



## Il cambiamento climatico

- I cambiamenti climatici fanno parte del naturale ciclo della Terra.
- L'attuale cambiamento climatico in atto è probabilmente il più veloce ed importante fra quelli che hanno interessato il nostro pianeta negli ultimi 1000 anni.
- Ci sono valide ragioni per sostenere che l'attuale cambiamento climatico (ultimi 50 anni) sia per buona parte attribuibile all'attività umana.

Fonte dei dati utilizzati:

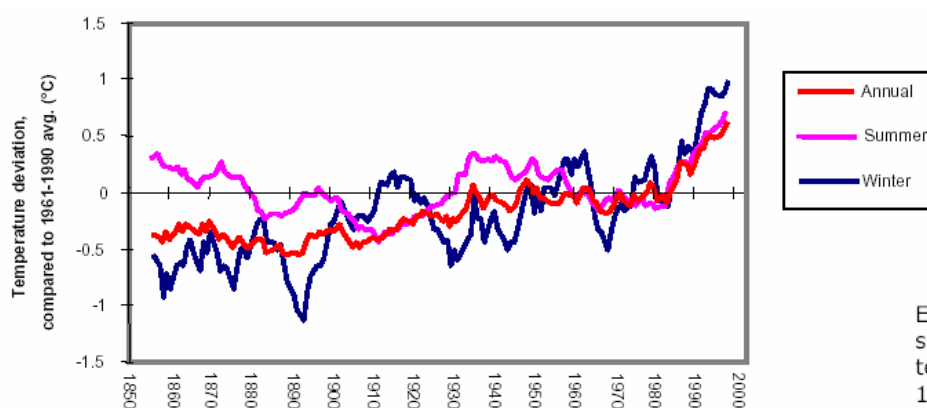
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch))
- EEA (Europe Environmental Agency [www.eea.eu.int/](http://www.eea.eu.int/))
- ACIA (Arctic Climate Impact Assessment [www.acia.uaf.edu](http://www.acia.uaf.edu))

## Alcuni segni del cambiamento

- Incremento della temperatura a scala globale
- Variazione del regime pluviometrico a scala globale
- Forte ritiro della maggior parte dei ghiacciai
- Incremento del livello marino

## Temperatura dell'aria

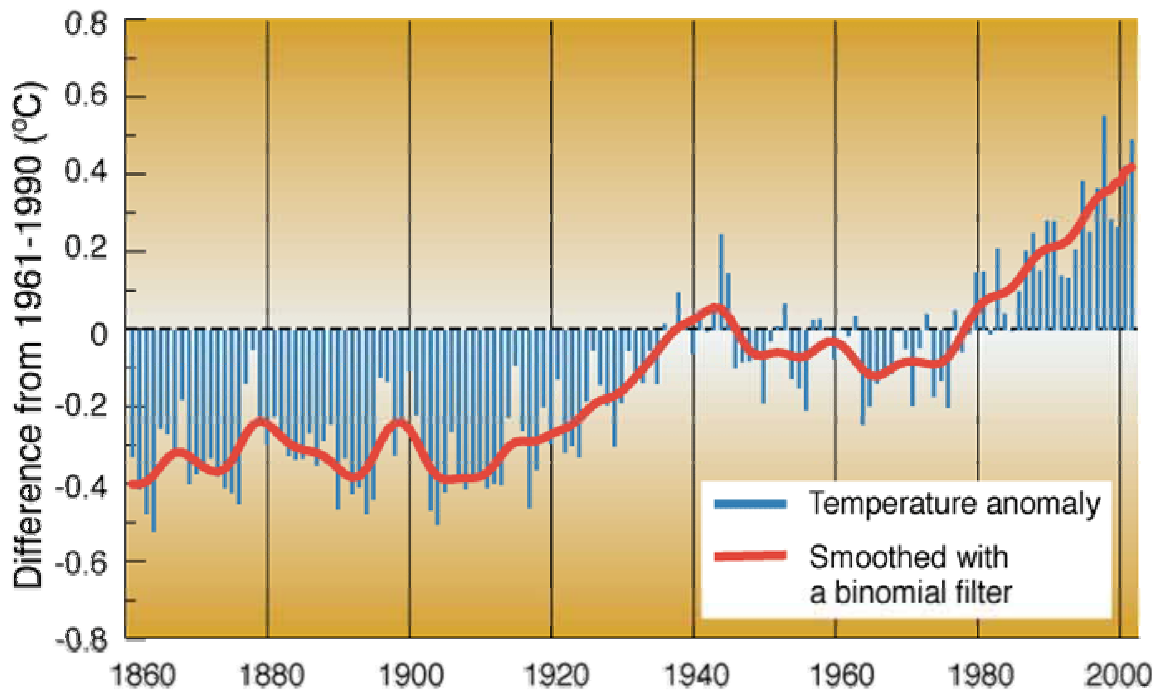
- Aumento a scala globale  $+0,7^{\circ}\text{C}$
- Aumento a scala europea  $+0,95^{\circ}\text{C}$
- Inverno  $+1,1^{\circ}\text{C}$ , estate  $+0,7^{\circ}\text{C}$



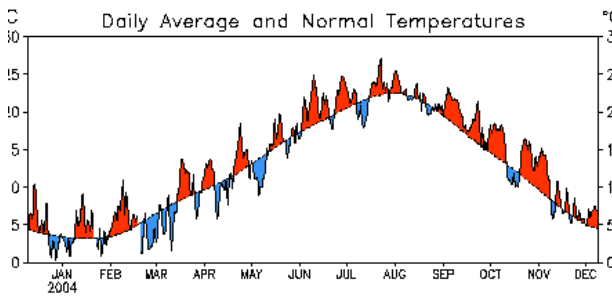
European annual and seasonal mean temperature deviations, 1850-2002

- Proiezione a scala globale (1990 – 2100)  $+1,4-5,8^{\circ}\text{C}$
- Proiezione a scala europea  $+2,0-6,3^{\circ}\text{C}$

