

13/02/2017

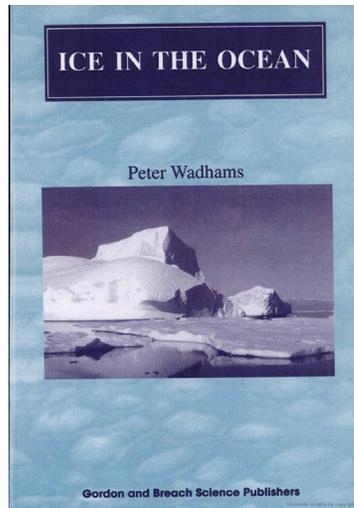
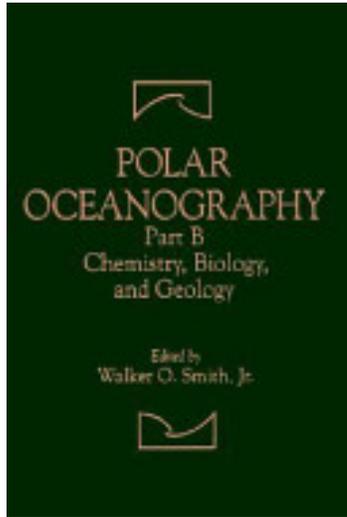
Oceanografia Polare

A. A. 2020-2021

Introduzione al corso

Programma di massima del corso

- Introduzione, finalità e contesto del corso. Analisi dello stato climatico del pianeta basato sui report dell'IPCC. Struttura fisica degli oceani polari. Formazione, distribuzione e concentrazione del ghiaccio negli oceani. Proprietà termo-fisiche del ghiaccio di mare. Classificazione dei ghiacci marini. Aree di polynya: polynye a calore latente e calore sensibile, polynya di Baia Terra Nova. Masse d'acqua tipiche della piattaforme polari e formazione delle acque di profonde e di fondo.
- Richiami: teoria di Ekman, Sverdrup. Correnti indotte dal vento. Circolazione nell'oceano meridionale: Corrente Circumpolare Antartica (ACC) e rappresentazione schematica della zonazione. Circolazione generale nell'Artico.
- Circolazione nel Mare di Ross, Weddell e Groenlandia. Circolazione termoalina globale.



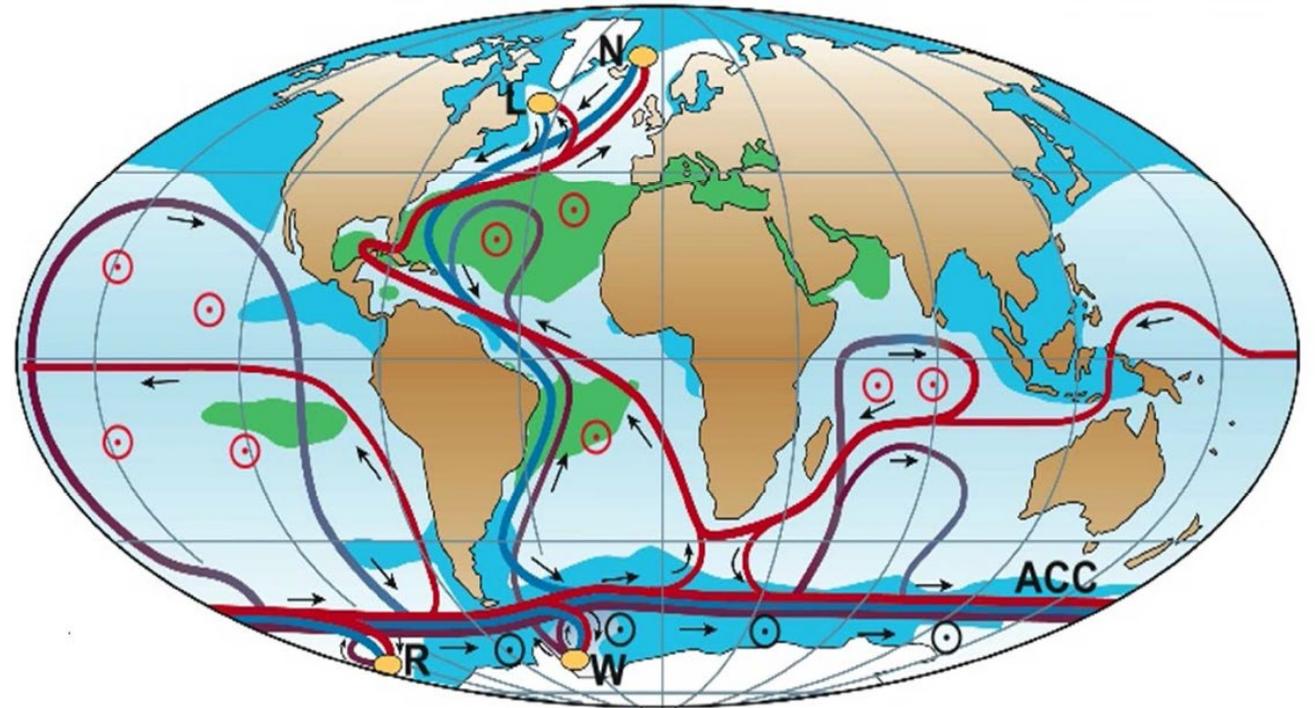
Libro di testo

- **Ice in the Ocean”, Peters Wadhams, Gordon and Breach Science Publishers.**
- **“Polar Oceanography”, Walker O. Smith Jr., Academic Press.**
- **Slide delle lezioni frontali e articoli scientifici distribuiti durante il corso.**

