

# Cambiamenti climatici e biodiversità

## Considerazioni sul ruolo del mare e degli oceani

**Mariangela Ravaioli**

**Istituto di Scienze Marine - CNR**

# Alcuni cenni su questioni di scienza e cambiamenti in atto:

- **La terra è un sistema complesso in cui differenti componenti interagiscono a diverse scale spaziali e temporali. L'impatto umano interagisce con questa complessità portando cambiamenti delle varie componenti e nei processi.**
- **L'oceano gioca un ruolo chiave nell'evoluzione del sistema clima**
- **Gli organismi marini hanno un ruolo fondamentale essendo alla base dei processi biogeochimici della biosfera.**
- **La nostra conoscenza sulla biodiversità marina è estremamente scarsa a causa della estrema difficoltà di studiare gli ambienti marini.**

# Il ruolo degli oceani nel cambiamento del clima

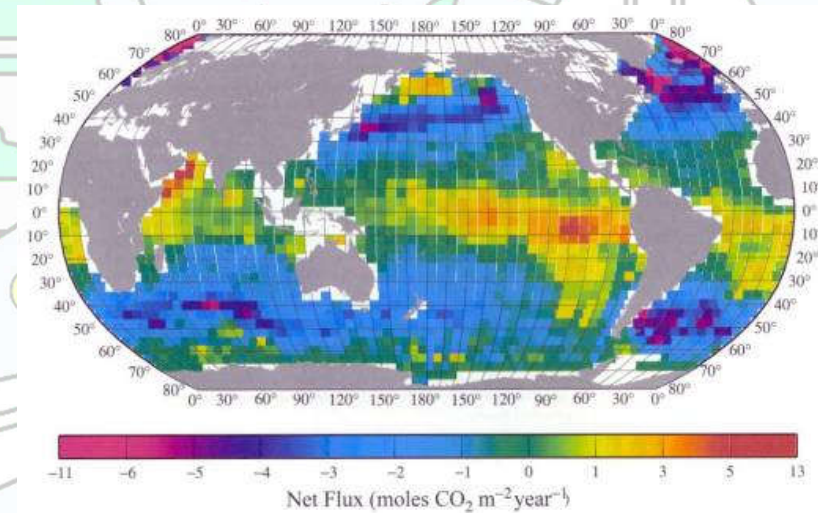
La CO<sub>2</sub> sulla superficie degli oceani è in equilibrio con l'atmosfera e si muove liberamente tra i due mezzi. Chimicamente trasformata in DOC e POC, viene trasferita nelle profondità oceaniche mescolandosi e inabissandosi col plankton e con le emissioni della piattaforma.

Dall'inizio del XIX secolo si ritiene che gli oceani abbiano assorbito ~50% delle emissioni dei combustibili fossili e ~30% di tutte le emissioni antropogeniche (incluse quelle derivanti dal cambiamento nello sfruttamento della terra).

