

L' Antartide e i cambiamenti climatici

Paola Rivarò



Università
di **Genova**

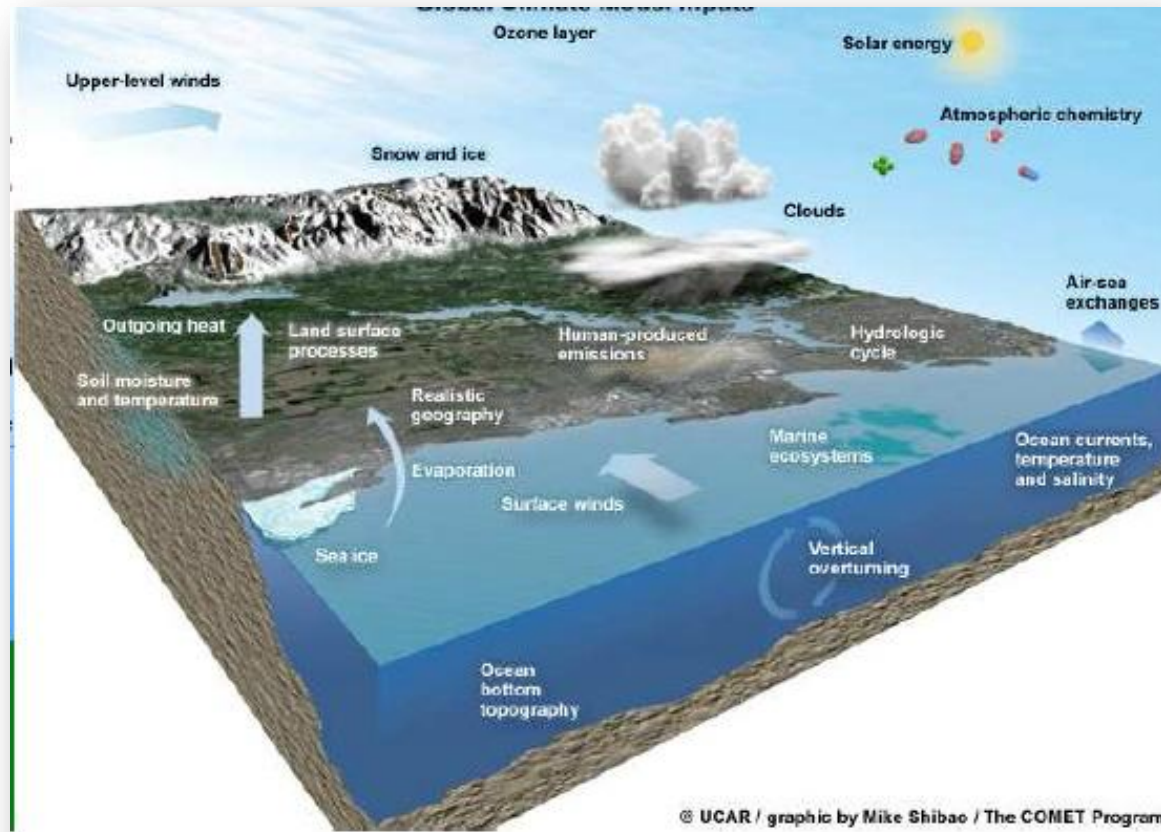
Seminario Art & Science

1 Marzo 2021

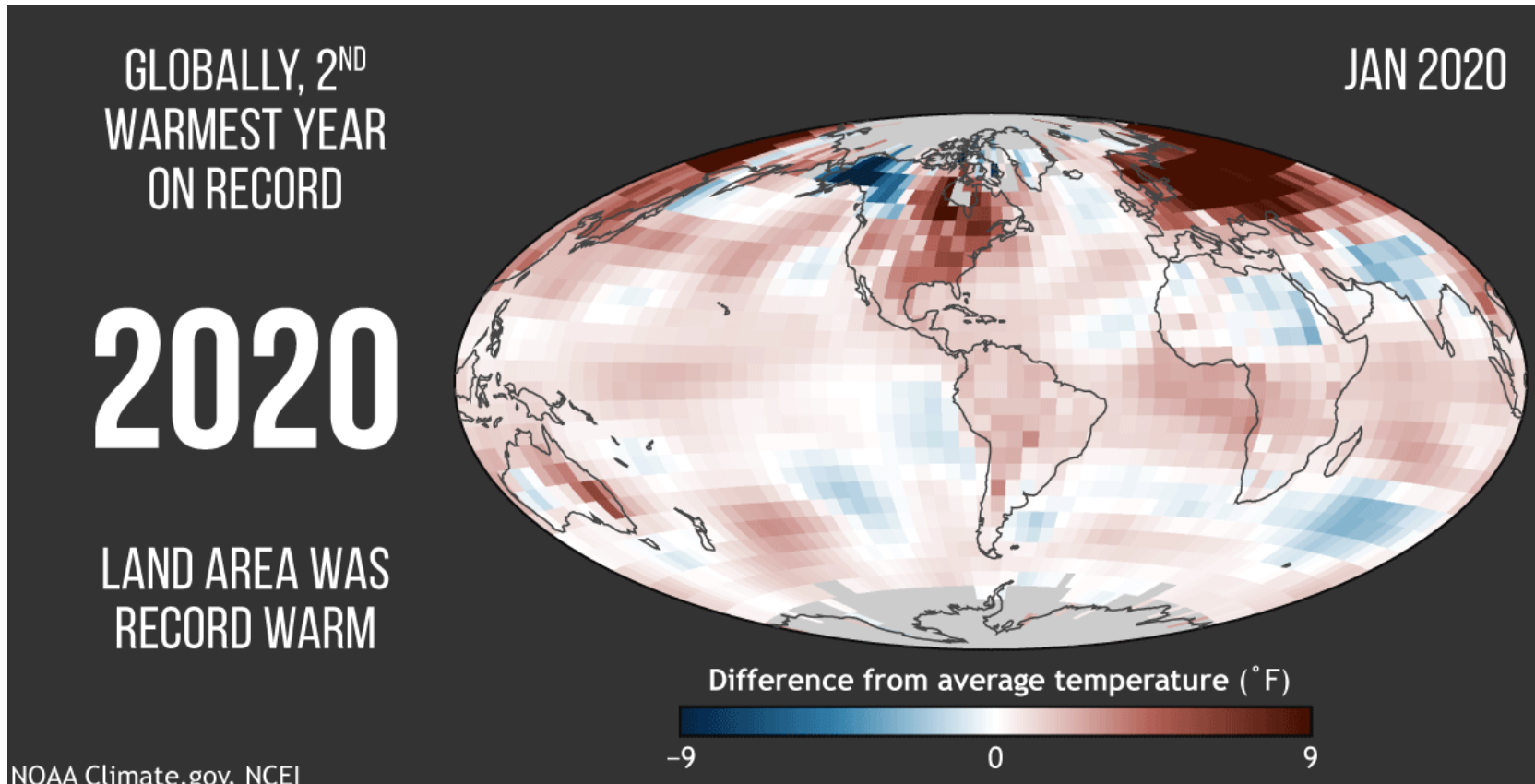
- Il clima = risultato dell' analisi statistica dei valori medi e variabili dei dati meteo rilevati per un tempo sufficientemente lungo
- = il risultato di energia in movimento



La quantità di energia solare che raggiunge l'atmosfera è elevata = 341 W m^{-2} , ma la quantità assorbita e trattenuta dalla Terra è molto inferiore e variabile (periodo dell'anno, latitudine, costituzione della superficie ecc.) con differenze bilanciate da moti di circolazione atmosferica e oceanica.



Il 2020 è stato il secondo anno più caldo (media $+0.98^{\circ}\text{C}$) rispetto alla temperatura media del periodo pre industriale