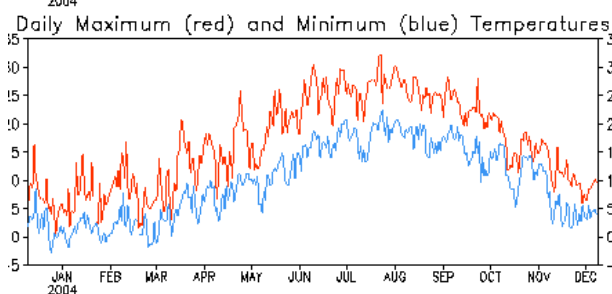
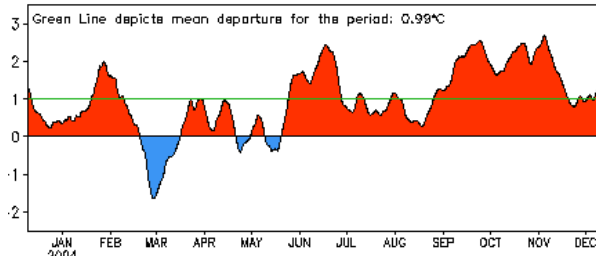
### Global Mean Surface Temperature Anomaly 1860-2002



#### LUGANO, SWITZERLAND

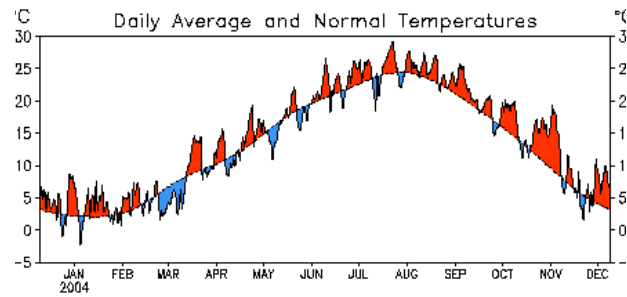


#### 31-Day Running Mean of Daily Temperature Departures

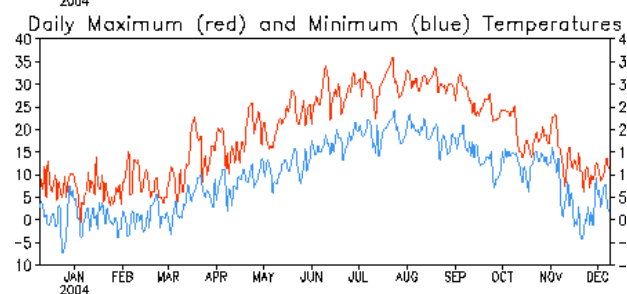
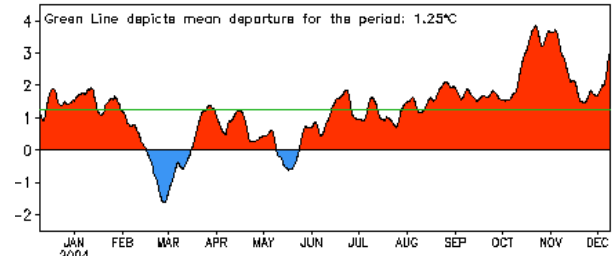


updated through 08 DEC 2004

#### VERONA/VILLAFRANCIA, ITALY



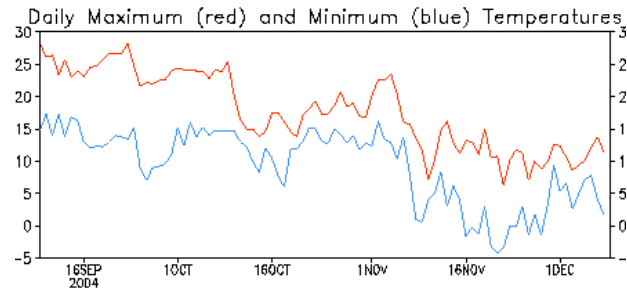
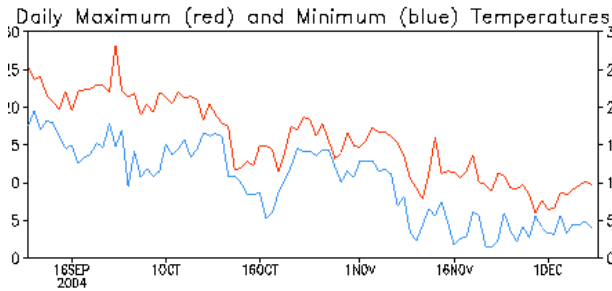
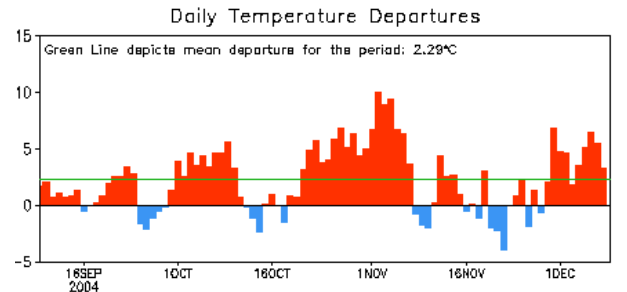
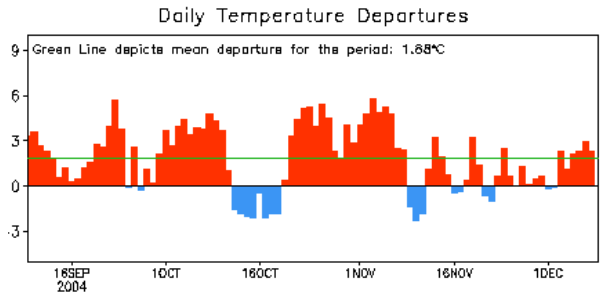
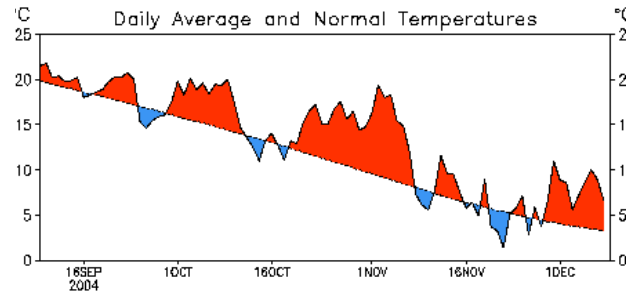
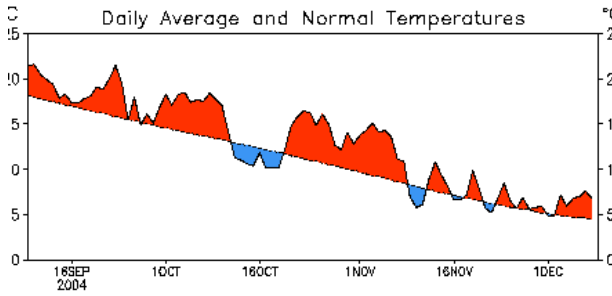
#### 31-Day Running Mean of Daily Temperature Departures