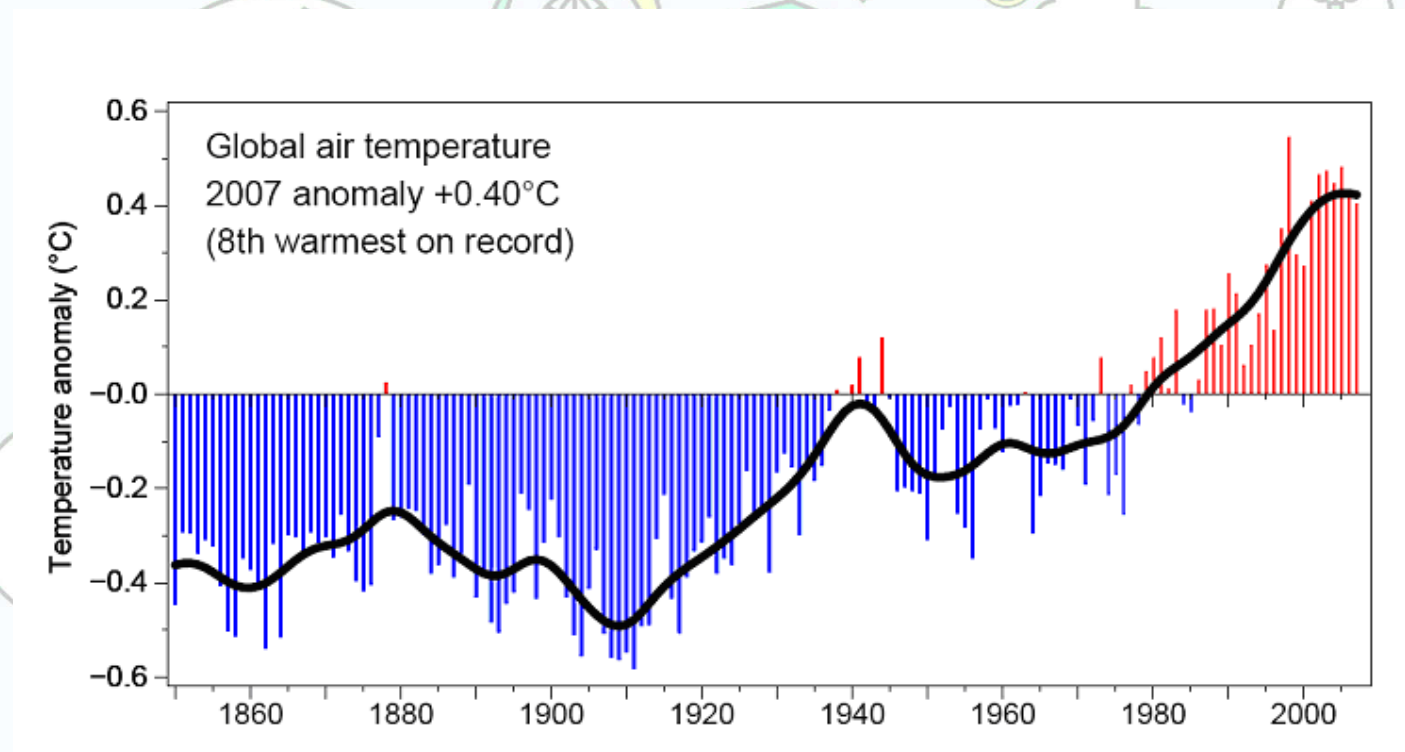
Il Nord Atlantico gioca un ruolo chiave accumulando il 23% di tutta la CO<sub>2</sub> Sottomarina in un'area che copre solo il 15% del totale degli oceani.

E il Mediterraneo?

Il riscaldamento della superficie del mare si suppone riduca la sua capacità di assorbire CO<sub>2</sub>, ma comunque l'assorbimento della CO<sub>2</sub> atmosferica aumenta l'acidità degli oceani.



