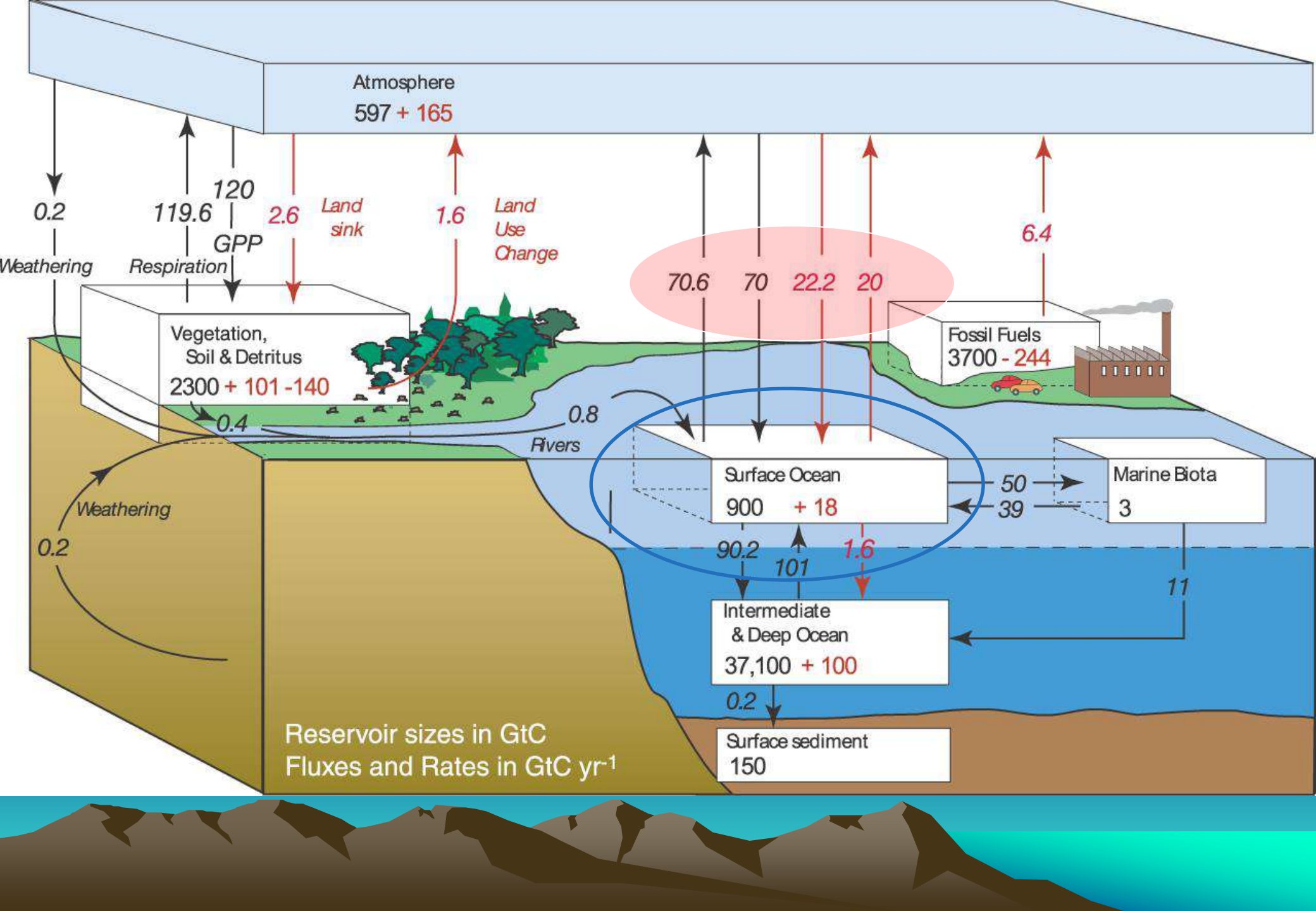


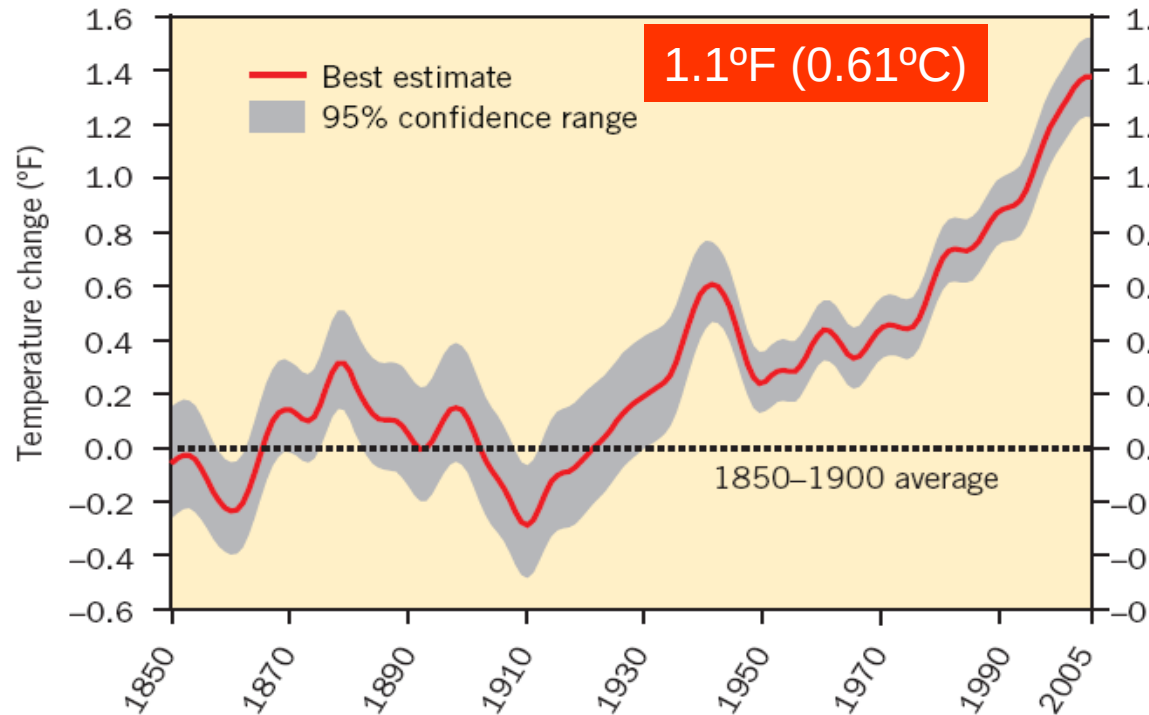
Figure by MIT OCW

Figure 12-2. The Earth's carbon reservoirs. (From Kump, Kasting, and Crane, 2004.)



La terra si sta scaldando

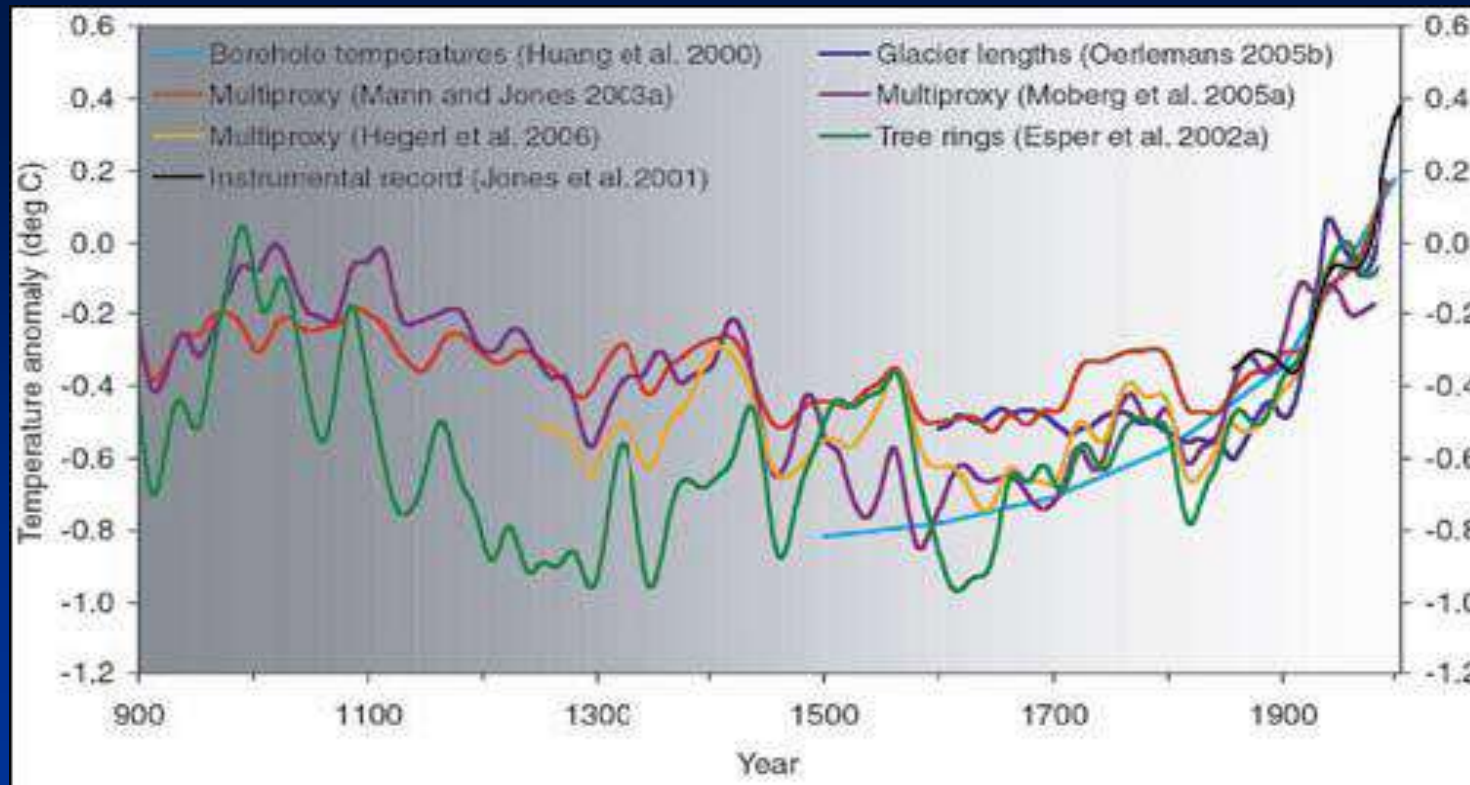
Global Surface **Temperature Trend** 1850-2005



© Crown copyright 2006, data supplied by Met office

Il grafico della temperatura media globale mostra un aumento nell'ultimo secolo che per gli ultimi trenta anni è ancora più vistoso. Questi dati sono stati calibrati e sono esenti dagli effetti tipo "urban heat island". 9 degli ultimi 10 anni più caldi del secolo si sono prodotti nell'ultima decade. Inoltre le temperature medie della superficie della terra sono in accordo con altri dati quali il riscaldamento medio degli oceani, lo scioglimento dei ghiacciai e la diminuzione di spessore delle calotte glaciali.

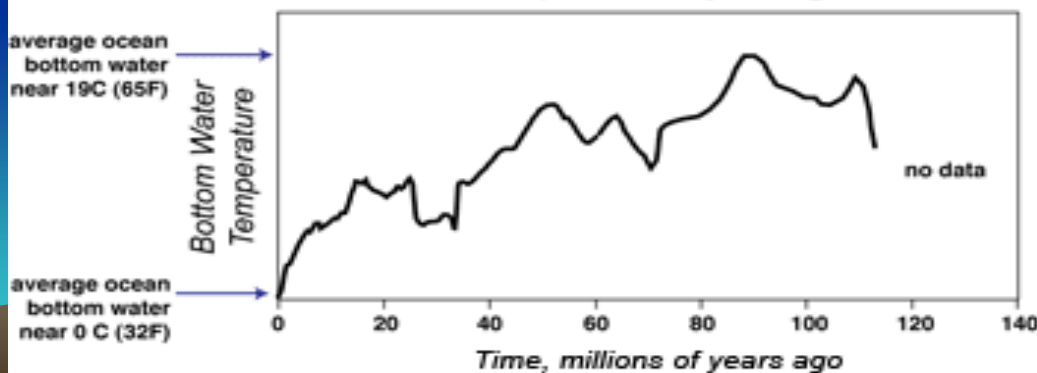
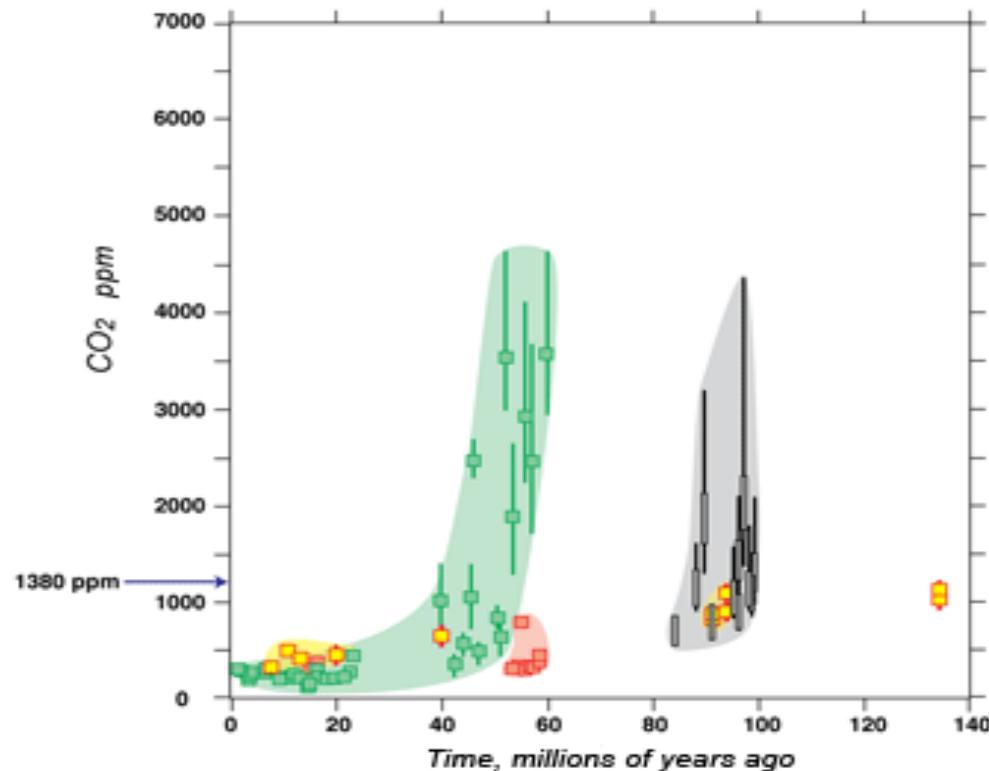
La terra si sta scaldando



I dati relativi ad una serie di indicatori quali gli anelli di accrescimento degli alberi, carote di ghiaccio, sedimenti oceanici e altro.. Mostrano che le temperature delle ultime decadi del ventesimo secolo sono le più alte andando a ritroso nel tempo fino al 1600 d.c. Naturalmente i dati via via che si va indietro nel tempo sono meno confrontabili con altre evidenze, ma in generale indicano che la maggior parte delle aree investigate sono più calde ora rispetto a qualsiasi altro periodo fino al 900 d.c. Source: *Surface Temperature Reconstructions for the Last 2000 Years* (National Research Council, 2006)

La storia del clima sulla Terra. Il clima 140 milioni di anni

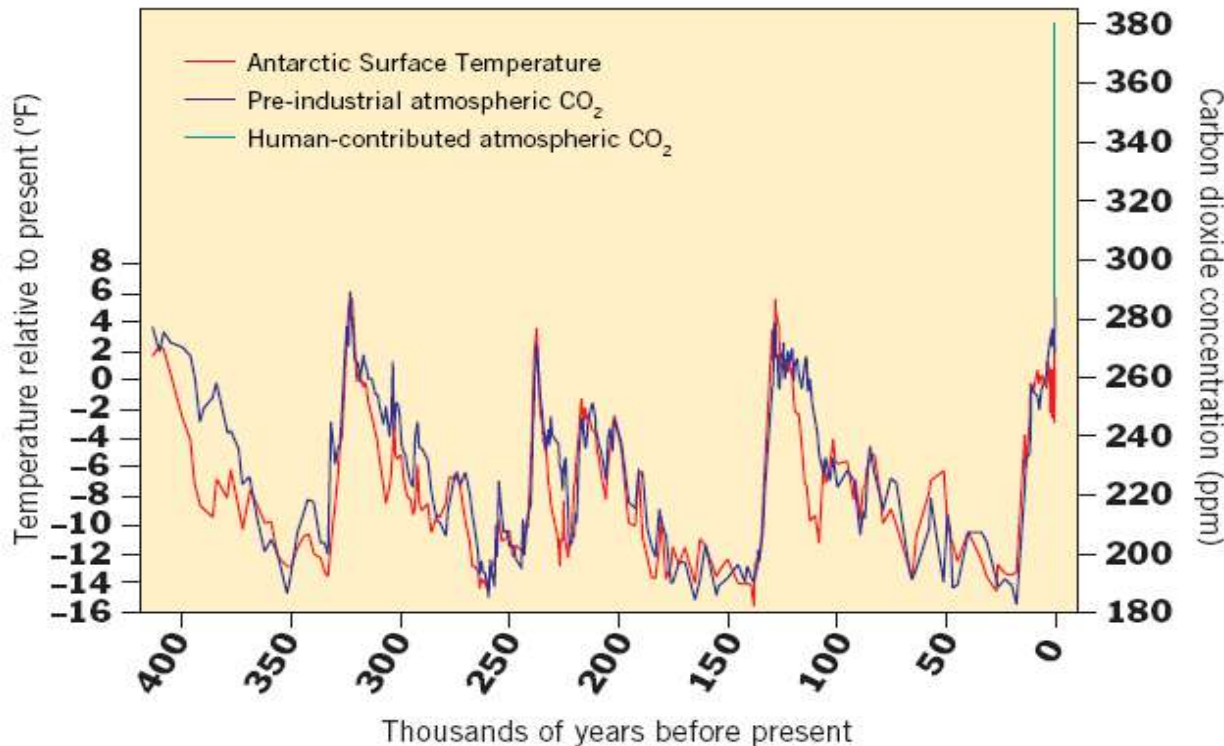
Compilation of Published $p\text{CO}_2$ Reconstructions, 0-140 Ma



La concentrazione di CO_2 in atmosfera è cambiata di molto nel corso delle ere geologiche. Nel Cretaceo la concentrazione era molto più alta di quella attuale e anche le temperature medie sulla Terra erano molto più alte. Anche gli Oceani erano molto più caldi rispetto alla temperatura attuale. Se il livello attuale di CO_2 (circa 380 ppm) si quadruplicasse sarebbe circa paragonabile al livello di CO_2 presente nel Cretaceo (da 90 a 100 milioni di anni fa): gli alti livelli di CO_2 di quel periodo erano associati con temperature degli oceani di circa 19°C . Oggi la temperatura degli oceani in profondità è prossima allo zero.

Il clima negli ultimi 450.000 anni

Global Temperature: The Last 400,000 Years

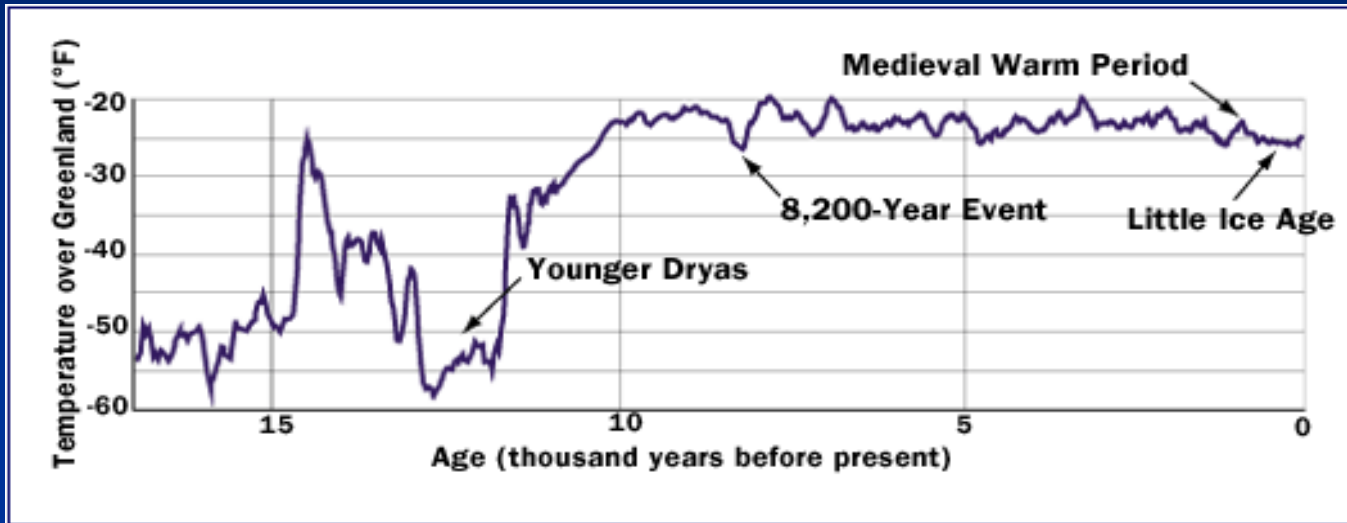


Per quanto riguarda le variazioni a scala globale quello che si osserva attualmente è che alcuni gas atmosferici quali la CO₂ (0.4%/anno), il metano (1%/anno) e gli ossidi di azoto (0.3%/anno) presentano tassi di crescita per i quali non si hanno evidenze pregresse a scala dei tempi geologici.

le variazioni osservate nel clima a scala globale devono tenere conto anche dei cicli climatici a lungo termine che sono determinati da molte cause possibili (cicli di Milankovitch). Eccentricità orbitale, inclinazione assiale, precessione dell'orbita terrestre

Il clima negli ultimi 20.000 anni

I ghiacciai della Groenlandia (spessi più di 2000 metri) conservano un record storico delle variazioni delle temperature dell'aria. I dati mostrano che parecchie volte si sono succedute brusche variazioni climatiche anche in un intervallo di tempo breve (decine di anni).

