

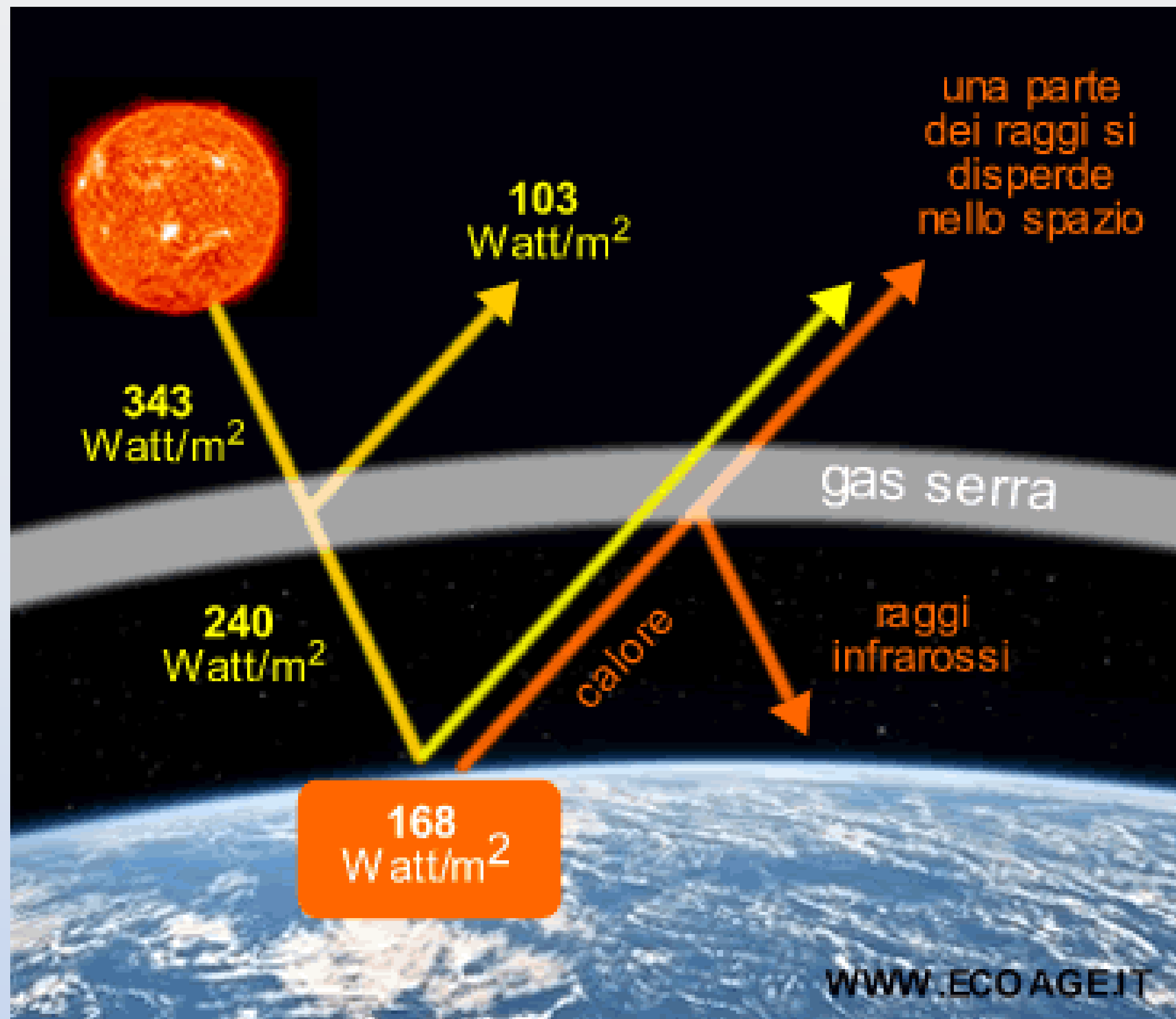
Cambiamento climatico e acidificazione dei mari: strategie di mitigazione

Daniela Basso

Università degli Studi di Milano-Bicocca

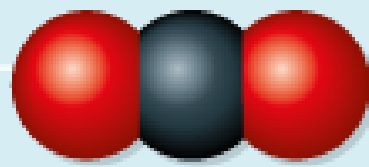
Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Terra

daniela.basso@unimib.it

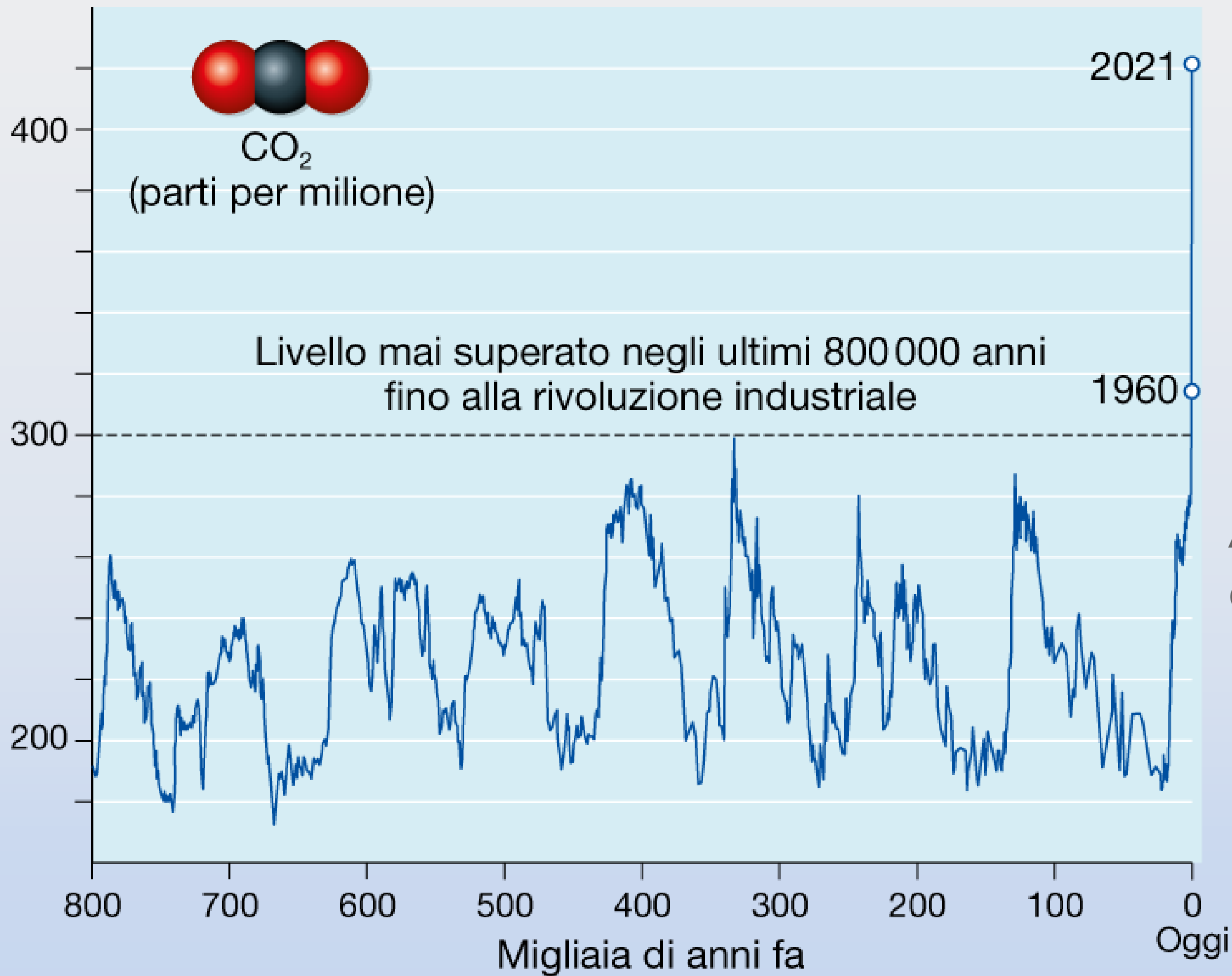


Effetto serra

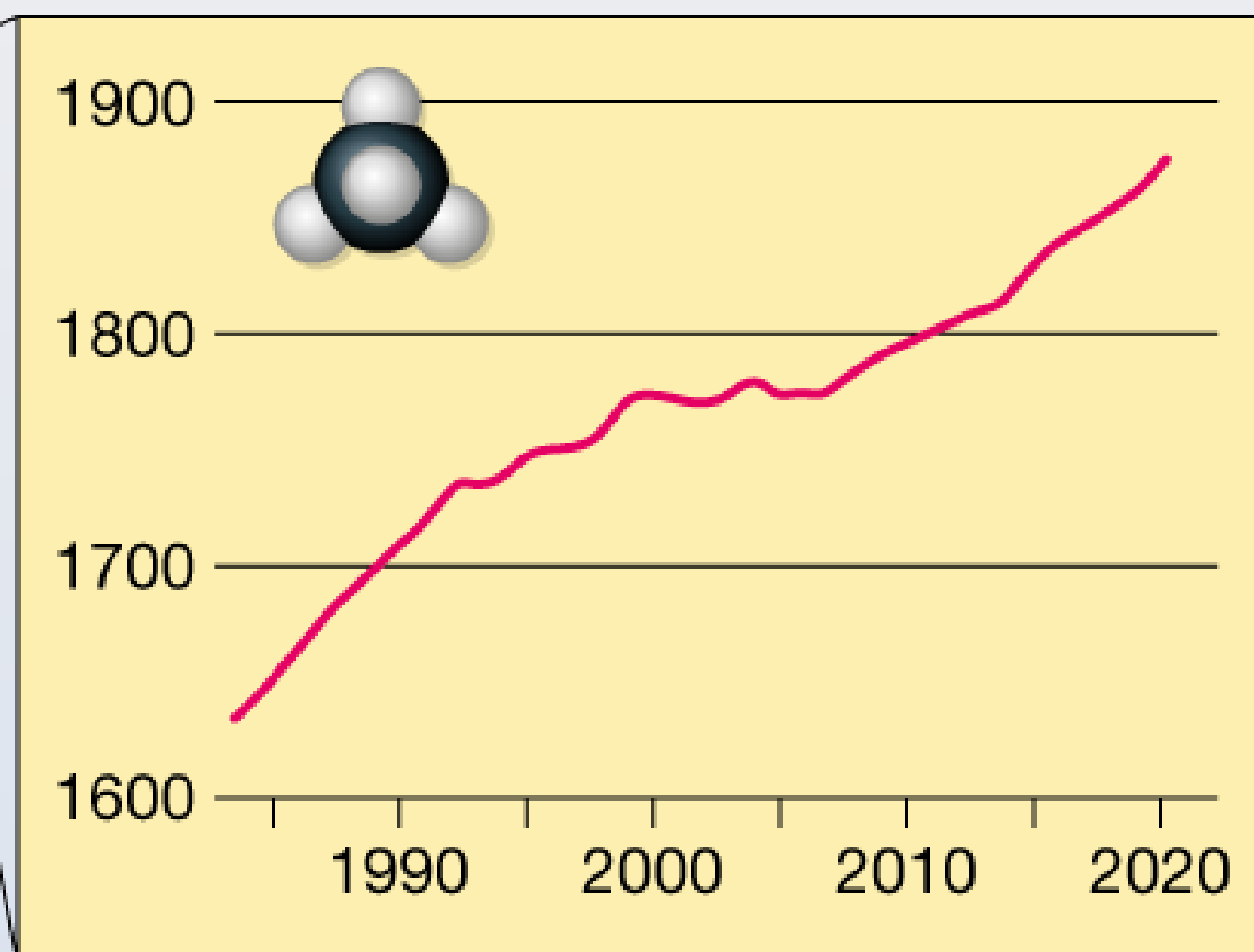
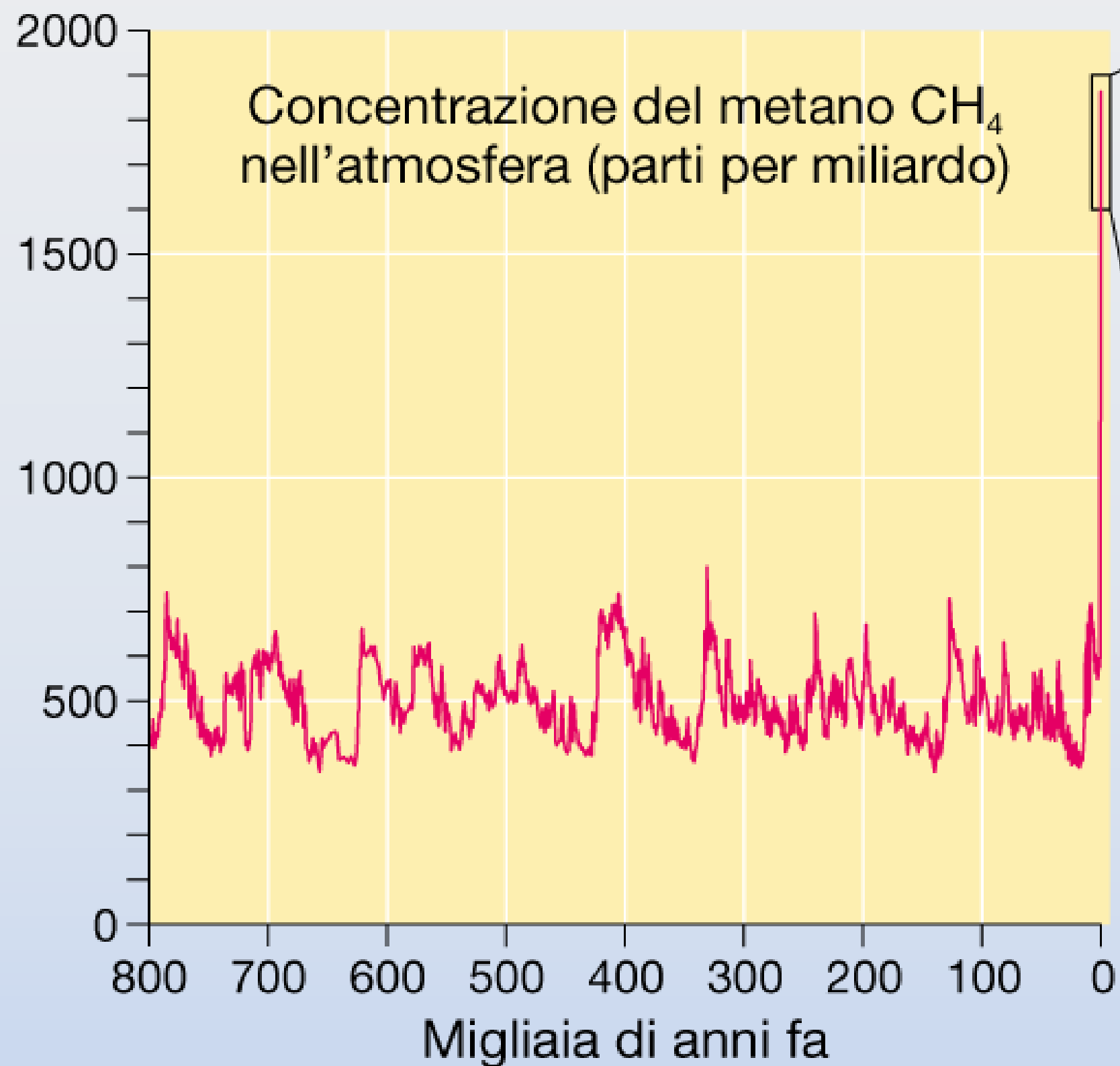
**Meno male
che c'è**