# Serie storiche di temperatura globale negli ultimi 150 anni

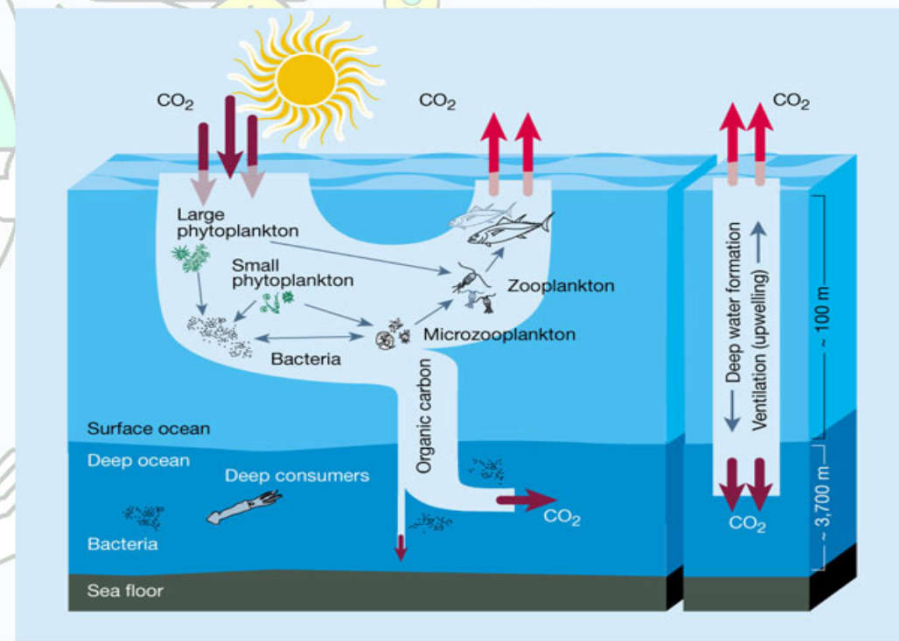


# Pompa biologica e fisica

Il Phytoplankton è responsabile di circa il 50% della fotosintesi totale sulla Terra, e fornisce cibo per i livelli trofici superiori.

Importante per l'eliminazione di CO<sub>2</sub>, in quanto una parte della produzione è trasferita come detrito negli abissi oceanici, sia affondando che attraverso la rete alimentare.

Il cambiamento della composizione e della stagionalità del plankton, dovuta all'innalzamento della temperatura, può influenzare l'efficienza di questo trasferimento verso il basso conosciuto come **pompa biologica**



## I sistemi osservativi e la biodiversità- Importante osservare e ottenere archivi

- La gestione dell'ambiente e delle risorse marine, ed in particolare delle zone costiere, necessita di un'informazione scientifica sempre più avanzata e multidisciplinare.
- Le Direttive Europee di fatto impongono un sistema di gestione e protezione dell'ambiente marino, che va osservato e tenuto sotto controllo.
- Oggi esistono in Italia sistemi di osservazione, in situ e da remoto, in gran parte indipendenti, i cui singoli elementi sono spesso parte di reti osservative a livello europeo sviluppate per soddisfare le esigenze di particolari discipline e/o di specifici utenti finali. Le reti create sono connesse anche a studi sulla biodiversità di lungo termine.
- Si sono sviluppati progetti nazionali, internazionali ed infrastrutture italiane ed europee quali i-LTER, LIFEWATCH e l'infrastruttura osservativa legata al progetto RITMARE. Fondamentale che la raccolta dei dati sia organizzata in data base interoperabili e aperti.

## Alcuni Esempi: Siti osservativi della rete Lter - Italia

I SITI DI RICERCA ECOLOGICA A LUNGO TERMINE SONO “POSTI DI ASCOLTO”:  
LUOGHI DOVE APPOGGIARE LE NOSTRE ORECCHIE AL PIANETA, SFORZANDOCI DI ASCOLTARE LE SUE PULSAZIONI



**25** siti di ricerca ecologica (di cui 2 extraterritoriali: Antartide e Laghi Himalayani), composti da diverse stazioni di ricerca, gestiti da enti pubblici di ricerca e università italiane

➤ [www.lteritalia.it](http://www.lteritalia.it)

➤ [www.lter-europe.net](http://www.lter-europe.net)



## I SITI LTER-ITALIA E LA BIODIVERSITÀ

Studi regolari per definire la fenologia e il ciclo stagionale del plancton.

Fioriture "multiple" di una singola specie possono essere effettuate, in realtà, da specie diverse. Le caratteristiche fenologiche possono essere usate come caratteristiche tassonomiche. L'uso della tassonomia può chiarire aspetti ecologici.