updated through 08 DEC 2004

LUGANO, SWITZERLAND

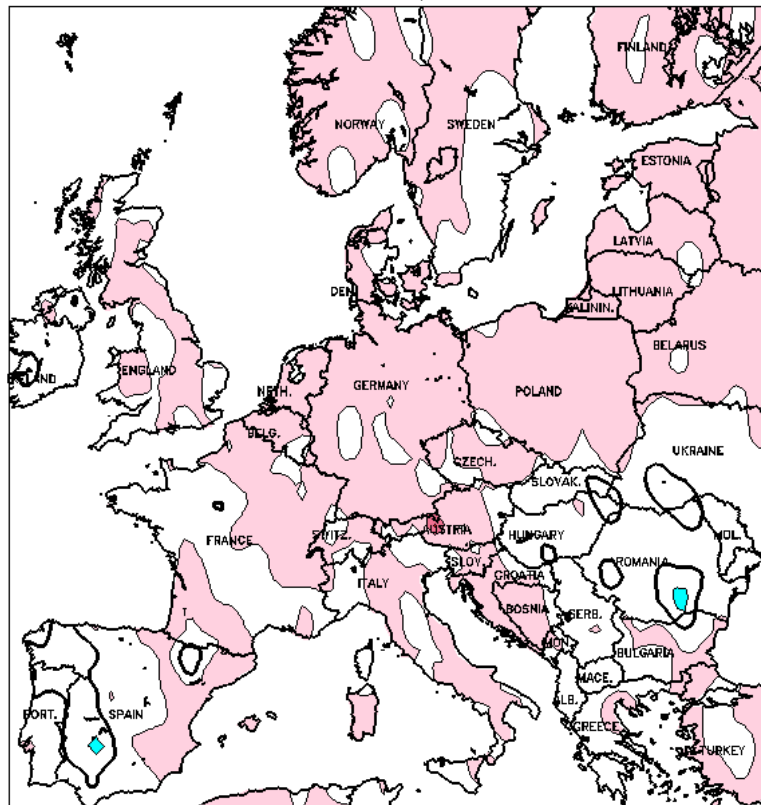
VERONA/VILLAFRANCIA, ITALY



updated through 08 DEC 2004

updated through 08 DEC 2004

EUROPE  
Temperature Anomaly (°C)  
AUG 1 - OCT 31, 2004



CLIMATE PREDICTION CENTER, NOAA  
Computer generated contours  
Based on preliminary data

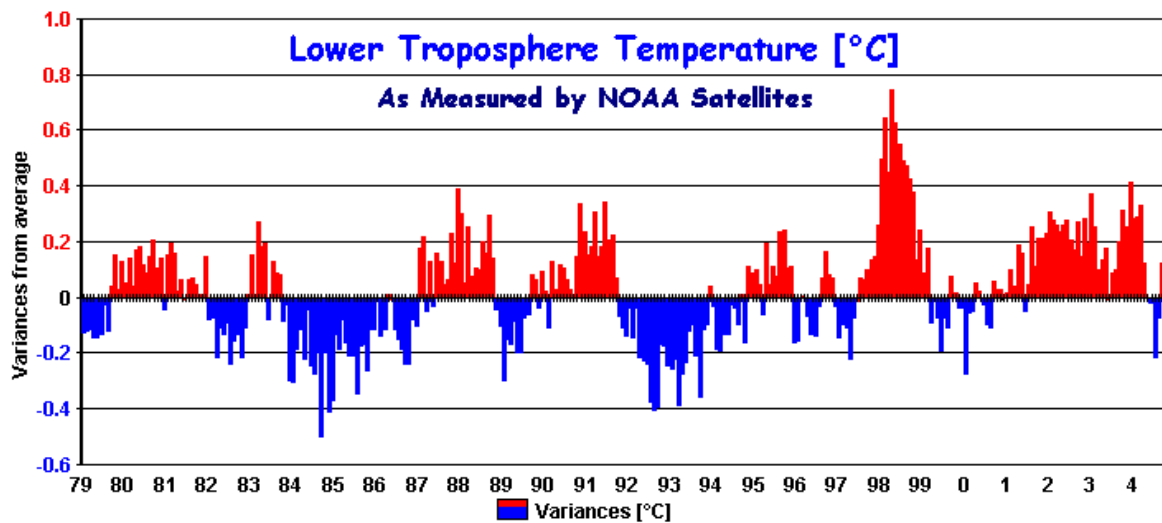


## Misura della temperatura mediante i satelliti

Rilevazioni iniziate nel 1979

Permette di misurare la T su tutto il globo (oceani compresi)

Metodo molto accurato (dell'ordine del centesimo di grado)



Global trend per decade = + 0.078°C,  
(Northern Hemisphere + 0.147°C, Southern Hemisphere + 0.010°C.)  
October 2004 Global = + 0.239°C  
(Northern Hemisphere = + 0.246°C, Southern Hemisphere = + 0.232°C.)

## Temperatura dell'aria

- Tra il 1976 ed il 1999 è diminuito il numero di giorni di freddo e di gelo
- E' aumentato il numero di giorni estivi ( $T \geq 25^\circ\text{C}$ )
- E' aumentata la frequenza delle ondate calde (estate 2003)



annualdays/decade

- > 6
- 4 - 6
- 2 - 4
- 0 - 2
- pos. but n.s. at 5%
- n.s. at 25%
- neg. but n.s. at 5%
- -2 - 0
- -4 - -2
- -6 - -4
- < -6

Summer days ( $T_{\max} \geq 25^\circ\text{C}$ )  
Changes in 1976-1999

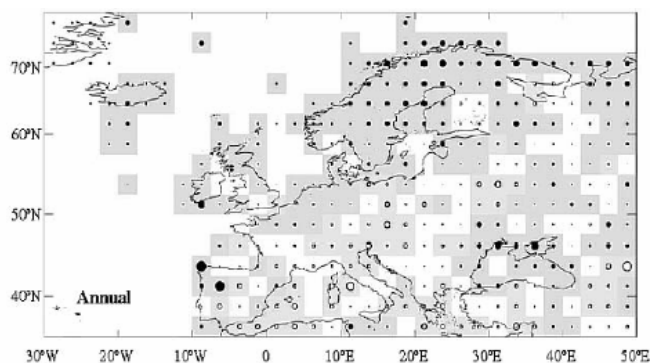
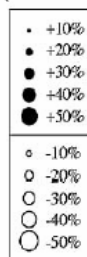
- Gli inverni freddi potrebbero scomparire entro il 2080
- Maggiore frequenza delle estati molto calde