CO₂
(parti per milione)



**Attualmente la CO₂
è oltre 0,04%**

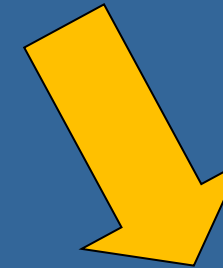


Il metano è 25 volte più potente della CO₂ come gas serra, ma è solo 0,0002%

Aumento della CO₂



«ACIDIFICAZIONE»
DELL'OCEANO



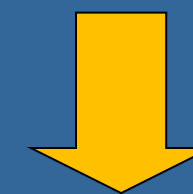
EFFETTO SERRA



fusione
dei ghiacci



riscaldamento
dell'oceano e
anomalie climatiche



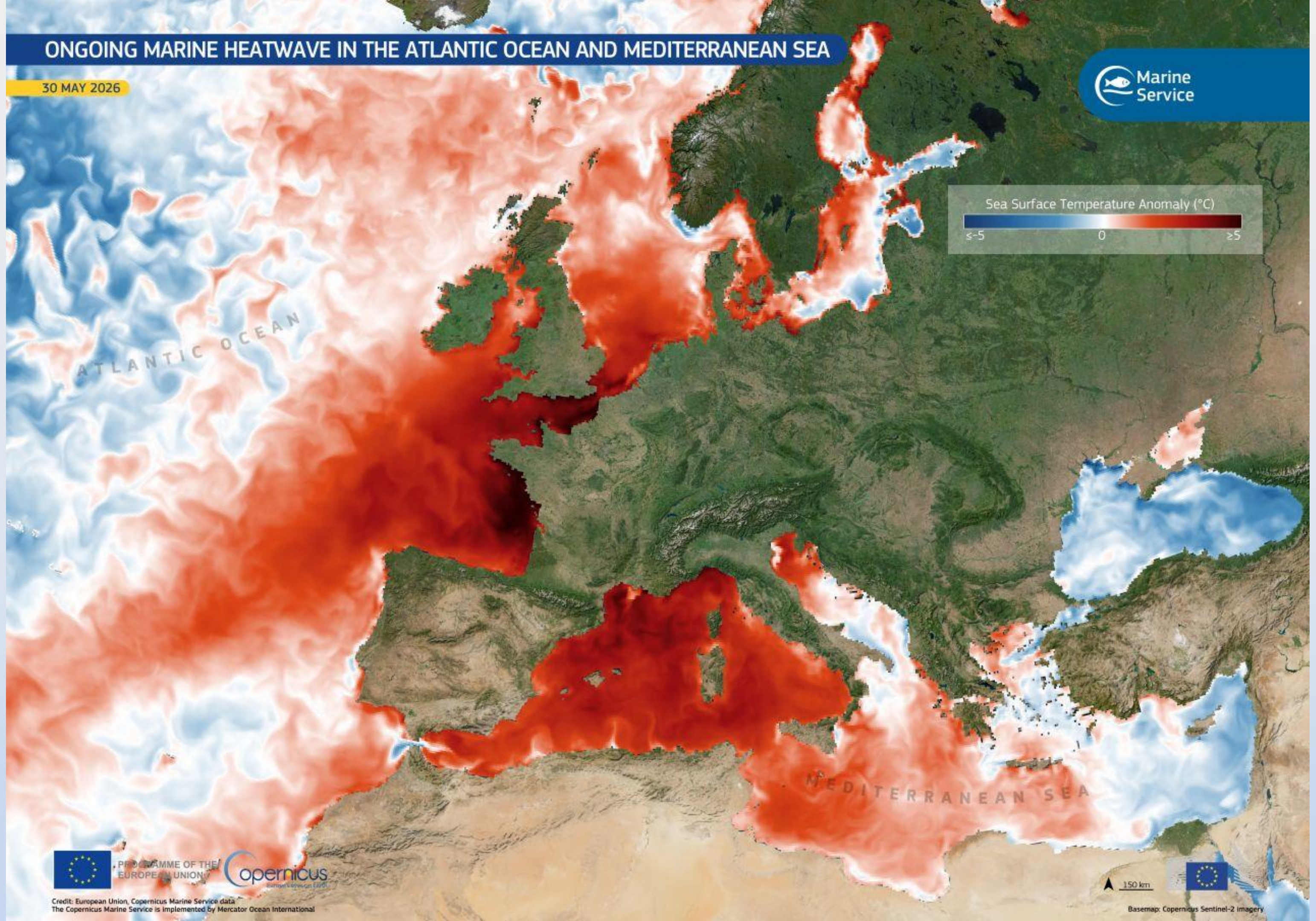
sollevamento del livello
del mare (30 cm entro 2050)

ONGOING MARINE HEATWAVE IN THE ATLANTIC OCEAN AND MEDITERRANEAN SEA

30 MAY 2026



Sea Surface Temperature Anomaly (°C)

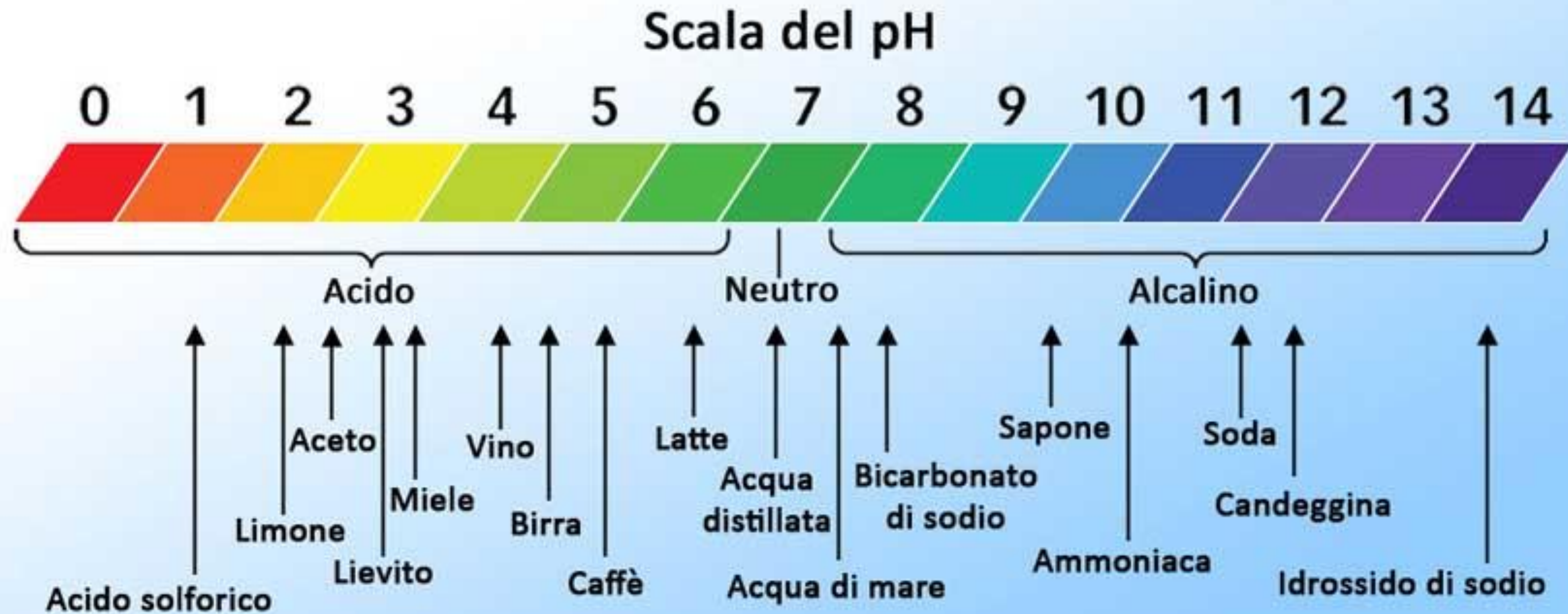


Credit: European Union, Copernicus Marine Service data
The Copernicus Marine Service is implemented by Mercator Ocean International