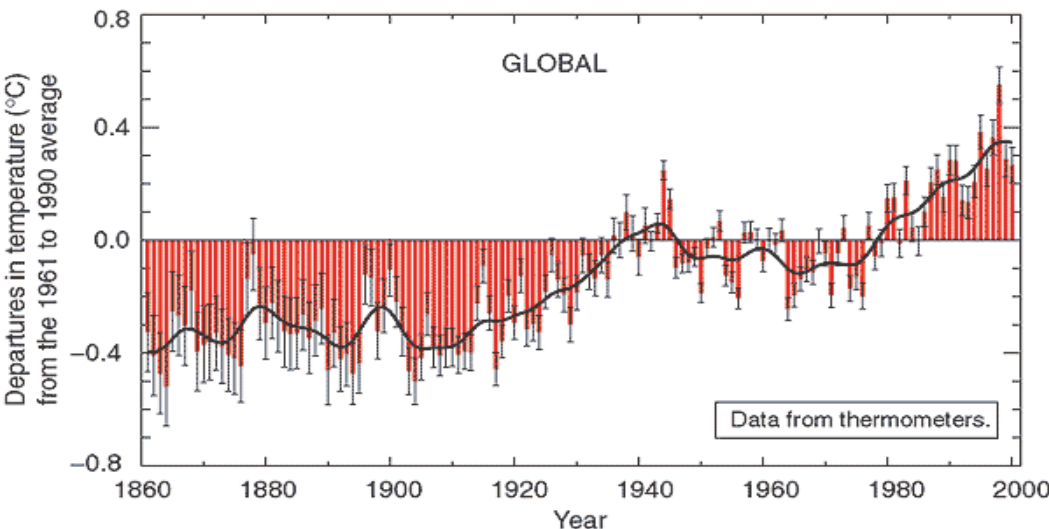


Lo Younger Dryas (prende il suo nome da un fiore selvatico che cresce nelle regioni artiche

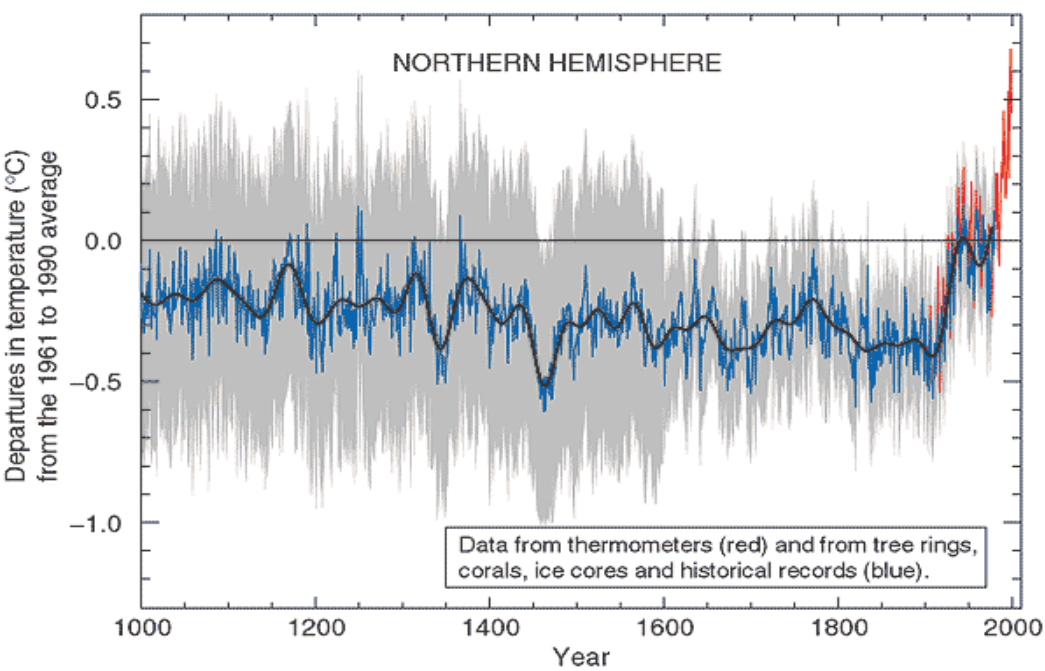
Durante lo Younger dryas le temperature nelle regioni Nord Atlantiche si sono abbassate in maniera repentina di circa 5°C e sono rimaste basse per circa 1.300 anni per poi risalire rapidamente.

Variations of the Earth's surface temperature for:

(a) the past 140 years



(b) the past 1,000 years



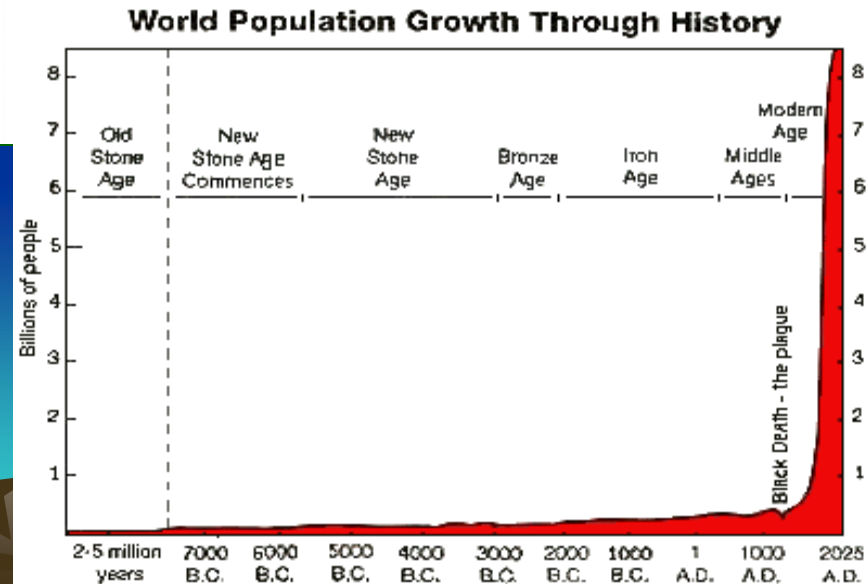
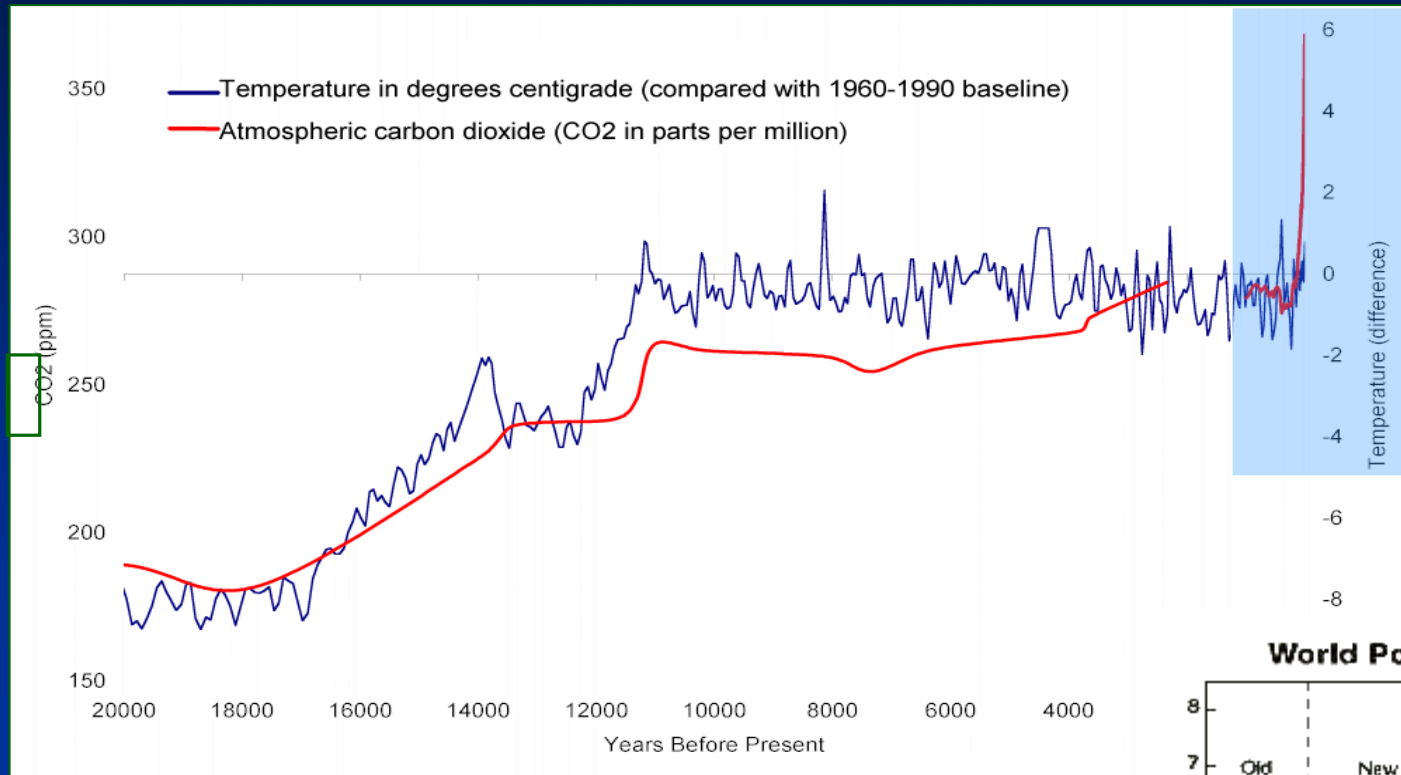
Il clima negli ultimi 1000 anni

La temperatura media globale sulla superficie della terra e la temperatura della superficie del mare sono aumentate dal 1860 ad oggi. Nel 20° secolo l'aumento è stato di $0.6 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$.

A scala globale gli anni 90 sono stati i più caldi del secolo e il 1998 il più caldo in assoluto dal 1861.

Nel 20° secolo il livello del mare è salito tra 10 e 20 cm. La temperatura dell'oceano è aumentata almeno dagli anni 50 (il periodo dal quale sono iniziate misure di temperatura nelle acque oceaniche).

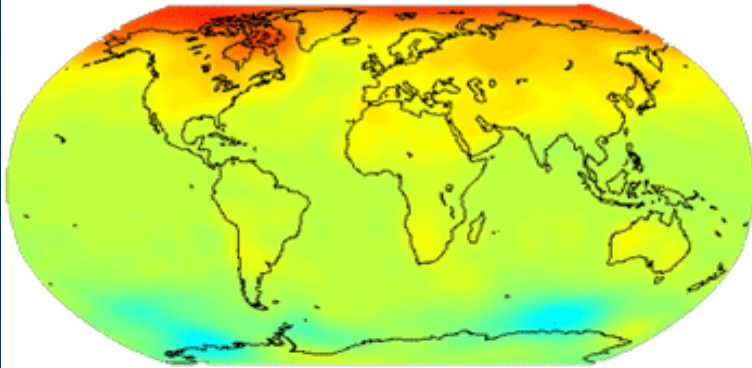
Relazione tra aumento di Anidride Carbonica e aumento di Temperatura



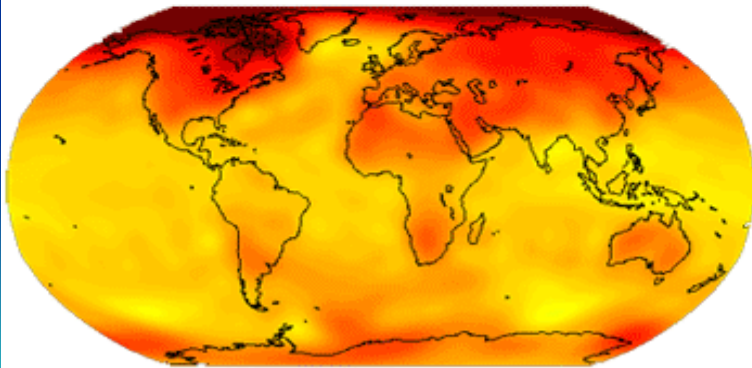
Relazione tra concentrazione di CO₂ e aumento di temperatura

Surface air temperature warming (°C)

2xCO₂



4xCO₂



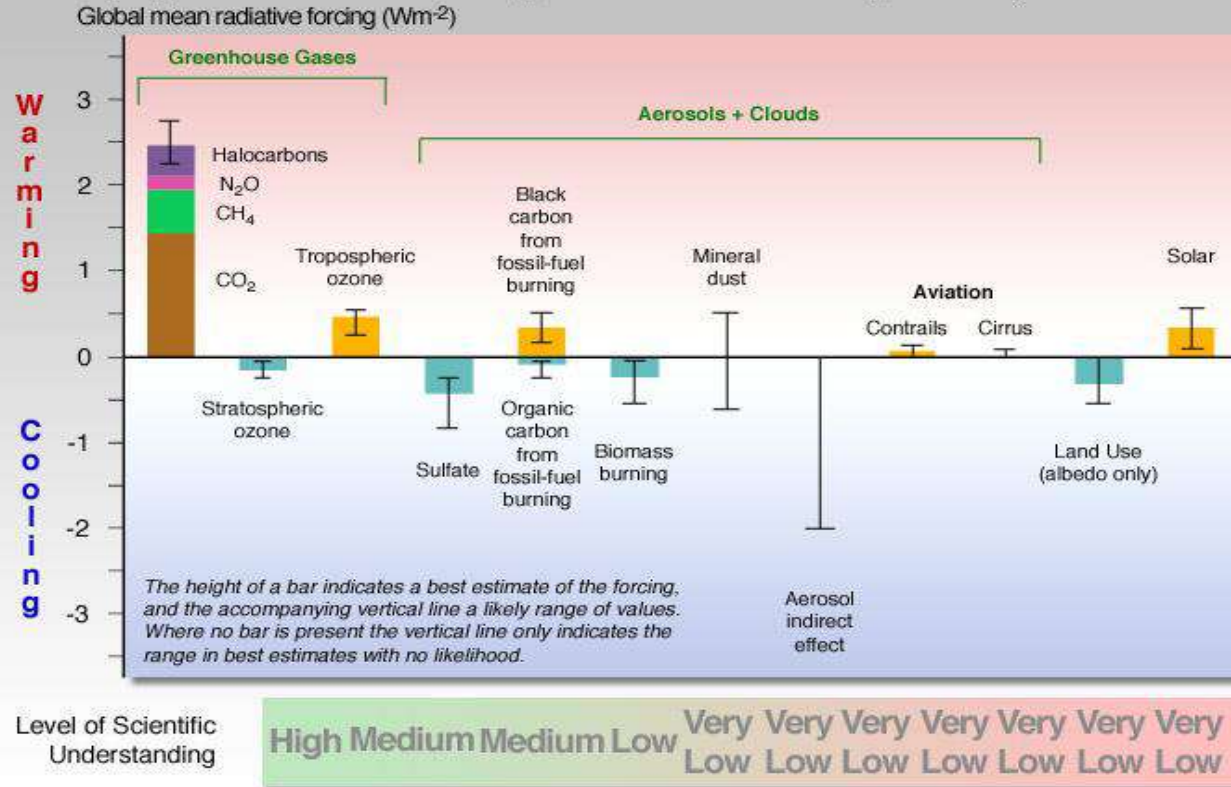
Model output from the GFDL model, degrees C

Una maggiore quantità di CO₂ produce un aumento di temperatura dell'atmosfera.

Se si raddoppia il contenuto di CO₂ l'aumento oscilla tra 8°C e 11°C. Se si quadruplica la concentrazione di CO₂ il valore medio di aumento si porta a 13°C

Il "climate forcing" ovvero il bilancio termico della Terra

Anthropogenic and natural forcing of the climate for the year 2000, relative to 1750

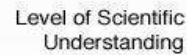


Adapted from: IPCC, 2001: *Climate Change 2001: Synthesis Report. A Contribution of Working Groups I, II, and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Watson, R.T. and the Core Writing Team (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New York, NY, USA, 398 pp.

Le più ampie variazioni sono legate alla CO_2 . Si calcola che il raddoppio da 300 ppm a 600 ppm dovrebbe portare un ΔF di 4 W/m^2 . Questo a sua volta dovrebbe corrispondere a circa 1°C di aumento di T . In pratica, i feedback possono amplificare il fenomeno (al raddoppio di CO_2 si associa in genere un riscaldamento di circa 3°C)

Il "climate forcing" rappresenta la variazione nel bilancio radiativo della terra che a sua volta dipende sia da sorgenti naturali che antropogeniche. La componente più importante di circa 2 Wm^{-2} è l'aumento dei gas serra in atmosfera.

Una variazione della concentrazione dei gas nell'atmosfera produce una alterazione del bilancio termico (climate forcing, ΔF).

Global mean radiative forcing (Wm^{-2})

Very Very Very Very Very Very Very
Low Low Low Low Low Low Low

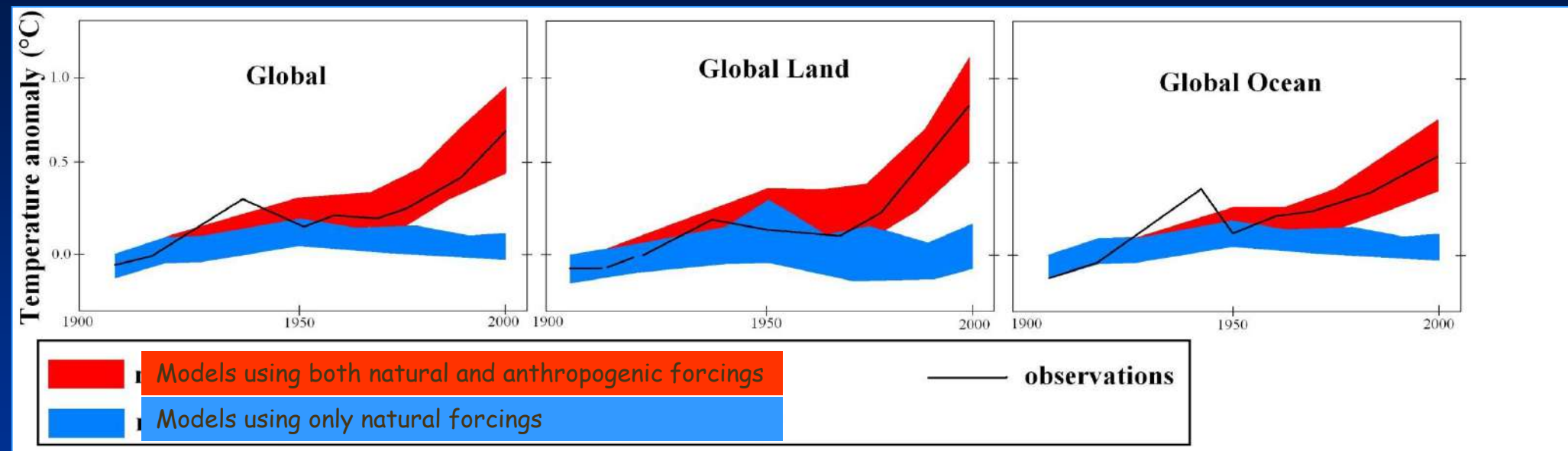
Una variazione della concentrazione dei gas serra nell'atmosfera produce una alterazione del bilancio termico (climate forcing, ΔF).

Ad es., un aumento della concentrazione dei Gas serra (H_2O , CO_2 , N_2O , CH_4 , O_3) si esplica in un aumento della temperatura della terra. L'entità di questo aumento è il climatic response (ΔT) e il coefficiente di proporzionalità fra i due è il sensitivity coefficient.

$$\Delta T / \Delta F = \lambda$$

Il record storico indica che la T è salita di 0.3-0.6 K in 150 anni per concentrazioni di CO₂ da 280 a 360. L'aumento è stato molto minore del previsto.