Il sistema climatico della Terra

- La fonte di calore è ovviamente il sole
- I tropici sono riscaldati maggiormente rispetto ai poli
c'è uno squilibrio nella distribuzione del calore tra poli e tropici
- Il trasporto di calore avviene sia per effetto della circolazione atmosferica che oceanica contribuendo alla distribuzione di :
 - Temperatura
 - Precipitazioni
 - Estensione dei ghiacci
 - Vegetazione

Global Ocean ThermoHaline Circulation



- | | | |
|------------------------|---------------------------|----------------|
| — Surface flow | ⊙ Wind-driven upwelling | L Labrador Sea |
| — Deep flow | ⊙ Mixing-driven upwelling | N Nordic Seas |
| — Bottom flow | ■ Salinity > 36 ‰ | W Weddell Sea |
| ● Deep Water Formation | ■ Salinity < 34 ‰ | R Ross Sea |

Effetto serra e GHG (1)

- Il principale gas effetto serra è il vapore acqueo (effetto serra naturale)
- Subito dopo abbiamo al CO₂ che è anche il gas serra più importante tra quelli introdotti dalle attività umane.
- Le politiche di intervento per ridurre il livello di emissione della CO₂ devono partire da un elemento fondamentale: come varia la CO₂ ovvero qual'è il ciclo del carbonio

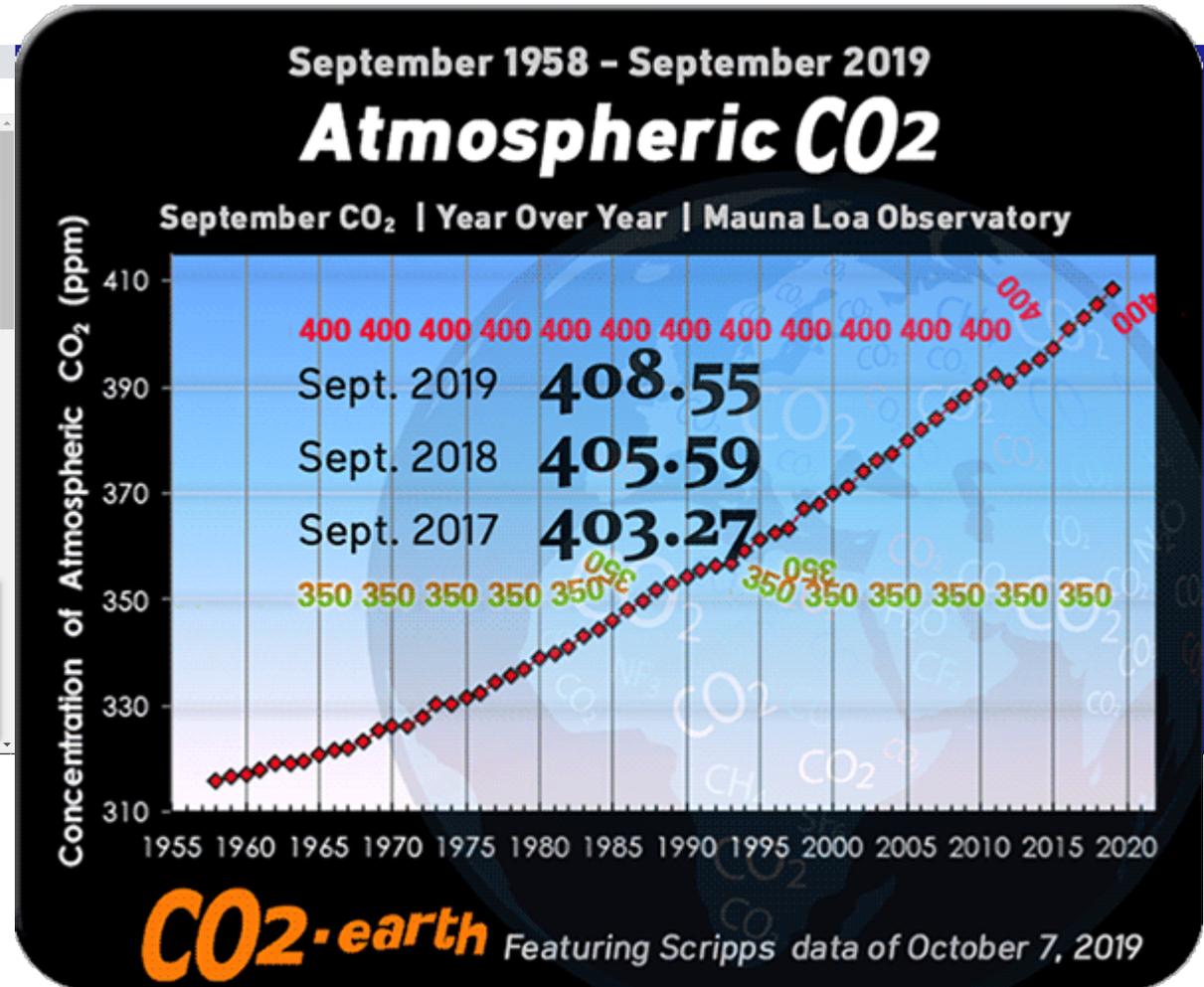
Effetto serra e GHG (2)