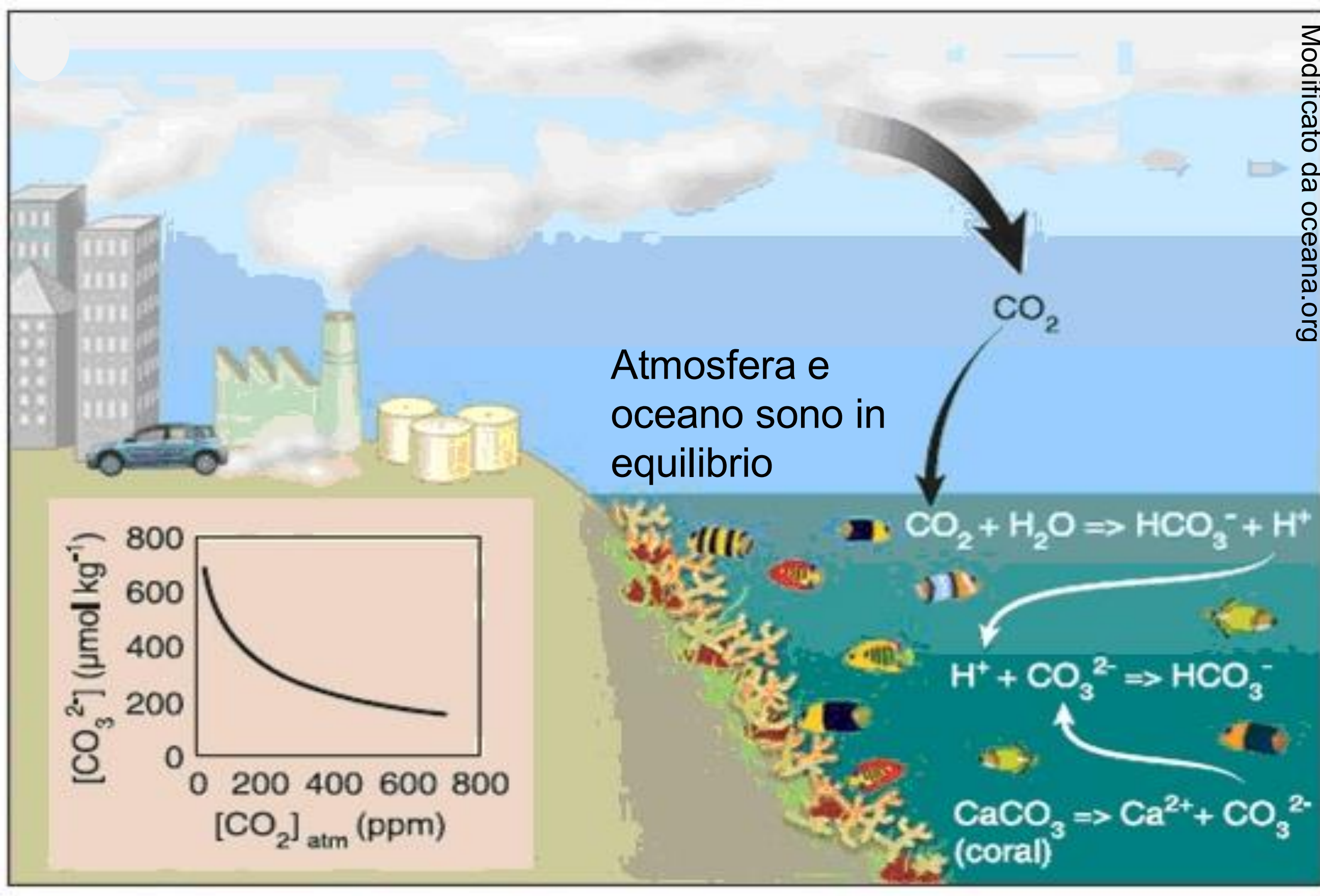
150 km



Basemap: Copernicus Sentinel-2 imagery



”Acidificazione dell’oceano”
 indica la riduzione del pH
 causata dall’assorbimento della
 CO_2 dall’atmosfera.



25-30% della CO_2 antropogenica è stata assorbita dall'oceano

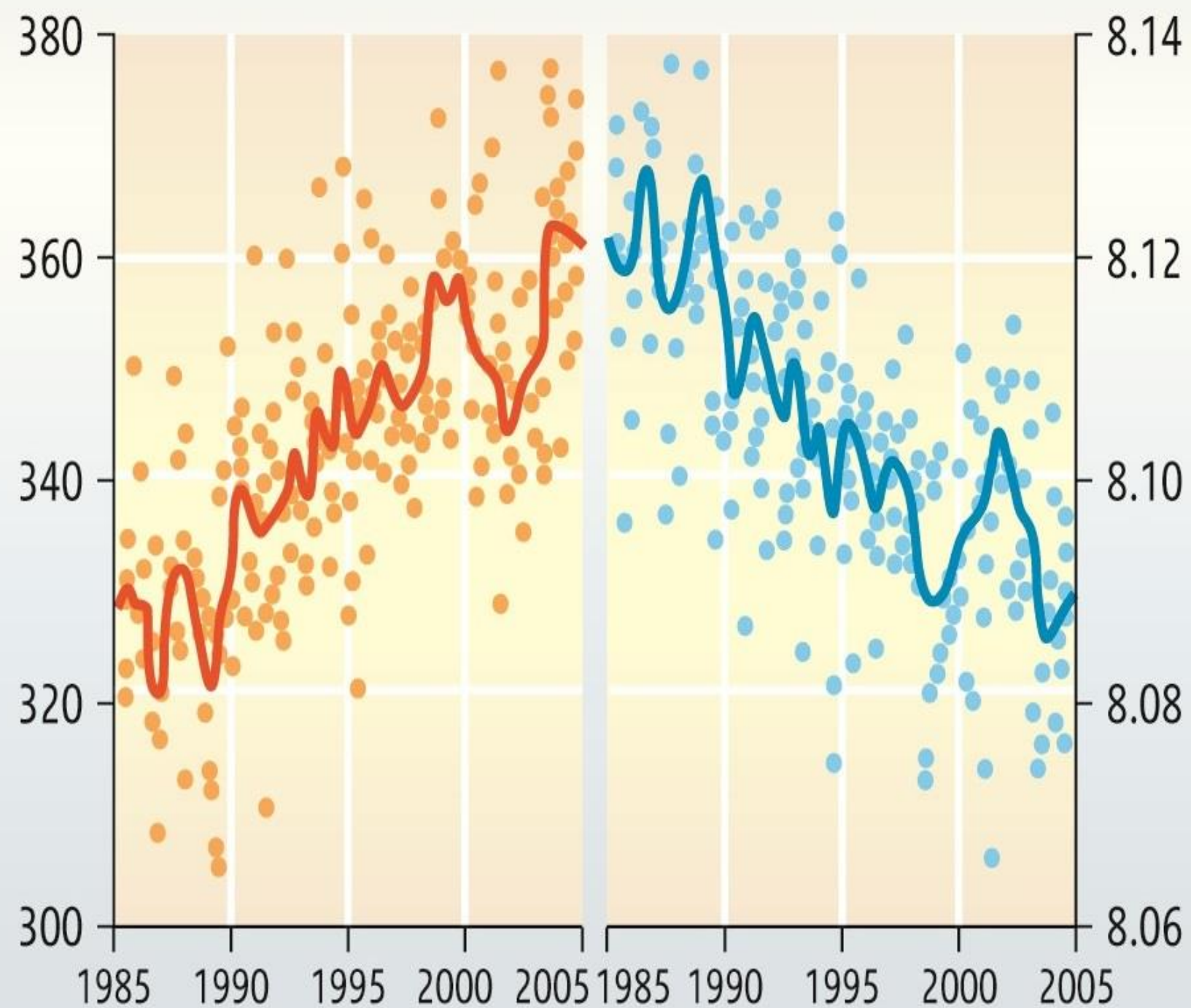
Quando la CO_2 si dissolve in acqua di mare, si ha un aumento di protoni (ioni H^+) e una diminuzione di ioni carbonato (CO_3^{2-})

H^+ si lega preferibilmente a CO_3^{2-} che diventa quindi non disponibile per la formazione del CaCO_3 di scheletri e conchiglie

Global ocean acidification

Oceanic CO₂
concentration
atm

Ocean water
acidity
pH



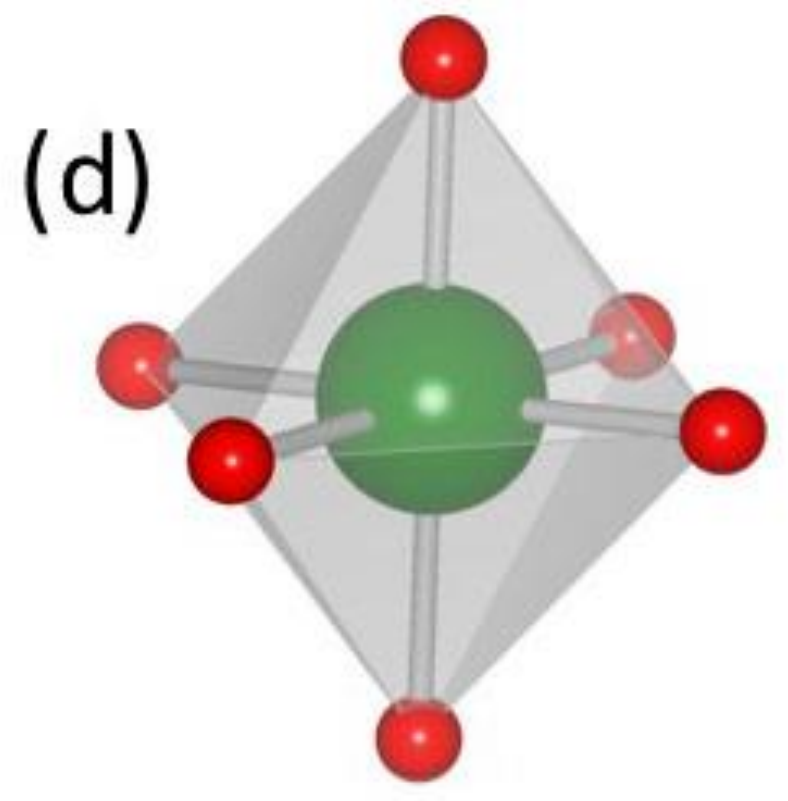
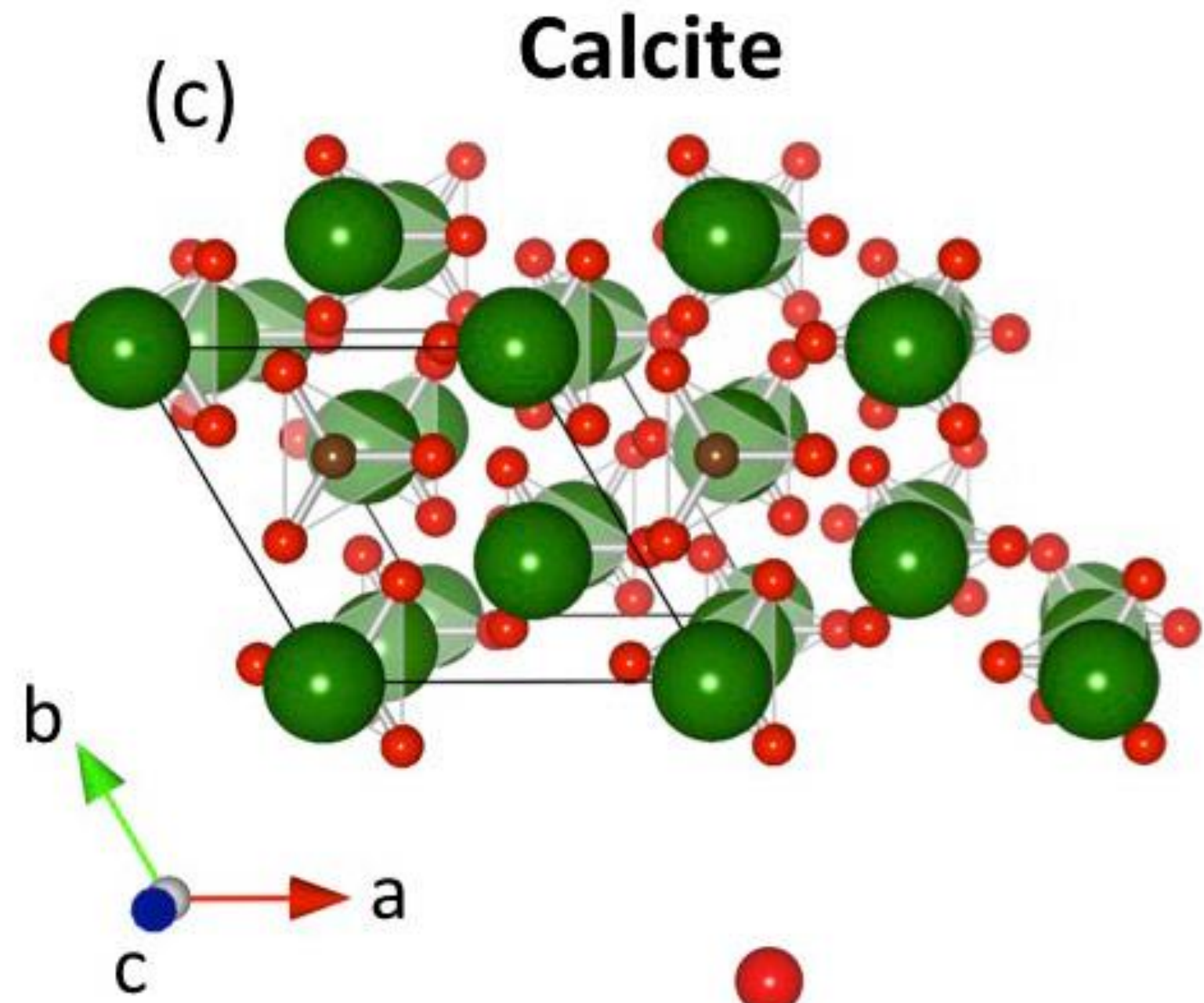
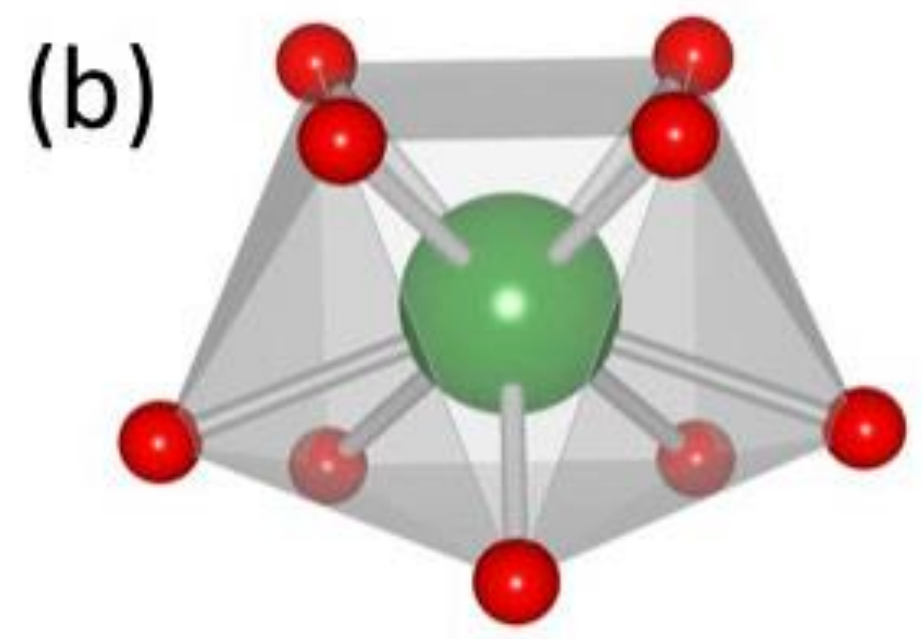
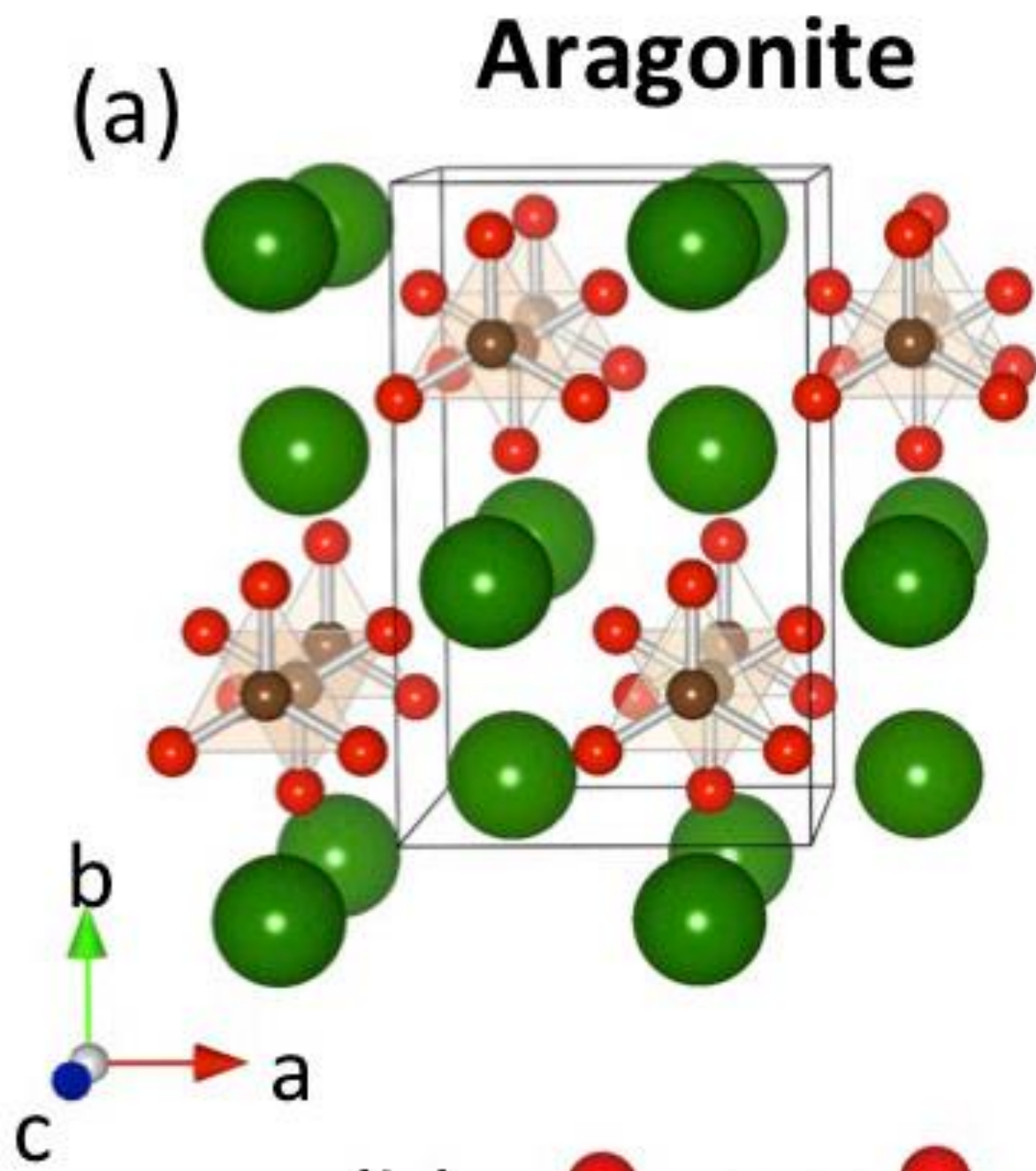
Source: IPCC, 2007.