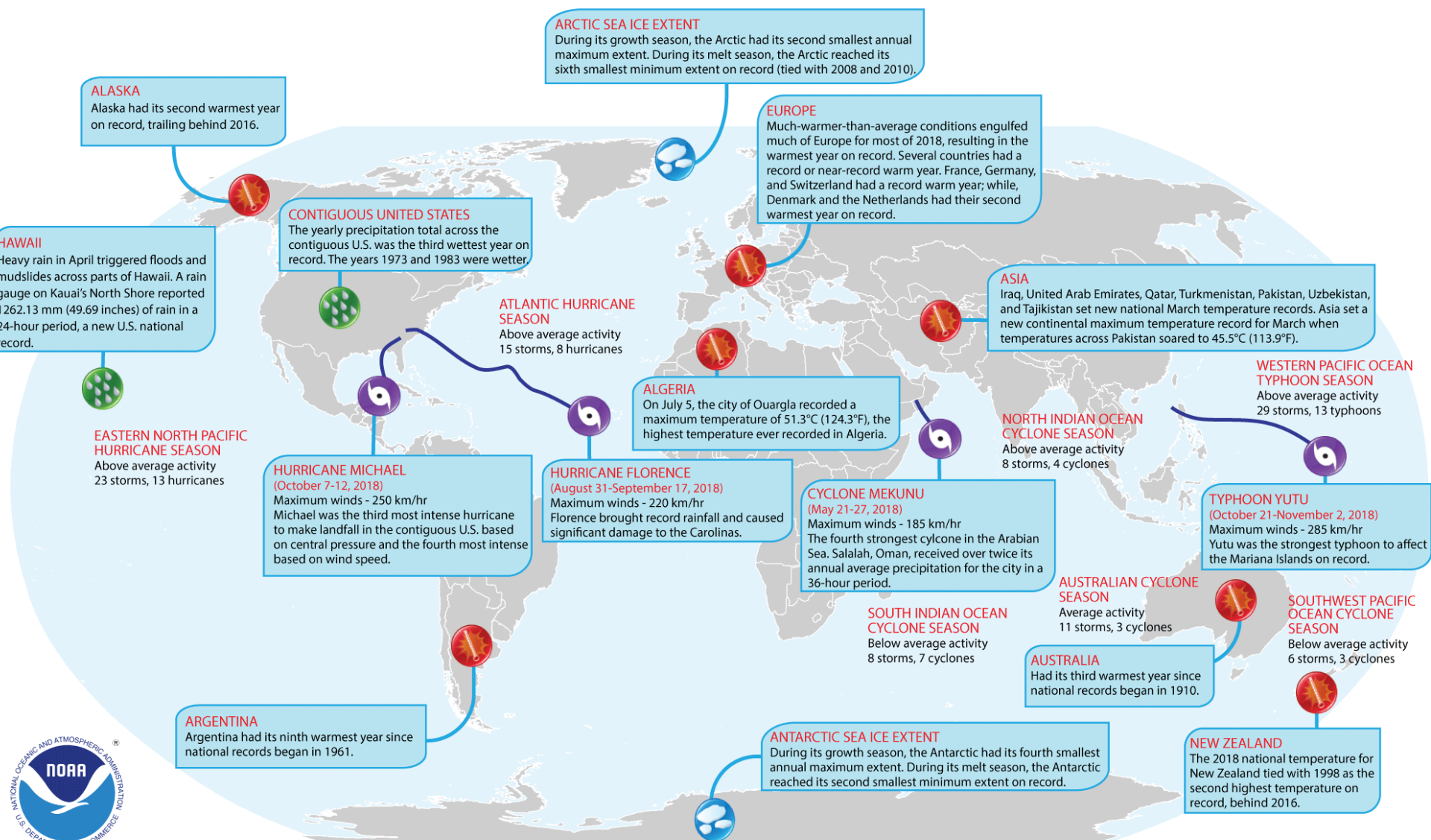


Fonte: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 14 gennaio 2021

2016-2020, gli anni record: Il 2016 è stato in assoluto l'anno più caldo, seguito da 2020, 2019, 2017 e 2018.

I dieci anni più caldi sono tutti posteriori al 2005

Alcune significative anomalie climatiche registrate nel 2018



Please Note: Material provided in this map was compiled from NOAA's NCEI State of the Climate Reports and the WMO Provisional Status of the Climate in 2018.
For more information please visit: <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc>



Il riscaldamento globale viene definito “**virtualmente certo**” (**probabilità > 99%**).

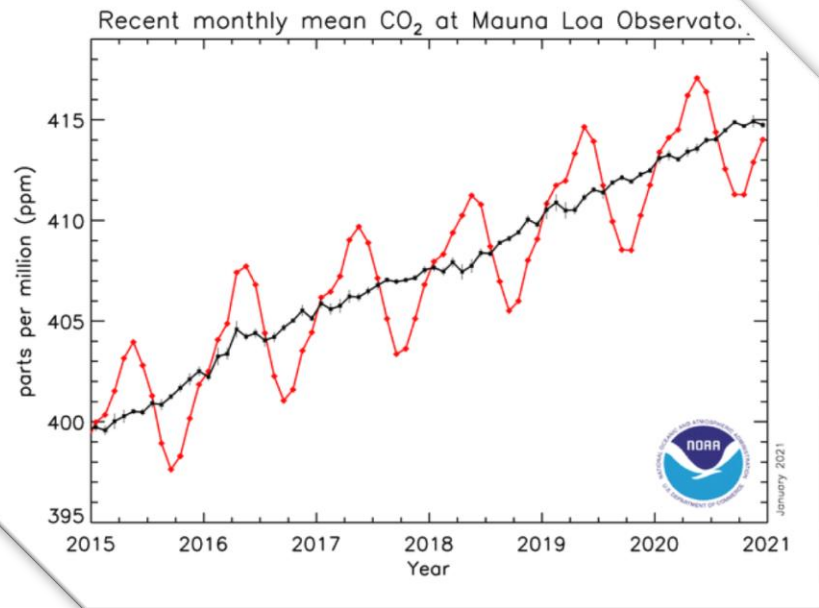
E’ “**estremamente probabile**” che le forzanti antropiche siano responsabili di oltre il 50% dell’aumento di temperatura tra il 1951 e il 2010 (**probabilità > 95%**).



L’aumento di temperatura dipende dalla combinazione **dell'incremento delle concentrazioni di gas serra in atmosfera** e dalla riduzione della riflettività terrestre dovuta **alla riduzione della superficie coperta dai ghiacci**.

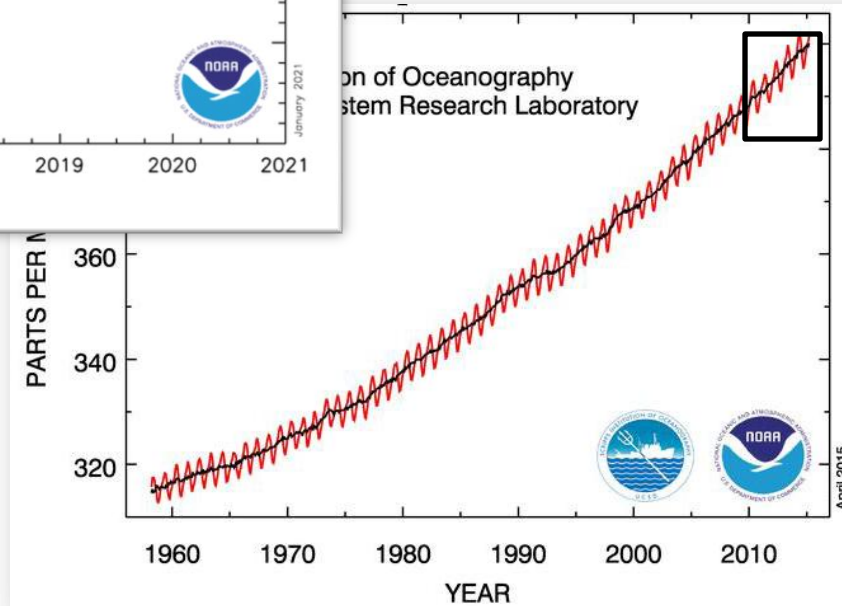
Fonti: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA): V Rapporto sul clima, IPCC

Variazione temporale CO₂ atm



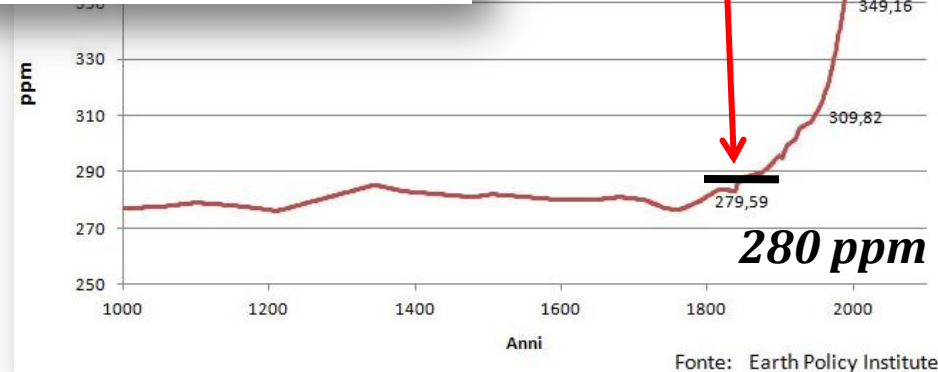
9 maggio 2013: 400 ppm
Dicembre 2020: 414 ppm

2015 – 2020



Epoca pre industriale
280 ppm

1960 - 2010



1000 - 2000

Il destino delle emissioni di CO₂ antropico (2007–2016)



88%
34.4 GtCO₂/yr



12%
4.8 GtCO₂/yr



Alterazione del ciclo biogeochimico del C

Budget Imbalance:
(the difference between estimated sources & sinks)

6%
2.2 GtCO₂/yr



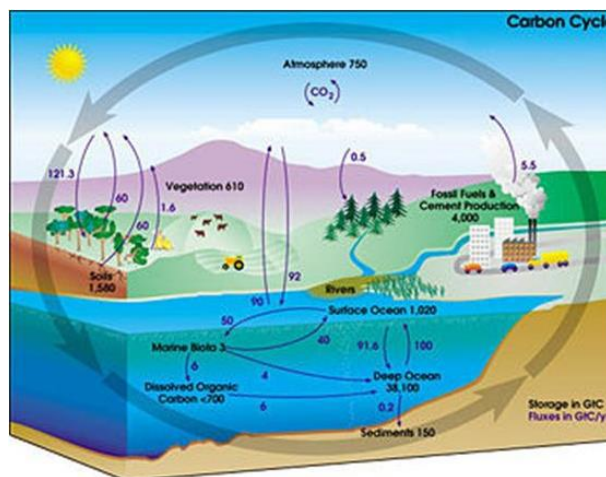
17.2 GtCO₂/yr
46%



30%
11.0 GtCO₂/yr



24%
8.8 GtCO₂/yr



Le regioni polari sono una componente fondamentale del sistema climatico terrestre



Anche se costituiscono una parte limitata della superficie terrestre, ciò che vi accade è di particolare interesse per la climatologia e l'oceanografia, perché influisce notevolmente sulla circolazione delle **correnti oceaniche e atmosferiche che determinano il clima**.