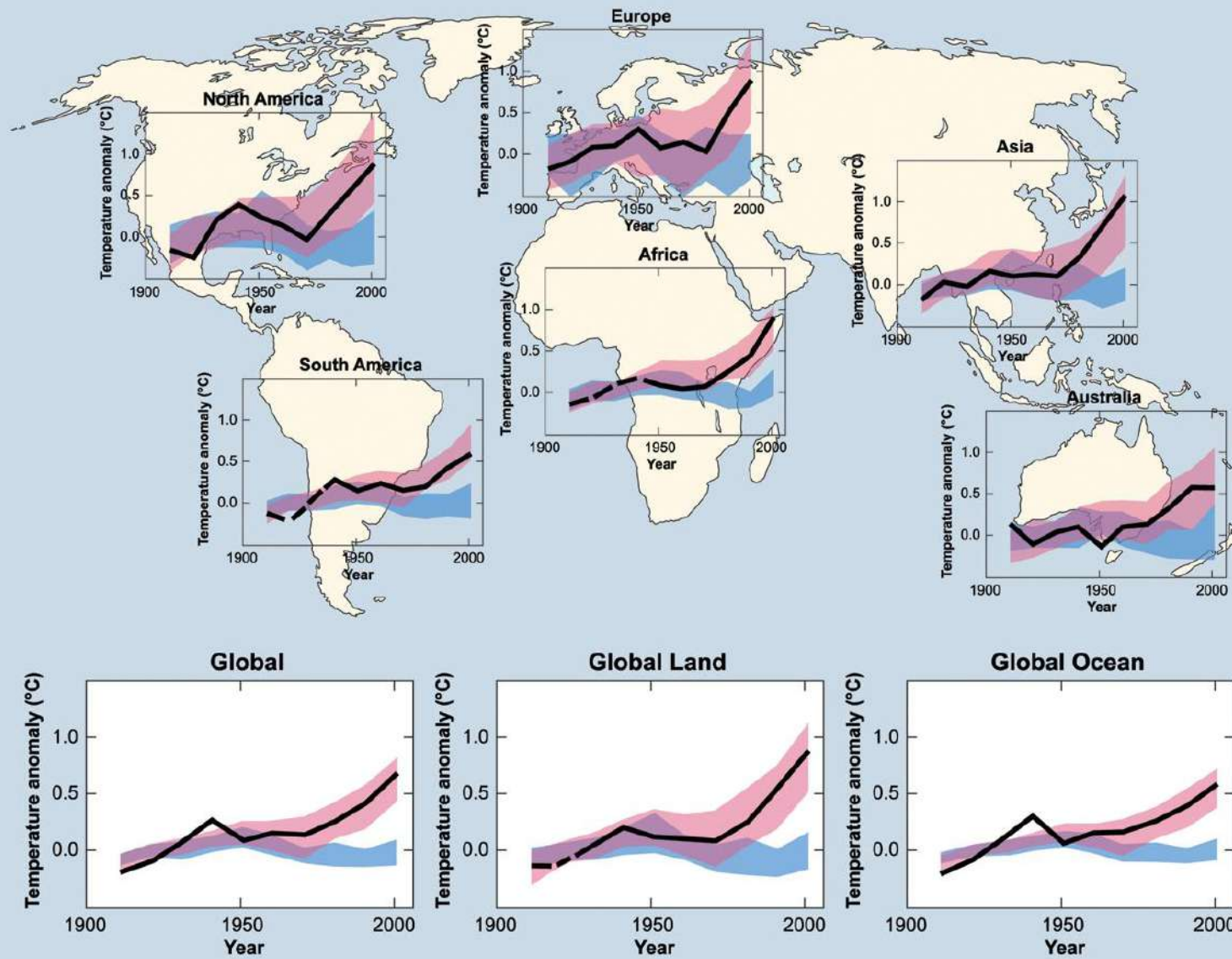
Le attività umane stanno producendo vistosi effetti sul clima



Le simulazioni che si riferiscono alle variazioni climatiche osservate nel 20° secolo riproducono bene le variazioni di temperature osservate quando si includono sia le influenze naturali che quelle antropiche.

La linea nera mostra le temperature osservate. La banda blu mostra le proiezioni da modelli che includono soltanto le "natural forcings" (attività solare e attività vulcanica). La banda rossa mostra le proiezioni da modelli che includono sia gli effetti delle sorgenti naturali che antropiche.

Source: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*, Intergovernmental Panel on Climate Change 2007.



models using only natural forcings

models using both natural and anthropogenic forcings

observations

Gli effetti di feedback

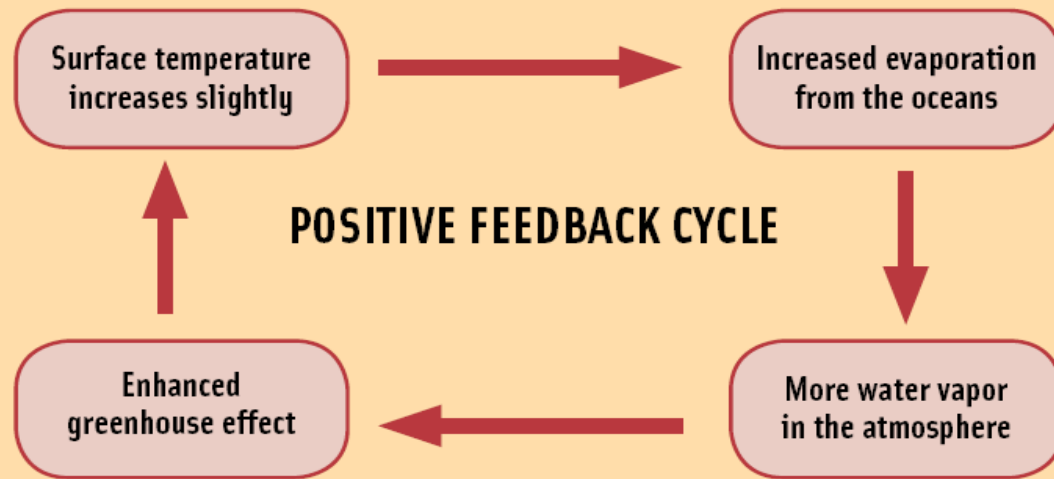


Figure 6a: This schematic illustrates just one of the dozens of climate feedbacks identified by scientists. The warming created by greenhouse gases leads to additional evaporation of water from the oceans into the atmosphere. But water vapor itself is a greenhouse gas and can cause even more warming. Scientists call this the “positive water-vapor feedback.”

I ghiacciai tendono a riflettere la radiazione solare e una riduzione dei ghiacciai è considerata quindi come un effetto di feedback positivo

Un effetto di feedback si può spiegare come una variazione di energia del sistema climatico in risposta ad una climate forcing. Per esempio: il vapore acqueo (H_2O_v) è il più abbondante gas serra in atmosfera. Comunque la sua concentrazione è controllata principalmente dal rate di evaporazione dagli oceani e dai processi di traspirazione delle piante piuttosto che dalle attività umane e il vapore acqueo inoltre mediamente rimane in atmosfera solo per qualche giorno. Quindi variazioni nella quantità di vapore acqueo sono considerate un feedback che amplifica il riscaldamento indotto da altre climate forcings quali la CO_2 .

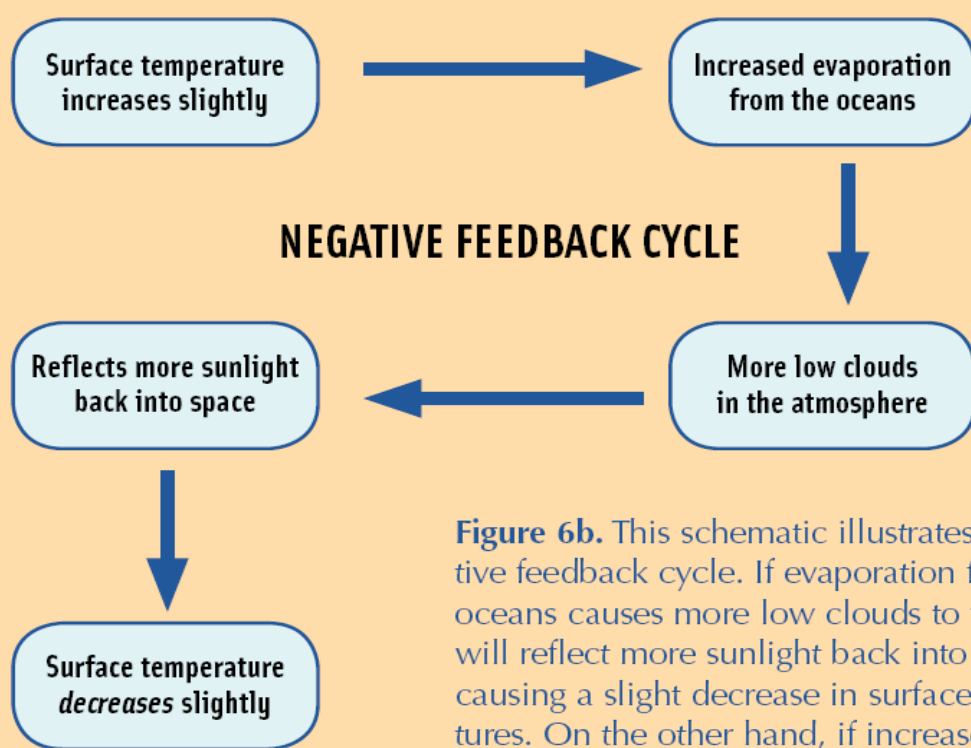
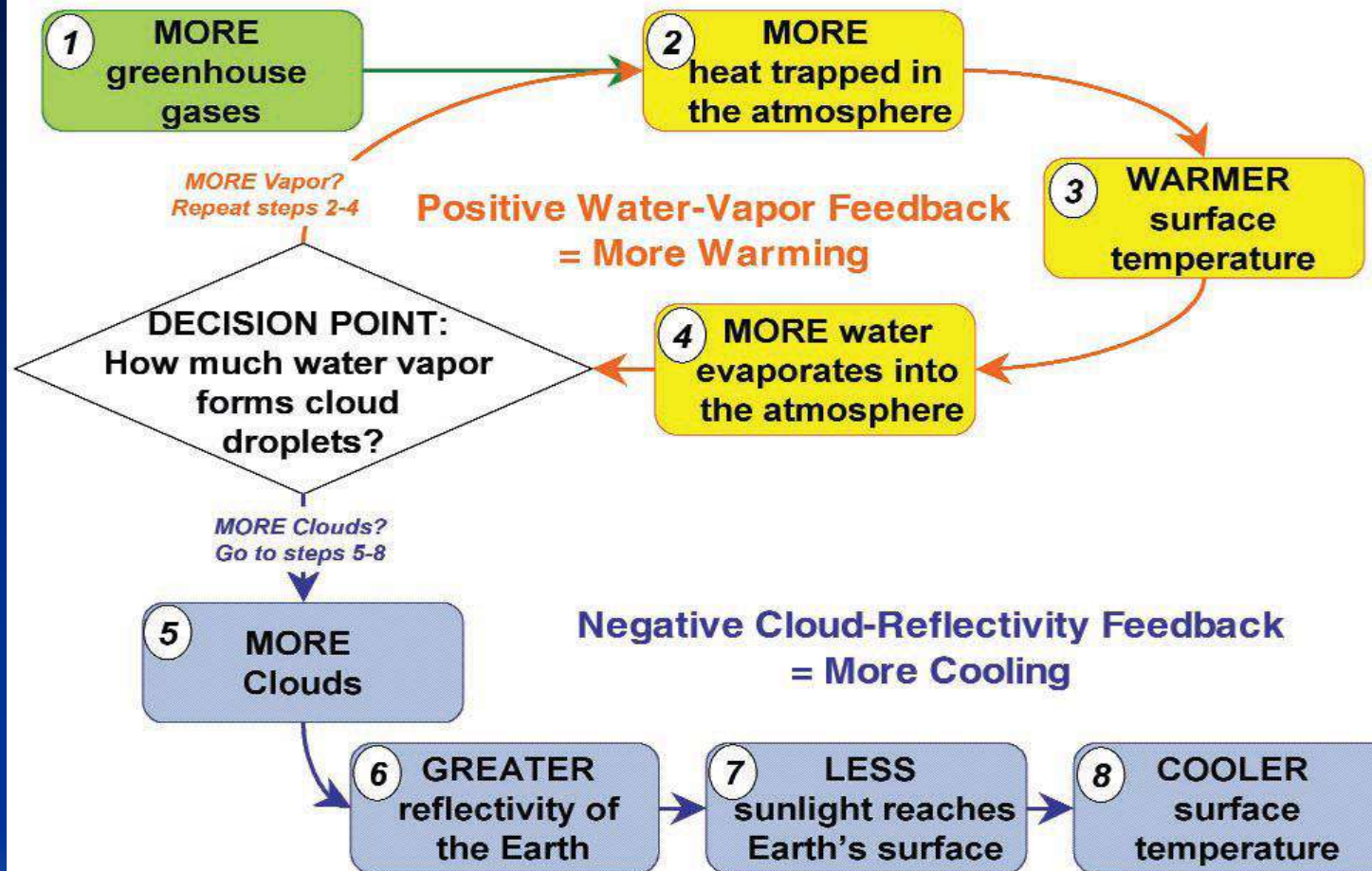


Figure 6b. This schematic illustrates a negative feedback cycle. If evaporation from the oceans causes more low clouds to form, they will reflect more sunlight back into space, causing a slight decrease in surface temperatures. On the other hand, if increased ocean evaporation leads to the formation of more high clouds, the result would be a positive feedback cycle similar to the water-vapor feedback shown in Figure 6a.

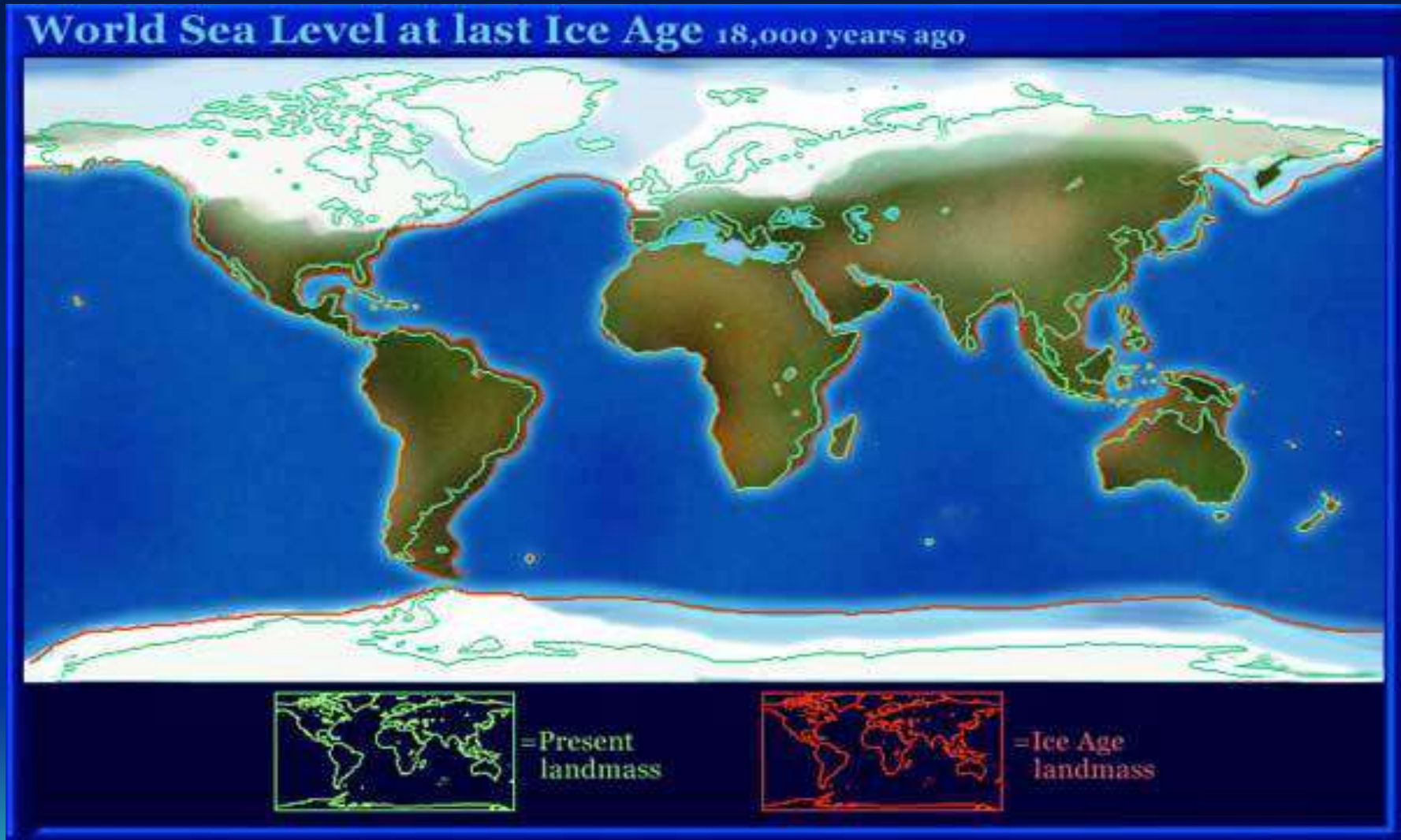
Le nuvole riflettono la radiazione solare verso lo spazio ma agiscono contemporaneamente da gas serra perchè assorbono il calore che lascia la superficie della terra. Di contro le nuvole basse tendono a raffreddare (riflettono più energia di quanta ne intrappolano) mentre le nuvole più alte tendono a riscaldare (intrappolano più energia di quanta ne riflettono). L'effetto netto di una variazione di nuvolosità sulla superficie della terra dipende da come e dove le coperture nuvolose cambiano e questa rappresenta di fatto una delle più grandi incertezze nelle proiezioni delle future variazioni climatiche.

More vapor or more clouds?



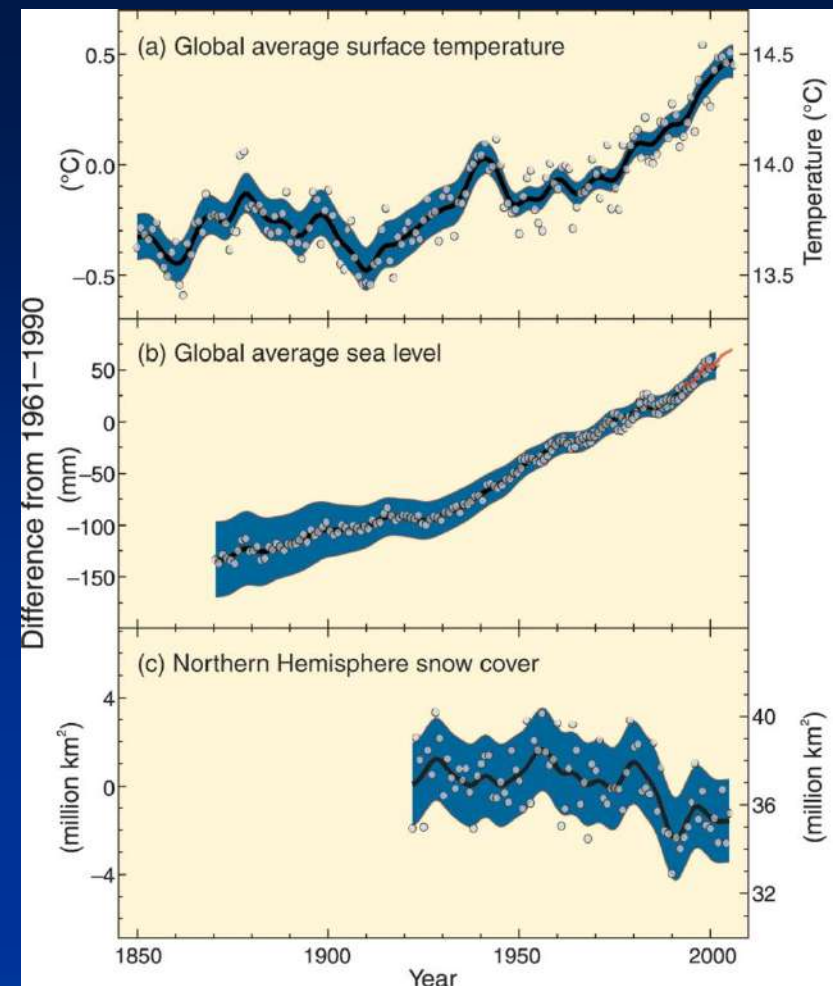
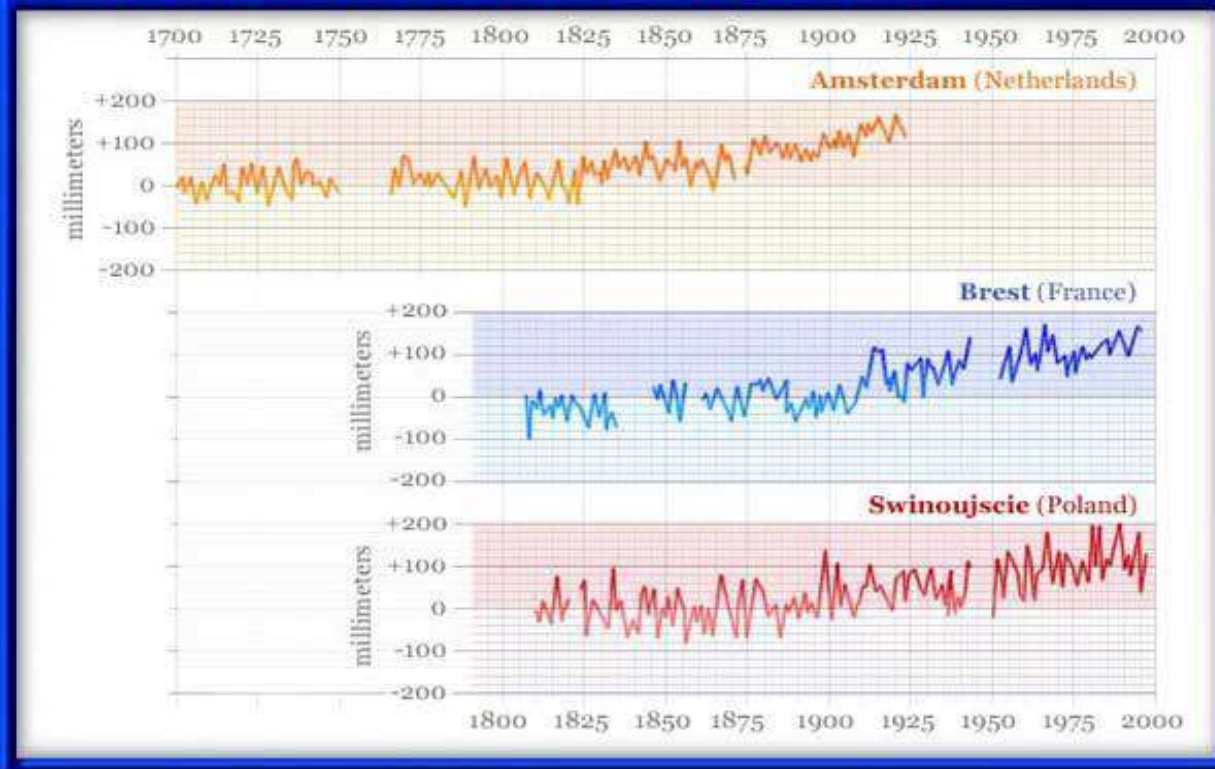
Queste rappresentano soltanto due delle decine di feedbacks possibili identificati dagli scienziati. Una nuova frontiera di ricerca è quella dedicata allo studio del tipo di nuvole che si possono formare con il cambiamento climatico. L'altezza delle nuvole assume quindi una particolare rilevanza nei modelli che si utilizzano per quantificare l'impatto dei gas serra a scala globale.