# Precipitazioni

Trend eterogeneo (1900-2000)

- Nord Europa +10-40%
- Sud Europa fino al 20% in meno

Precipitation trend  
(1900-2000):



- +1-2% ogni decade Nord Europa
- Fino a -1% ogni decade sul sud Europa

## Giorni con precipitazioni $\geq 20$ mm

Trend eterogeneo (1976-1999)

- Incremento nel nord Europa
- Decremento nel sud Europa



Very heavy precipitation days ( $p \geq 20$ mm)  
Changes in 1976-1999

- Probabile incremento degli eventi siccitosi e alluvionali

# Ghiacciai

- Ritiro in otto delle nove regioni glaciali europee
- Perdita di circa un terzo della superficie e di metà della massa dei ghiacciai alpini nel 1850-1980
- Nel periodo 1980-2000 perdita tra il 20-30%
- Nell'estate 2003 perdita di circa il 10%
- Probabilmente l'estensione attuale dei ghiacciai non è mai stata raggiunta negli ultimi 5000 anni

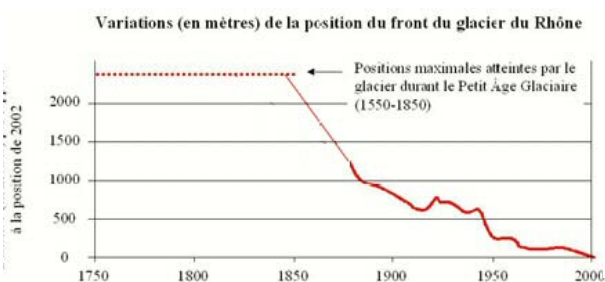


- Continuo ritiro e probabile scomparsa di molti apparati glaciali (circa il 75% nelle Alpi Svizzere entro il 2050)

## Uganda – ghiacciaio Orubare Rwenzori, 5109 metri Terzo punto più alto dell'Africa

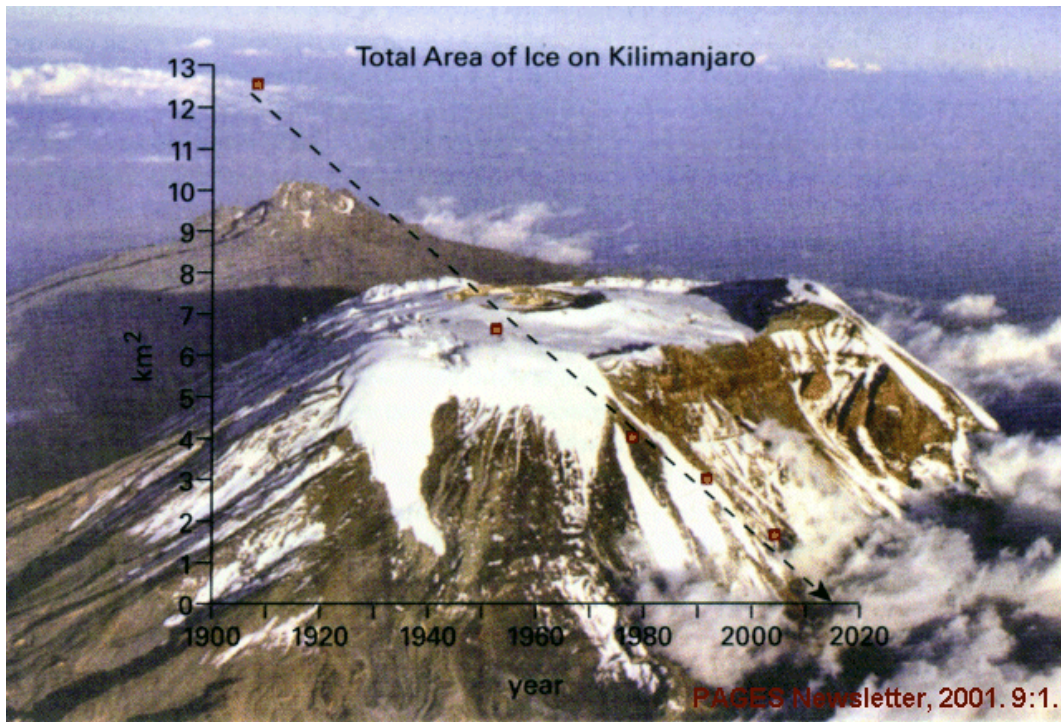


V. Sella, courtesy of the Fondazione Sella



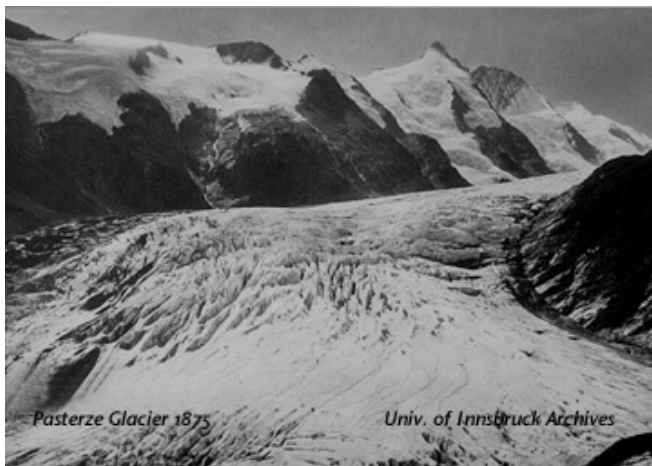
## Svizzera – ghiacciaio del Rodano



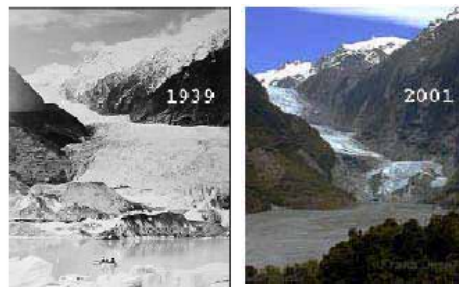


Alaska – ghiaccio Portage

Austria – ghiaccio Pasterze



Nuova Zelanda – ghiaccio Franz Josef



Alaska – ghiaccio McCall



## Ghiacci artici

- La superficie totale della calotta artica è diminuita di circa il 8% tra il 1978 ed il 2003
- Lo spessore del ghiaccio è diminuito di circa il 40% tra gli anni 60-90
- La durata della stagione estiva aumenta di circa 5 giorni ogni 10 anni