Artide e Antartide

L'**Artide** é un **oceano**
circondato da continenti

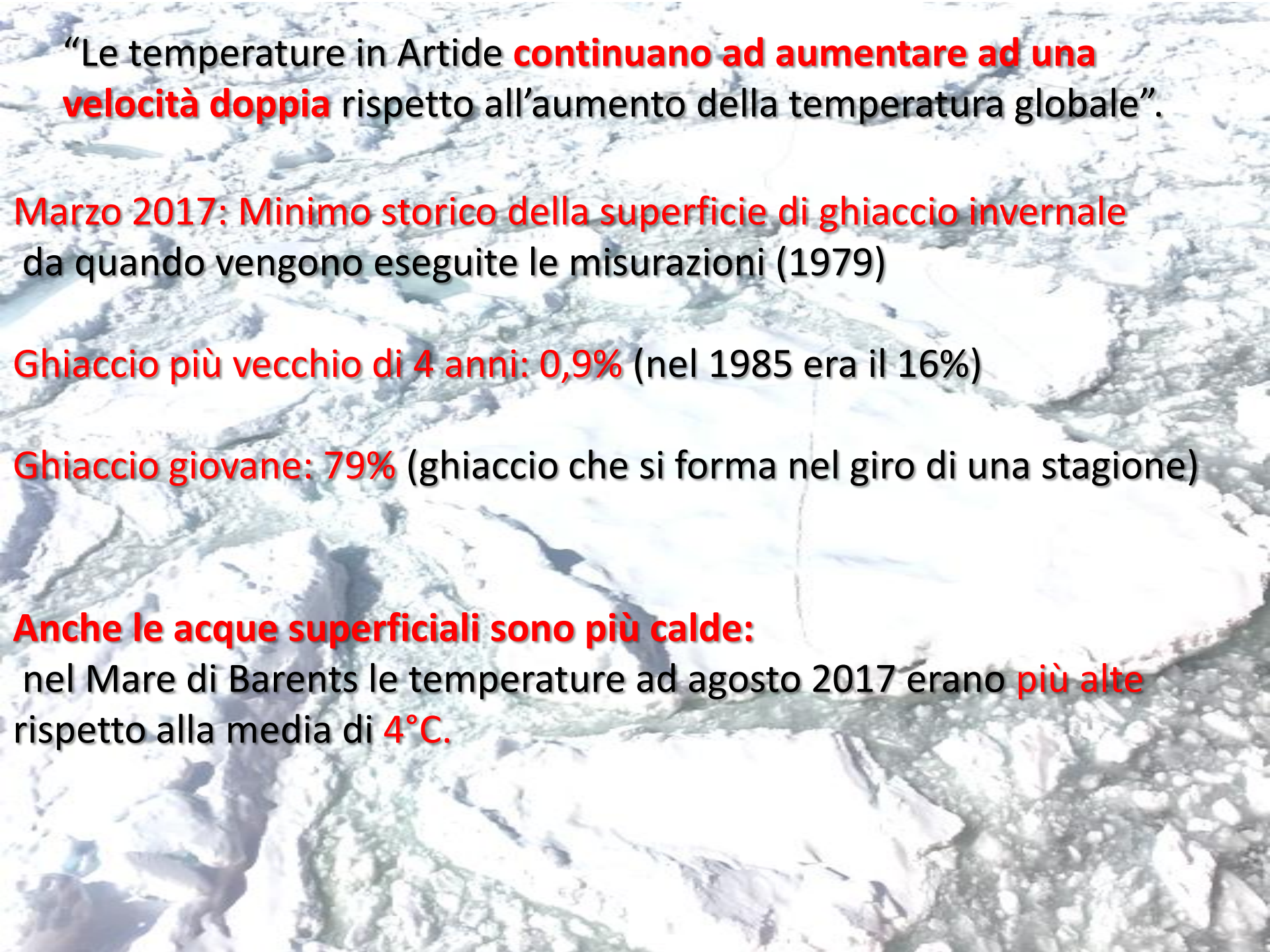


L'**Antartide** è un **continente** ricoperto per il 98% da ghiaccio terrestre e circondato dall' Oceano Meridionale.

Altitudine media 2.836 m s.l.m.

Temperatura media -50°C ; Record: -89.6°C Stazione Vostok, 21 luglio 1983

Continente più ventoso, con venti che superano i 250 km/h Record: 327 km/h, Dumont D'Urville luglio 1972



“Le temperature in Artide **continuano ad aumentare ad una velocità doppia** rispetto all’aumento della temperatura globale”.

Marzo 2017: Minimo storico della superficie di ghiaccio invernale da quando vengono eseguite le misurazioni (1979)

Ghiaccio più vecchio di 4 anni: 0,9% (nel 1985 era il 16%)

Ghiaccio giovane: 79% (ghiaccio che si forma nel giro di una stagione)

Anche le acque superficiali sono più calde:
nel Mare di Barents le temperature ad agosto 2017 erano **più alte** rispetto alla media di **4°C**.

Nella Regione Artica non si osserva solo l'effetto sul ghiaccio marino, ma anche sul Permafrost (suolo perennemente gelato)

Una fusione diffusa potrebbe causare l'instabilità del terreno

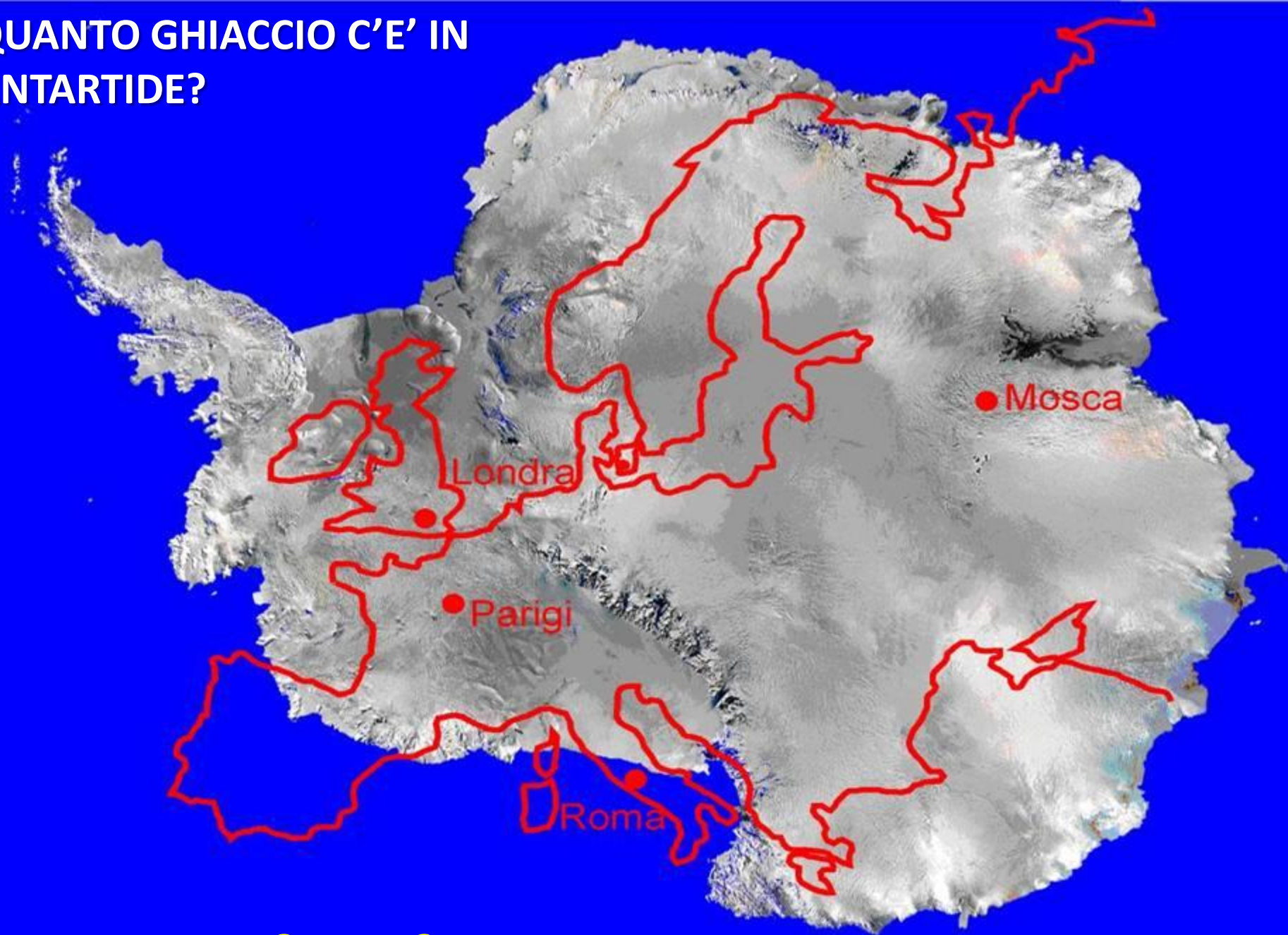
Il possibile contributo futuro del permafrost ai gas serra atmosferici

contiene ~
1.500 miliardi
di tonnellate di
carbonio
organico

La fusione del
permafrost ne
causa la
degradazione
batterica con
produzione di
 CO_2 e CH_4

Si stima che alla
fine del 2100, il
rilascio dei gas
serra da parte del
permafrost potrà
raggiungere il 25%
del corrispondente
rilascio legato
all'uso dei
combustibili fossili

QUANTO GHIACCIO C'E' IN ANTARTIDE?