Variazioni del livello del mare - evidenze geologiche



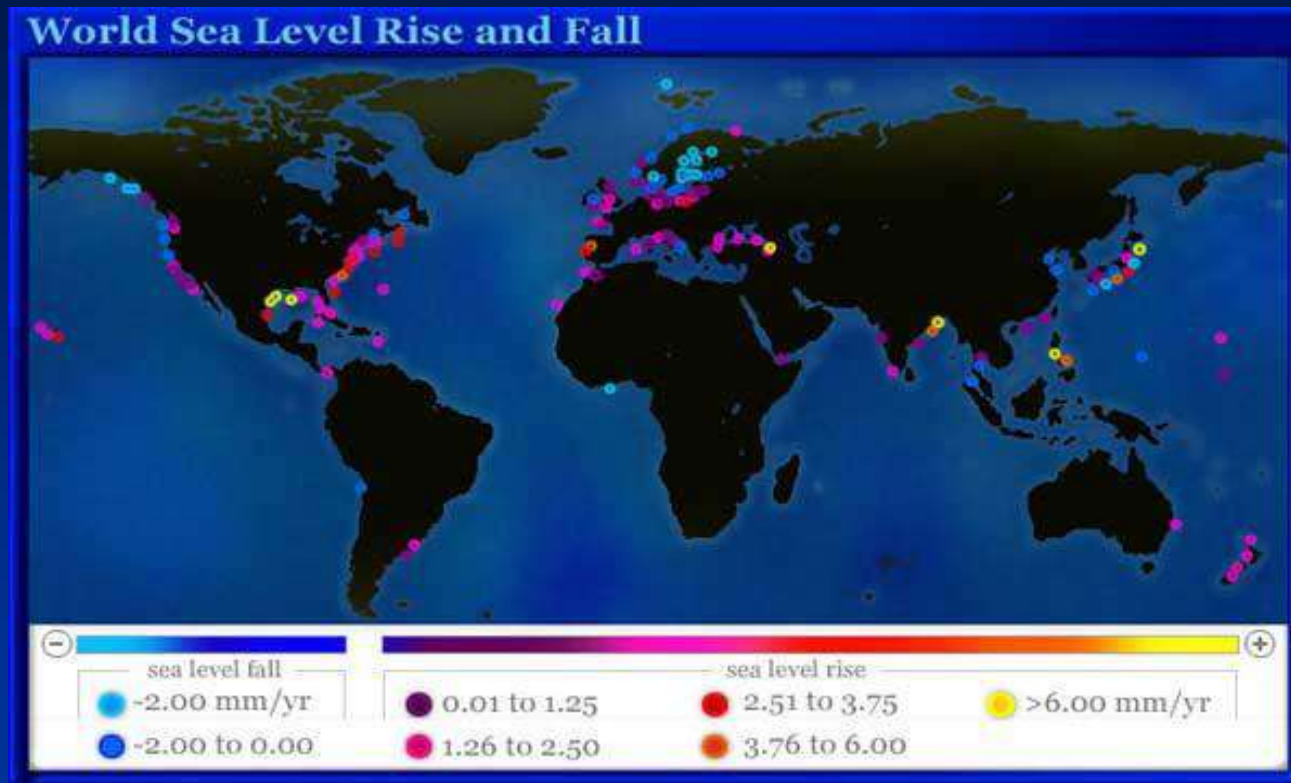
18000 anni fa durante l'ultima glaciazione il livello del mare era 120 metri inferiore rispetto al livello attuale. I ghiacciai si estendevano fino a coprire una buona porzione del Nord America, dell'Europa e dell'Asia.

Relative Sea Levels Over the Past 300 Years



Se guardiamo al recente passato si osserva una risalita continua degli oceani con valori medi intorno ai 10 centimetri.

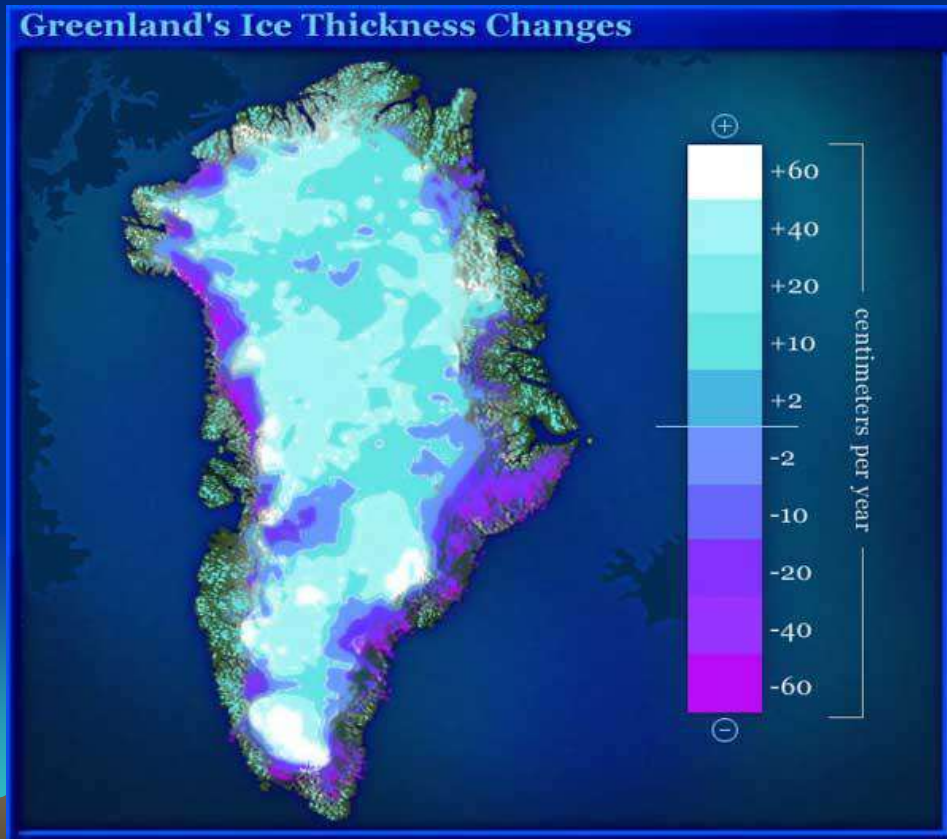
Il processo di risalita non è uguale ovunque.



Il livello del mare dipende dalle correnti, dai venti e dal flusso delle acque verso gli oceani dalla pressione atmosferica e dalle maree. Inoltre è insito nella definizione che noi misuriamo il livello del mare rispetto alle terre emerse, ma le terre emerse si sollevano (o si abbassano). Oggi più di 100 milioni di persone vivono in aree che stanno a meno di 1 metro sul livello del mare. Le Seychelles e metà del Bangladesh finiranno sotto il mare con questo rate di aumento entro il 2100.

What Will Happen Next?

Il report del 2001 dell'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) riporta valori di circa 66 cm di risalita in seguito allo scioglimento dei ghiacciai a fine 2100. nel 2002 stime fatte da ricercatori dell'università del Colorado che hanno analizzato il tasso di scioglimento dei ghiacciai attorno al mondo riportano un valore di 89 cm.



Un recente studio pubblicato su [Science](#) nel marzo del 2006 mostra una rapida diminuzione dei ghiacciai a livello globale. In particolare è stato osservato che il movimento dei ghiacciai della Groenlandia e dell'Antartide verso il mare sta accelerando.

Aree a rischio inondazione nel golfo della Florida per risalita del livello del mare



In groenlandia l'area affetta da scioglimento dei ghiacciai (arancio e rosso) è raddoppiata in 10 anni

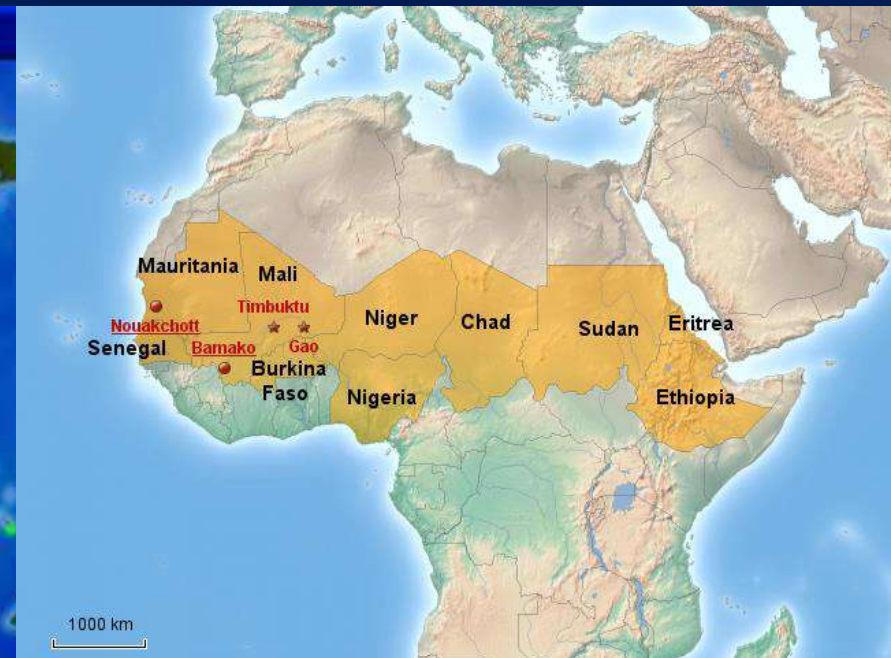
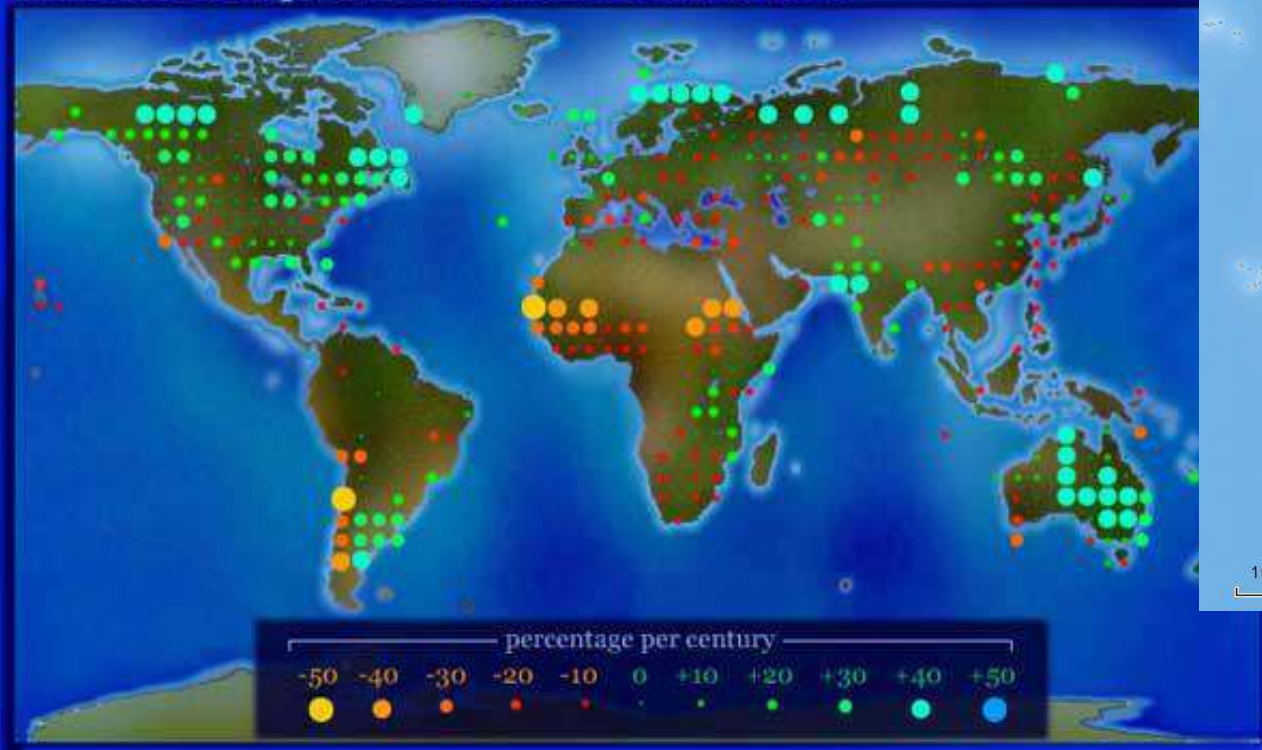
Variazioni delle precipitazioni



Negli ultimi 100 anni le precipitazioni hanno subito vistose variazioni

Variazione delle precipitazioni

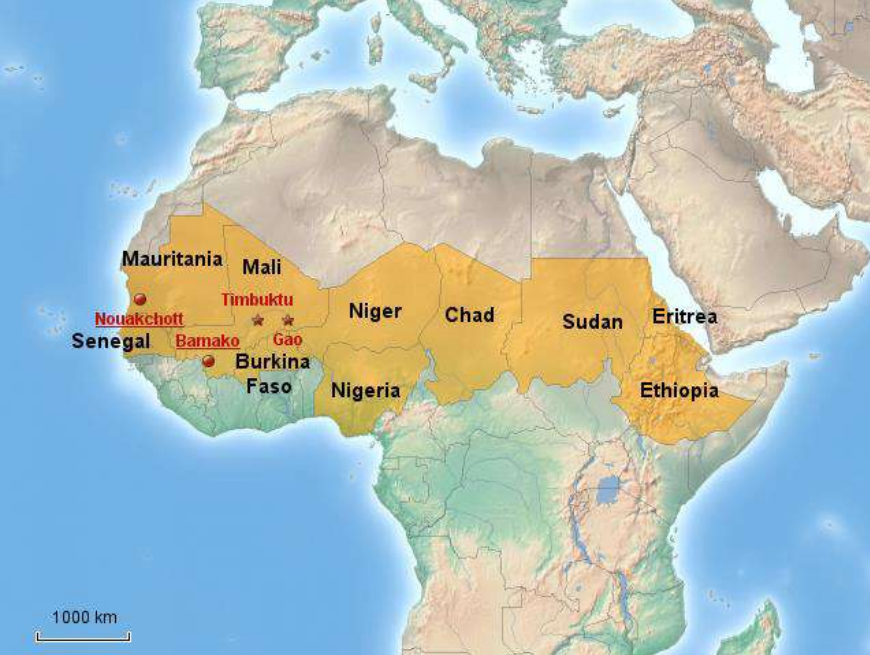
Annual Precipitation Trends: 1900 to 2000



Negli ultimi 100 anni le precipitazioni hanno subito vistose variazioni



Sahel



The Intergovernmental Panel on Climate Change has predicted the region will be most vulnerable to future climate fluctuations and many effects are already being felt. Since 1970 countries in the region have experienced huge variations in expected rainfall, with some regions, for example in areas of Burkina Faso, having seen around 50 mm less rainfall on average and others, in Nigeria for example, have seen an increase of around 250 mm on average.

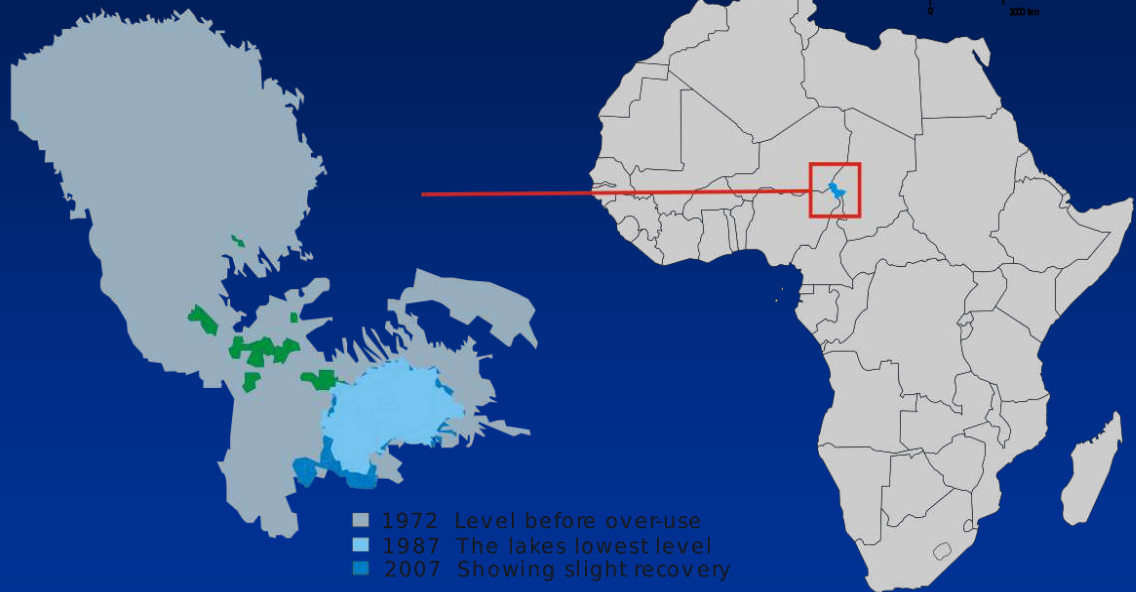
With many areas in the Sahel experiencing as high as a 2°C average rise in temperatures, in the same period, the Sahel has also become prone to drought and desertification.

Sahel ((dall'arabo Sahil, "bordo del deserto"))– situated in North West Africa – consists of 17 countries including Niger, Chad, Mali, Liberia, Sierra Leone and Burkina Faso.

The region is home to around 309 million people and the population is growing on an average of 3% per year.



Lake Chad



Il lago Ciad divorato dal deserto.

Attualmente assicura risorse idriche a più di 20 milioni di persone che vivono nei paesi che circondano il bacino

Il lago Ciad (in inglese *Lake Chad*) è un lago poco profondo, situato nella parte centro-settentrionale dell'Africa sui confini di [Ciad](#), [Camerun](#), [Niger](#) e [Nigeria](#). È il settimo lago più grande del mondo (il quarto in Africa)

Proiezioni e consistenza di differenti modelli climatici relativi alle variazioni di precipitazioni per la fine del 21° secolo.