Il pH oceanico medio è ora 8.1.

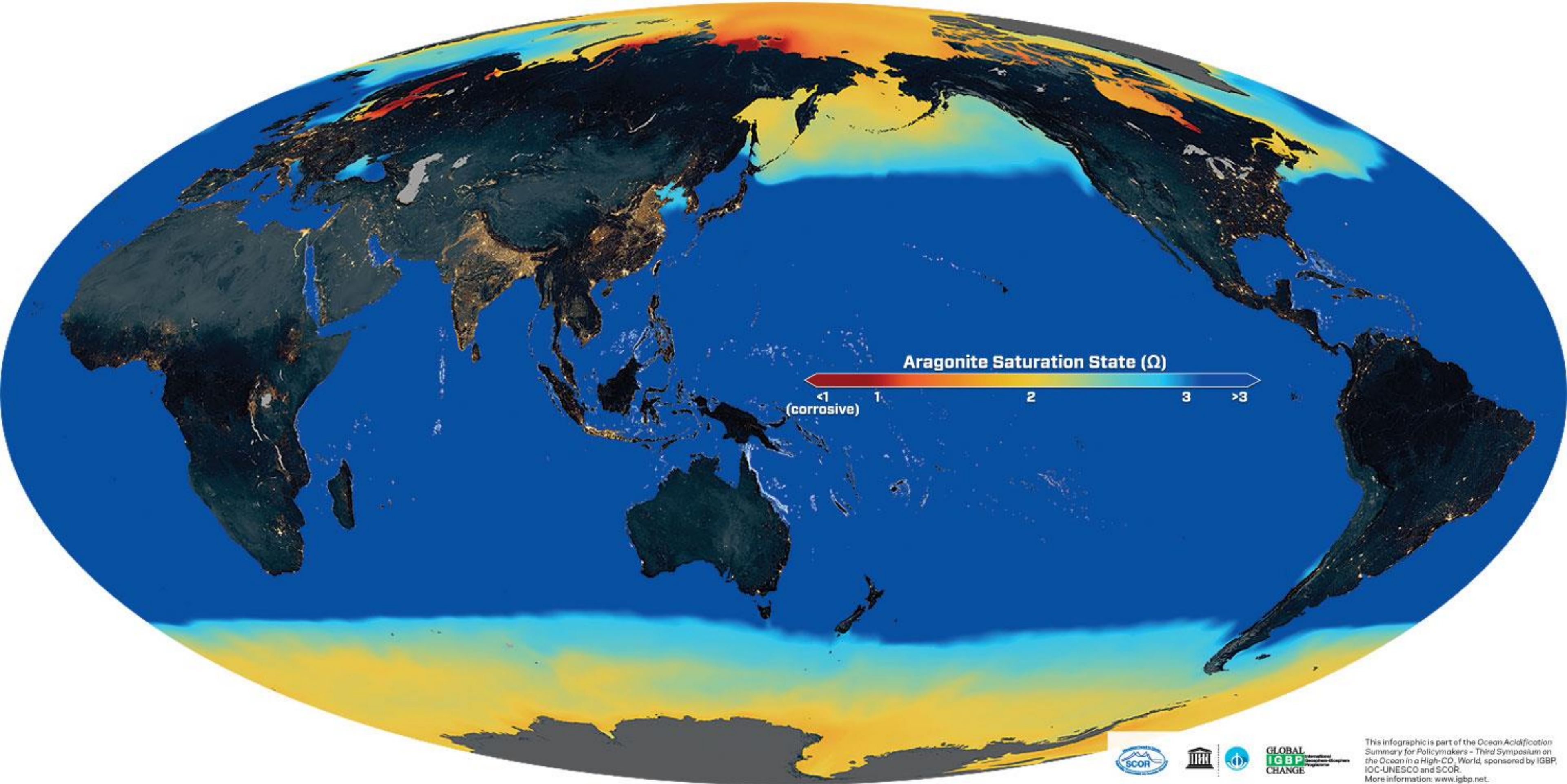
La [CO₂] aumenta in atmosfera, il gas viene assorbito dall'oceano e il pH oceanico diminuisce.

Dal 1950 al 2000 si è passati da 8.2 a 8.1 con un aumento del 26 % dell'acidità (la scala del pH è logaritmica!)

Nella storia del pianeta le stesse fluttuazioni sono già avvenute nel passato, ma in 5000-10000 anni, non in 50!

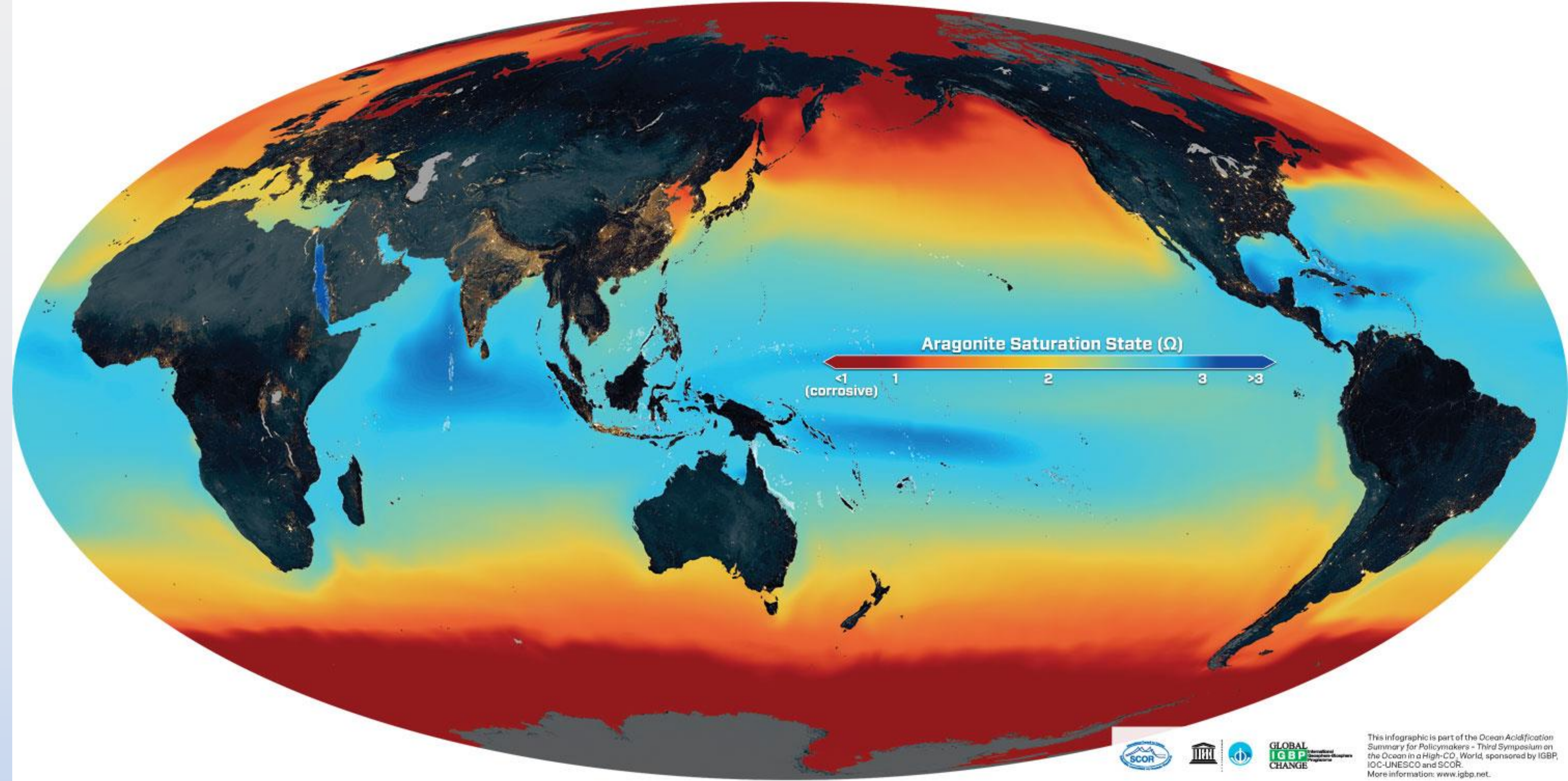


Polimorfi del CaCO_3



Saturazione aragonite 1850-1860

Source: [IGBP Global Change 2024](http://www.igbp.net)



This infographic is part of the Ocean Acidification Summary for Policymakers - Third Symposium on the Ocean in a High- CO_2 World, sponsored by IGBP, IOC-UNESCO and SCOR. More information: www.igbp.net.