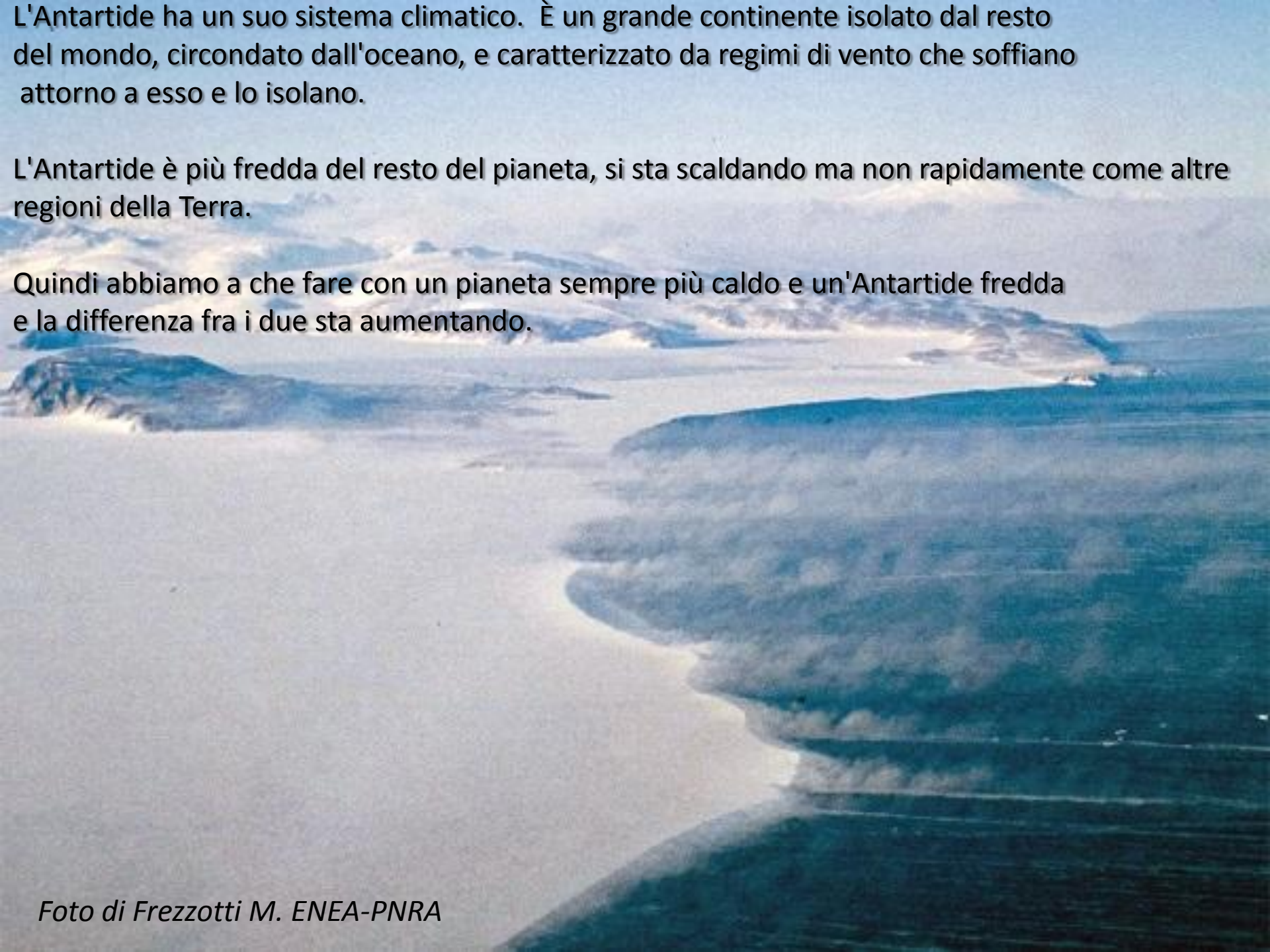


$26.6 \times 10^6 \text{ Km}^3$ pari all'80% dell'acqua dolce del Pianeta

L'Antartide ha un suo sistema climatico. È un grande continente isolato dal resto del mondo, circondato dall'oceano, e caratterizzato da regimi di vento che soffiano attorno a esso e lo isolano.

L'Antartide è più fredda del resto del pianeta, si sta scaldando ma non rapidamente come altre regioni della Terra.

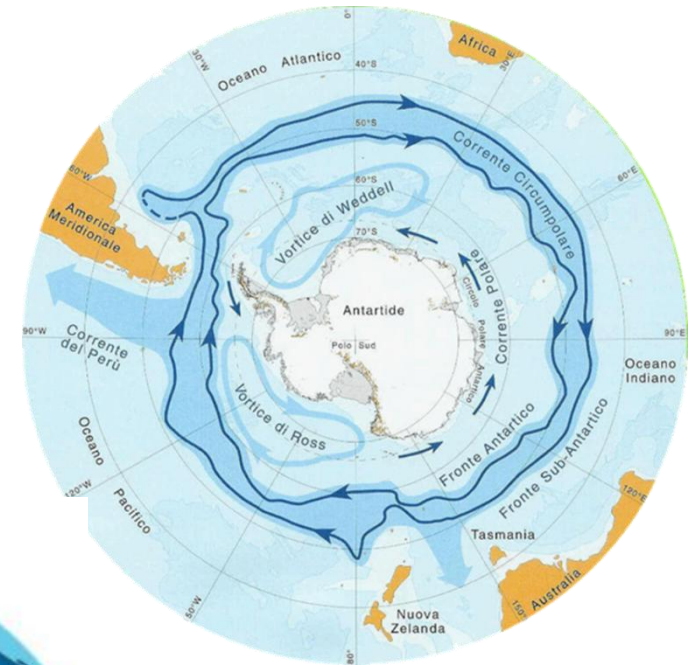
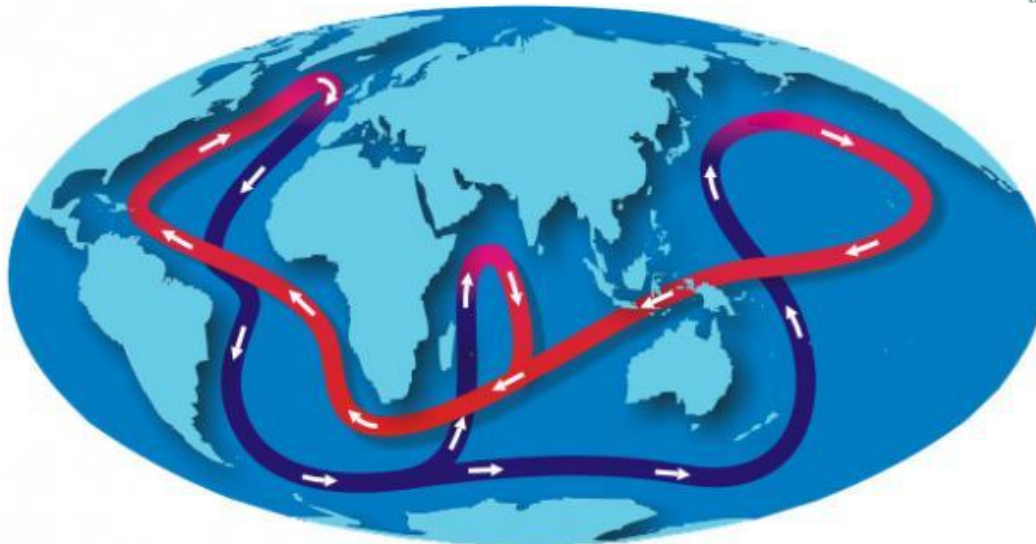
Quindi abbiamo a che fare con un pianeta sempre più caldo e un'Antartide fredda e la differenza fra i due sta aumentando.



L' Antartide è il **motore** del freddo grazie alla **calotta** e alla **corrente circumpolare antartica** che connette i **bacini oceanici**

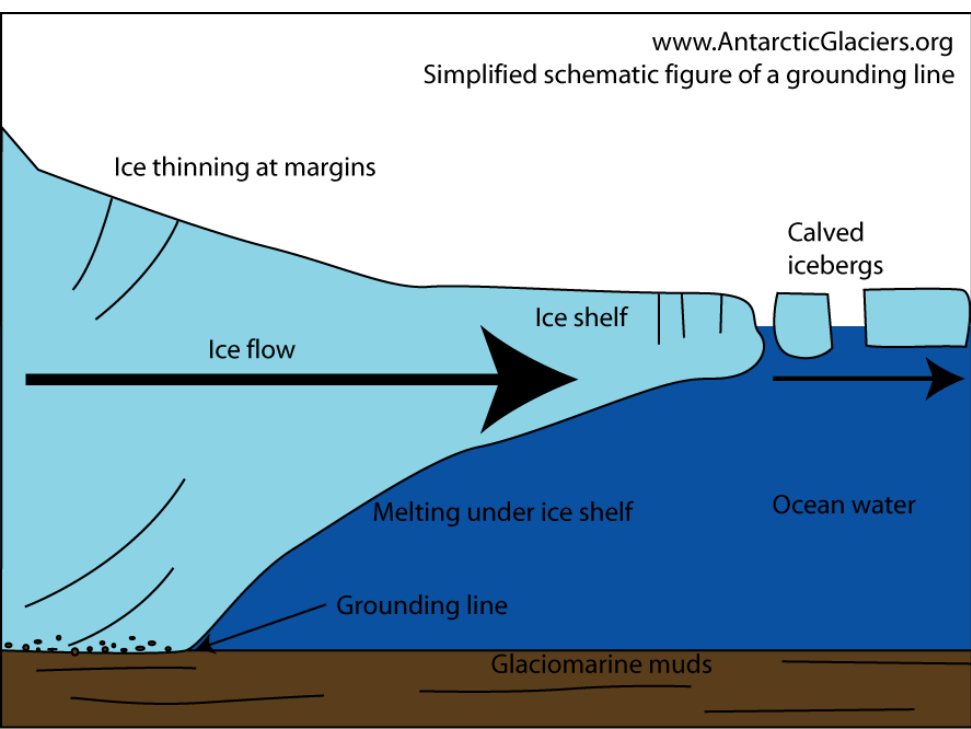
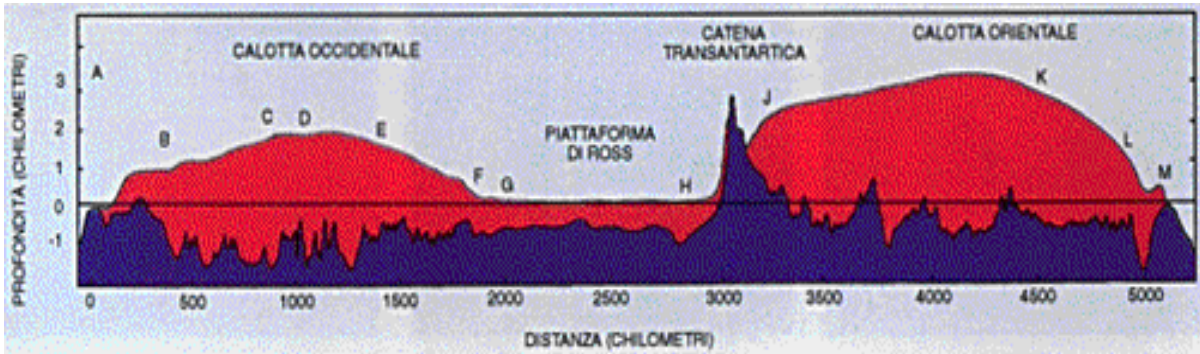
Le acque profonde che si originano in Antartide trasportano nelle profondità oceaniche:

1. Freddo
2. Ossigeno
3. Gas clima alteranti



Calotta antartica e icebergs

La formazione degli icebergs è un processo naturale, conseguenza del fluire della calotta antartica verso valle per effetto della gravità e della sua deformazione quando arriva al mare

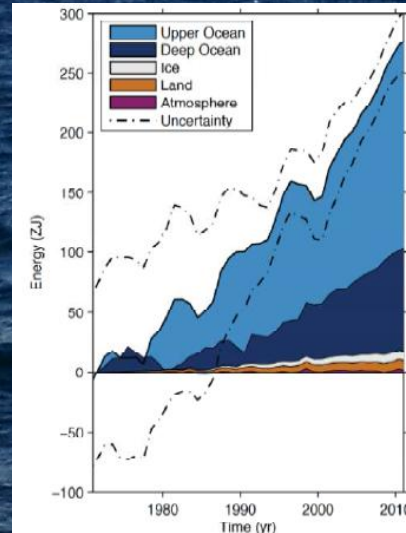
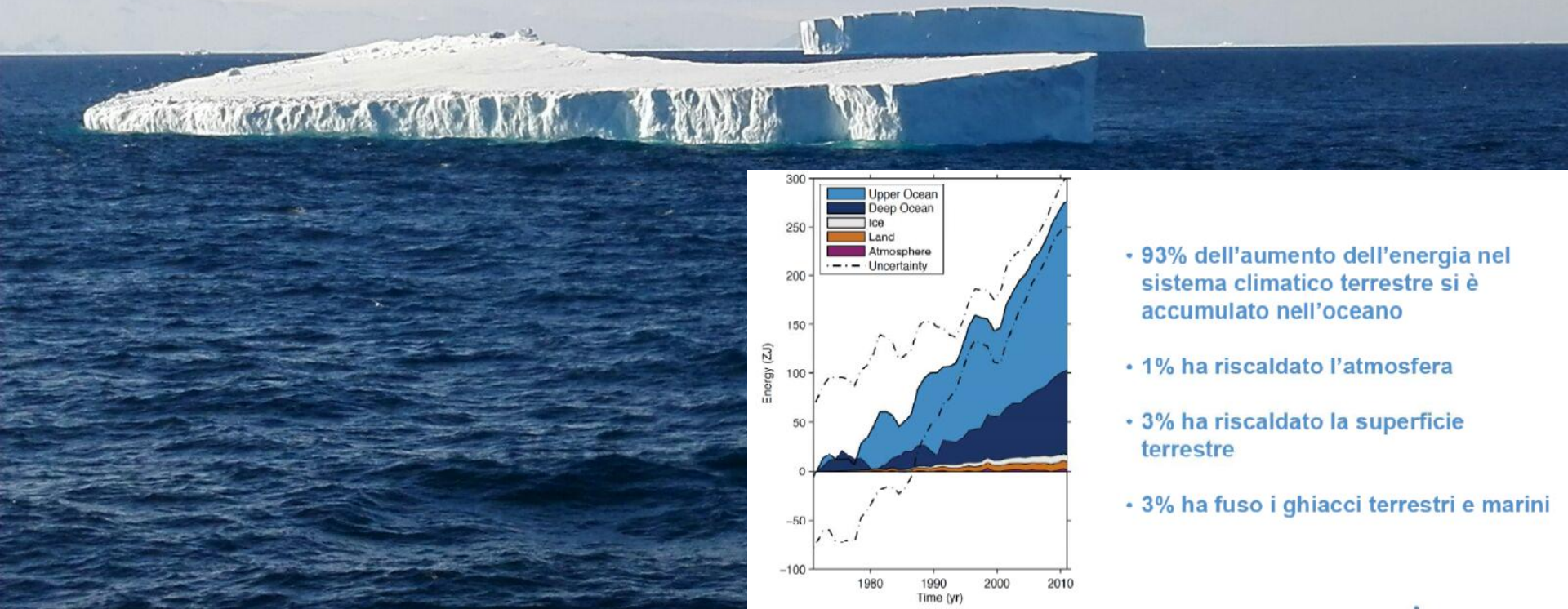


Che rapporto c'è allora tra distacco di iceberg e cambiamento climatico?

Il distacco degli iceberg non è ancora stato messo in relazione diretta col cambiamento climatico, ma **in tutta l'Antartide si è osservata un'accelerazione che colpisce alcune aree**

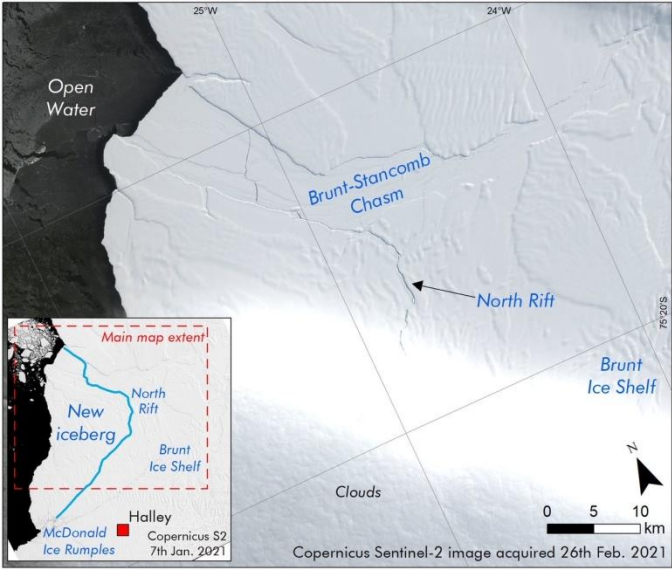
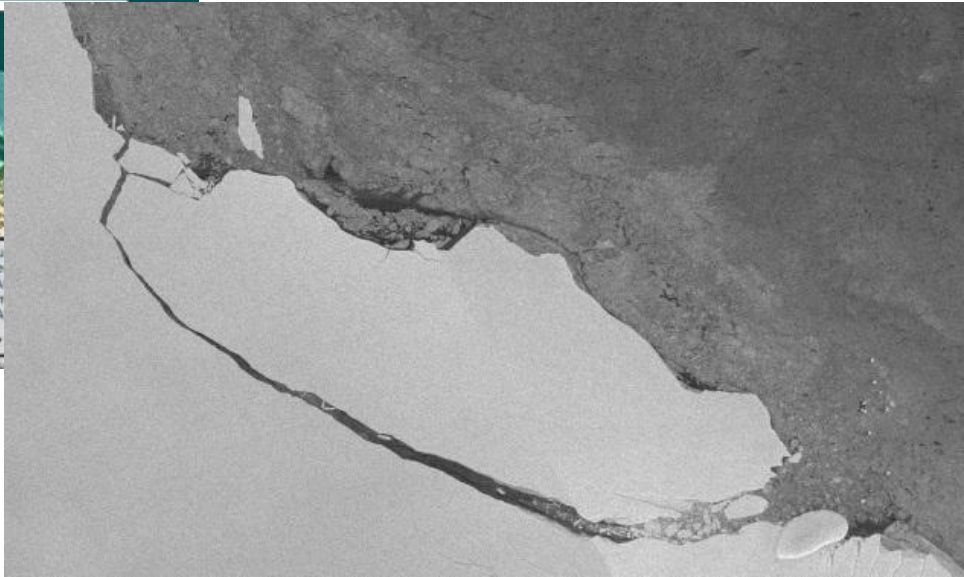
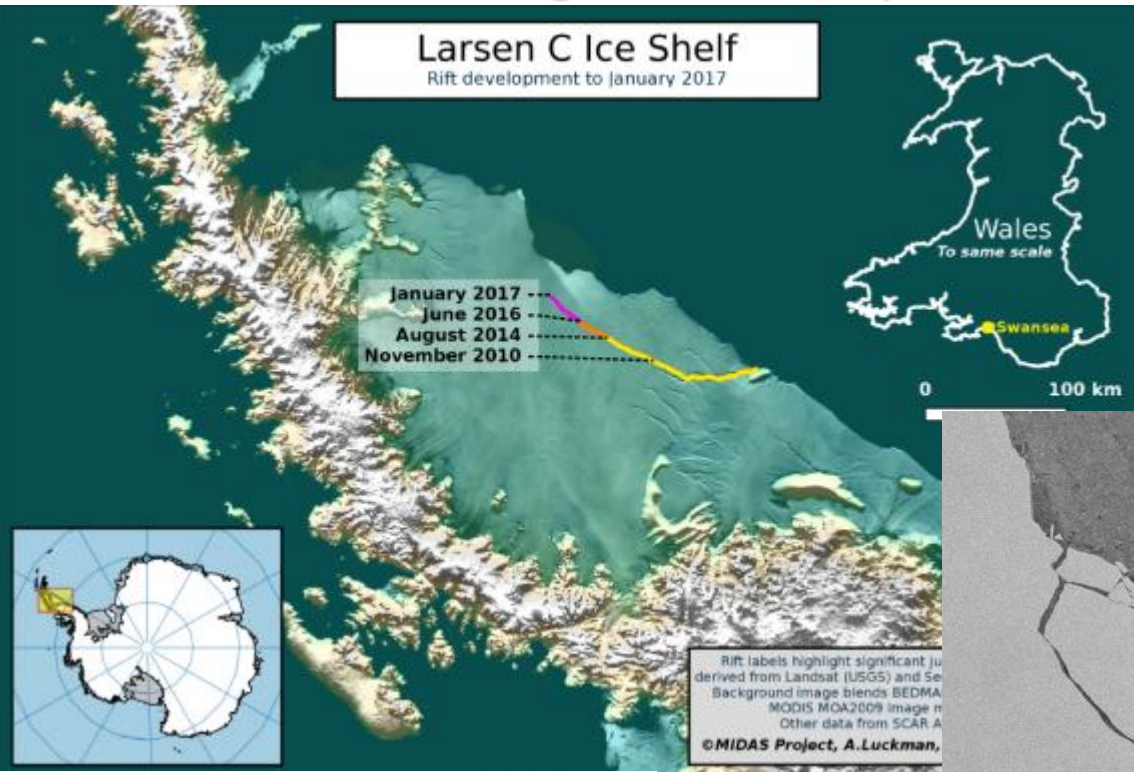
Il riscaldamento globale accelera un processo di per sé naturale attraverso:

1. Riscaldamento delle temperature atmosferiche
2. Prolungamento della stagione estiva
3. Riscaldamento della temperatura oceanica



- 93% dell'aumento dell'energia nel sistema climatico terrestre si è accumulato nell'oceano
- 1% ha riscaldato l'atmosfera
- 3% ha riscaldato la superficie terrestre
- 3% ha fuso i ghiacci terrestri e marini

Il distacco dell'iceberg A-68 dalla piattaforma Larsen C 12 Luglio 2017



Prossimi distacchi.....

Quali contributi possono dare le ricerche in Antartide allo studio del clima?

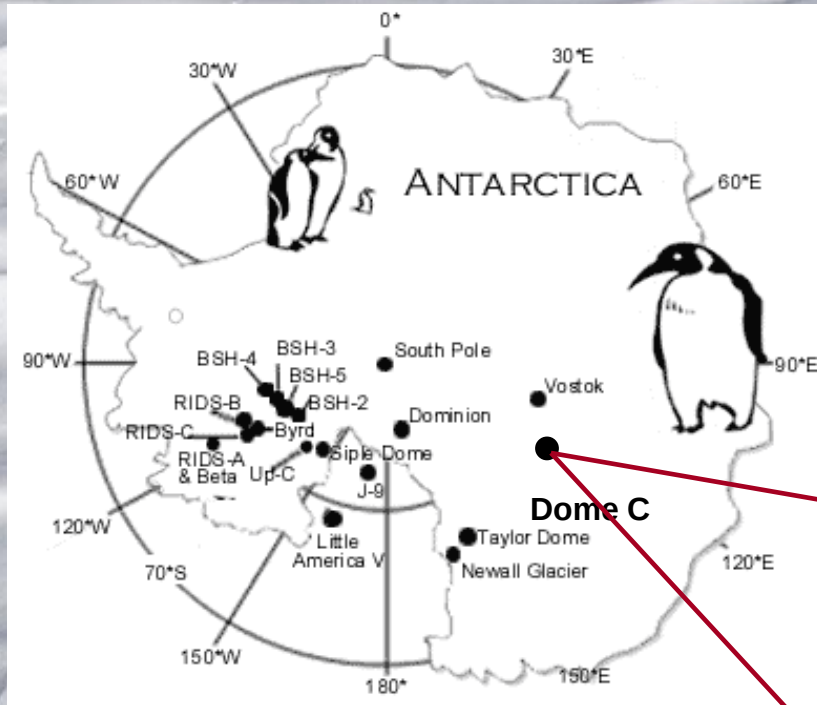


L'Antartide rappresenta un insostituibile osservatorio, sia per gli studiosi che si occupano di ricostruire la storia della Terra, sia per i ricercatori che vorrebbero salvaguardarne il futuro.

(Felice Ippolito, Vicepresidente Commissione Scientifica Nazionale per l'Antartide)

Il contributo delle ricerche italiane in Antartide alla ricostruzione del clima terrestre del passato:

Il progetto EPICA (European Project for the Ice Coring in Antarctica)

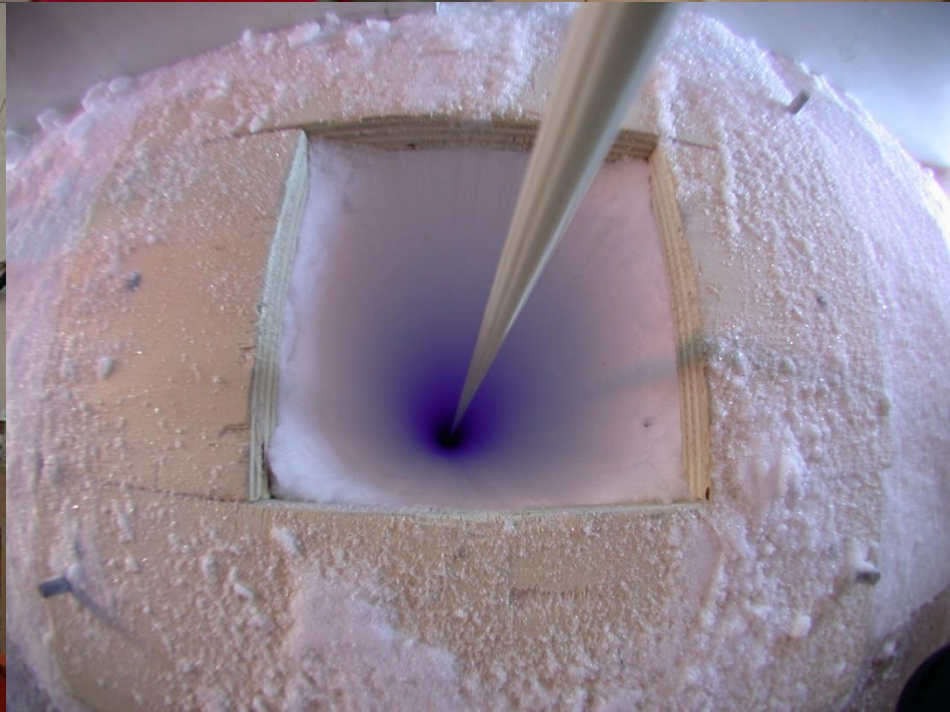
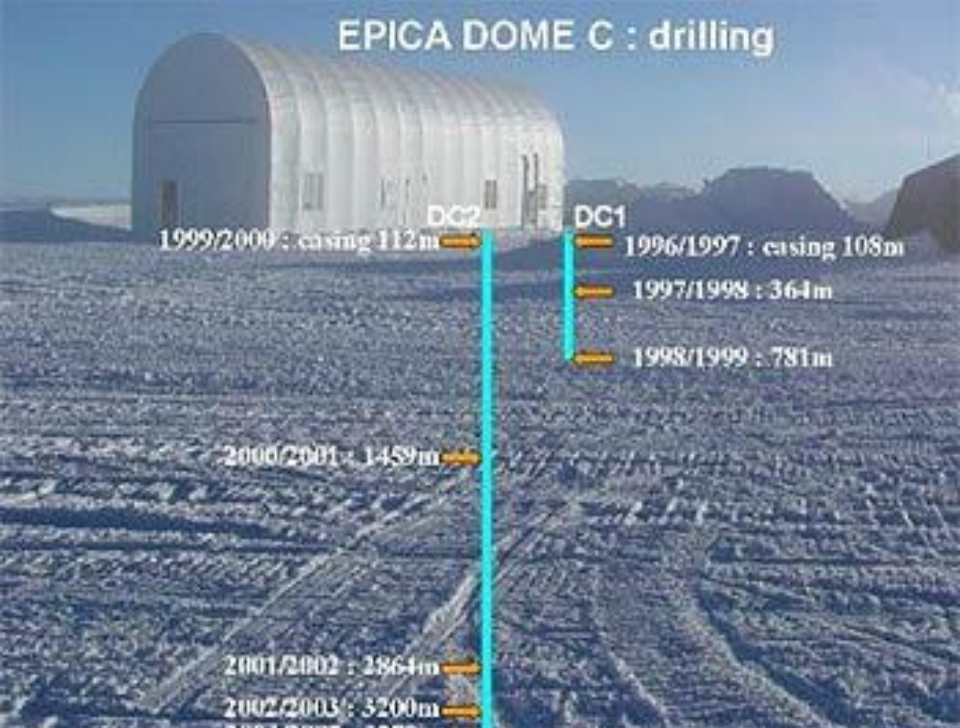


Concordia Station (I-F)