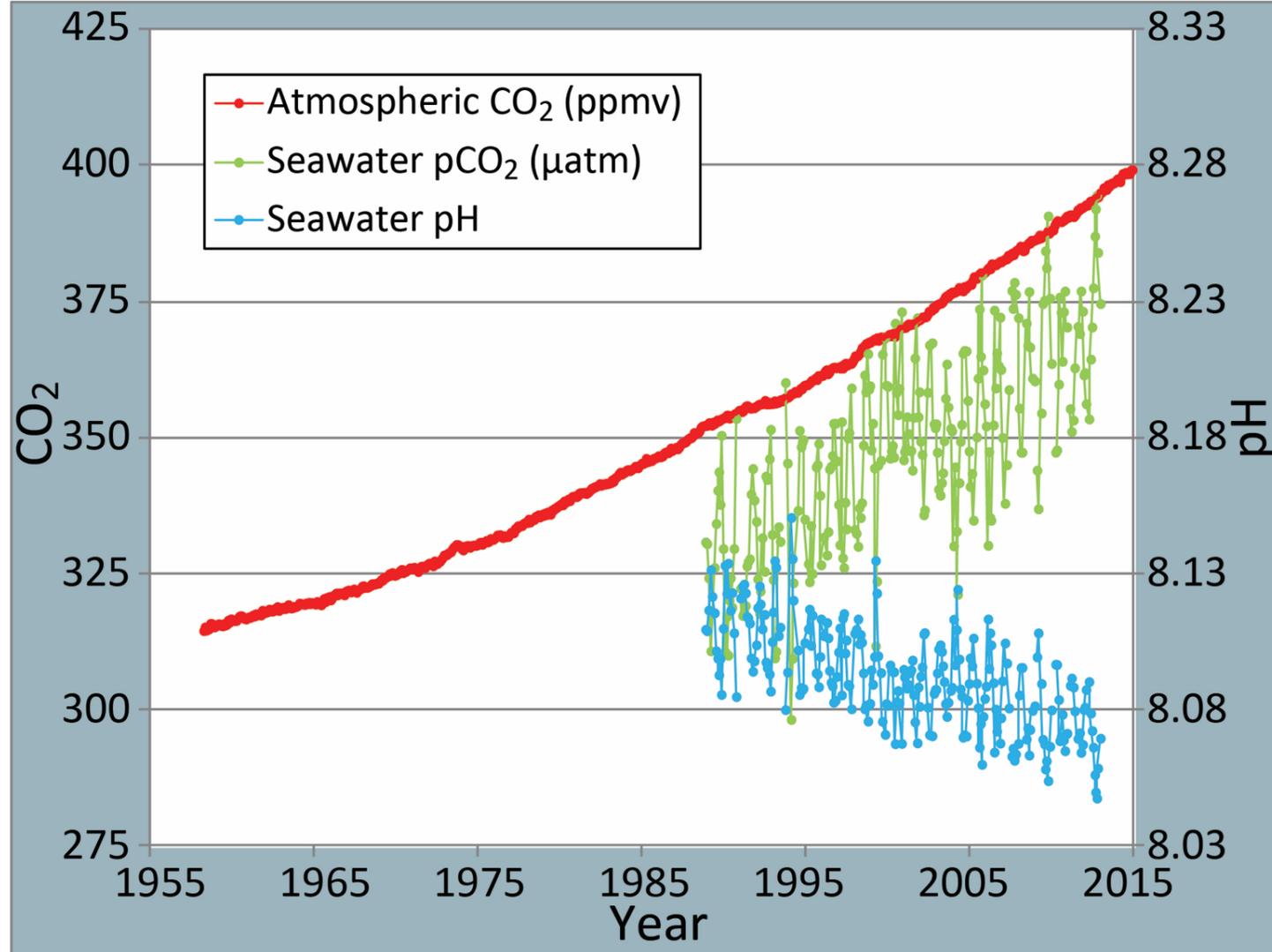
- Sono GHG tutti quei gas che assorbono radiazione infrarossa.
- La CO₂ è un GHG ma in atmosfera troviamo anche: CH₄ metano, ossidi di azoto (N₂O) Ozono e gli alocarburi (CFC e gli idroCFC).
- Sebbene presenti in concentrazioni molto inferiori alla CO₂, soprattutto CH₄ e alocarburi sono molto più efficienti in termini di effetto serra.

ad esempio gli alocarburi sono presenti in un rapporto 1/10000 rispetto alla CO₂ ma sono 20 volte più efficienti in termini di effetto serra