F. B. Aubry et al. / Continental Shelf Research 24 (

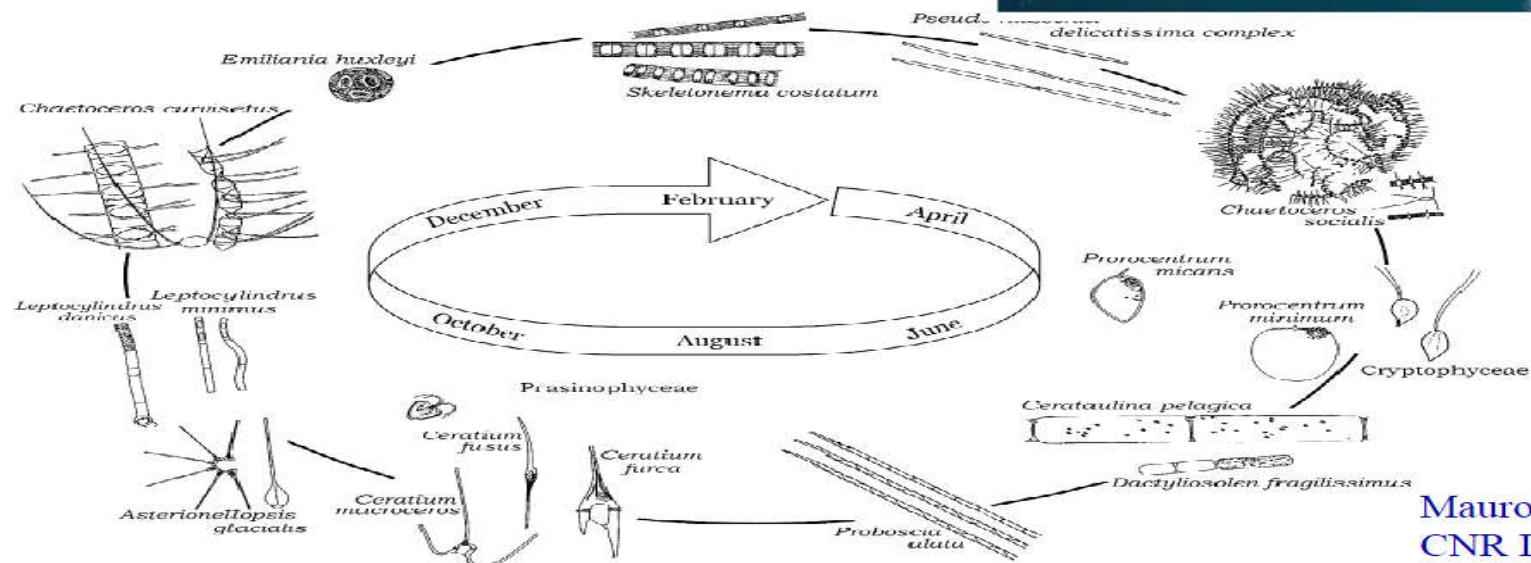


Fig. 10. Schematic representation of species succession, over an annual cycle, obtained from the 1990–1999 data.