Saturazione aragonite in 2100

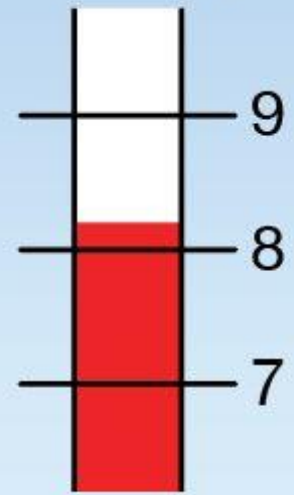
Source: [IGBP Global Change 2024](http://www.igbp.net)

Ocean acidification

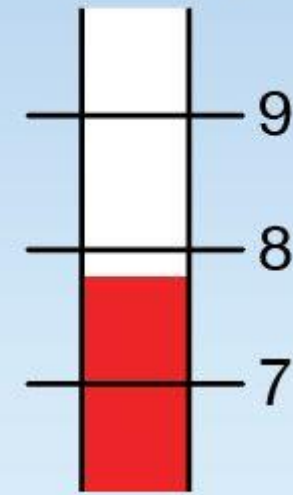
late 1800s
reduced acidity

2100 (projected)
increased acidity

seawater pH



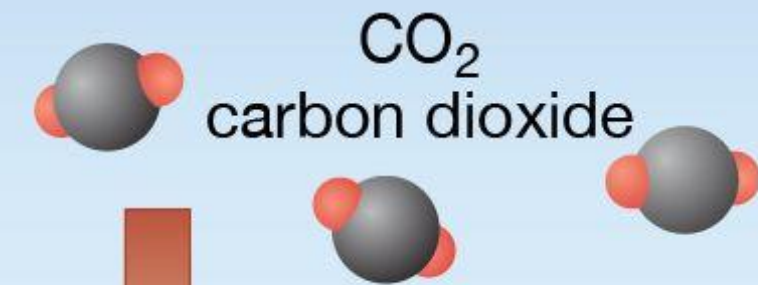
seawater pH



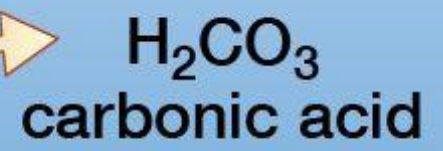
lower concentration
of atmospheric CO_2



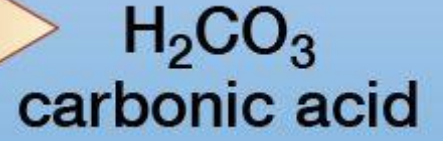
higher concentration
of atmospheric CO_2



carbonate ions



fewer
carbonate ions



H^+
free hydrogen ions









H^+
free hydrogen ions



abundant healthy corals,
mollusks, and other
marine calcifiers



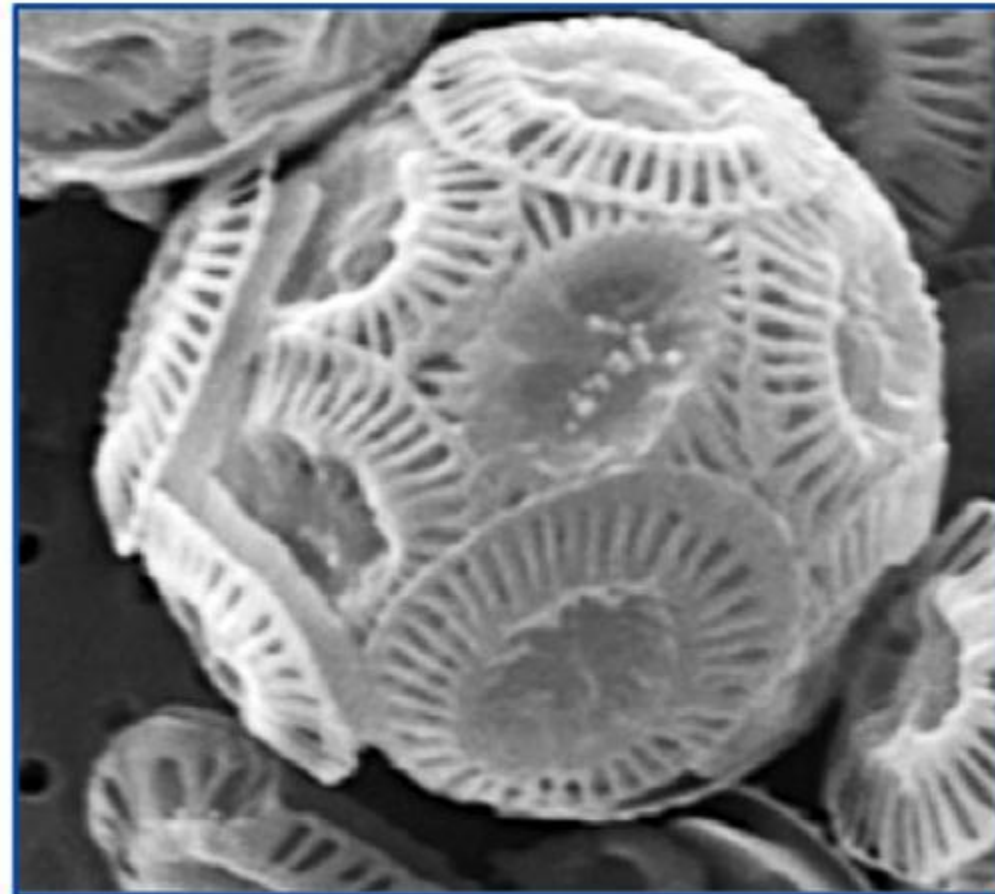
fewer, smaller
marine calcifiers

Group		Main response	
Algae		Fleshy algae	+22% growth
		Diatoms	+17% growth
		Calcifying algae	-80% abundance
Molluscs		Clams, scallops, mussels, oysters, pteropods, abalone, conchs and cephalopods (squid, cuttlefish and octopuses)	-34% survival -40% calcification
Echinoderms		Sea urchins, sea cucumbers, starfish	-10% growth -11% development
Corals		Warm and cold water coral	-32% calcification -47% abundance
Crustaceans		Shrimps, prawns, crabs, lobsters, copepods, and their relatives contributing to zooplankton	This group is relatively resistant to changes in ocean pH
Finfish		Small (herrings, sardines, anchovies), large (tuna, bonitos, billfishes), demersal (flounders, halibut, cod, haddock), etc.	Loss of habitat and food supply. Possibly some effects on behavior, fitness and larval survival

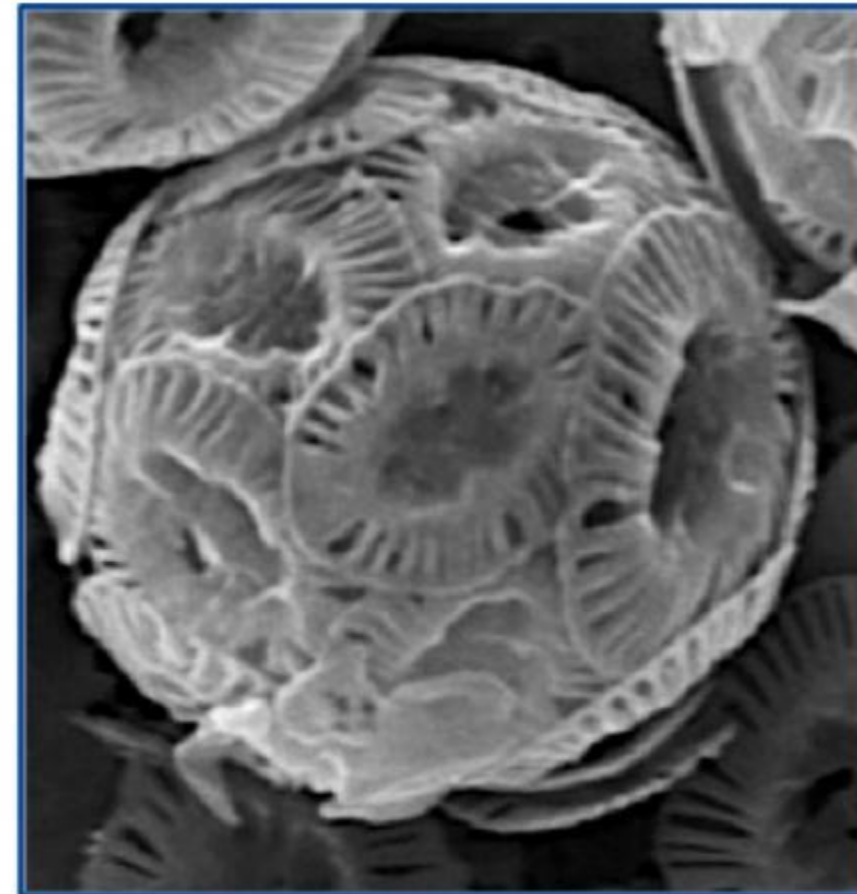
Effetti dell'acidificazione sui principali gruppi di organismi marini



Emiliana huxleyi, la specie più comune di coccolitoforidi (calcite)