Curva di Keeling

Curva di Keeling





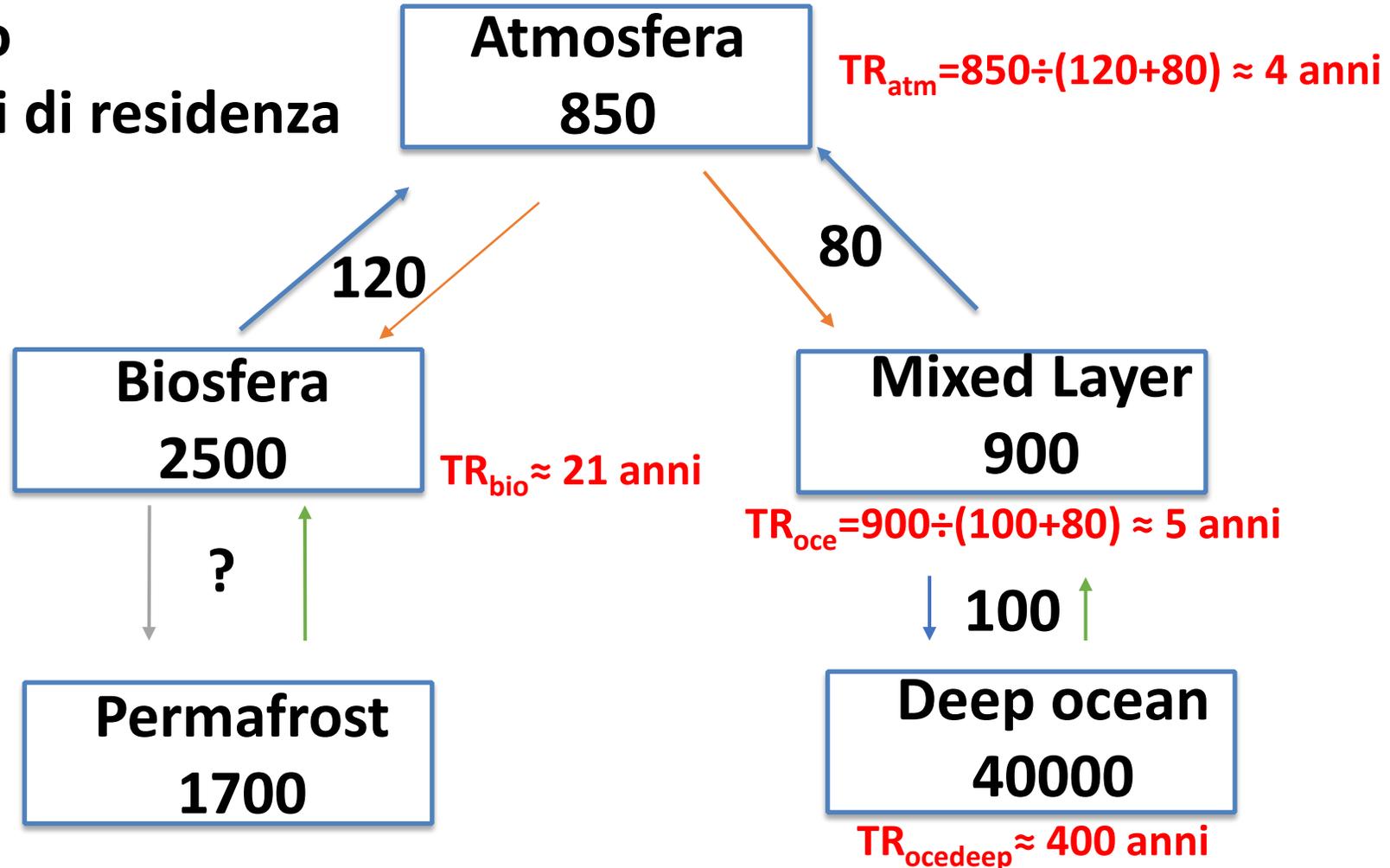
This graph shows the correlation between rising levels of carbon dioxide (CO₂) in the atmosphere at Mauna Loa with rising CO₂ levels in the nearby ocean at Station Aloha. As more CO₂ accumulates in the ocean, the pH of the ocean decreases. (modified after R. A. Feely, Bulletin of the American Meteorological Society, July 2008).