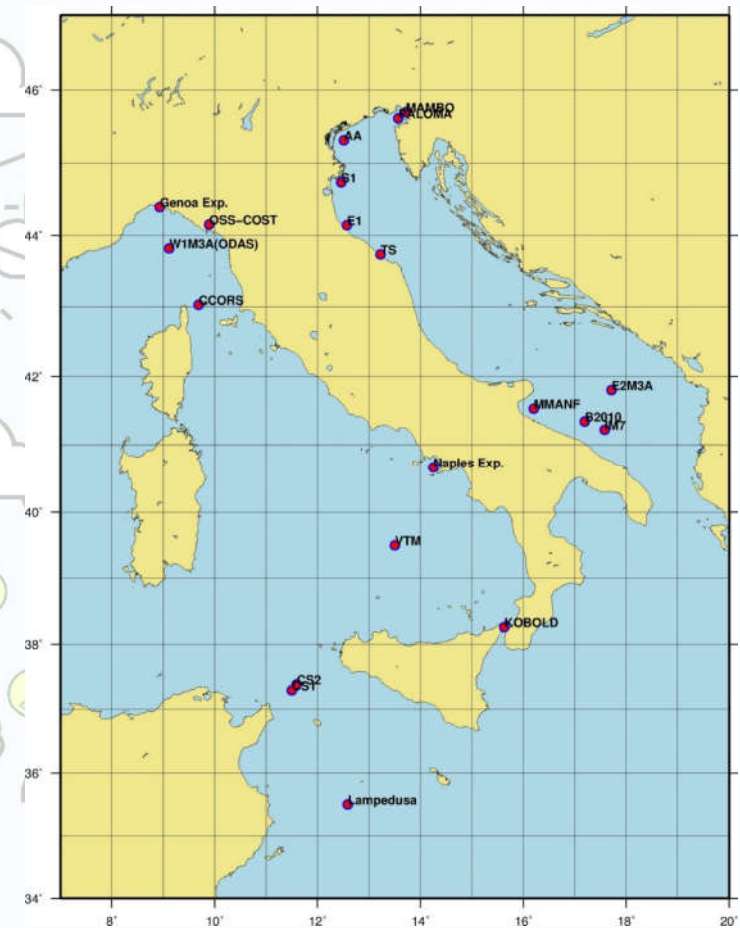
Mauro Bastianini  
CNR ISMAR, Venezia



# The RITMARE network of fixed sites for sea observation

- ✓ Paloma pylon
- ✓ Mambo buoy
- ✓ Acqua Alta platform
- ✓ S1 buoy
- ✓ E1 buoy
- ✓ TeleSenigallia pylon
- ✓ E2M3A site
- ✓ South Adriatic Moorings(BB,DD)
- ✓ Gargano pylon
- ✓ ENERMAR-KOBOLD platform
- ✓ Sicily channel Moorings(CS1 and CS2)
- ✓ Corsica channel Mooring (Ccors)
- ✓ Profiling Buoy SystemYOYO
- ✓ W1M3A (ODAS) buoy
- ✓ Capo Granitola pylon (new)
- ✓ Lampedusa Air-sea observatory

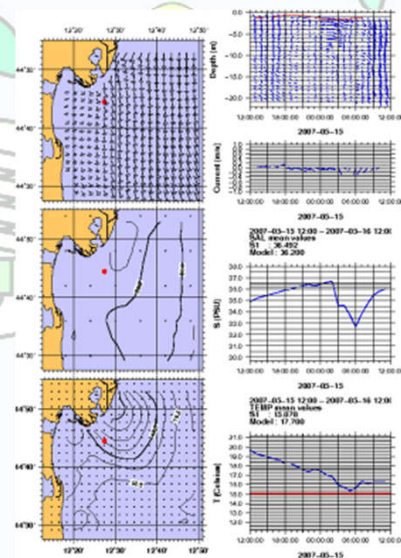
**I siti multidisciplinari hanno serie temporali pluridecennali, Dati fisici, chimici, biologici permettono di osservare e raccogliere le oscillazioni ed i cambiamenti in atto. I dati sono in realtime e in remoto- Numerosi progetti Europei, Italiani e Regionali hanno contribuito a questa infrastruttura**



## Alcuni Esempi- Boa S1 - Adriatico settentrionale, Delta del Po

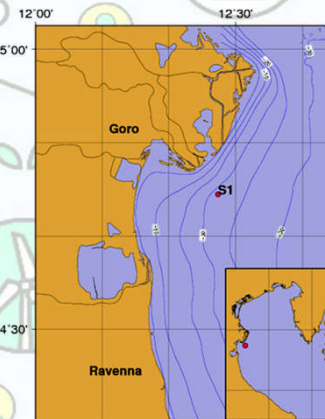
### Sistema Automatico di Monitoraggio Ambientale Meteo-Marino S1

- ✓ studio climatologico della variabilità delle proprietà oceanografiche dell'Adriatico settentrionale;
- ✓ studio dell'impatto del fiume Po sulla piattaforma continentale;
- ✓ studio dei rapporti aria-acqua da un punto di vista fisico e fisico-chimico;
- ✓ studio del ruolo dei fondali nei processi distrofici dell'Alto Adriatico;
- ✓ studio dei processi di sedimentazione e risedimentazione del terrigeno fine in area prodeltizia.