Observed sea ice September 1979

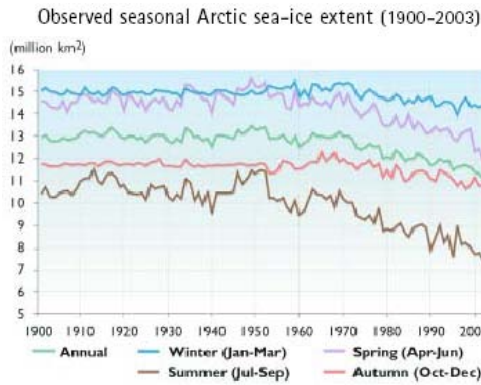


Observed sea ice September 2003

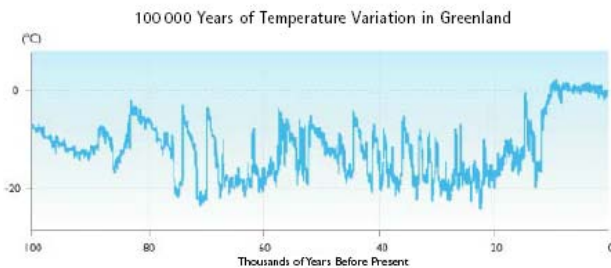


These two images, constructed from satellite data, compare arctic ice concentrations in September of 1979 and 2003. September is the month in which sea ice is at its yearly minimum and 1979 marks the first year that data of this kind became available in meaningful form. The lowest concentration of sea ice on record was in September 2002.

Il cambiamento climatico è particolarmente intenso nell'Artide. La temperatura media sta crescendo a velocità doppia rispetto al resto del globo. Negli ultimi 50 anni le temperature invernali in Alaska e nell'ovest del Canada sono aumentate di circa 4-5°C

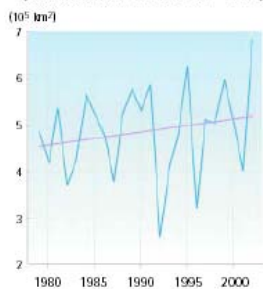


Annual average extent of arctic sea ice from 1900 to 2003. A decline in sea-ice extent began about 50 years ago and this decline sharpened in recent decades, corresponding with the arctic warming trend. The decrease in sea-ice extent during summer is the most dramatic of the trends.

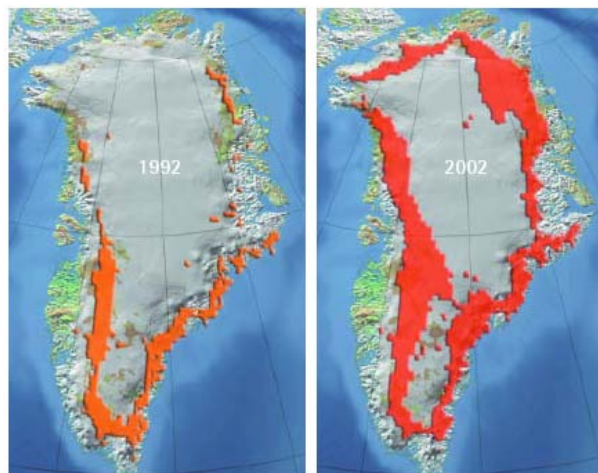


This record of temperature change (departures from present conditions) has been reconstructed from a Greenland ice core. The record demonstrates the high variability of the climate over the past 100 000 years. It also suggests that the climate of the past 10 000 years or so, which was the time during which human civilization developed, has been unusually stable. There is concern that the rapid warming caused by the increasing concentrations of greenhouse gases due to human activities could destabilize this state.

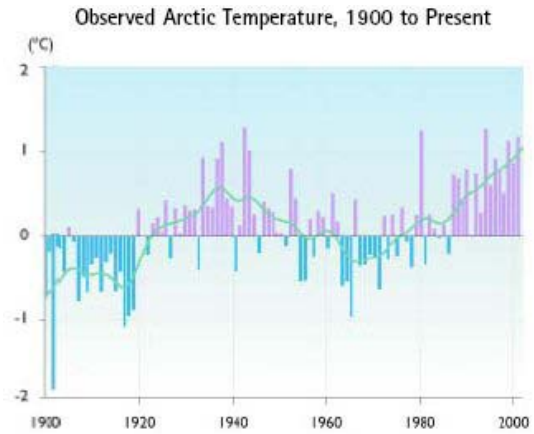
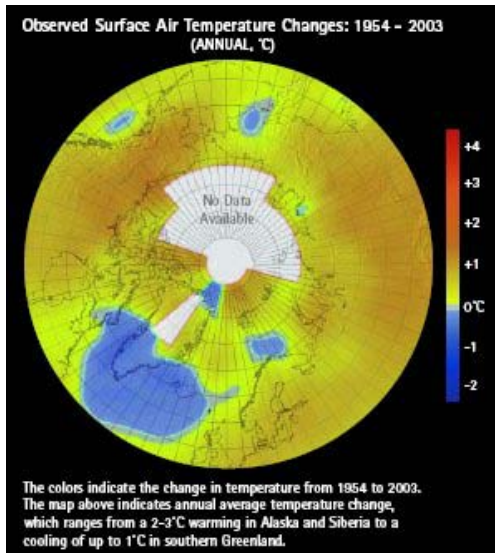
Greenland Ice Sheet Melt Extent (Maximum melt extent 1979 - 2002)



Greenland Ice Sheet Melt Extent



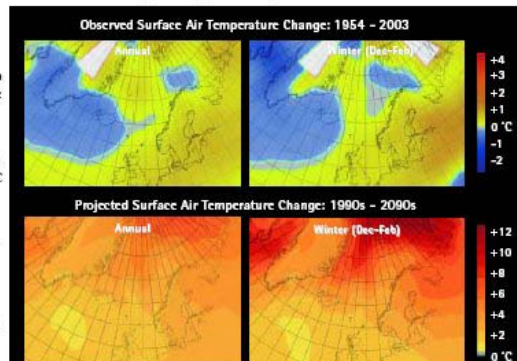
Seasonal surface melt extent on the Greenland Ice Sheet has been observed by satellite since 1979 and shows an increasing trend. The melt zone, where summer warmth turns snow and ice around the edges of the ice sheet into slush and ponds of meltwater, has been expanding inland and to record high elevations in recent years. When the meltwater seeps down through cracks in the ice sheet, it may accelerate melting and, in some areas, allow the ice to slide more easily over the bedrock below, speeding its movement to the sea. In addition to contributing to global sea-level rise, this process adds freshwater to the ocean, with potential impacts on ocean circulation and thus regional climate.