Il sistema combinato atmosfera-biosfera-oceano

Dati in GtC/anno

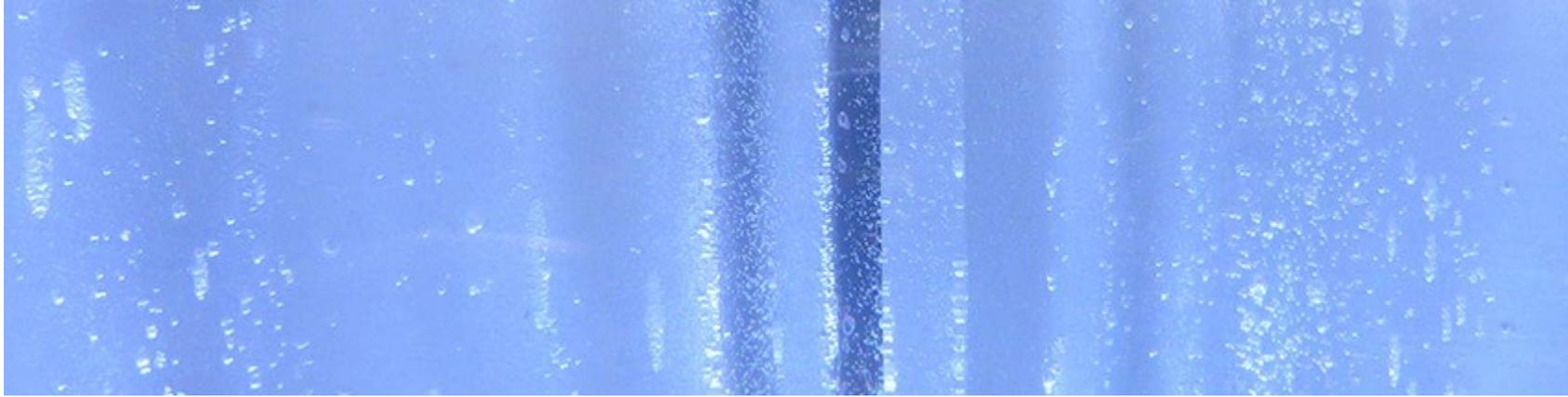
In rosso di tempi di residenza

TR o lifetime

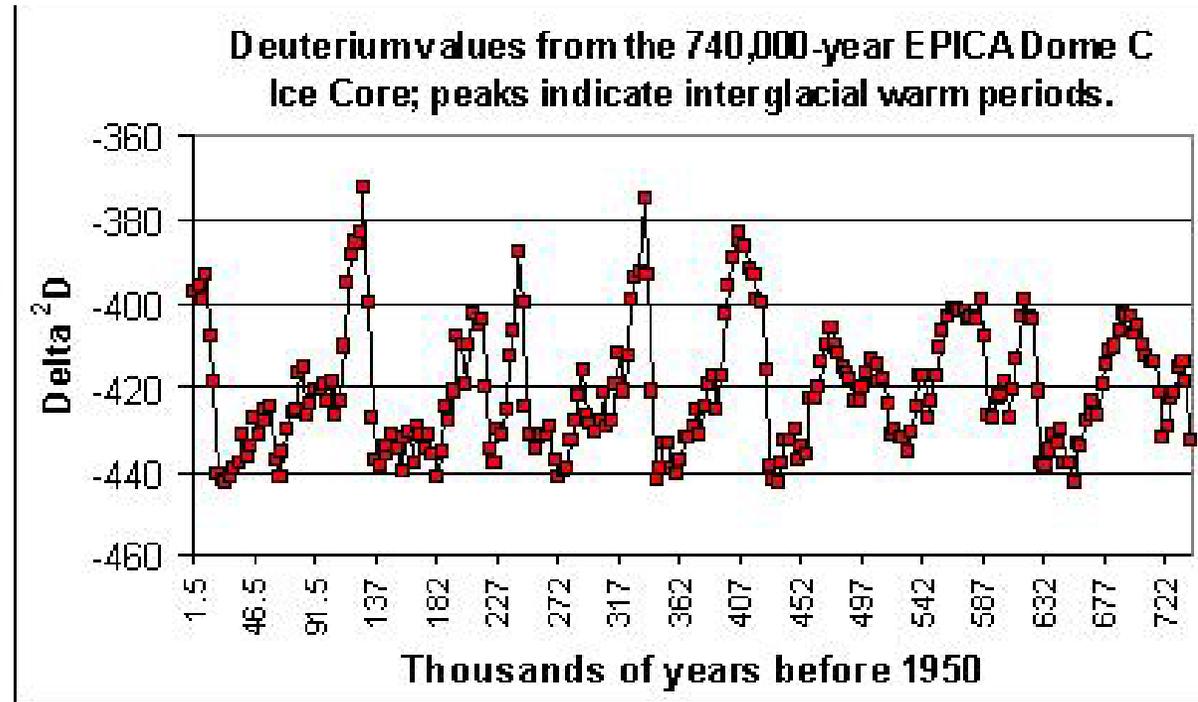


1
1
Il clima nell' "ultimo" milione di anni

- Ice core sia artici che antartici sono le principali fonti di informazioni.



- Analisi dei rapporti tra determinati isotopi di O₂ con il deuterio (isotopo dell'idrogeno) hanno messo in evidenza una diretta relazione con la temperatura media della terra.
- Analisi dei sedimenti marini hanno fornito e forniscono importanti informazioni.
- Fossili del plancton e di altre specie racchiusi nei sedimenti marini, contengono a loro volta isotopi di O₂.
- E' quindi possibile risalire a vari proxy utilizzati per la descrizione del clima (T, S, CO₂)

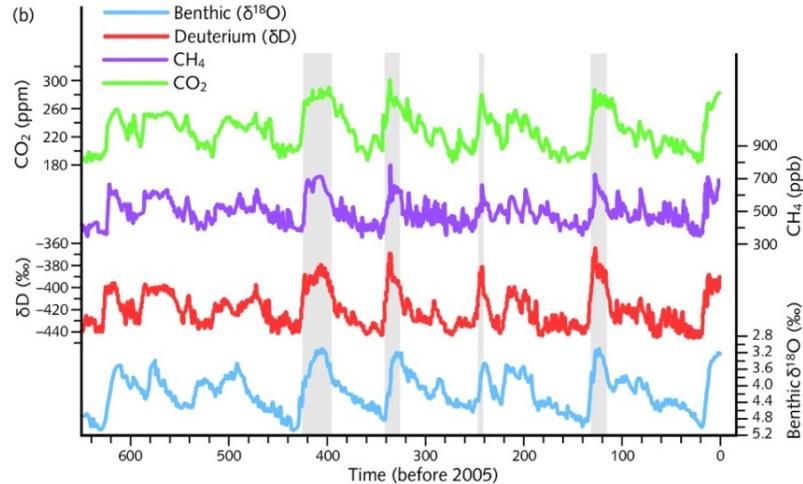
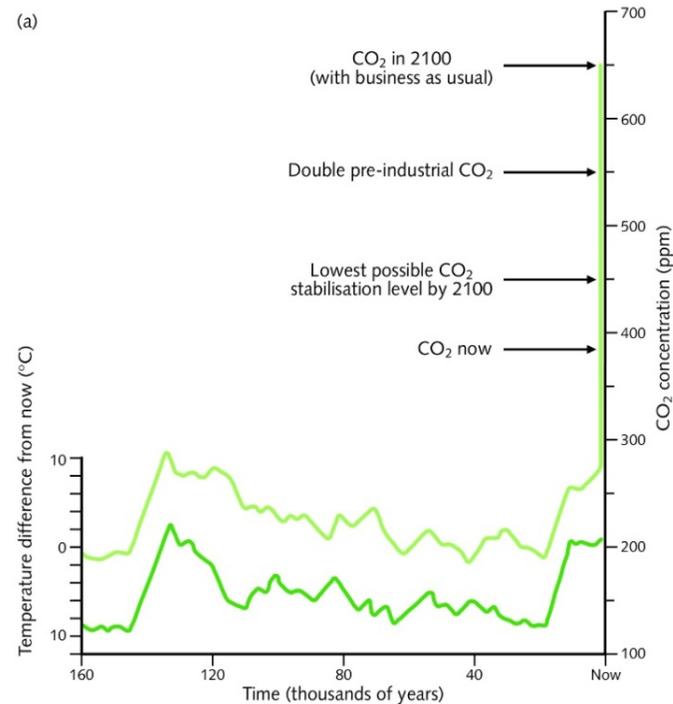