#### DATI ACQUISITI

Dati meteorologici (temperatura, pressione, direzione e velocità del vento, umidità relativa, radiazione netta) e oceanografici (direzione e velocità della corrente, temperatura, salinità, ossigeno disciolto, pH, ORP, torbidità, fluorescenza).



#### UBICAZIONE

Lat 44.441042 N  
Lon 12.456111 E  
Datum WGS84  
Profondità: 22.5 m

## Adriatico Centro-Settentrionale,

zona di Torre Pedrera (Rimini)

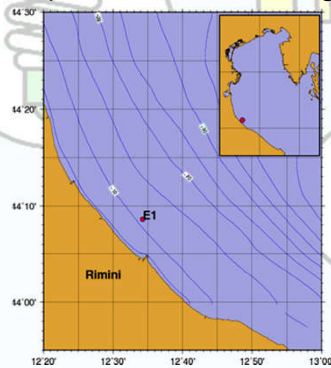
Sistema Automatico di Monitoraggio Ambientale Meteo-Marino **E1**

Boa meteo-oceanografica coordinata dal **CNR-ISMAR-Bologna**

- ✓ Rappresentativa delle condizioni di zona costiera dell'Adriatico Centro settentrionale
- ✓ Monitoraggio in continuo di condizioni marine e meteorologiche
- ✓ Acquisizione di parametri sperimentali su cui tarare il modello oceanografico di previsione di concentrazione O<sub>2</sub>
- ✓ Mitigazione degli effetti degli episodi ipo-anossici attraverso attività di monitoraggio

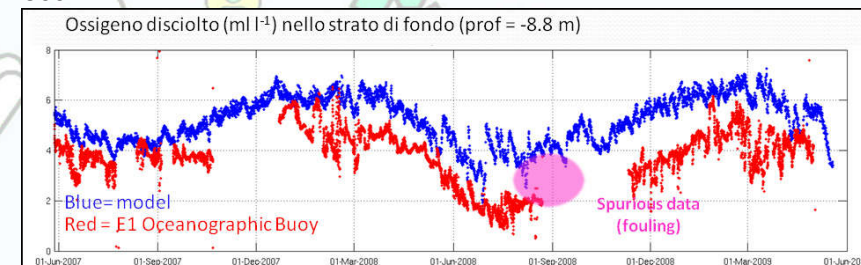
### DATI ACQUISITI

dati meteorologici (temperatura, pressione, direzione e velocità del vento, umidità relativa, radiazione netta) e oceanografici (direzione e velocità della corrente, temperatura, salinità, ossigeno disciolto, pH, torbidità, fluorescenza).