Annual average change in near surface air temperature from stations on land relative to the average for 1961-1990, for the region from 60° to 90°N.

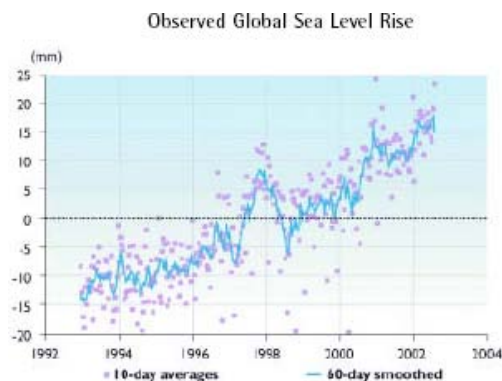
Over the last 50 years, annual average temperatures have increased by about 1°C over East Greenland, Scandinavia, and Northwest Russia, while there has been cooling of up to 1°C over Iceland and the North Atlantic Ocean. Near surface air temperatures over the Arctic and North Atlantic Oceans have remained very cold in winter, limiting the warming in coastal areas. Over inland areas, however, average wintertime temperatures have increased by about 2°C over Scandinavia and 2-3°C over Northwest Russia.

By the 2090s, model simulations project additional annual average warming of around 3°C for Scandinavia and East Greenland, about 2°C for Iceland, and roughly 6°C over the central Arctic Ocean. Average wintertime temperatures are projected to rise by 3-5°C over most land areas and up to 6°C over Northwest Russia, with the increase becoming larger near the coasts as a result of the 6-10°C warming over the nearby Arctic Ocean.



## Incremento del livello marino

- Nell'ultimo secolo l'aumento del livello marino è stato di 0,8-3 mm/anno
- Aumento di volume della massa d'acqua a causa del suo riscaldamento
- Aumento della massa d'acqua per il contributo della fusione del ghiaccio continentale



These data, from a satellite launched in the 1992, show the rise in global average sea level over the past decade.

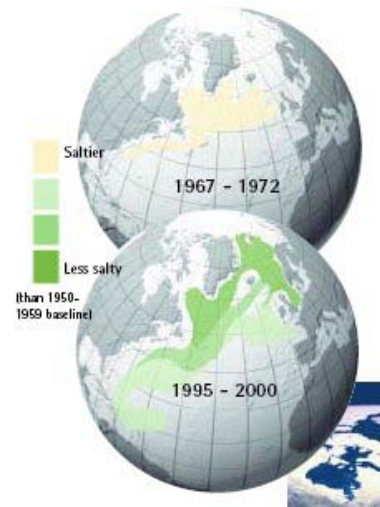
# Variazione della salinità

Cause della diminuzione della salinità delle acque:

- ridotta formazione di ghiaccio marino
- aumento del deflusso delle acque superficiali (sia per fusione del ghiaccio continentale che per aumento delle precipitazioni)

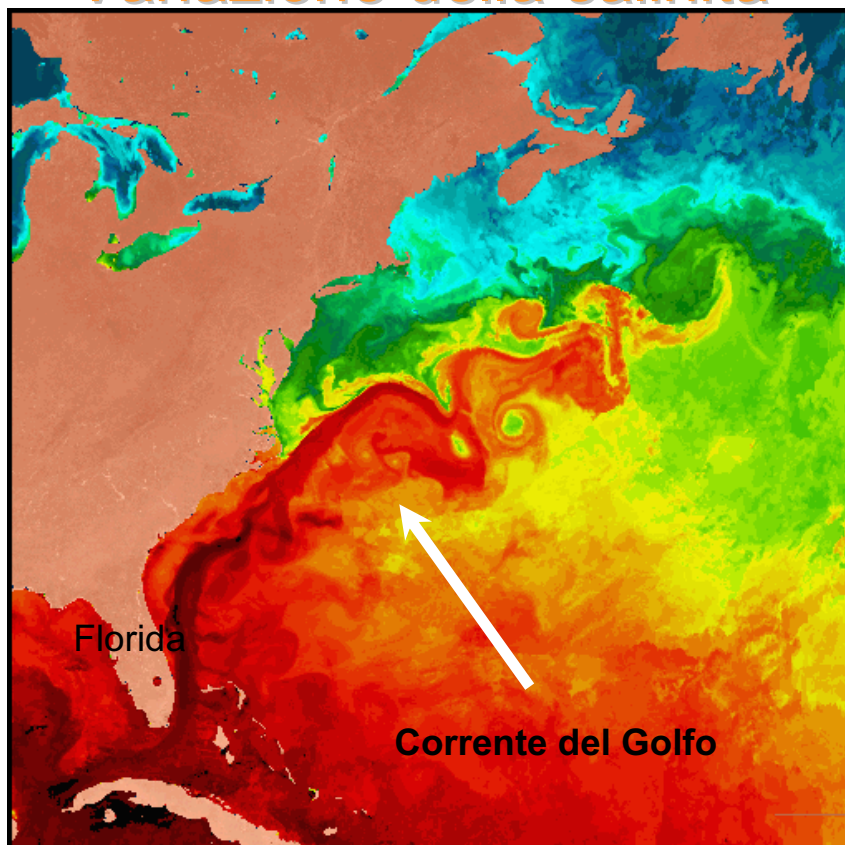


Reduced Salinity of North Atlantic Waters

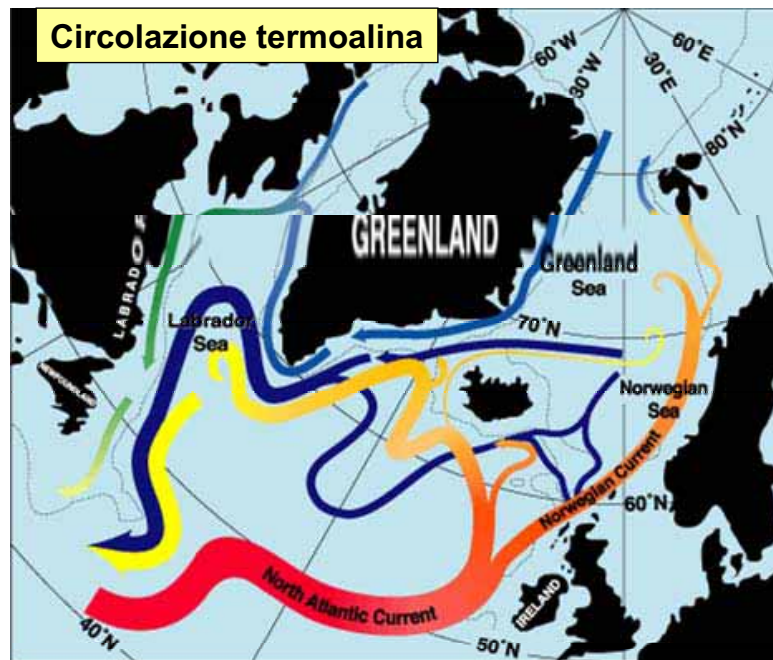


Probabile variazione della circolazione termoalina con “blocco” della corrente del golfo → **raffreddamento**