È possibile derivare l'andamento della temperatura da misure dell'isotopo di deuterio in quanto è stato dimostrato che esiste una forte correlazione tra la temperatura media annuale e la frazione isotopica media di deuterio

Esiste una relazione lineare tra la temperatura media annuale di superficie e il contenuto di deuterio presente nella neve

Ice core

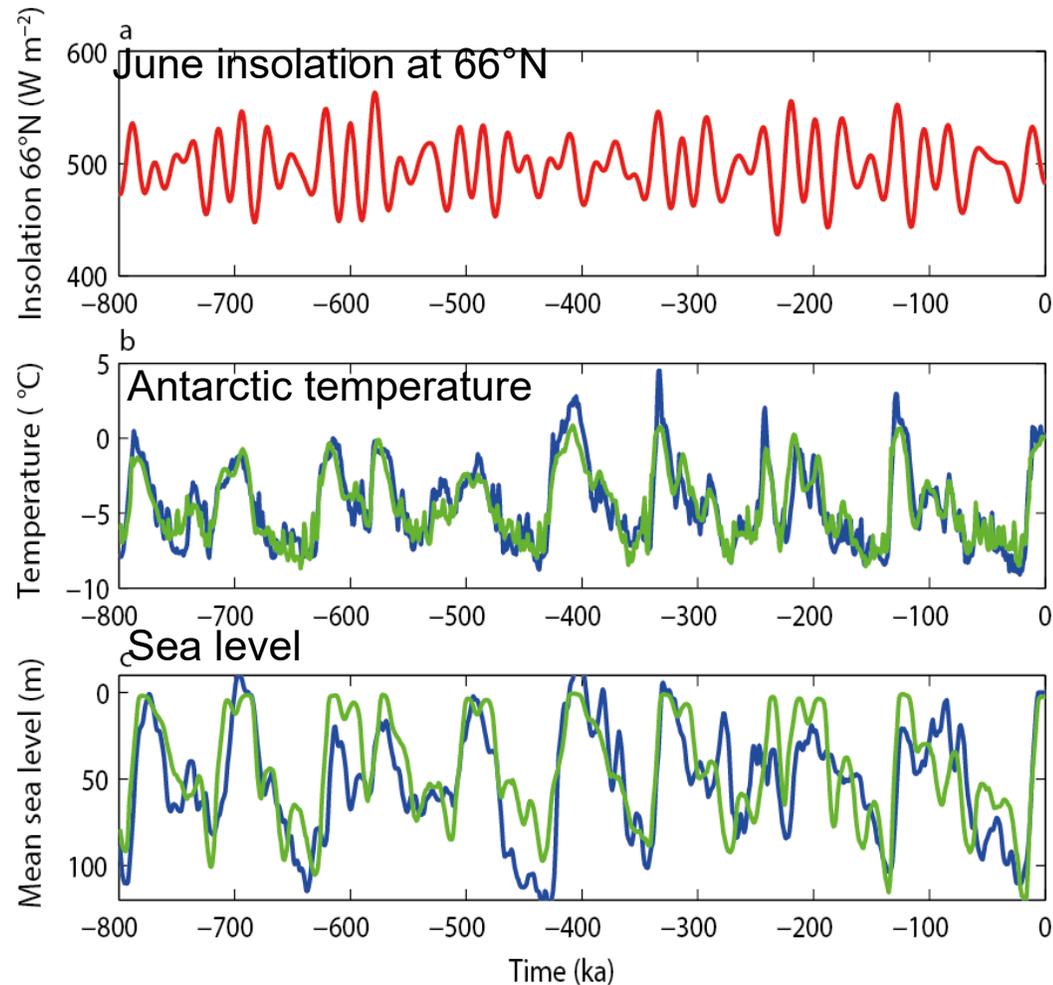
Figure 4.6 (a) Variations over the last 160 000 years of polar temperature and atmospheric carbon dioxide concentrations derived from the Vostok ice core from Antarctica. It is estimated that the variation of global average temperature is about half that in the polar regions. Also shown is the current carbon dioxide concentration of about 380 ppm and the likely rise during the twenty-first century under various projections of its growth. (b) Variations of deuterium (δD), a proxy for local temperature; $\delta^{18}O$, a proxy for global ice volume fluctuations; and the atmospheric concentrations of CO_2 and CH_4 derived from air trapped within ice cores from Antarctica. Shading indicates interglacial periods.