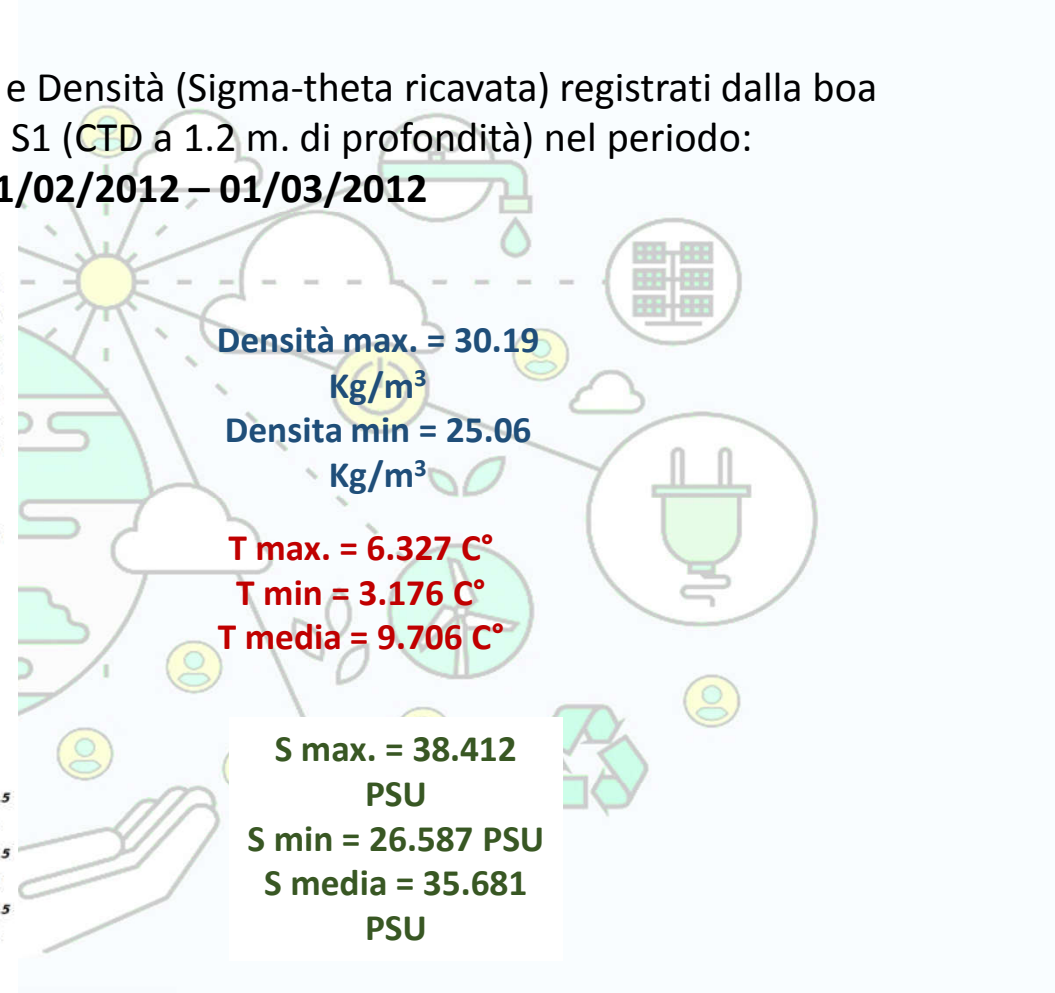
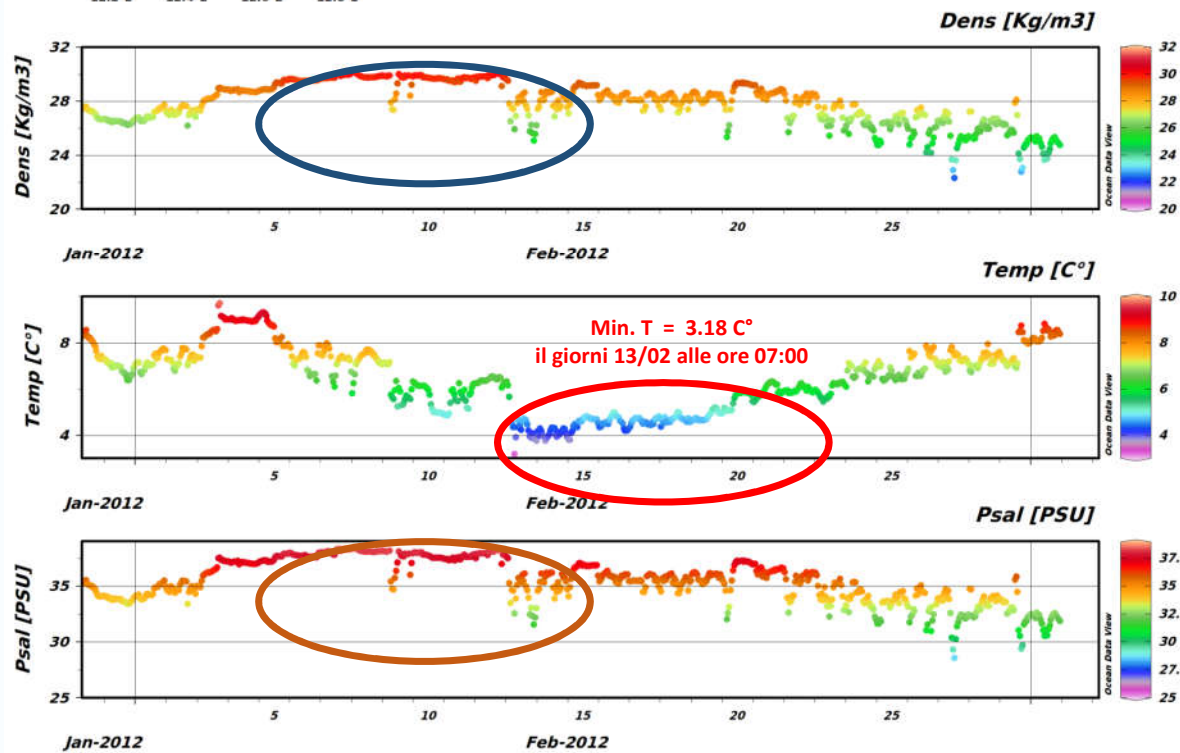
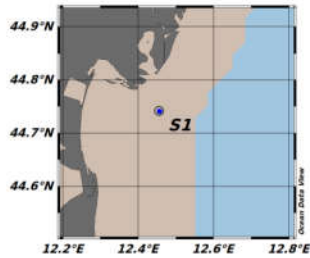
<http://e1.bo.ismar.nr.it>