# Variazione della salinità



## Variazione della salinità

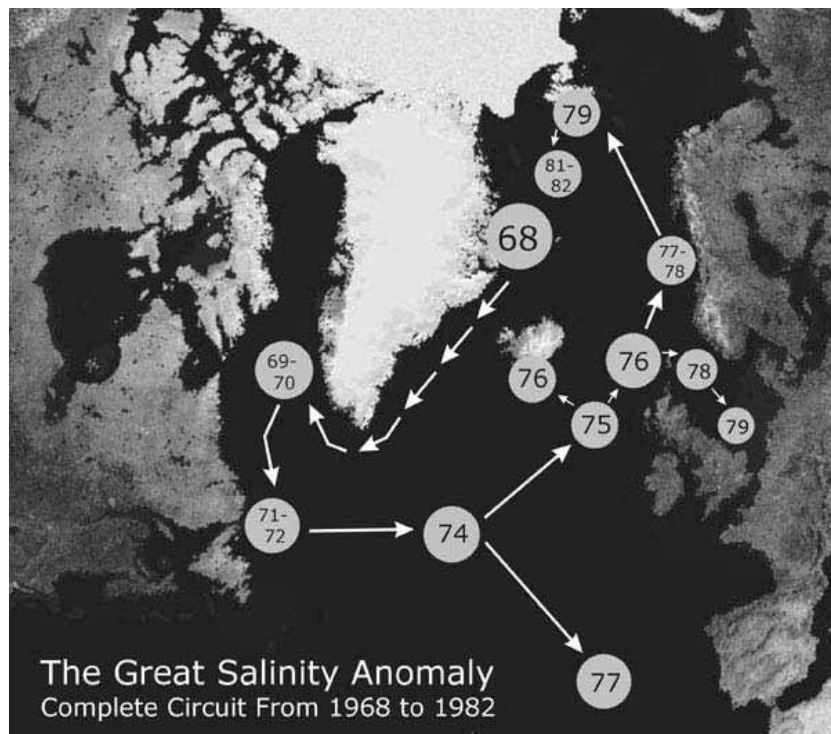


Alle alte latitudini la corrente del nord Atlantico fornisce un eccesso di calore pari al 30% rispetto a quello fornito dal sole

## Variazione della salinità

- Secondo recenti ipotesi, ancora da verificare, i cambiamenti multidecennali (quali ad esempio 1870-1899, 1900-1920 e 1940-1960) del clima su scala globale sarebbero da imputarsi principalmente a variazioni della circolazione termoalina.
- Alla fine degli anni '60 è stata osservata una sensibile variazione della salinità delle acque del nord Atlantico: il fenomeno, noto come **Grande Anomalia Salina** fu caratterizzato dalla presenza di una *enorme pozza di acqua poco salata e poco densa* che limitò la produzione di acque profonde. Questo spiegherebbe perché nonostante l'aumento della concentrazione dei gas serra sia stata registrata una diminuzione della T
- **La diminuzione della salinità delle acque artiche potrebbe provocare il rallentamento o l'interruzione del nastro trasportatore di calore verso il polo con conseguente raffreddamento dell'Europa**

# La grande anomalia salina



## Il Clima dell'Italia nell'ultimo ventennio

Rispetto al ventennio '60-'80 le stagioni hanno subito profondi mutamenti, soprattutto l'inverno e l'estate

### Inverno

- aumento della temperatura media (circa 1°C)
- diminuzione delle nevicate in pianura
- riduzione delle precipitazioni (sia pioggia che neve)
- aumento della frequenza degli inverni siccitosi
- diminuzione della frequenza (e l'intensità) delle ondate fredde
- innalzamento del limite della neve sulle Alpi (sia perché piove di meno che per l'aumento della T)
- drastica riduzione della nebbia in pianura padana

### Estate

- aumento della temperatura media (quasi 1°C)
- aumento delle estati eccezionalmente calde
- riduzione delle precipitazioni
- aumento della frequenza dei nubifragi (estremizzazione del clima)

# Il Clima dell'Italia nell'ultimo ventennio

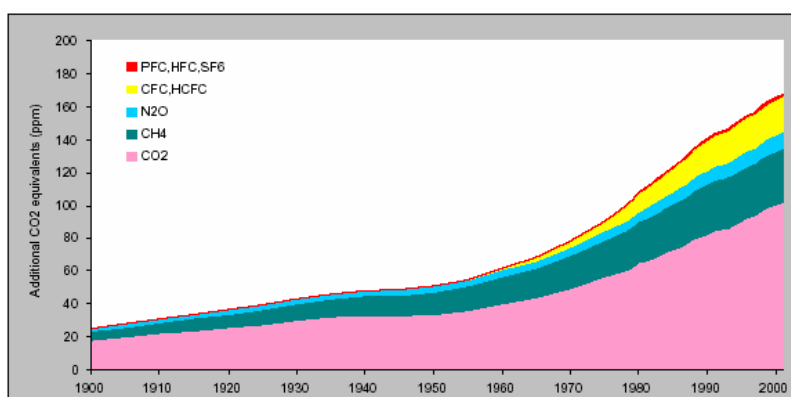
## Autunno

Ha subito profondi mutamenti soprattutto nell'ultimo decennio '90-'00

- aumento delle precipitazioni del 10-30% rispetto al decennio '80-'90
- 4 delle 6 alluvioni dal 1950 ad oggi ('51, '66, '93, '94, 2000, 2002) si sono verificate nell'ultimo decennio
- 3 dei 5 autunni più piovosi dal 1950 ad oggi ('66, '76, '93, 2000, 2002) appartengono all'ultimo decennio
- nel nord Italia l'autunno 2000 è stato il più piovoso degli ultimi 50 anni
- riscaldamento delle acque superficiali del mar Mediterraneo e conseguente destabilizzazione delle masse d'aria fredde provenienti dall'Atlantico