- In questo record si possono osservare 7 principali ere glaciali separate da periodi lunghi c.a. 100000 anni
- Questa ciclicità di origine ancora naturale deve essere legata alla variazione della sorgente di calore

Glacial-interglacial cycles

The astronomical theory of paleoclimate.



Insolation at 66°N at the June solstice (in $W m^{-2}$, red) according to Berger (1978), anomaly of Antarctic temperature reconstructed from the deuterium record (blue) and in the simulation of Ganopolski and Calov (2011) (green), Sea level reconstructed by Elderfield et al. (2012) (blue) and deduced from the change in continental ice volume simulated in Ganopolski and Calov (2011) (green).

— Observation
— Model

Younger Dryas



- E' un periodo di freddo intenso verificatosi tra i 12000 ed i 10700 anni fa accaduto durante un periodo di riscaldamento dopo la fine dell'ultima era glaciale.
- I record di temperatura da Ice core hanno mostrato che alla fine di questo evento la temperatura e' risalita di 7 gradi c.a in soli 50 anni !!
- L'aumento in temperatura fu caratterizzato da un periodo di scarse piogge e quindi limitata formazione di perturbazioni atmosferiche (quest'ultimo evidenziato da un calo drastico della concentrazione di aerosol negli Ice core)

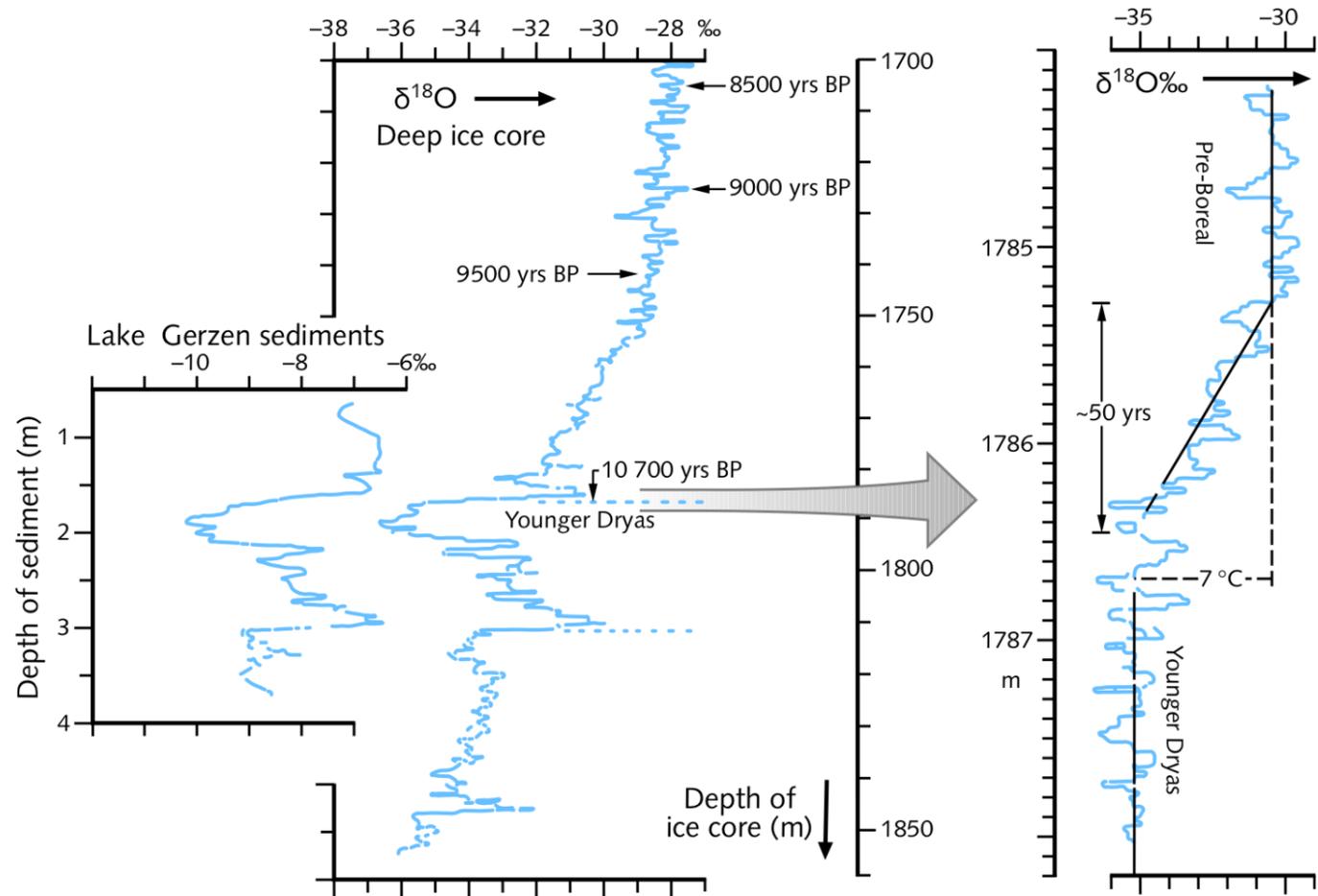
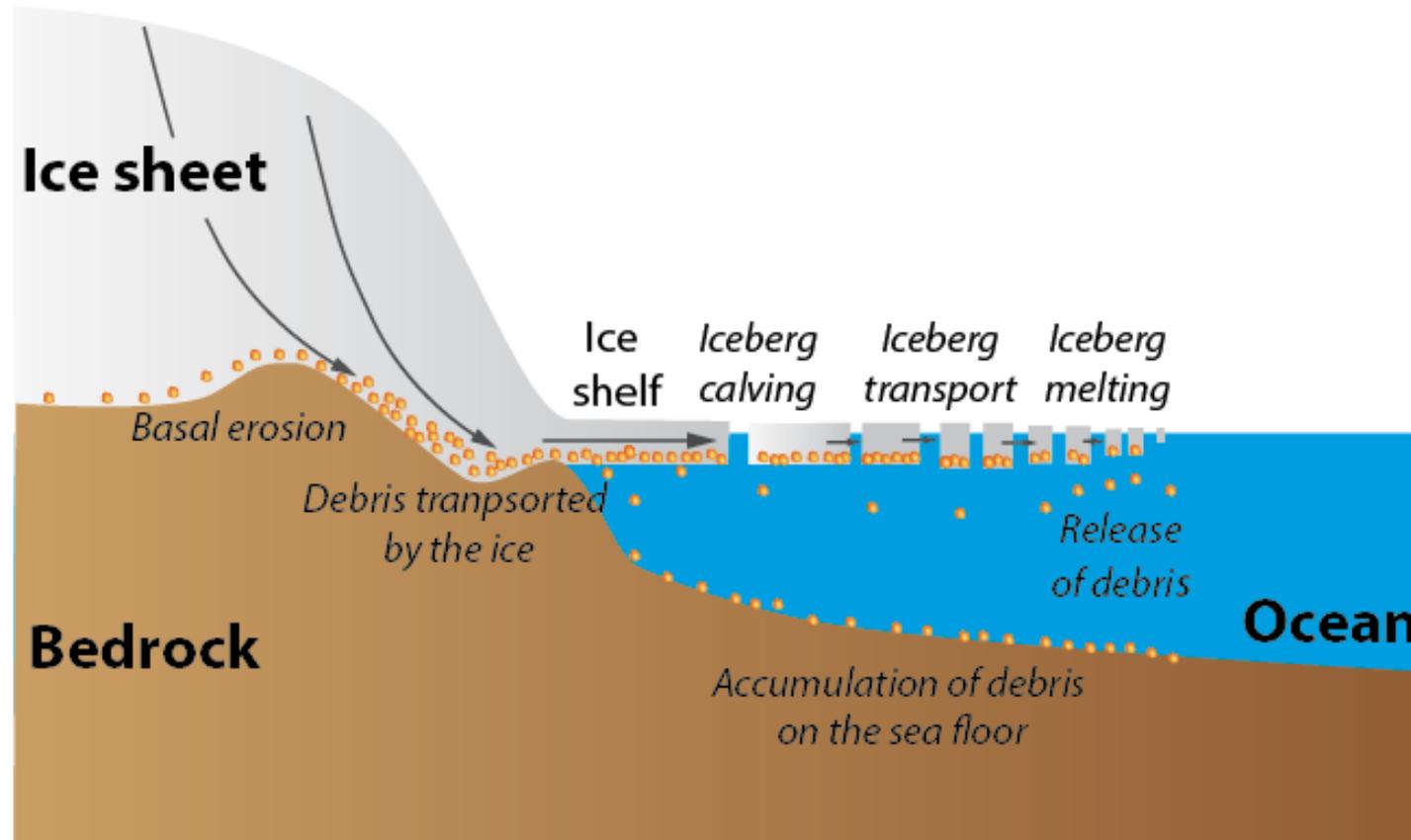