-

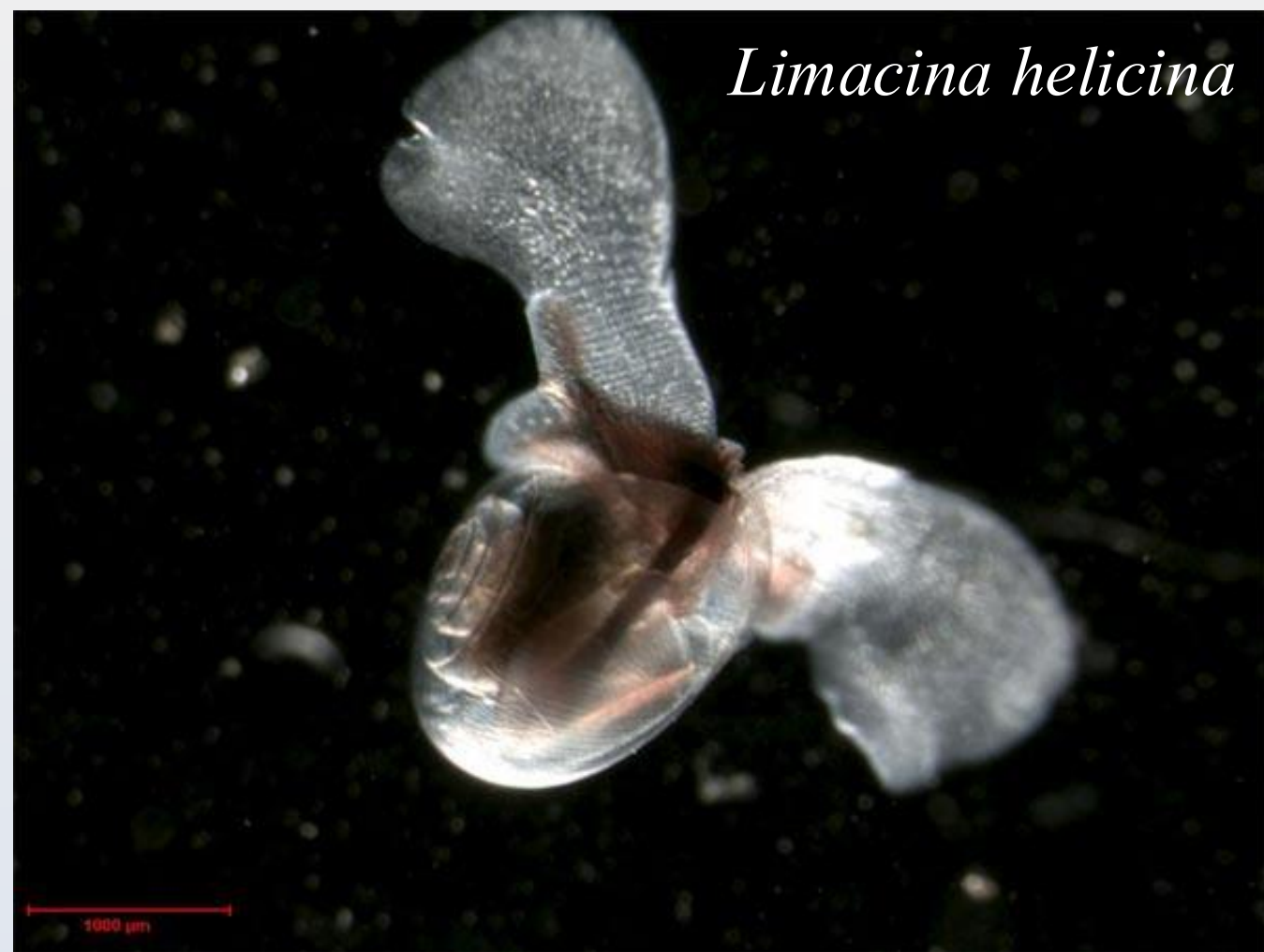


CO2 + temperature



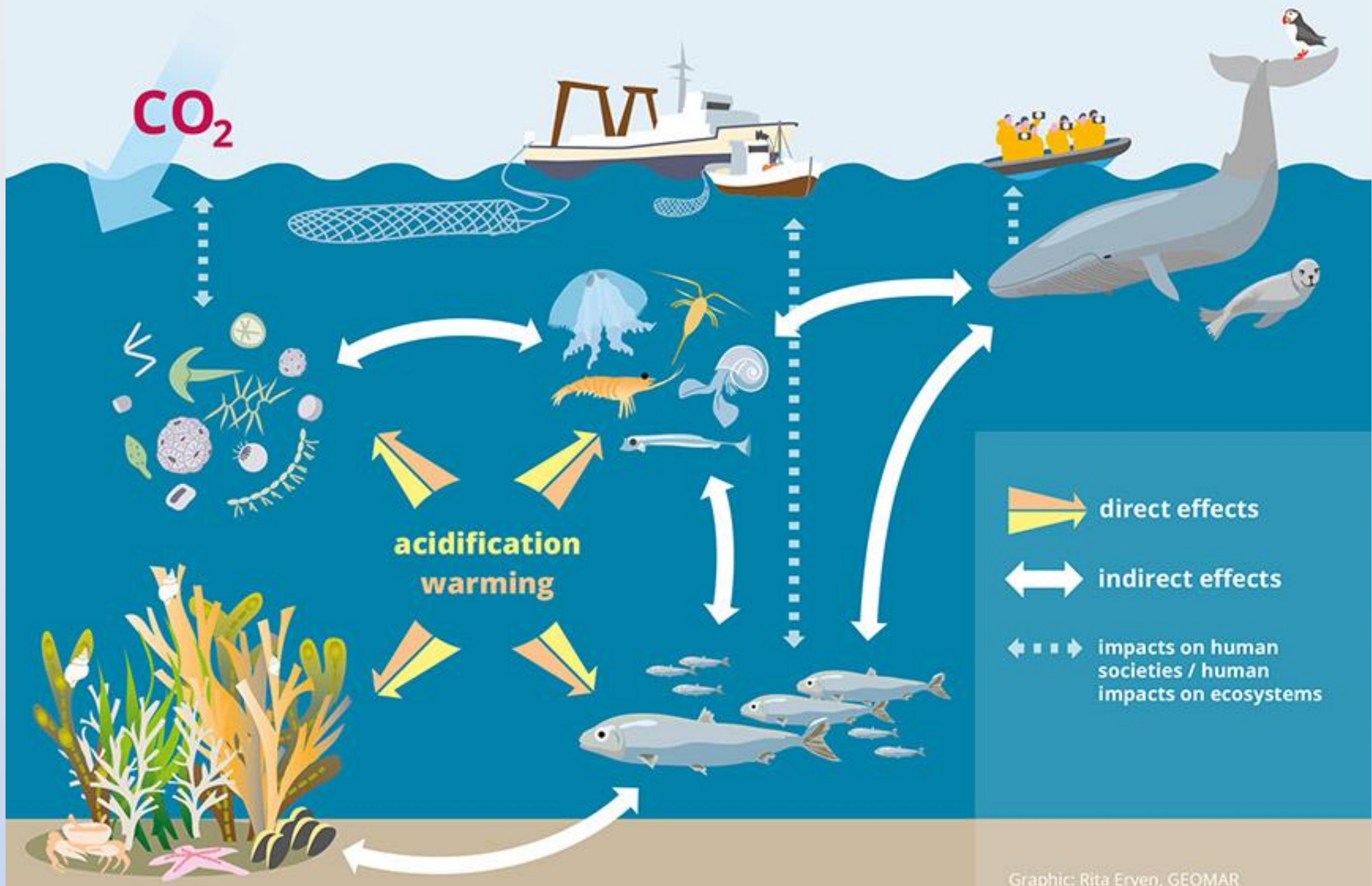
+





Una conchiglia di *Limacina* (mollusco planctonico, aragonite) si scioglie dopo 45 giorni in acqua a pH 7.7, previsto per il 2100.





**Effetti
 dell'acidificazione
 e del riscaldamento
 sugli ecosistemi
 e sulla società
 umana**

Graphic: Rita Erven, GEOMAR

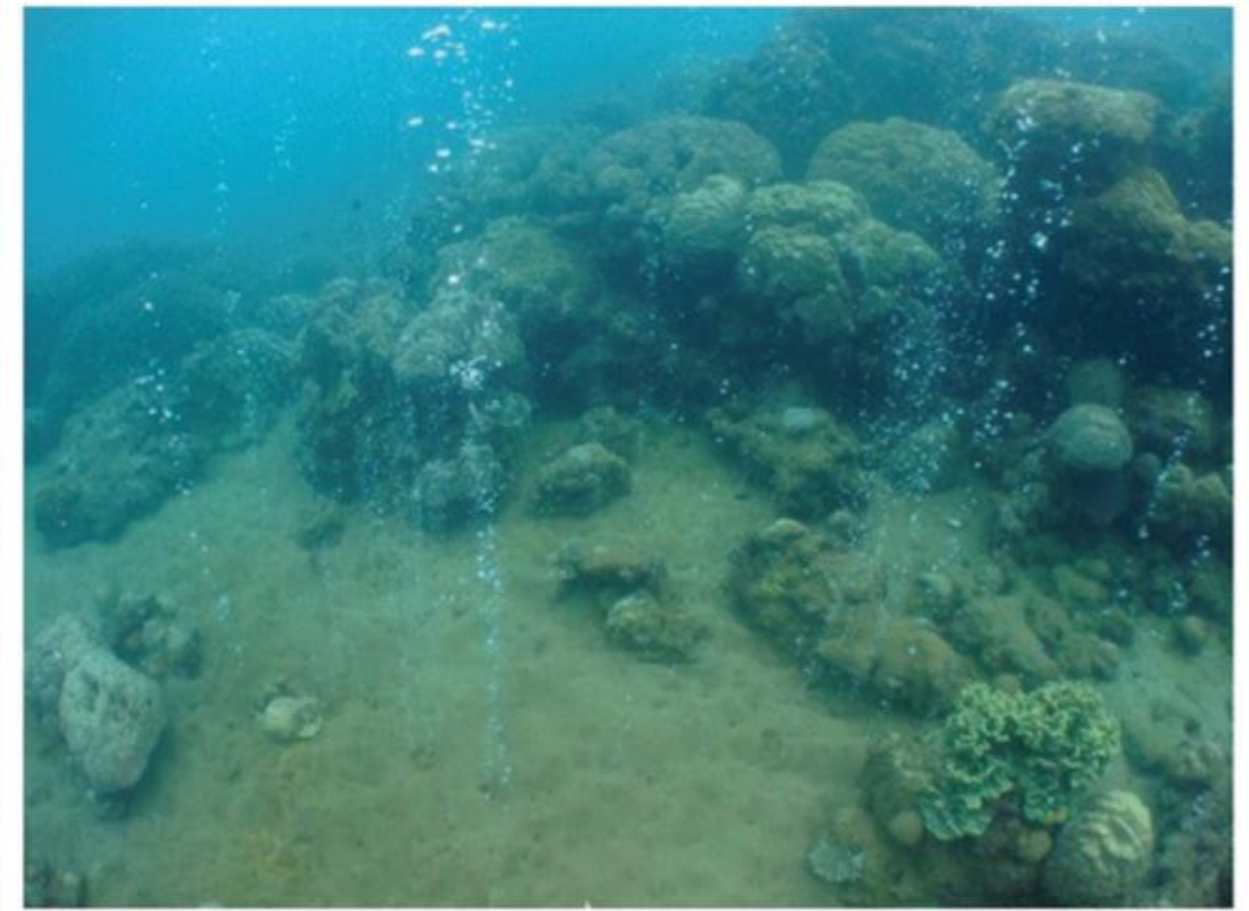
pH 8.05: Today



pH 7.95: ~year 2050



pH 7.8: ~year 2050



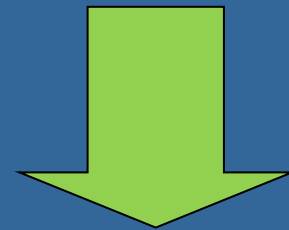
Biodiversity decreases
Coral recruitment decreases
Reef erosion increases
Loss of structural complexity