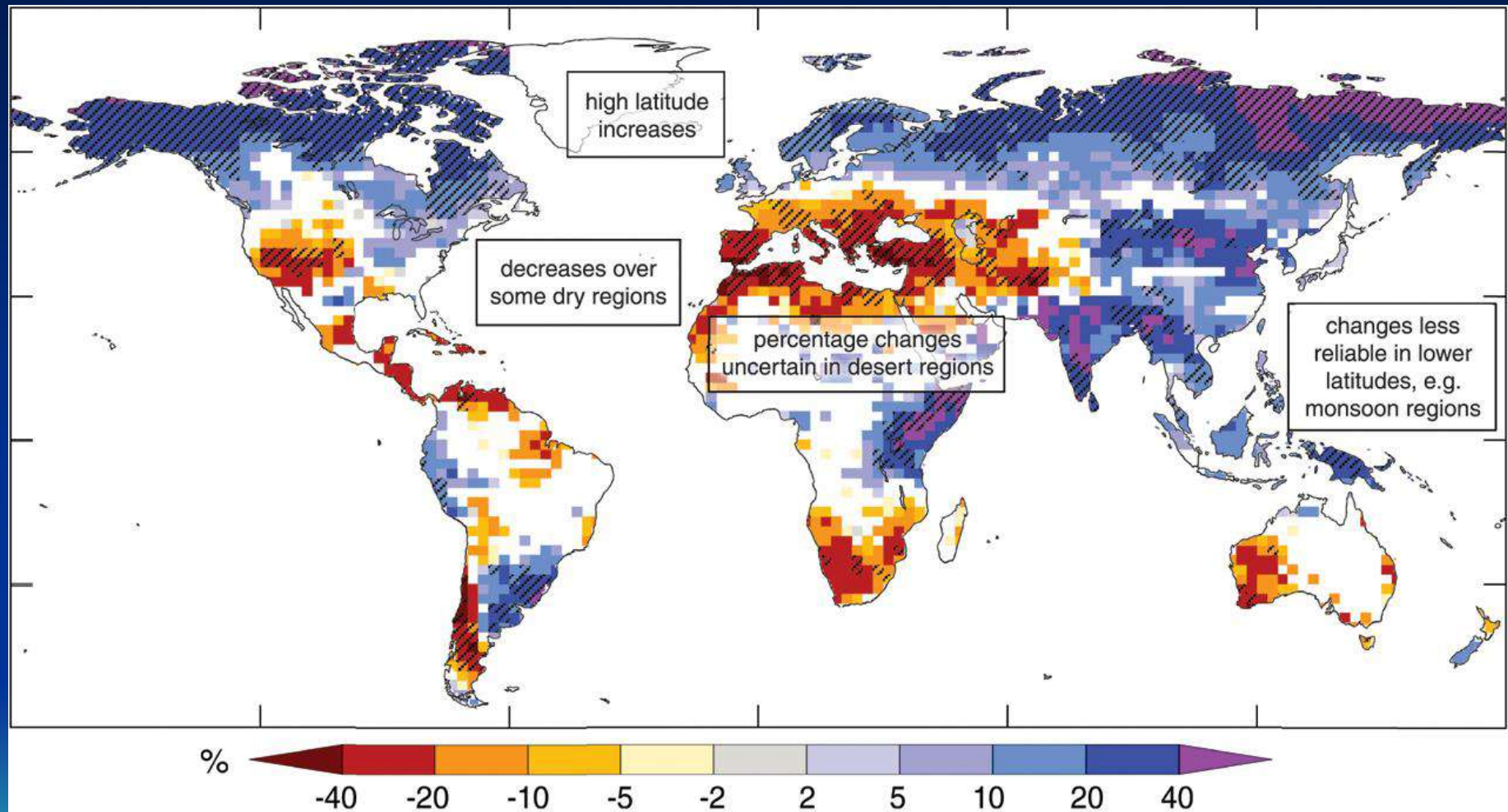
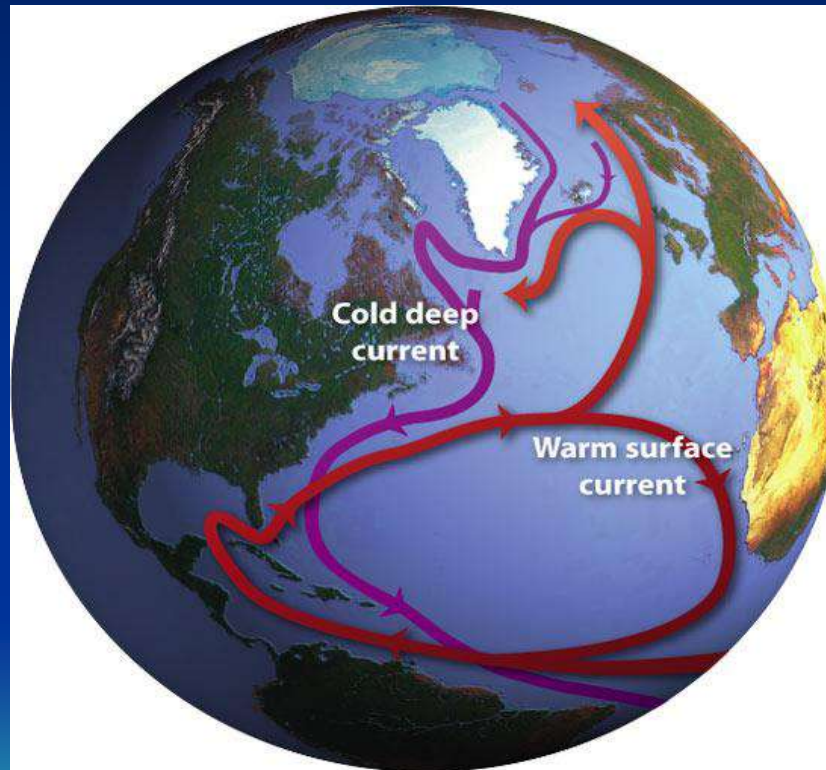


Figure 3.5. Large-scale relative changes in annual runoff (water availability, in percent) for the period 2090-2099, relative to 1980-1999. Values represent the median of 12 climate models using the SRES A1B scenario.

Climate change e variazioni di temperatura

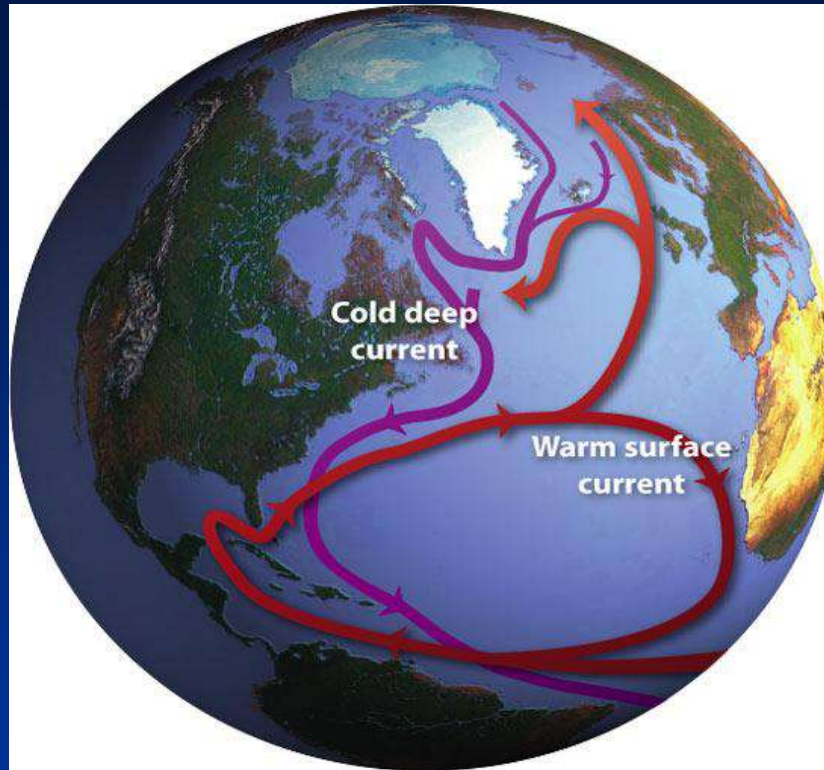
In alcune zone della Terra si osservano temperature medie al di sopra dei valori medi a parità di Latitudine, ad esempio l'Europa occidentale presenta valori medi superiori (a Londra la temperatura media invernale è 4°C mentre a Calgary in Canada la temperatura media invernale è -9°C). Questa anomalia è legata alla Corrente del Golfo una corrente oceanica calda.



La Corrente del Golfo fa parte del grande sistema di circolazione a scala globale oceanica conosciuto anche come circolazione del termosalino (termo si riferisce alla temperatura e alino alla salinità perché sia la salinità che la temperatura influenzano la densità).

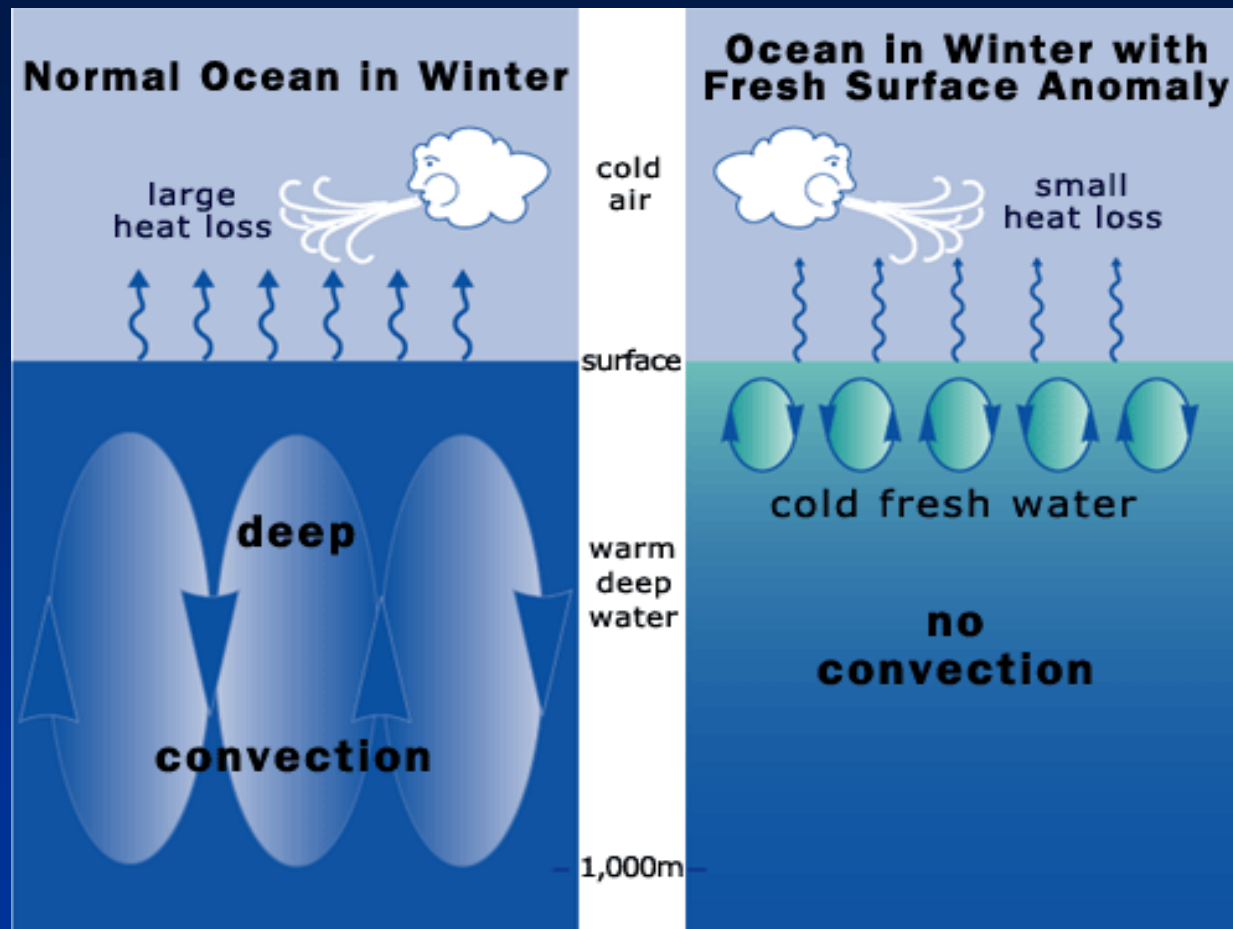
Il Sistema di circolazione globale degli oceani (il nastro trasportatore oceanico) trasporta calore in maniera efficiente in tutto il pianeta. Le fasce bianche rappresentano le acque superficiali calde mentre le sezioni in blu rappresentano le correnti fredde profonde.

Il sistema climatico terrestre e il suo "Tallone di Achille"



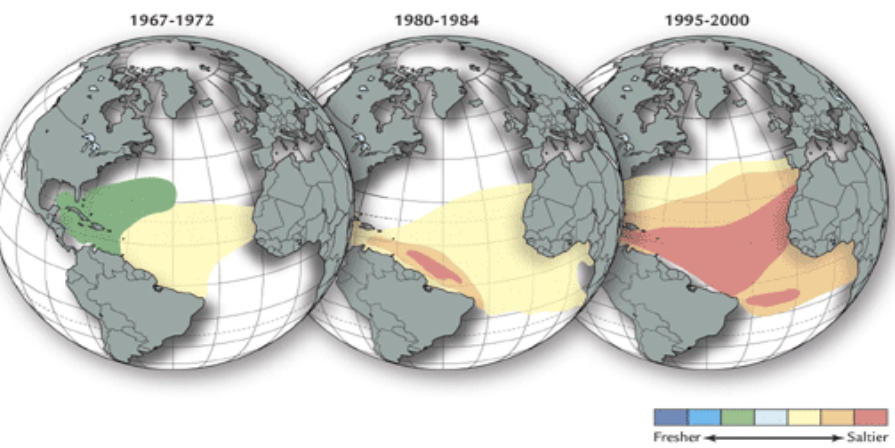
Il motore del nastro trasportatore oceanico è lo sprofondamento delle masse di acqua fredde salate e quindi più dense nell'oceano Atlantico Settentrionale (linee in blu) questo processo crea un vuoto che consente alle acque più calde superficiali (linee rosse) di muoversi verso nord.

Se nel sistema entra troppa acqua dolce il meccanismo di trasporto dapprima rallenta perché le acque dolci sono meno dense e si dispongono sulla superficie degli oceani impedendo o rallentando lo scambio con l'atmosfera e poi se la diluizione continua il processo rischia di interrompersi perché le acque tendono ad essere troppo poco dense per infiltrarsi nel circuito profondo.



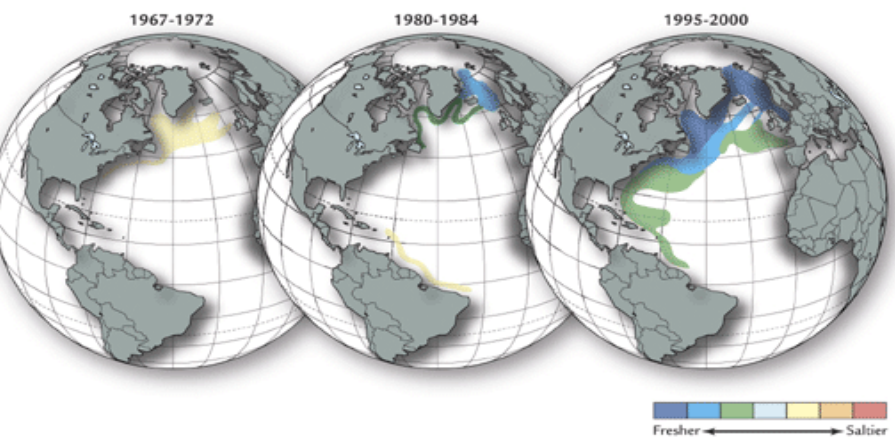
Influenza della salinità sui processi di convezione delle acque profonde. In condizioni normali in inverno l'abbassamento di temperature delle acque superficiali produce un forte processo di mixing verticale che produce un rilascio di una grande quantità di calore verso l'atmosfera. Ma se le acque superficiali vengono a contatto con acque dolci (piogge o scioglimento, dei ghiacciai) che si dispongono sulla superficie il processo di scambio di calore viene inibito e soltanto la porzione superficiale degli oceani scambia con l'atmosfera. Quindi la salinità è una variabile chiave per gli studi climatici.

Tropical Atlantic surface waters have become saltier...



Tropical and subtropical Atlantic waters have become dramatically saltier over the past 40 years, especially in the past decade, scientists reported today in Nature. Global warming may be intensifying evaporation, adding more fresh water vapor to the atmosphere and leaving tropical oceans relatively saltier. The evidence suggests that recent climate changes may be accelerating the fundamental planetary system that transports and cycles fresh water around the globe, which could trigger or amplify other significant climate changes.

...while North Atlantic deep water have become fresher.



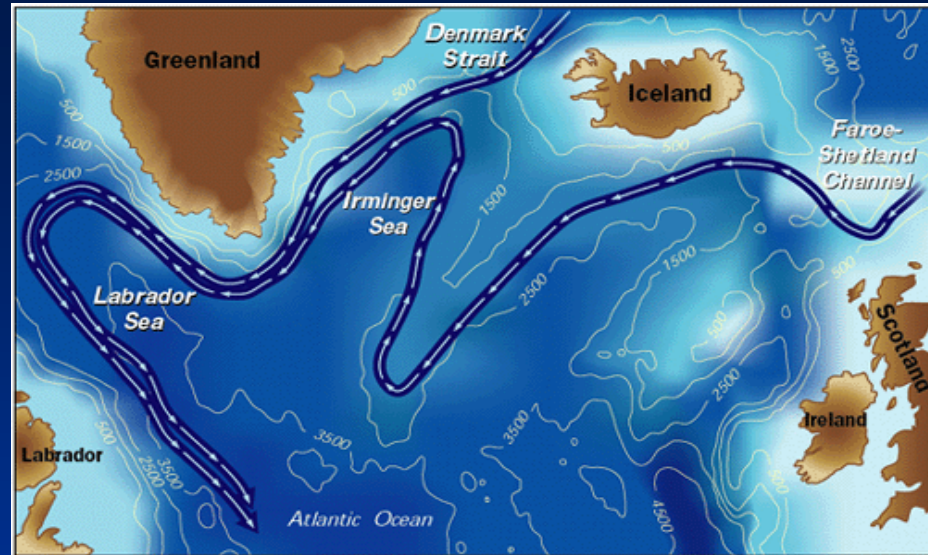
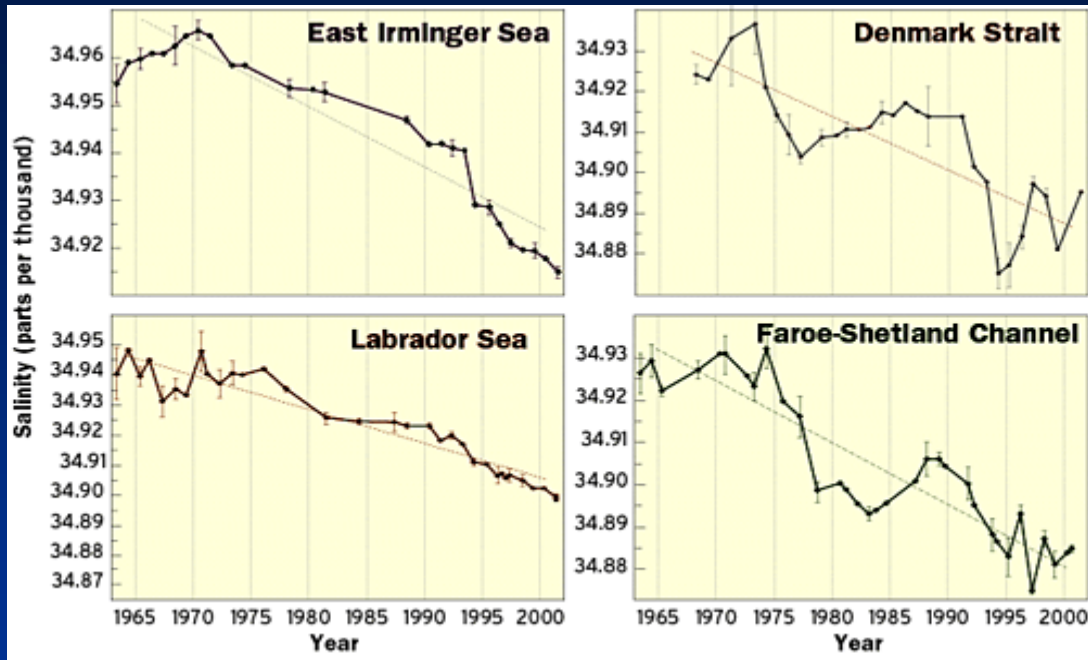
Over the same 40-year period, deep waters have become less salty in critical North Atlantic locations, where salty, dense waters sink to drive the global ocean circulation system called the Ocean Conveyor. If the North Atlantic becomes too fresh, its waters could stop sinking, and the Conveyor could slow down, causing widespread climate disruptions. This freshening trend has accelerated in the past decade, and a mass of fresher deep water is spreading southward.

Data from Ruth Curry. Illustration ©Ruth Curry and Jack Cook, Woods Hole Oceanographic Institution.

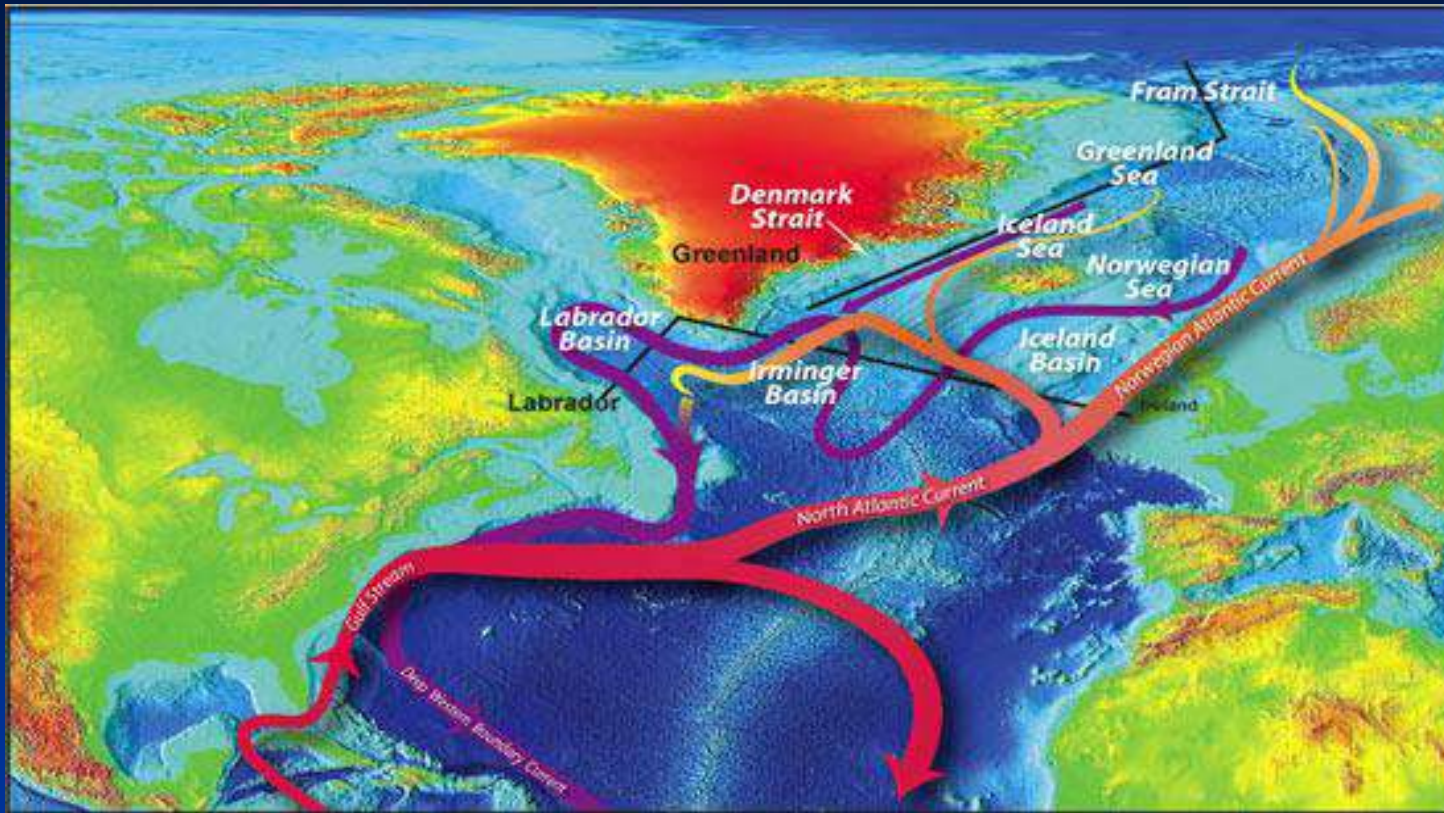
Le previsioni indicano un aumento di salinità per le acque tropicali e un aumento di temperatura che produrrà un aumento di evaporazione che tende a rendere le acque ancora più saline.