Figure 4.9 Records of the variations of the oxygen isotope $\delta^{18}\text{O}$ from lake sediments from Lake Gerzen in Switzerland and from the Greenland ice core 'Dye 3' showing the Younger Dryas event and its rapid end about 10 700 years ago. Dating of the ice core was by counting the annual layers down from the surface; dating of the lake sediment was by the ^{14}C method. A change of 5 parts per 1000 in $\delta^{18}\text{O}$ in the ice core corresponds to about a 7°C change in temperature.

Quali sono le cause ?

- Ci sono due cause prevalenti :
- 1) **Heinrich events** ovvero aumento della generazione di iceberg nel Nord Atlantico, condizione palusibile per una era glaciale, con consengente immissione massiva di acque dolce e fredda nel nord Atlantico.
- 2) E' così mutata la struttura dell'oceano con conseguente alterazione della circolazione termoalina del bacino atlantico.
- Questa ipotesi e' stata formulata dal prof. Wallace Broecker autore delle teoria del Global Conveyor Belt

Heinrich events correspond to a massive iceberg discharge that left thick layers of debris in the sediments of the North Atlantic.



Schematic representation of the massive iceberg release leading to the sediments deposits characteristic of Heinrich events.

Perché conoscere l'oceanografia dei poli è importante

- Perché intervengono nel e condizionano il bilancio energetico del pianeta
- Perché le masse d'acqua che qui si formano innescano la circolazione termoalina globale e quindi la redistribuzione di calore
- In particolare la circolazione nel Nord Atlantico è cruciale ai fini dell'equilibrio climatico del settore settentrionale dell'emisfero boreale
- In particolare l'Oceano Meridionale, attraverso l'ACC, trasporta e ridistribuisce le principali proprietà fisiche, chimiche e biologiche tra tutti i bacini oceanici
- In particolare l'Oceano Meridionale è la più grande riserva di CO₂