Source: Fabricius et al. 2011

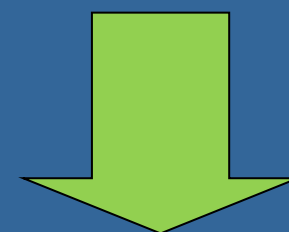
Aumento della CO₂



«ACIDIFICAZIONE»
DELL'OCEANO



Ridotta biocostruzione



dissoluzione del CaCO₃



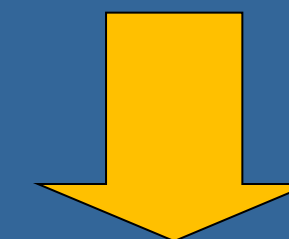
EFFETTO SERRA



fusione
dei ghiacci



anomalie
climatiche



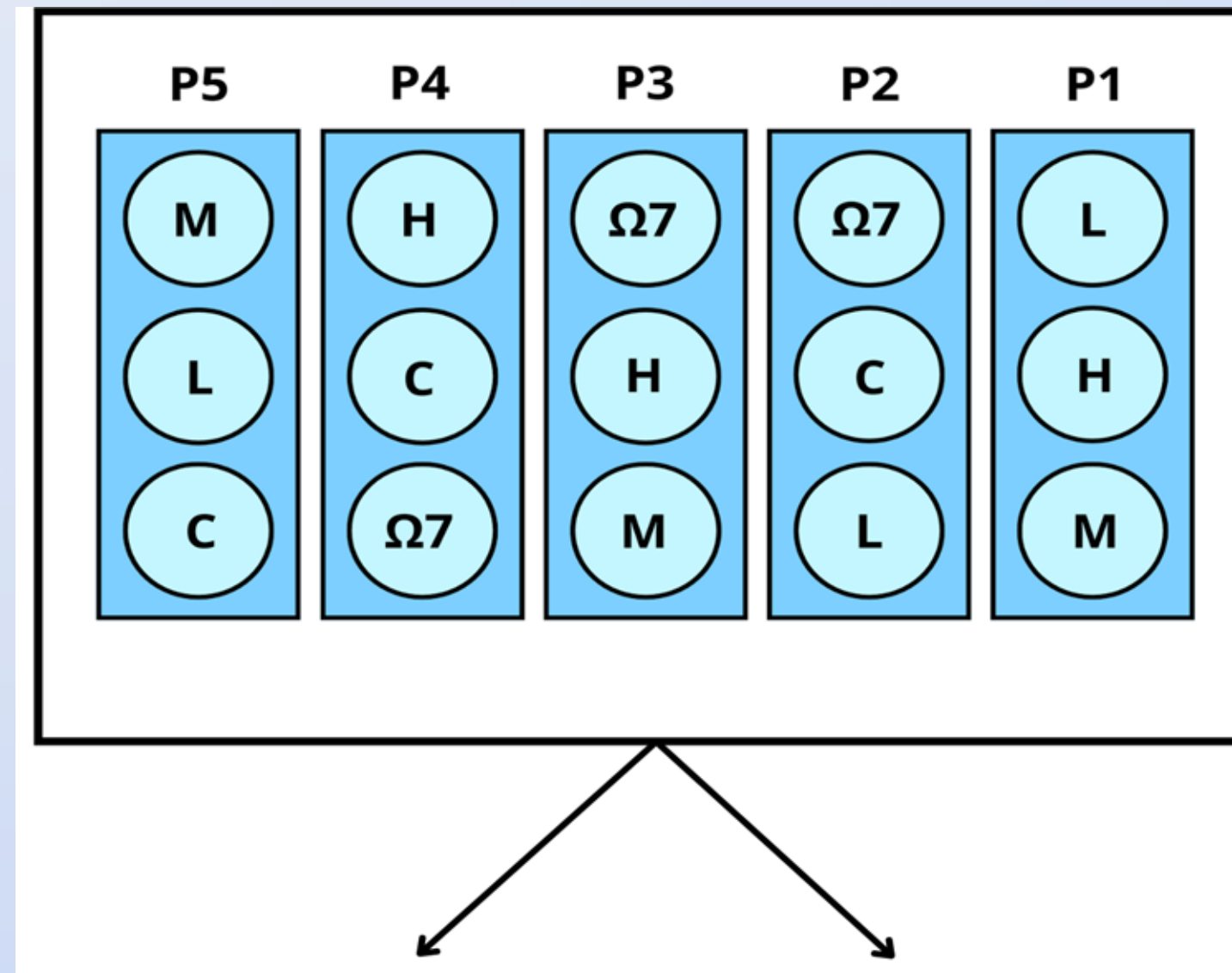
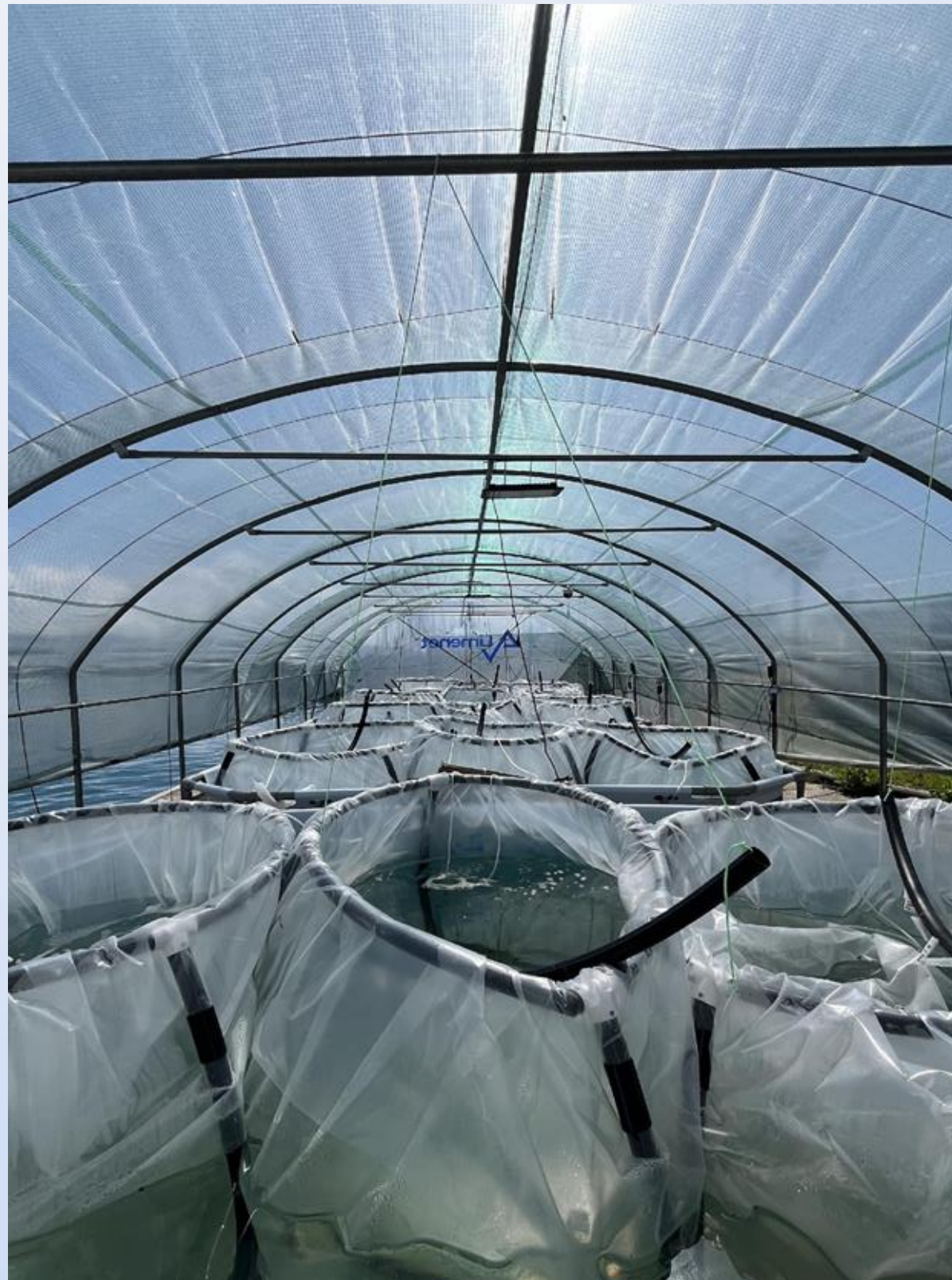
sollevamento del livello
del mare (30 cm entro 2050)

L'oceano ci aiuta a mitigare gli effetti del cambiamento climatico

**Aumentare la capacità dell'oceano di
assorbire CO₂ attraverso un aumento
della sua alcalinità**

Ocean Alkalinity Enhancement

La serra e i mesocosmi



Esperimento sul **plancton**:

- Durata: 14 giorni (14/03/24 – 28/03/24).
- Un campionamento ogni due giorni.

Esperimento sul **benthos**:

- Durata: 85 giorni (14/03/24 – 31/05/24).
- Un campionamento dopo 50 giorni e uno alla fine.

Trattamenti:

- **Control (C)**: 100% acqua di mare (Ω 3,4).
- **Low (L)**: 96,7% acqua di mare, 3,3% acqua trattata (Ω 4).
- **Medium (M)**: 93,3 % acqua di mare, 6,7% acqua trattata (Ω4,3).
- **High (H)**: 86,7% acqua di mare, 13,3% acqua trattata (Ω 5,2).
- **Ω7**: 73,7% acqua di mare, 26,3% acqua trattata (Ω 7).

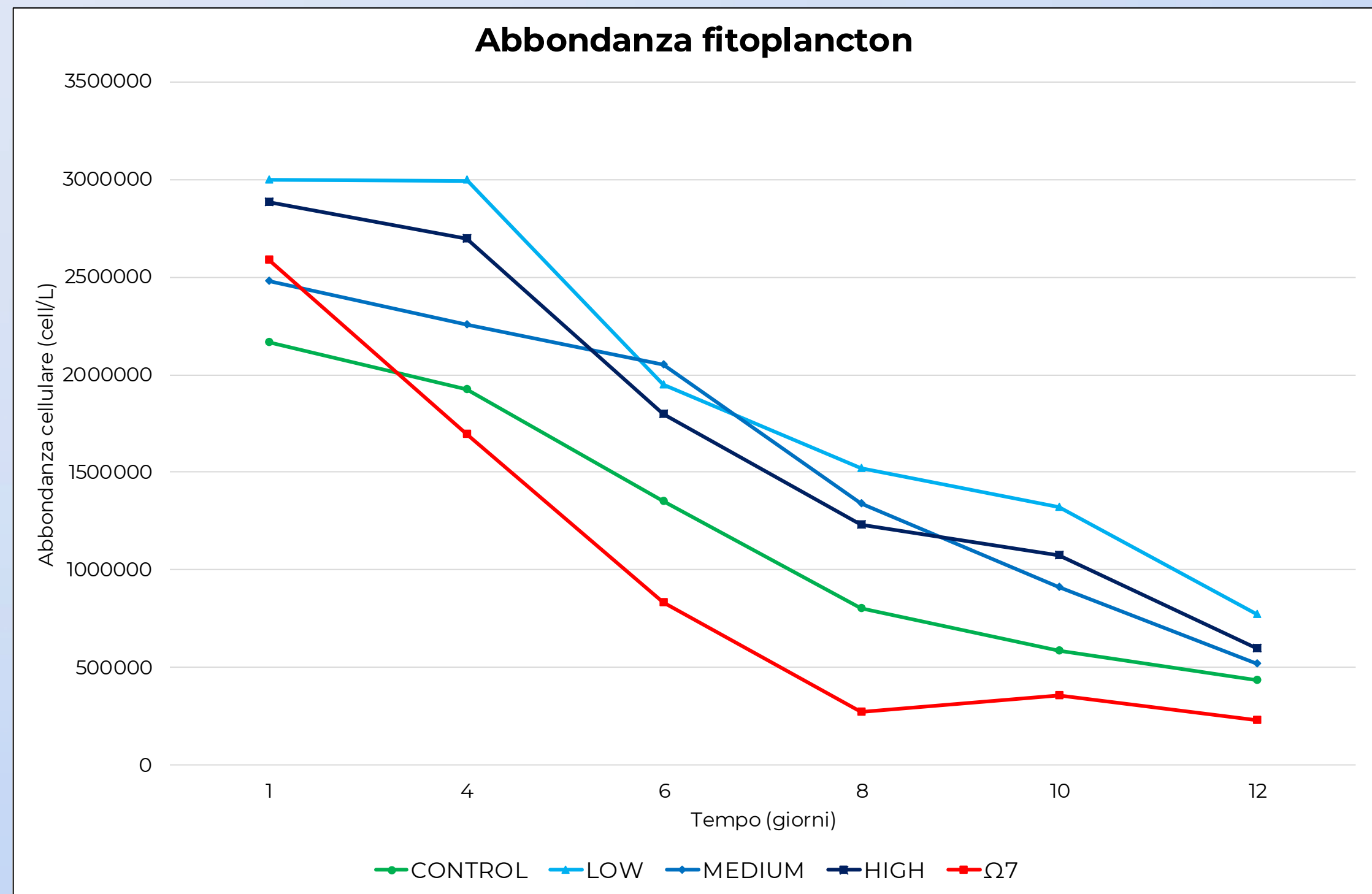
Risultati preliminari

- Fitoplancton composto prevalentemente da diatomee e dinoflagellati.
- Genere prevalente: *Chaetoceros* spp.