Le acque oceaniche dell'Atlantico settentrionale tenderanno a diventare invece più diluite e quindi il processo di sprofondamento delle acque tenderà a rallentare.

Variazioni di salinità misurate nelle acque dell'Atlantico Settentrionale.



Le acque subpolari che bordano l'Oceano Atlantico sono diventate meno salate dalla metà degli anni 60 e specialmente nell'ultima decade. Questo rappresenta la più grande e per certi versi drammatica variazione osservata negli oceani da quando si fanno misure strumentali. Questo processo ha portato ad una diluizione delle acque oceaniche del Atlantico settentrionale che in passato ha prodotto il rallentamento e poi l'interruzione del processo di trasporto delle masse d'acqua oceaniche con conseguenti forti variazioni climatiche. (Dickson, et. al., Nature, Aprile 2002)



I punti sensibili dove le acque fredde e ad alta densità si accumulano sono la Groenlandia, l'Islanda e la Norvegia. Se le acque tendono a diventare meno saline (meno dense) la loro tendenza a sprofondare diminuisce.

Quale è la soglia al di là della quale il nastro trasportatore smetterà di funzionare?

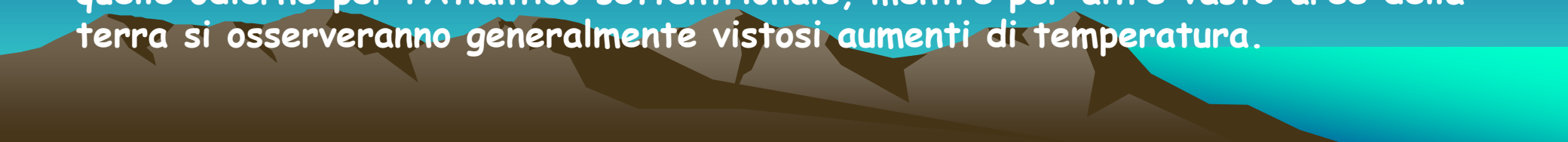
La risposta non si conosce si possono fare due scenari possibili in base alle attuali conoscenze e ai modelli

Scenario 1: il trasporto delle acque rallenterà nelle prossime due decadi

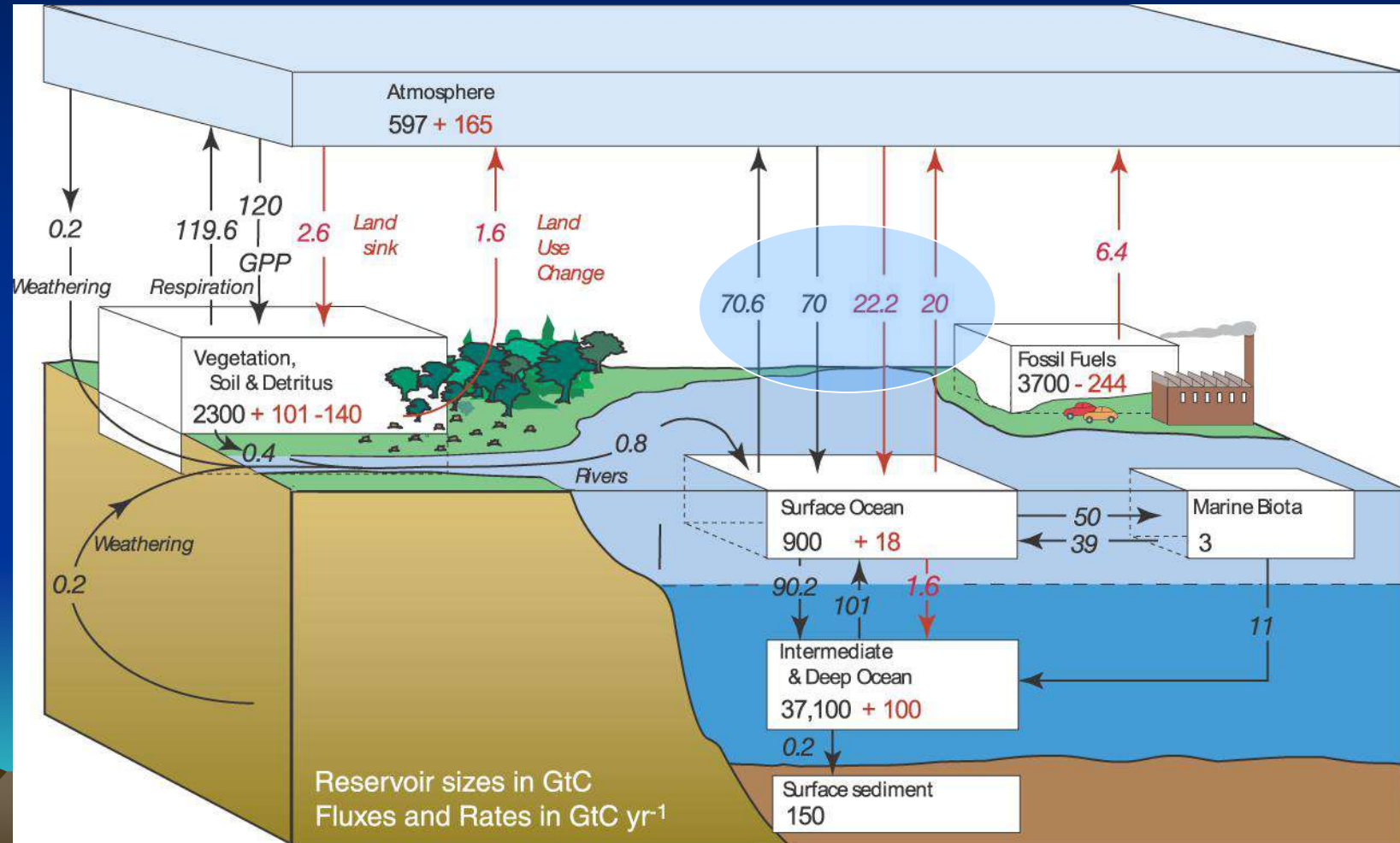
In base a questo scenario nelle regioni dell'Atlantico settentrionale si osserverà un marcato abbassamento di temperatura causando seri problemi all'economia anche perché si produrrà in direzione contraria allo scenario di riscaldamento globale previsto.

Scenario 2: il trasporto rallenterà a fine secolo

In base a questo scenario la diminuzione di temperatura sarà circa uguale all'aumento medio di temperatura previsto e quindi le condizioni saranno simili a quelle odierne per l'Atlantico settentrionale, mentre per altre vaste aree della terra si osserveranno generalmente vistosi aumenti di temperatura.



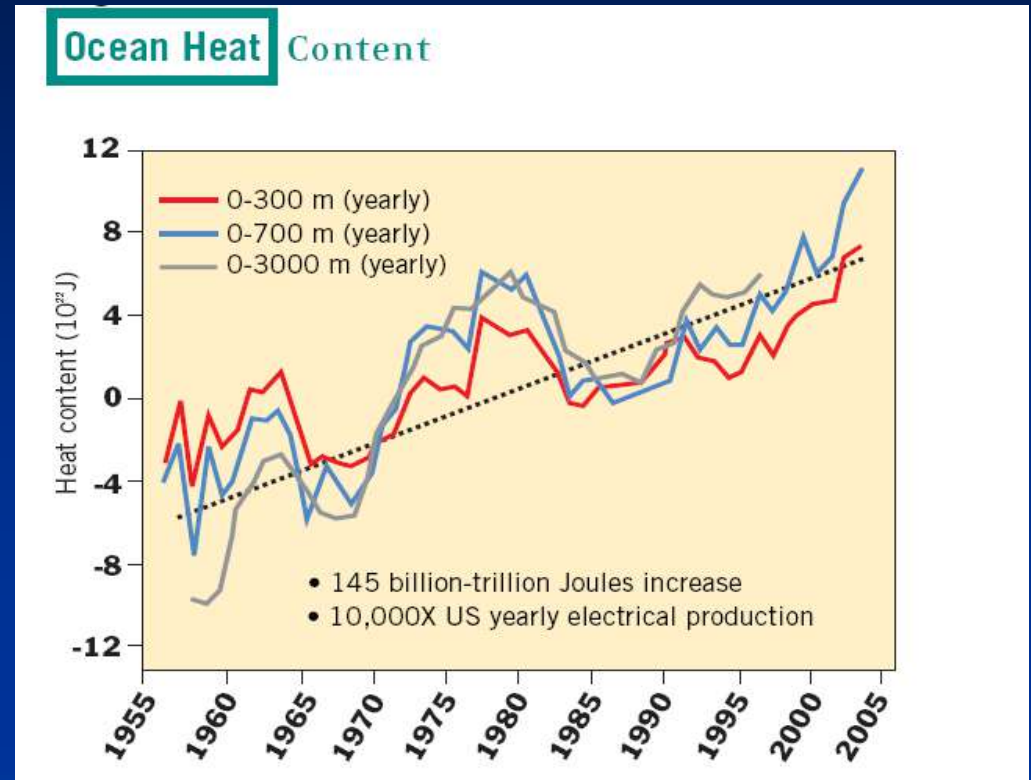
L'aumento di CO₂ e la risposta degli oceani



Gli oceani assorbono CO_2 dall'atmosfera in misura sempre maggiore e di fatto rallentano il riscaldamento globale ma per quanto tempo ancora saranno in grado di farlo?

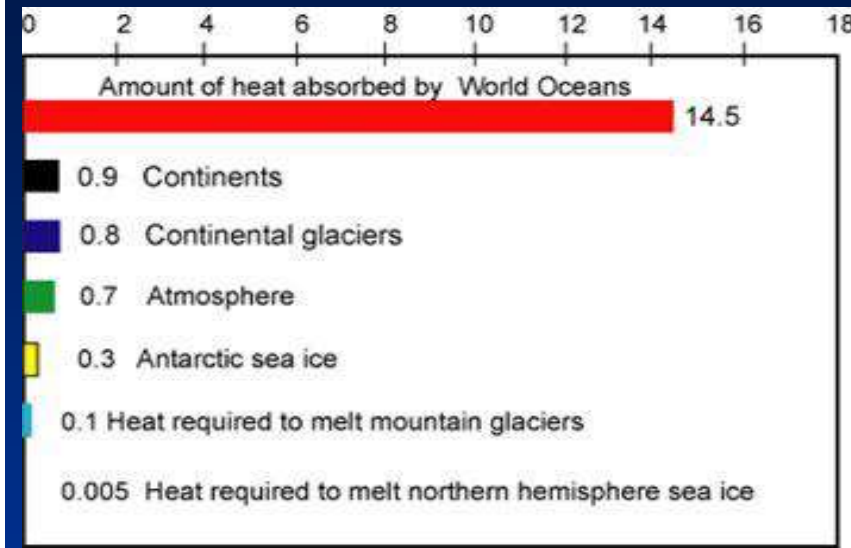
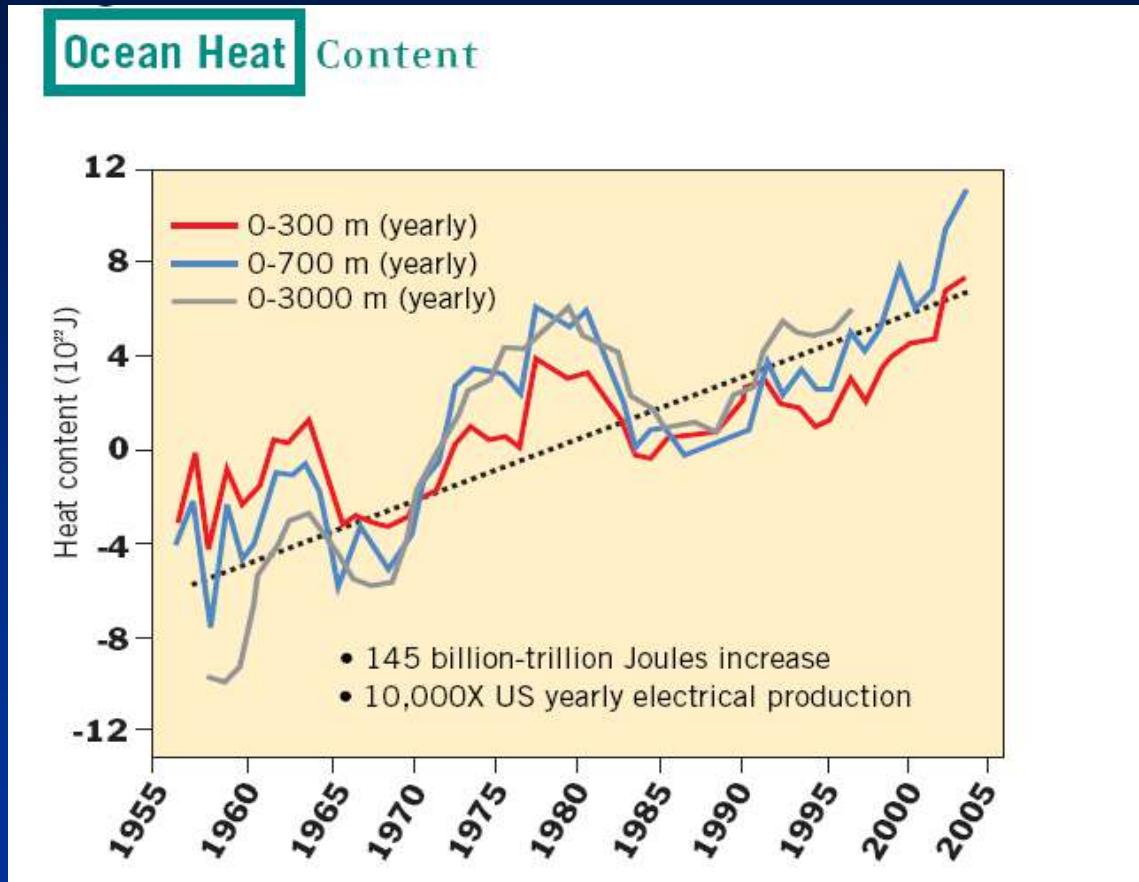


Campagne oceanografiche per studiare i principali parametri chimici degli oceani



Gli oceani hanno rallentato il processo di riscaldamento globale assorbendo sempre più CO_2 dall'atmosfera (legge di Henry). Il problema è che gli oceani che di fatto sono un tampone perfetto, mostrano i primi sintomi di cambiamento; il pH degli oceani sta cambiando rendendo più acide le acque marine e anche la composizione chimica per effetto degli equilibri dei carbonati che si vanno riaggiustando. Poco o nulla si sa sugli effetti possibili sulla vita futura negli oceani.

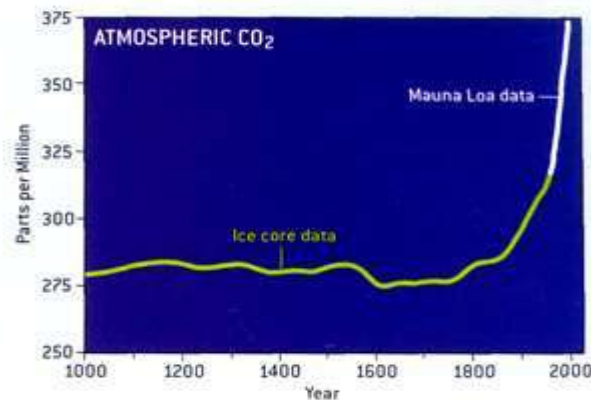
Gli oceani si comportano da buffer nell'assorbimento del calore sulla terra



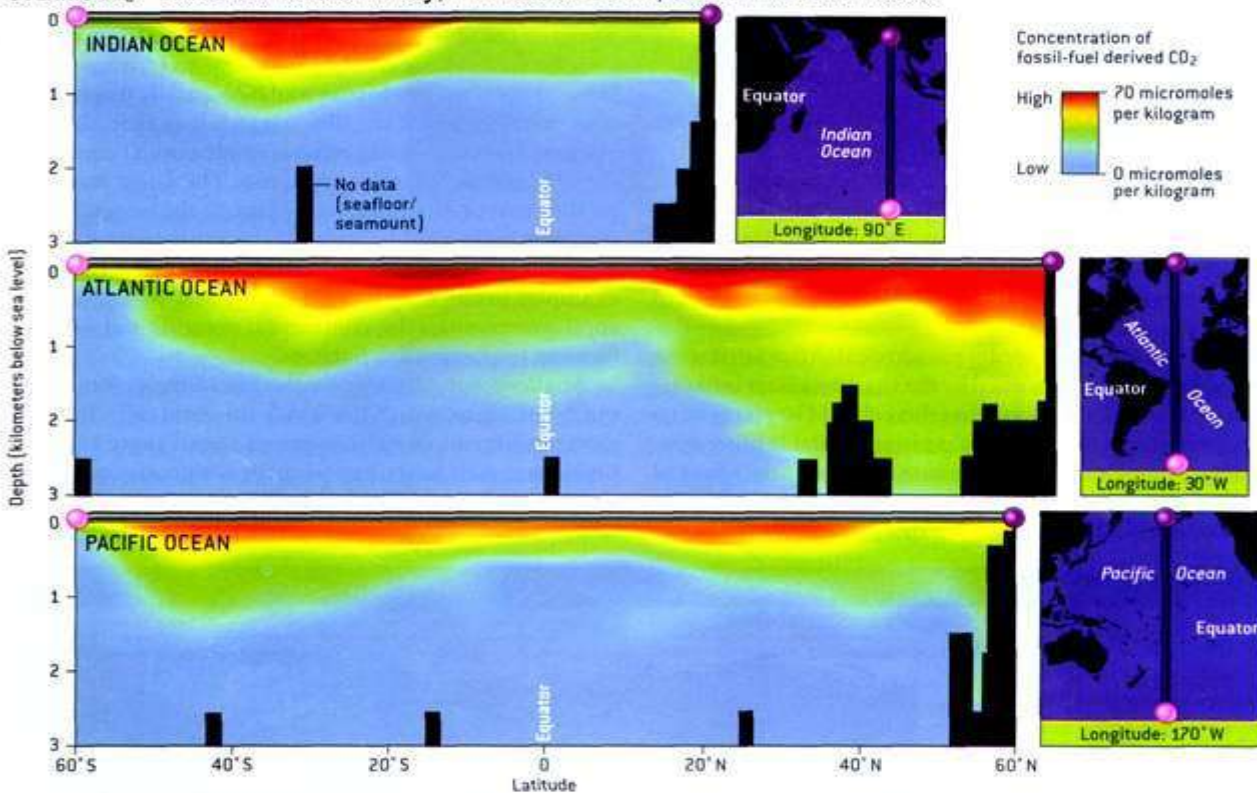
Gli oceani mostrano aumenti di temperatura variabili nei tropici tra 1° e 2°C negli ultimi 40 anni. Gli oceani di fatto si comportano da buffer nell'assorbimento del calore sulla terra: assorbono circa 20 volte rispetto al calore assorbito dall'atmosfera e se si sommano agli oceani le calotte glaciali la quantità di calore assorbita è 10 volte maggiore rispetto all'atmosfera e dalle terre emerse.

The concentration of carbon dioxide in the atmosphere has mounted considerably over the past century or so. This worrisome trend is well documented (right) by a combination of two techniques: the examination of air bubbles trapped in glacial ice (green segment, which shows 75-year averages) as well as direct measurements of the atmosphere (white segment, which reflects the annual average determined at a weather station situated atop Mauna Loa on the big island of Hawaii).

Large as it is, the increasing concentration of carbon dioxide in the atmosphere would have been even greater had not much of it been absorbed by the sea, a phenomenon that detailed oceanographic surveys have now documented. The cross sections below show where about half of this fossil-fuel effluent now resides—in the upper portions of the world's oceans.