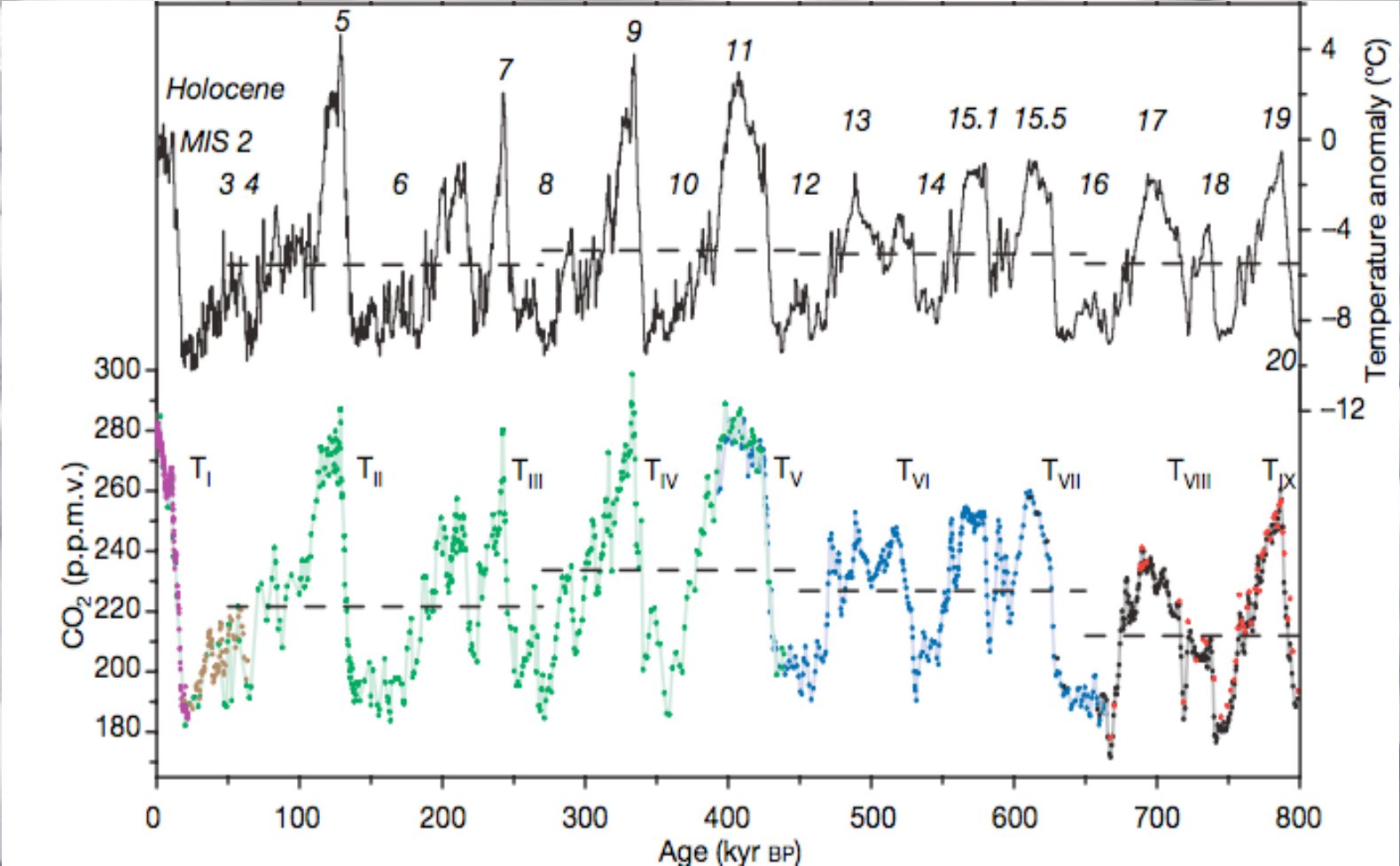
75°06'S 123°21'E

3233 m

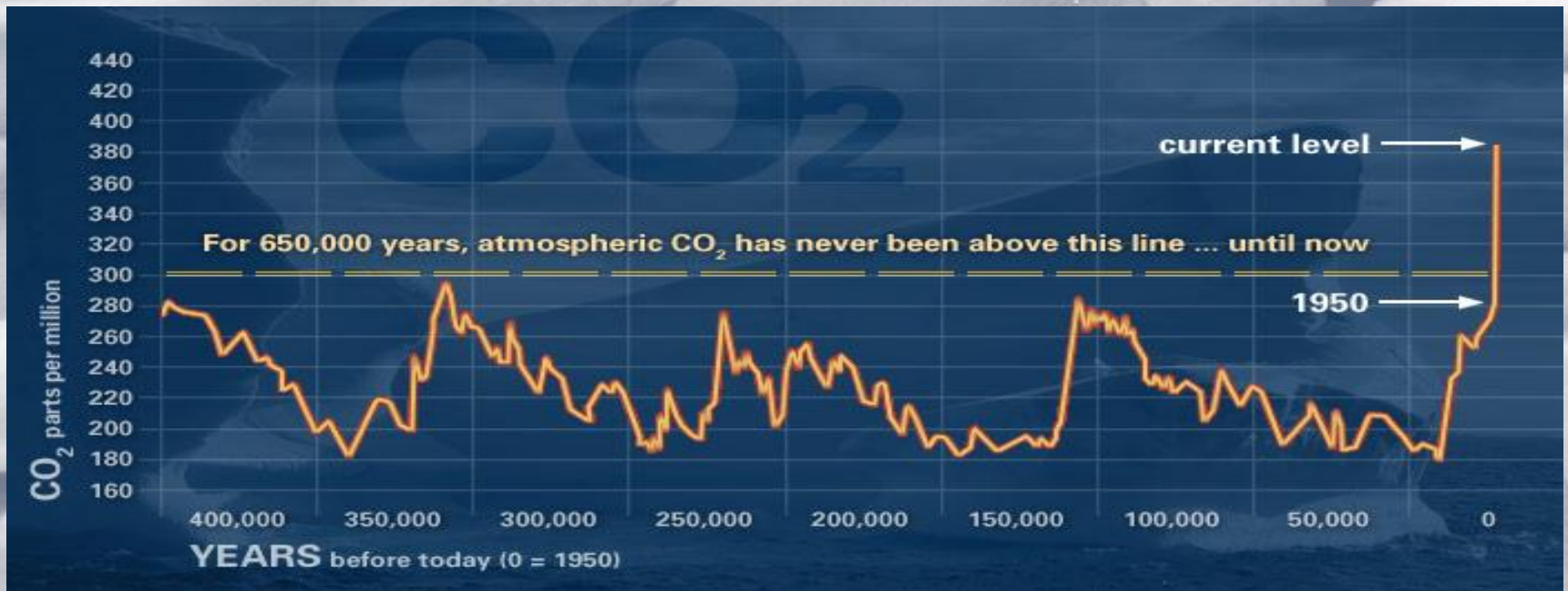
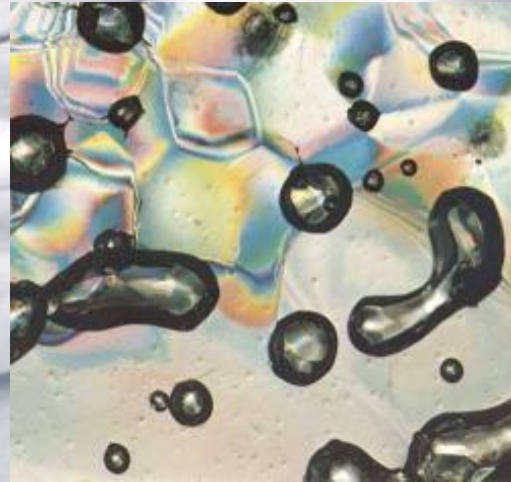
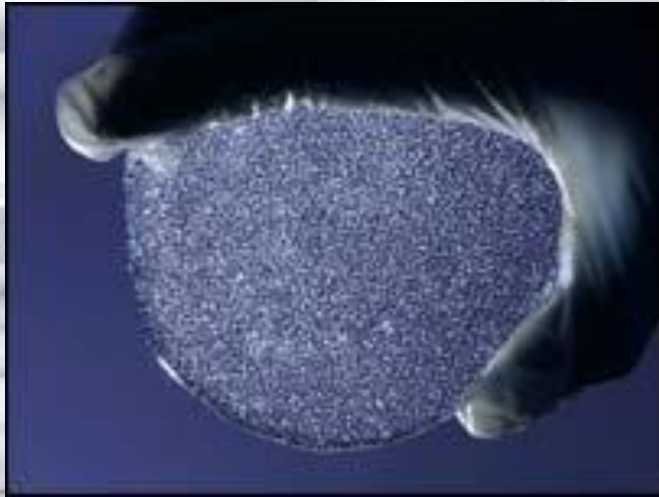




Variazioni di temperatura (°C) e di concentrazione di CO₂ (ppmv) negli ultimi 800.000 anni, ricostruiti dai valori misurati nelle carote di ghiaccio prelevate a Dome C