FATTORI IMPORTANTI:

- Effetto mesocosmo
- Acqua derivante da area portuale
- Concentrazione di nutrienti



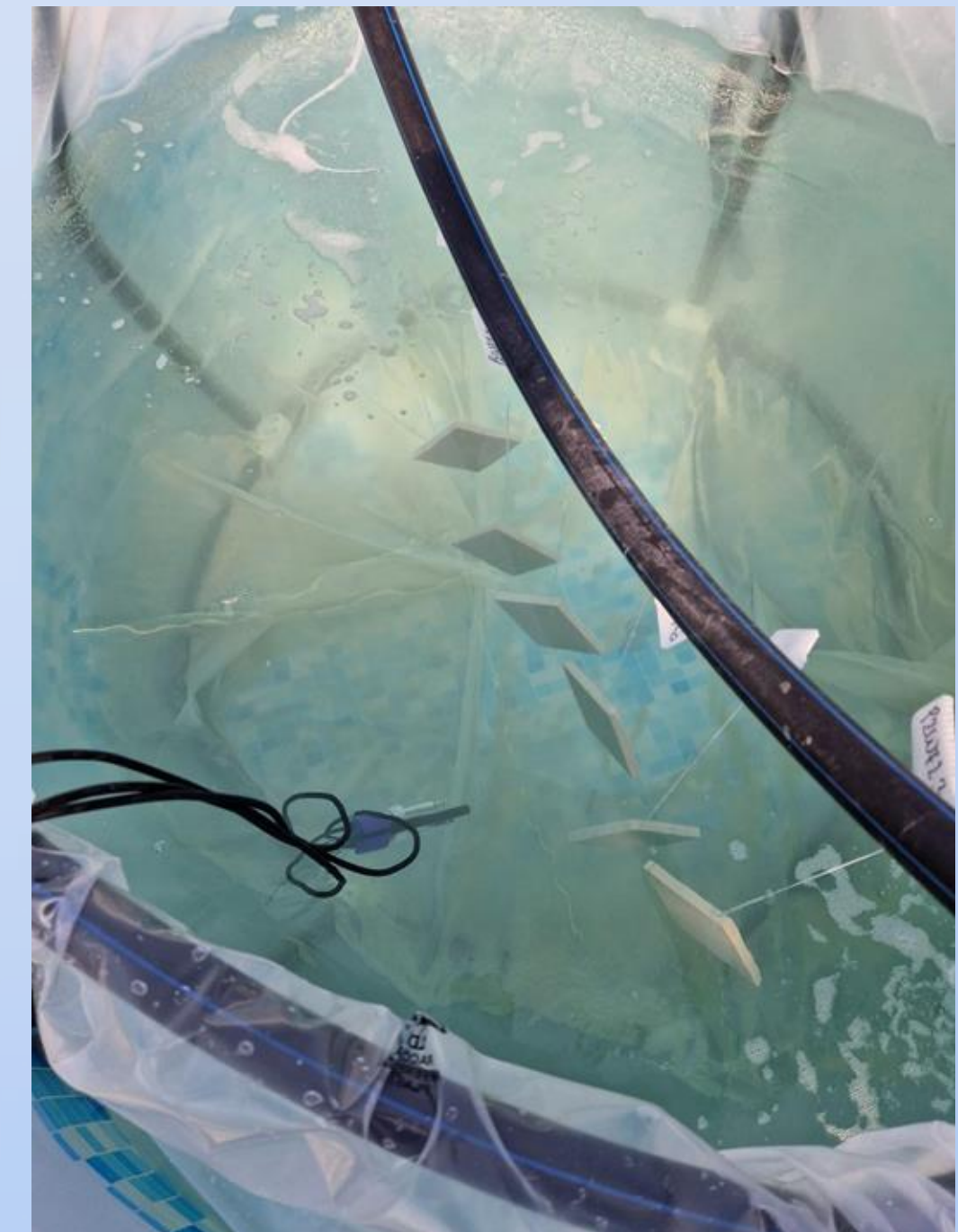
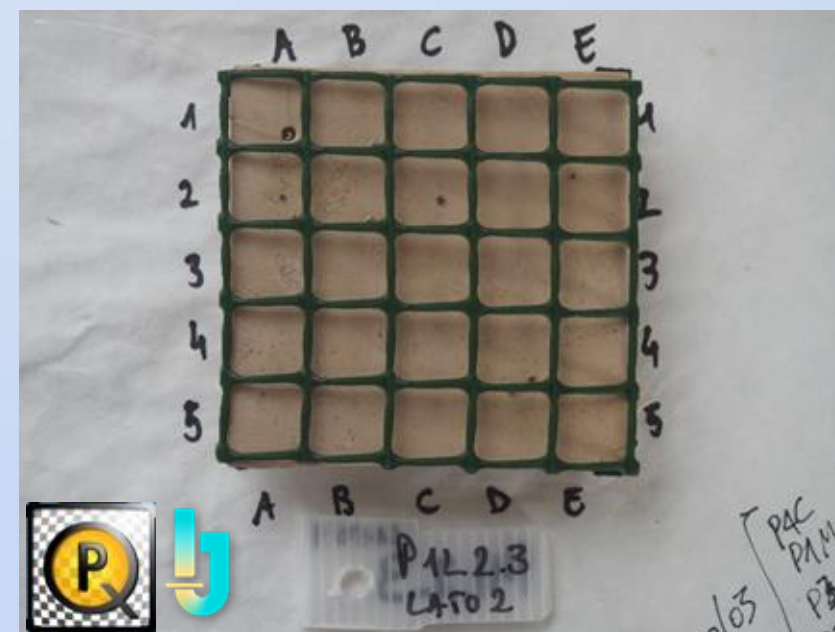
Materiali e metodi di analisi

Caratterizzazione degli organismi macro e micro bentonici:

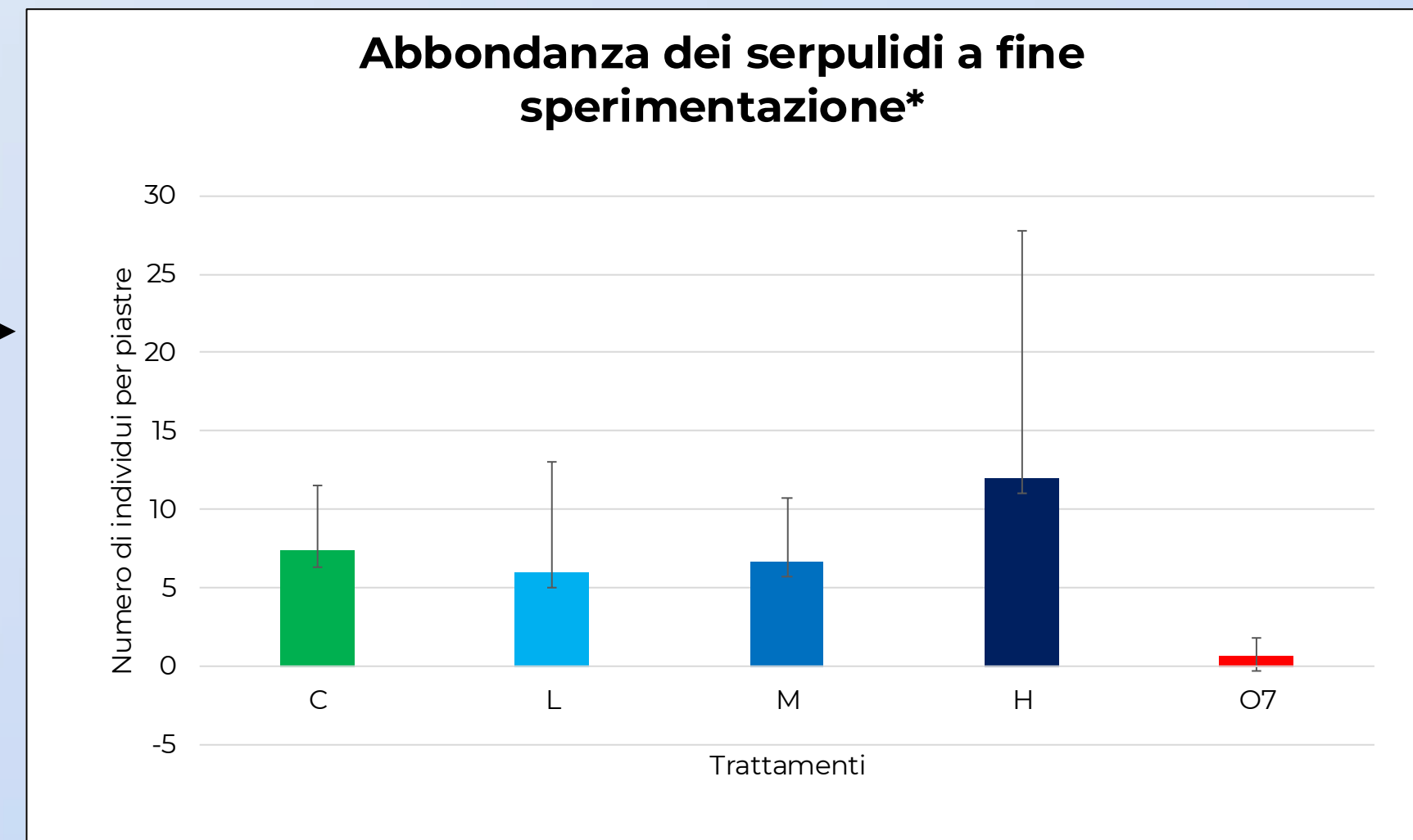
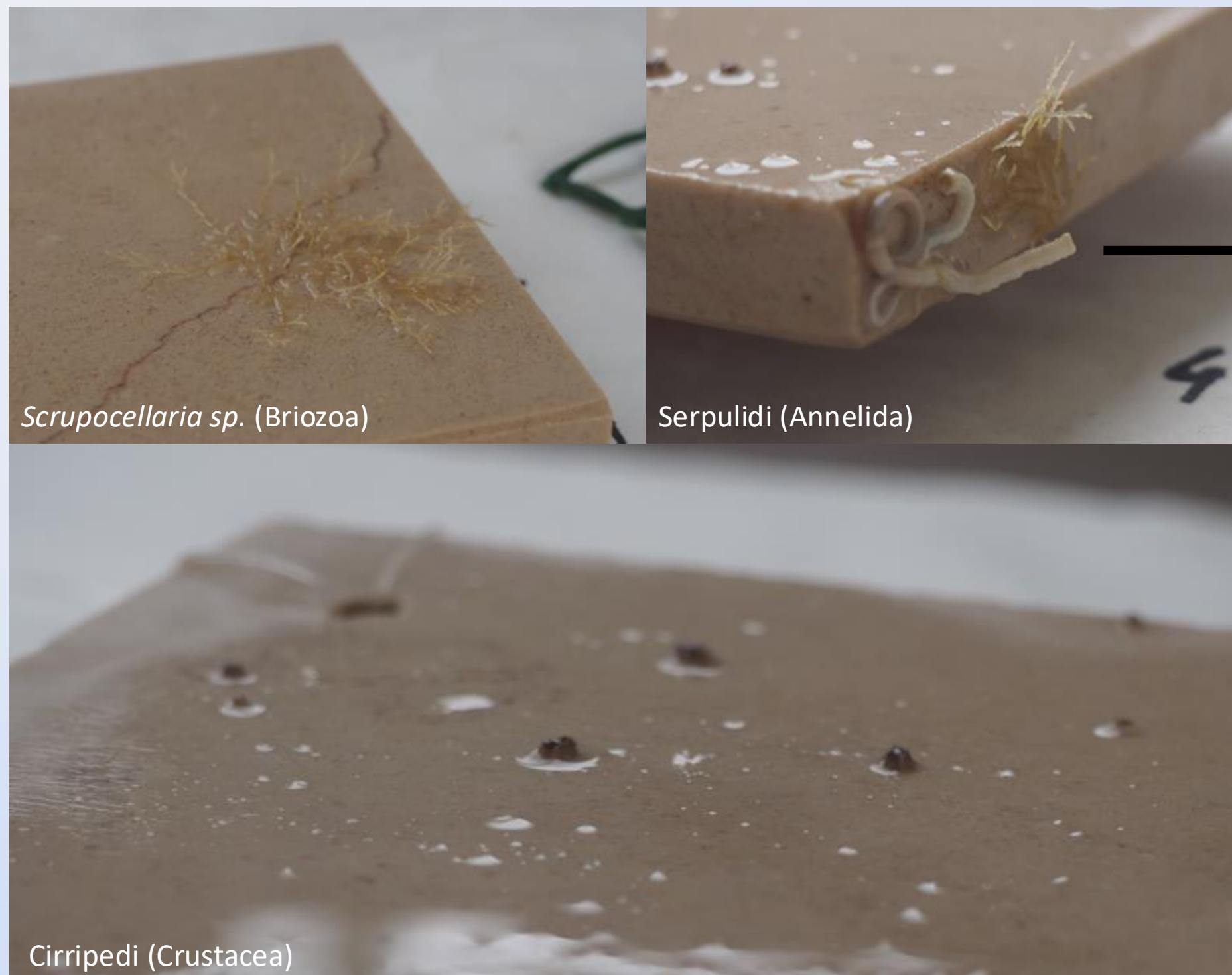
- Osservazioni dirette su piastrelle con stereomicroscopio.
- Osservazioni dirette post-scrub in camere di sedimentazione con microscopio invertito.
- Analisi delle immagini utilizzando software come photoQuad e ImageJ.

Valutazione del Reclutamento larvale:

- Numero di individui osservati.
- Numero di individui sopravvissuti dal primo campionamento al successivo.
- Tasso di mortalità.



Risultati preliminari



*I dati mostrati nel grafico si riferiscono a un numero limitato di campioni e non sono ancora stati sottoposti ad analisi statistica.

1 piastrella per mesocosmo è stata osservata al microscopio. Per ogni trattamento sono state osservate 3 piastrelle in totale.