OCEANIC CO₂ Source: Robert Key, Princeton Univ, Sciam March 2006

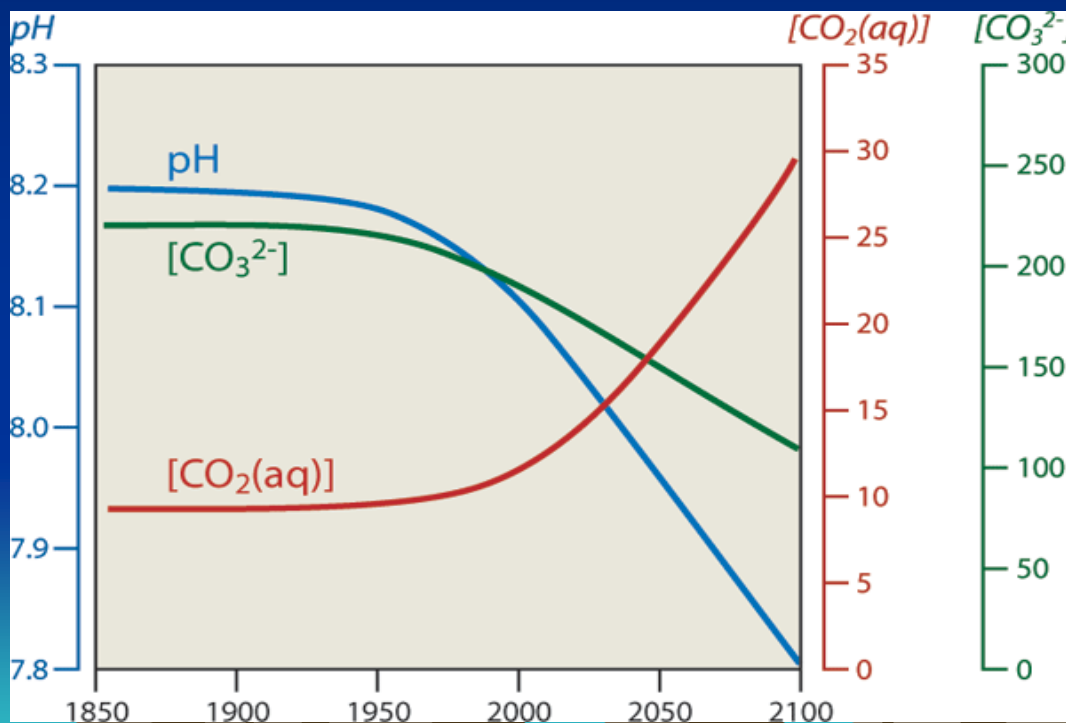


La concentrazione di CO₂ in atmosfera è aumentata da 280 ppm nel 1850 a 360 ppm nel 1998, ed è ancora in aumento. E' stato stimato che circa il 50% della CO₂ antropogenica è stata assorbita dagli oceani. Per ottenere una stima si utilizza il ¹⁴C che si produce nell'alta atmosfera per bombardamento da parte dei raggi cosmici che colpiscono atomi di azoto e producendo così isotopi radioattivi di ¹⁴C che hanno un tempo di decadimento di 5730 anni. Quando il ¹⁴C viene incorporato dagli organismi viventi inizia a decadere permettendo di datare la sostanza organica. I combustibili fossili che ad esempio si sono formati milioni di anni fa hanno perso completamente il loro contenuto di ¹⁴C e in questo modo la CO₂ che si forma ad opera dei combustibili fossili può essere discriminata dalle altre sorgenti di CO₂ presenti. Il diagramma mostra infatti come la CO₂ proveniente dai combustibili fossili viene assorbita negli oceani.

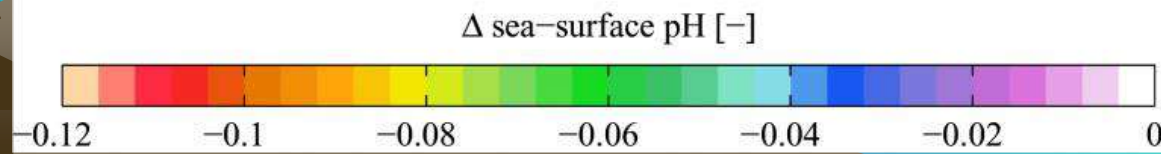
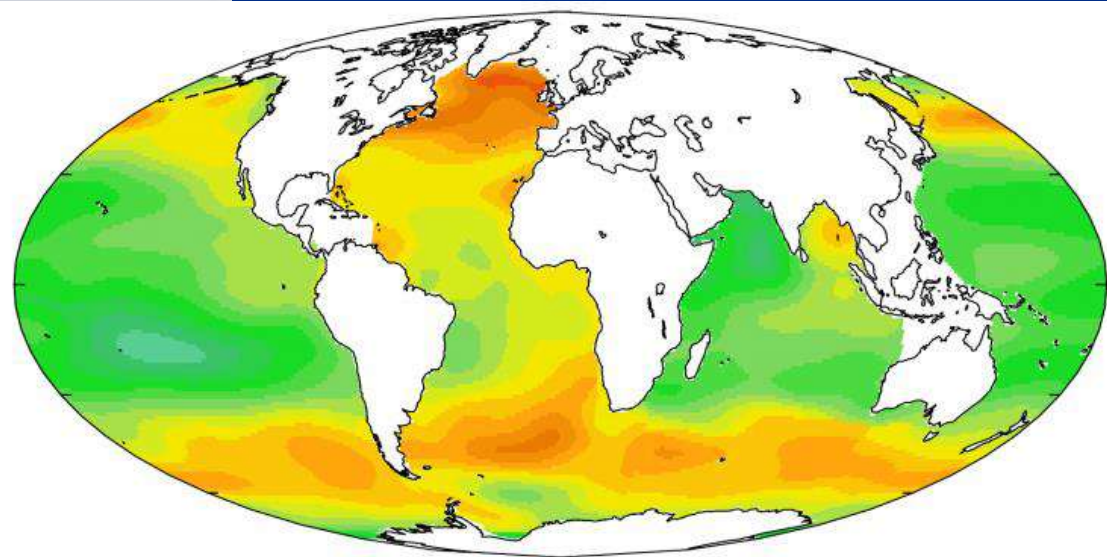
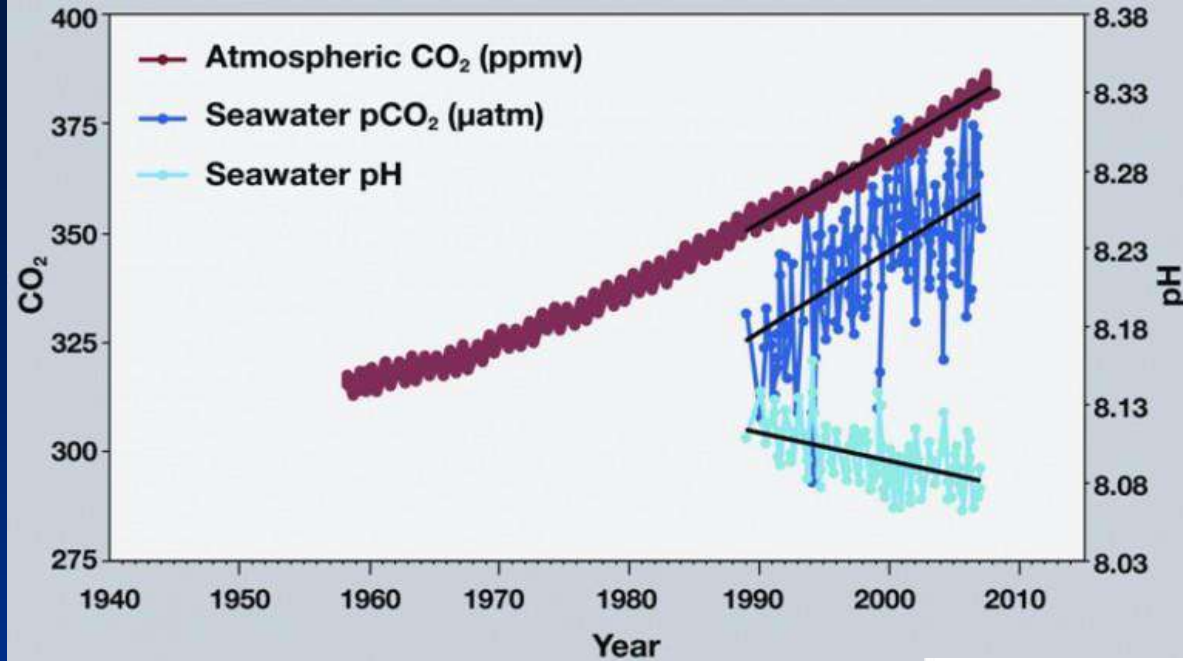
I dati isotopici relativi al carbonio della CO₂ mostrano che una gran parte della CO₂ proveniente dai processi di combustione risiede nelle porzioni superiori degli oceani.

L'aumento di CO_2 in atmosfera provoca uno squilibrio nel ciclo della CO_2 e quindi nel ciclo del carbonio. Gli oceani e anche le terre emerse in parte assorbono questo eccesso "carbon sinks" che tende ad abbassare in maniera significativa l'accumulo di CO_2 in atmosfera.

Circa 1/3 di tutta la CO_2 prodotta dall'attività antropogenica è stata stoccata negli ultimi secoli dagli oceani. Il processo di rimozione (dissoluzione) dipende dalla velocità con cui la CO_2 atmosferica e gli oceani si mescolano.



La quantità di CO_2 disciolta ha aumentato la quantità totale di carbonio inorganico disciolto (DIC) e ha spostato la chimica delle acque verso condizioni più acide. Dalla fine dello scorso secolo la quantità di CO_2 disciolta ($[\text{CO}_2(\text{aq})]$), mostrata nel grafico in rosso è aumentata sia per l'aumento della concentrazione della CO_2 inorganica che per l'acidificazione crescente. Nel grafico si osserva quindi anche la diminuzione del pH (linea blu) che indica un acidità crescente e una diminuzione dello ione carbonato $[\text{CO}_3^{2-}]$, linea verde, che viene utilizzato in maniera estensiva da molti animali marini per costruire il loro guscio.



L'aumento di CO_2 osservato negli oceani è di circa il 3% nelle acque superficiali e di circa lo 0.25% nel totale della massa oceanica, si tratta di quantità piccole e difficili da misurare.

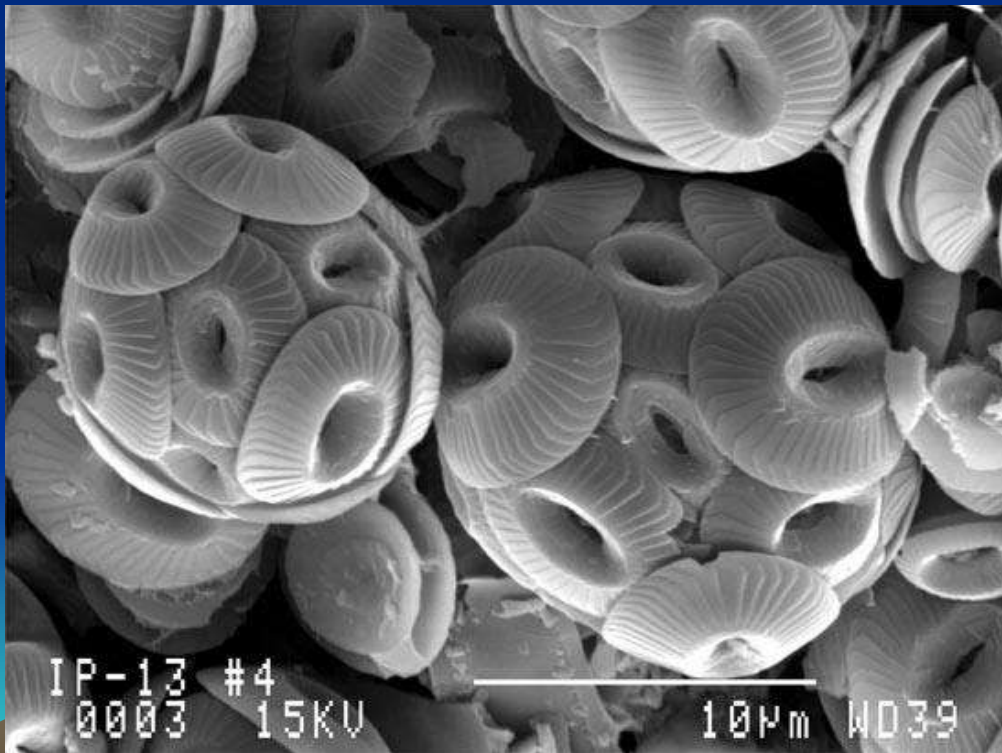
L'oceano infatti è un ambiente dinamico dove le correnti e le tempeste superficiali mescolano di continuo le acque e inoltre gli animali e le piante ma anche i batteri che continuamente utilizzano carbonio, producono eccessi o diminuzioni di carbonio sia lungo la colonna d'acqua che arealmente.



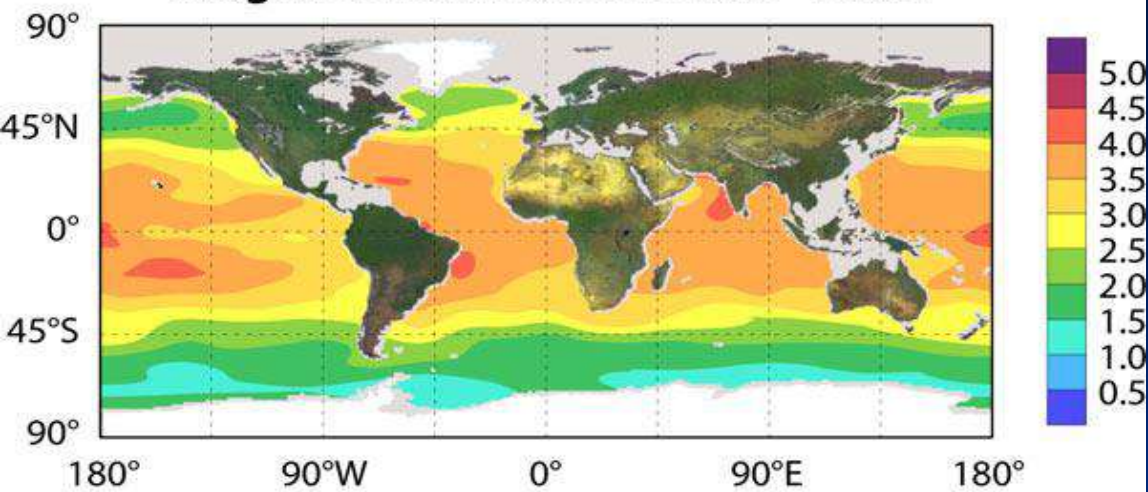
Organismi critici per lo sviluppo delle più svariate forme di vita oceaniche come i coccolitoforidi (simili alle piante), i coralli e gli pteropodi, dipendono dall'abbondanza di ione carbonato inorganico disciolto per costruire i loro gusci. Se la quantità di ione carbonato diminuisce negli oceani, e l'acidità aumenta, la formazione dei gusci sarà rallentata o impossibile in gran parte degli oceani già dalla fine del 21 secolo,

Conseguenze per la vita marina

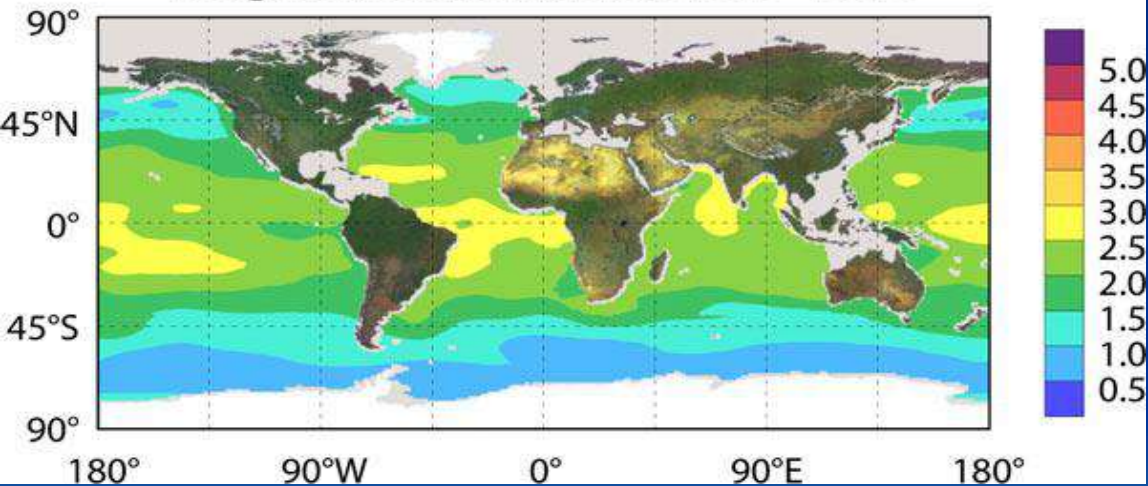
Gli esperimenti prodotti in laboratorio non sono incoraggianti, infatti in funzione dell'abbassamento del pH si osservano processi di dissoluzione su organismi viventi. I più vulnerabili sono gli pteropodi e i coralli. Queste specie hanno un ruolo fondamentale per gli ecosistemi come cibo (pteropodi) o come habitat per altre specie (i coralli). Quindi l'impatto legato all'acidificazione si può estendere ad altre specie come pesci e mammiferi marini.



Aragonite Saturation Levels - 2005



Aragonite Saturation Levels - 2009

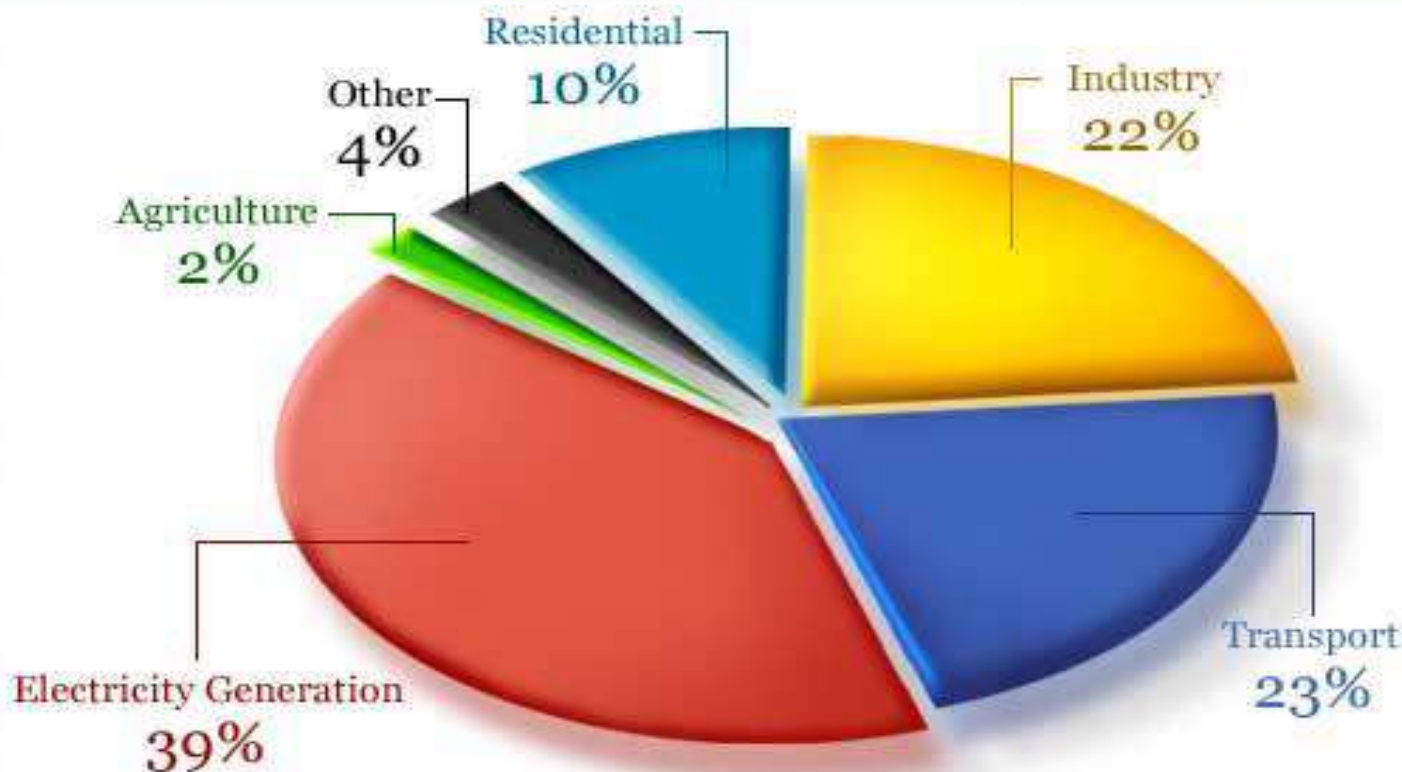


Se la proiezione è corretta in base all'aumento di temperatura previsto e alle variazioni della composizione chimica e specialmente del pH nel prossimo futuro le aree dove si potrà avere carbonato a sufficienza per secernere gusci o scheletri saranno via via ridotte fino a portare alla totale scomparsa delle forme di vita che utilizzano il carbonato per secernere il loro guscio.

le aree colorate dal giallo al viola sono le aree dove si raggiungono le condizioni di saturazione per l'aragonite negli oceani e quindi si possono biocostruire gusci e scheletri

L'utilizzo attuale dei combustibili fossili

Carbon Dioxide Production by Sector

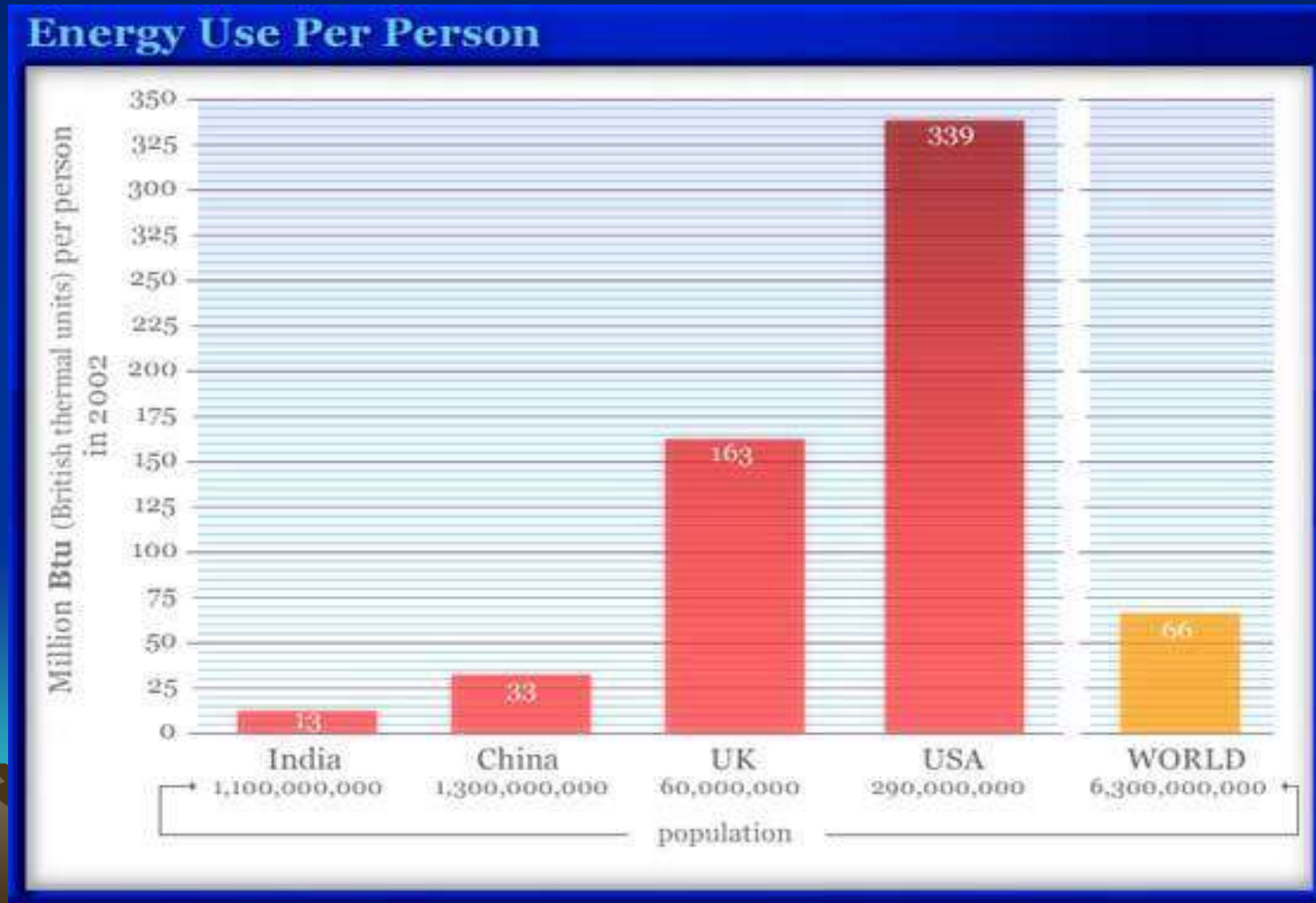


L'utilizzo dei combustibili fossili per energia elettrica rappresenta la maggiore sorgente di CO₂ seguita dai trasporti e dall'industria. Per il 2025, la popolazione mondiale sarà di 7.5 miliardi contro i 6 miliardi di oggi. Questo necessiterà un fabbisogno energetico superiore almeno di 1/5 rispetto a quello attuale anche se le previsioni prevedono un aumento del 50% .