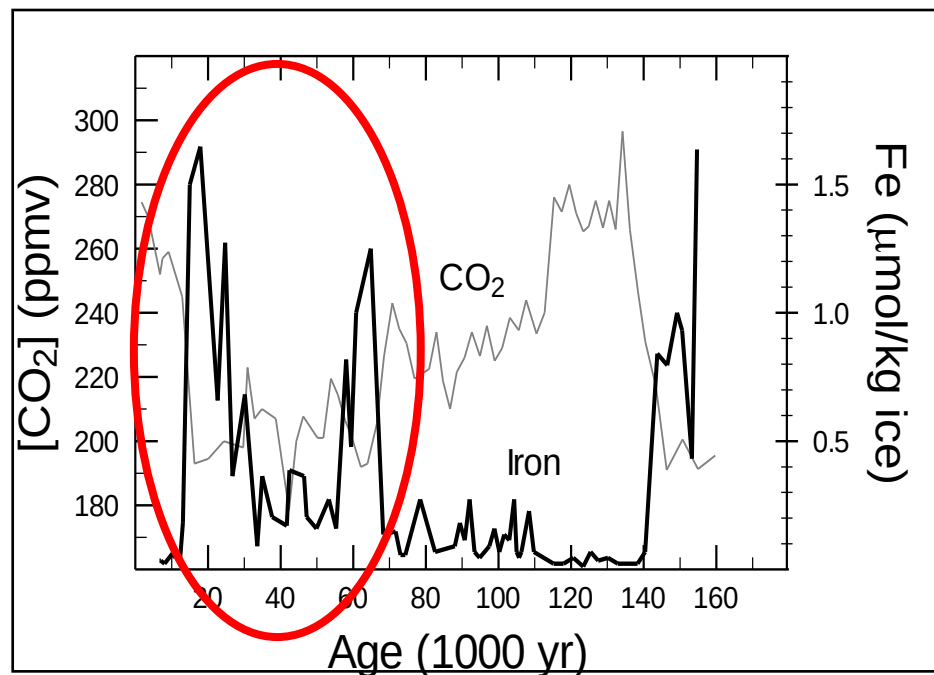
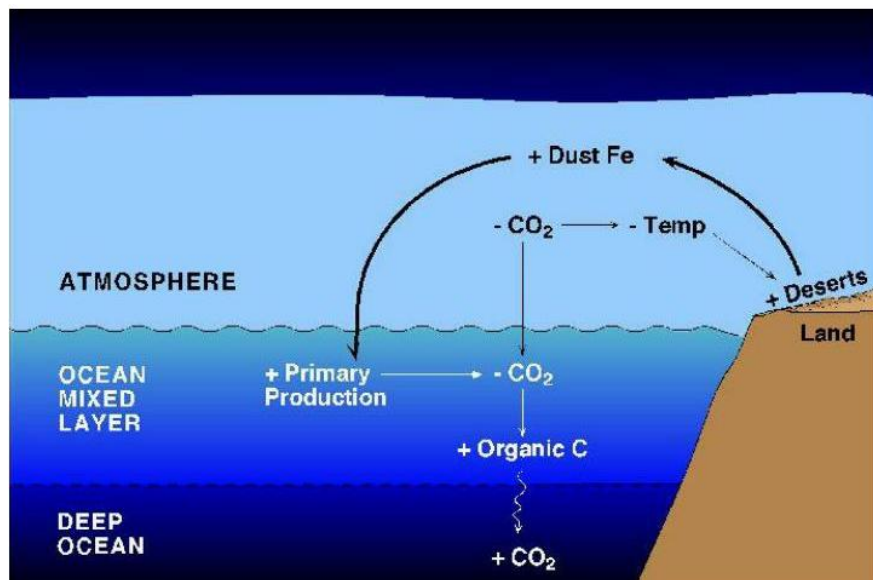
La CO₂ atmosferica nelle carote di ghiaccio



Non solo variazioni di CO₂, ma anche di ferro!!

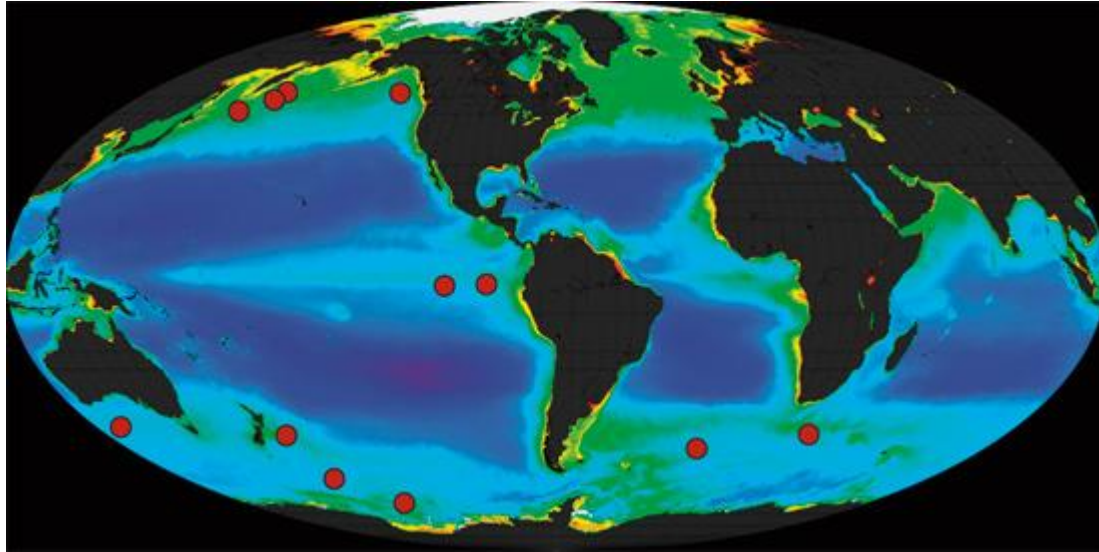
Durante l'ultimo massimo glaciale, la polvere atmosferica ha trasferito Fe agli oceani favorendo la crescita del fitoplancton che ha assorbito grandi quantità di CO₂, giustificando le basse concentrazioni di CO₂ (200 ppm) stimate.

L'aumento delle concentrazioni di CO₂ da 200 a 280 ppm durante l'ultimo inter-glaciale (l'Olocene) può di conseguenza essere collegato a una minore quantità di polvere atmosferica contenente ferro e quindi ad un minore assorbimento di CO₂ da parte del fitoplancton



L'idea di Martin..Esperimenti di fertilizzazione oceanica con ferro

"Give me half a tanker filled with iron, and I'll give you another ice age" John Martin (1989)



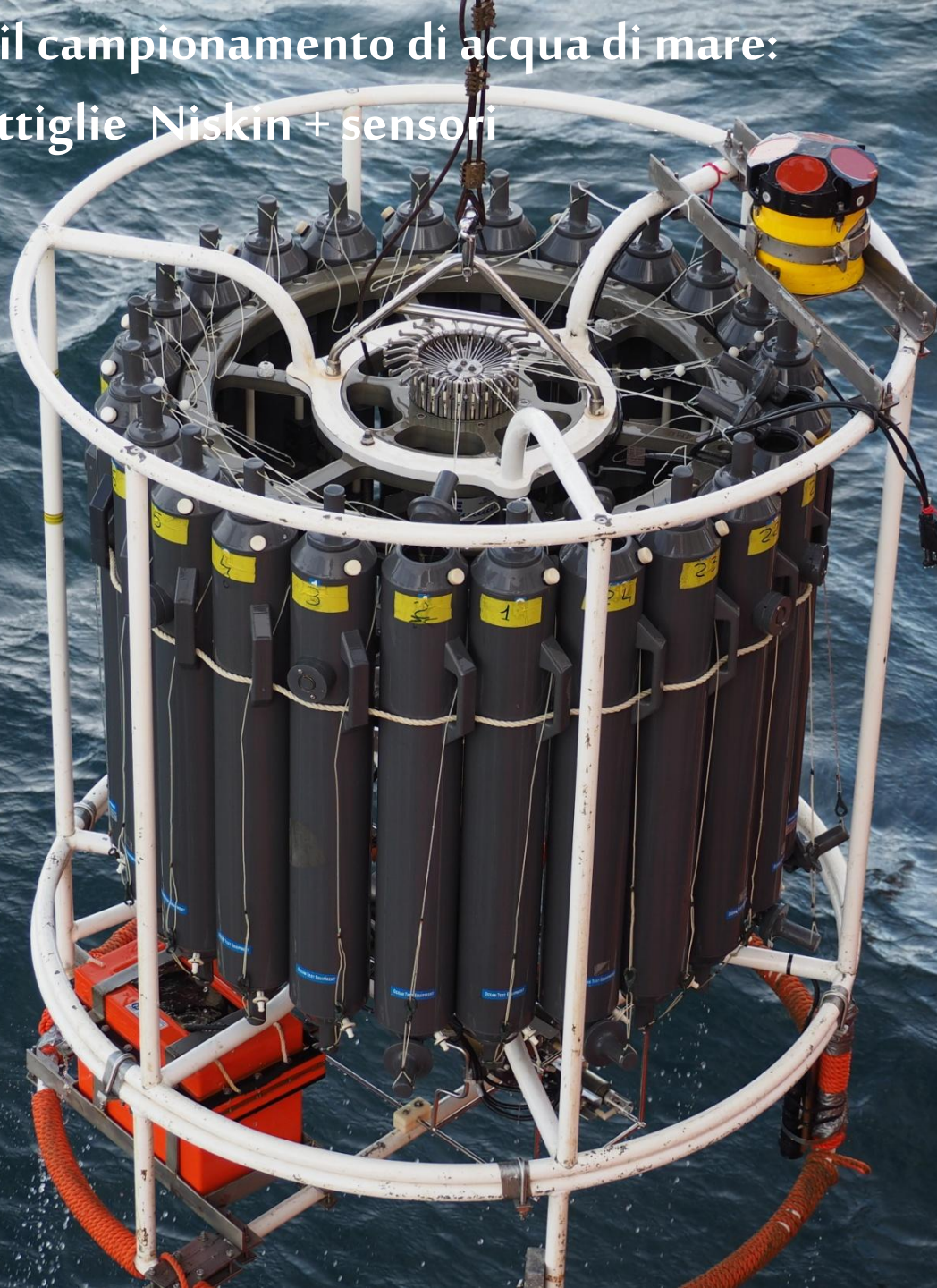
Dati delle proprietà fisiche, chimiche e biologiche delle acque marine sono acquisiti nel corso di campagne oceanografiche



Le misure permettono di:

1. **valutare la vulnerabilità** dell'Oceano Antartico e l'impatto del cambiamento climatico
2. **valutare l'adattamento** dell'Oceano Antartico al cambiamento climatico

Strumenti per il campionamento di acqua di mare: Carousel di bottiglie Niskin + sensori





Grazie al Progetto MORSEA

Alcune variazioni delle proprietà delle acque di fondo che abbiamo osservato che possono essere connesse al cambiamento climatico

1. Le acque di fondo hanno minore contenuto salino e trasportano meno ossigeno nelle profondità oceaniche



2. Le acque di fondo si stanno spostando più lentamente: la distanza che 20 anni fa era percorsa in 4 anni, oggi viene percorsa in circa 8 anni!



3. Le acque di fondo si sono arricchite di CO₂ di origine antropica

4. Variazioni del tipo di alghe presenti nelle acque superficiali con possibili conseguenze sull'efficienza della pompa biologica del CO₂

Grazie per la vostra attenzione