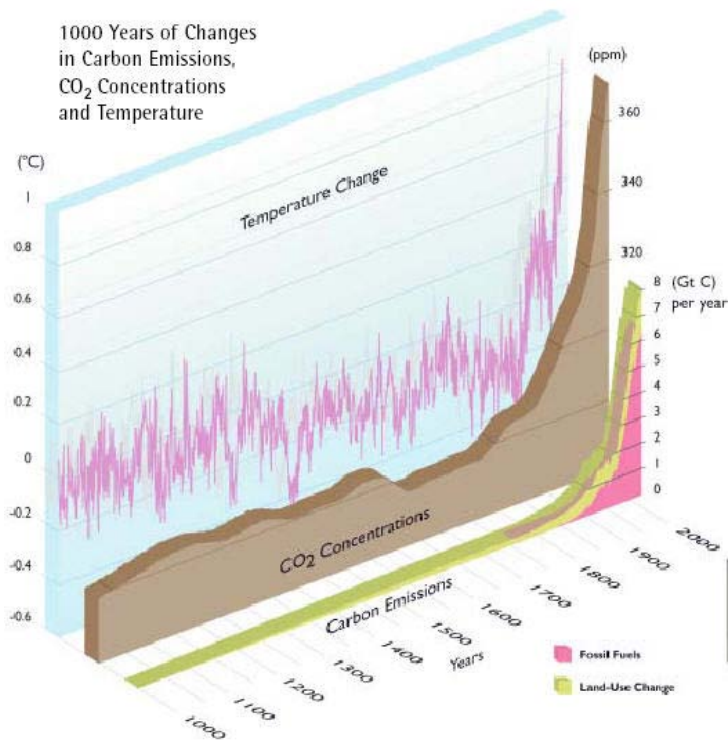
## La possibile causa: Incremento dell'effetto serra

- Incremento della concentrazione di CO<sub>2</sub> da 280 ppm della metà del 1700 a 375 ppm nel 2003 (aumento di 95 ppm pari al 34%) con una crescita accelerata dal 1950
- L'attuale livello di CO<sub>2</sub> sarebbe superiore di circa 70 ppm al massimo registrato negli ultimi 400.000 anni (dati EEA 2004)
- Incremento della concentrazione dei "gas serra" pari a 170 ppm di CO<sub>2</sub> equivalenti (61% CO<sub>2</sub>, 19% CH<sub>4</sub>, 6% N<sub>2</sub>O, 13% HCFC, 0,7% PFC, HFC, SF<sub>6</sub>)

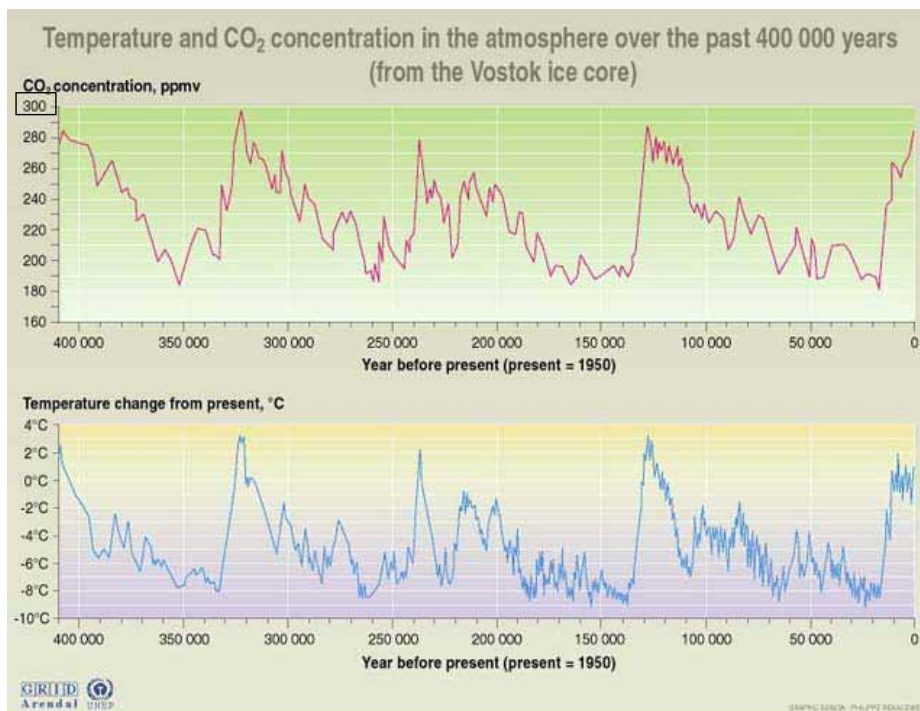


(Dati IPCC 2001  
e EEA 2004)

Rise of greenhouse gases  
(1900-2000) compared to  
the year 1750



## Risultati dei carotaggi in Antartide



Source: J.R. Petit, J. Jouzel, et al. Climate and atmospheric history of the past 420 000 years from the Vostok ice core in Antarctica, Nature 399 (33/line), pp. 429-436, 1999.

**Table 1:** Global atmospheric concentration (ppm unless otherwise specified), rate of concentration change (ppb/year) and atmospheric lifetime (years) of selected greenhouse gases

<b>Atmospheric Variable</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>N<sub>2</sub>O</b>	<b>SF<sub>6</sub><sup>a</sup></b>	<b>CF<sub>4</sub><sup>a</sup></b>
Pre-industrial atmospheric concentration	278	0.700	0.270	0	40
Atmospheric concentration (1998)	365	1.745	0.314	4.2	80
Rate of concentration change <sup>b</sup>	1.5 <sup>c</sup>	0.007 <sup>c</sup>	0.0008	0.24	1.0
Atmospheric Lifetime	50-200 <sup>d</sup>	12 <sup>e</sup>	114 <sup>e</sup>	3,200	>50,000

Source: IPCC (2001)

<sup>a</sup> Concentrations in parts per trillion (ppt) and rate of concentration change in ppt/year.

<sup>b</sup> Rate is calculated over the period 1990 to 1999.

<sup>c</sup> Rate has fluctuated between 0.9 and 2.8 ppm per year for CO<sub>2</sub> and between 0 and 0.013 ppm per year for CH<sub>4</sub> over the period 1990 to 1999.

<sup>d</sup> No single lifetime can be defined for CO<sub>2</sub> because of the different rates of uptake by different removal processes.

<sup>e</sup> This lifetime has been defined as an "adjustment time" that takes into account the indirect effect of the gas on its own residence time.