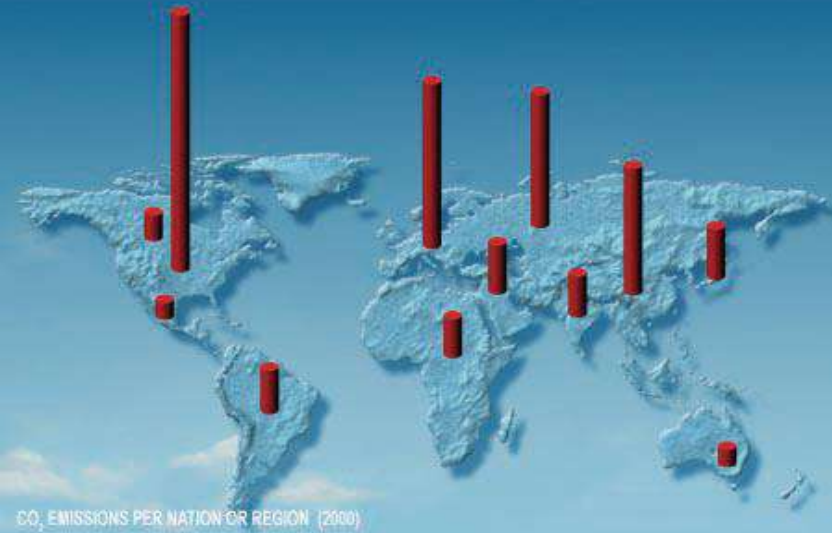
Variazioni climatiche e Energia

In media, nel 2002, una persona negli Stati Uniti consumava circa 10 volte rispetto al consumo pro-capite in Cina e circa 25 volte rispetto al consumo pro-capite in India.

Se tutti gli abitanti della terra oggi consumassero quanto gli abitanti degli Stati Uniti il consumo di energia sarebbe 5 volte maggiore.



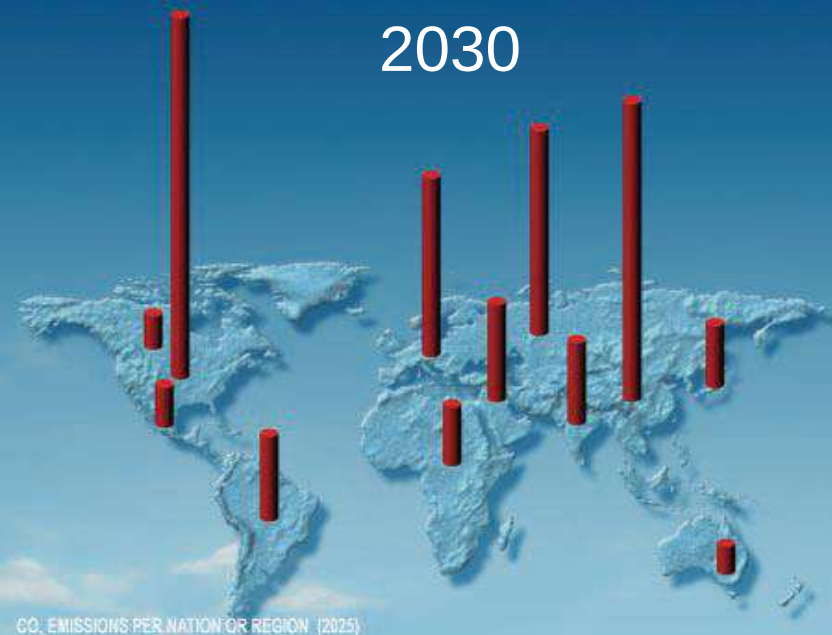
2005



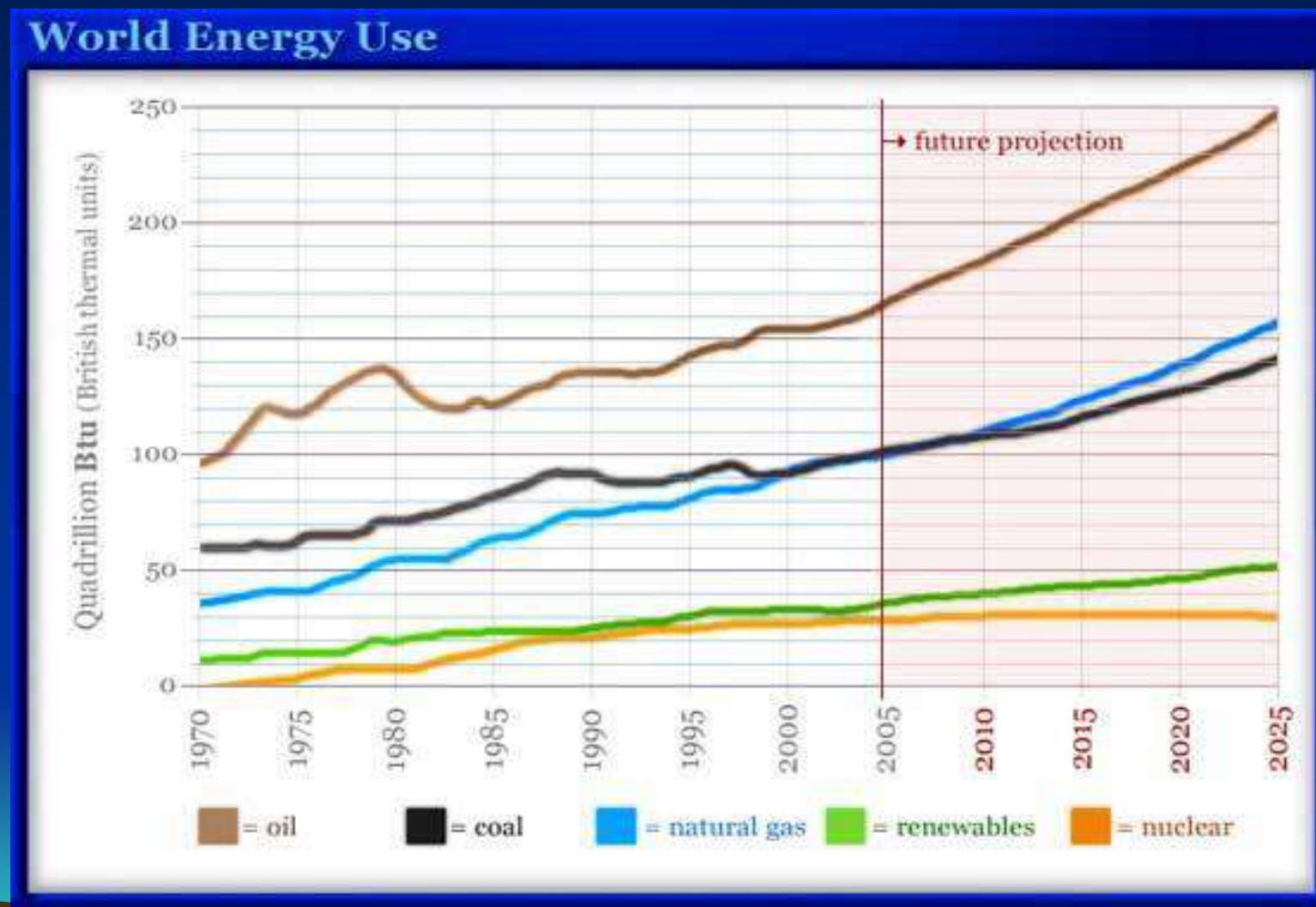
I dati relativi al 2005 e le relative proiezioni per il 2030 mostrano che i paesi in via di sviluppo Cina e India in testa, consumeranno sempre di più ma.....

Anche se il sorpasso in termini di consumo è avvenuto intorno al 2013, le emissioni procapite saranno sempre molto più basse rispetto a quelle dei paesi "sviluppati". Infatti secondo le proiezioni più recenti nel 2025 le emissioni procapite in Cina saranno 1/4 rispetto a quelle degli Stati Uniti e in India soltanto 1/14 sempre rispetto agli States.

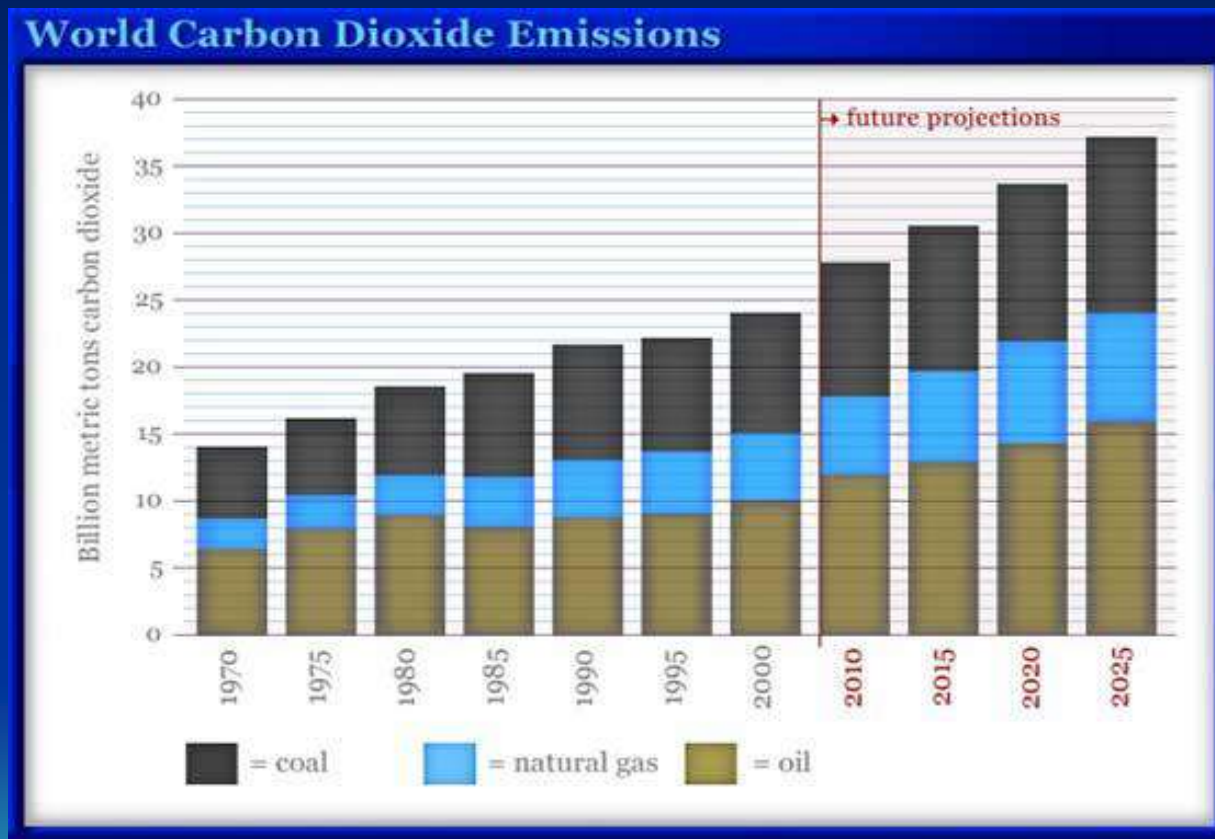
2030



L'utilizzo del petrolio del carbone e del gas continuerà a crescere ad alti ritmi anche se le proiezioni prevedono un aumento delle energie rinnovabili.



Nel 2004 sono state rilasciate più di 26 miliardi di tonnellate di CO₂ in atmosfera attraverso i processi di combustione dei combustibili fossili, all'incirca quattro tonnellate per persona. Questo va sommato alla CO₂ prodotta dal ciclo naturale del carbonio (piante, animali etc..) la CO₂ prodotta è maggiore dalla quantità che può essere utilizzata dal biota e assorbita dagli oceani e quindi la concentrazione in atmosfera aumenta.



La CO₂ nel futuro Il protocollo di [Kyoto del 1997](#) firmato da 160 paesi ma non dagli Stati Uniti, prevede una riduzione dei gas serra entro il 2020. Questo risultato dovrebbe prodursi tramite un uso più efficiente dei combustibili fossili, un incremento delle energie rinnovabili e tramite lo stoccaggio della CO₂ in profondità ([Carbon Capture and Storage](#)).

la biosfera sulla Terra pesa circa 550 gigatonnellate. L' 80 % circa è costituita da piante. Per diminuire la quantità di CO₂ in maniera significativa basterebbe piantarne un miliardo.



E' ora di
piantarla!!

ATLANTE



DE la Repubblica



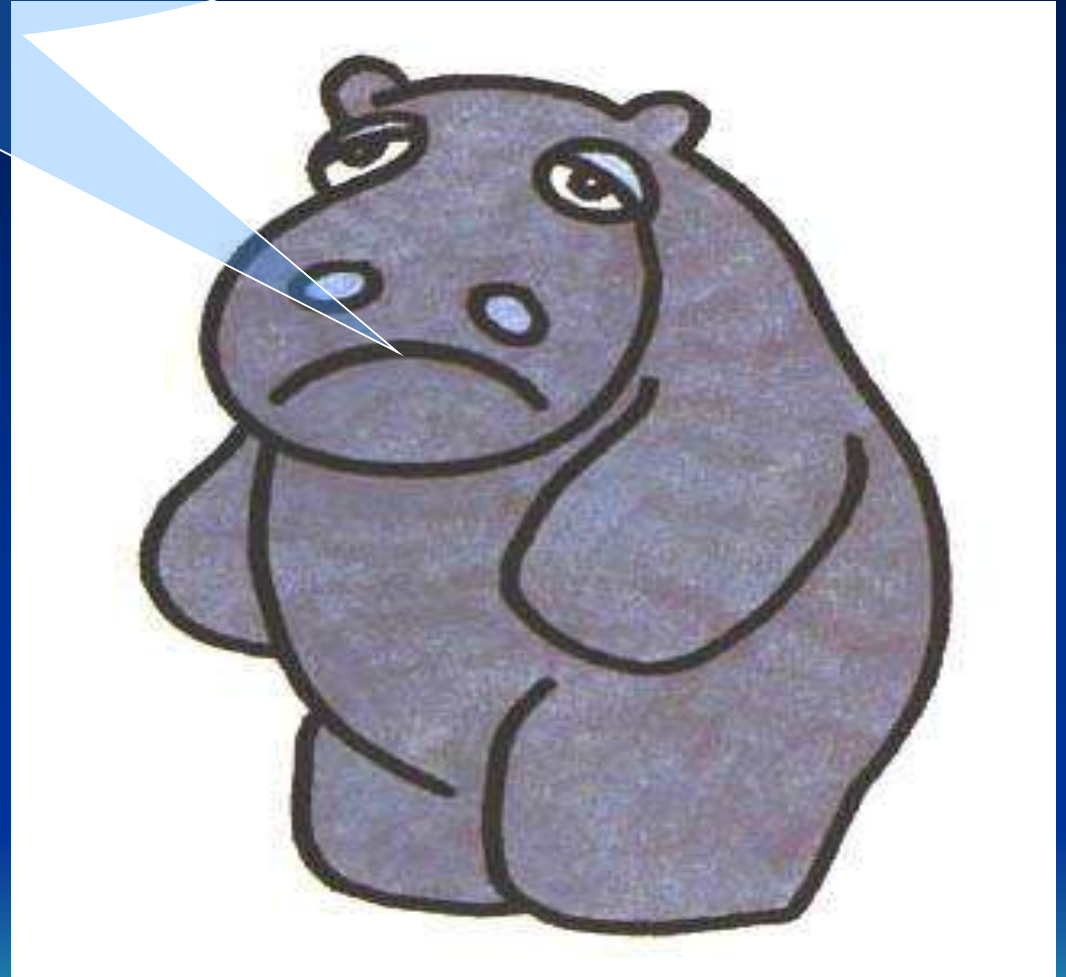
IL PIANETA IMPAZZITO

Il caldo record, la siccità, gli animali in pericolo: ecco come
la **rivoluzione del clima** sta cambiando la Terra e le nostre vite
con la speranza dell'energia pulita per un futuro migliore

COL SURRISCALDAMENTO
DEL PIANETA, L'ANNO
PROSSIMO VENGO SU UNA
ZATTERA TRAINATA
DA SEI COCCODRILLI.



Ciao uomo, dove vai??

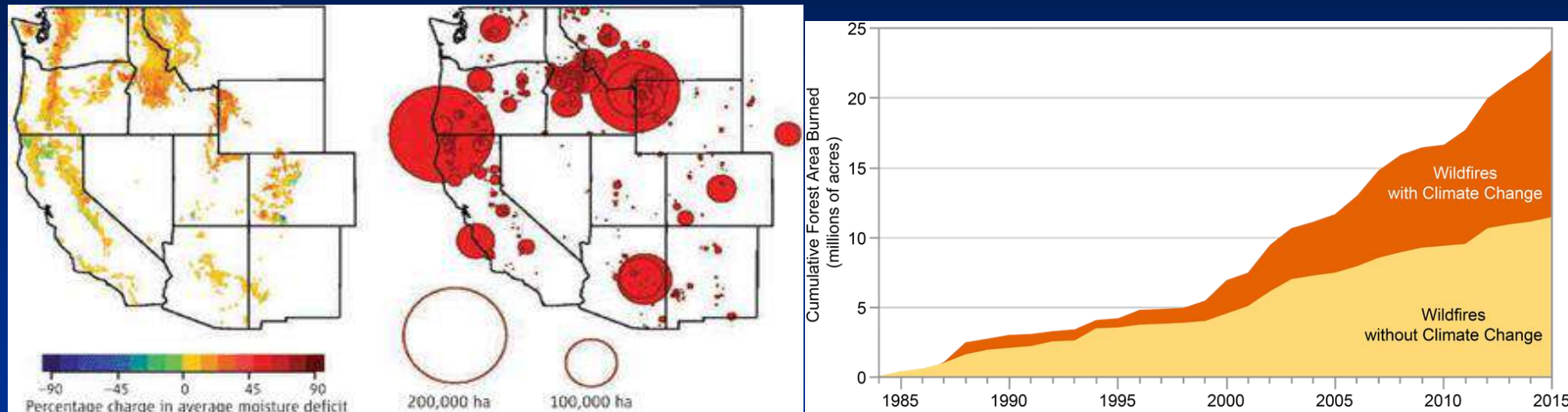


THIS IS THE END.....

Perspectives CLIMATE CHANGE:

Is Global Warming Causing More, Larger Wildfires?

Steven W. Running*



Meno umidità più incendi i dati si riferiscono al periodo compreso tra il 1970 e il 2003 si tratta di una serie temporale che mostra che la quantità di umidità nel periodo primavera- estate tende a diminuire in molte aree forestate in America Occidentale e mette in evidenza come gli incendi con areali superiori ai 1000 ettari) propagatisi in questo periodo sono correlati alle aree di minore contenuto di umidità nel suolo.

Spettro della radiazione solare (Terra)