La boa E1, fornisce invece dati necessari alla validazione del modello **ROMS**, finalizzato alla previsione di livelli anomali di O<sub>2</sub> collegati a possibili episodi di ipo-anossia (Progetto Emma-Life), Enveurope e Sito Alto Adriatico LTER, Jerico, ecc



## Boa S1 - Registrazione dell'evento freddo di Febbraio 2012 (Dati CTD)- Esempio

Dati di Temperatura, Salinità e Densità (Sigma-theta ricavata) registrati dalla boa meteo-oceanografica S1 (CTD a 1.2 m. di profondità) nel periodo:  
**01/02/2012 – 01/03/2012**



# L'acidificazione dei mari e degli oceani

L'assorbimento della  $\text{CO}_2$  atmosferica da parte degli oceani ha prodotto un abbassamento medio di 0.1 unita' di pH nello strato oceanico superficiale e si prevede, continuando l'attuale trend di aumento della  $\text{CO}_2$  atmosferica, una riduzione media compresa fra 0.14 e 0.35 unita' di pH entro il 21° secolo [1]

L'impatto di un simile aumento dell'acidita' degli oceani e' negativo per la solubilita' dei carbonati e per tutti gli organismi che ricavano i loro gusci dal carbonato di calcio, i coralli in primo luogo

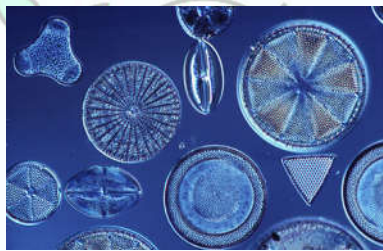
Lo studio globale del pH di mari ed oceani mediante network di ricerca e' attualmente caldeggiato dalla comunita' internazionale insieme all'adozione di metodologie analitiche e scale di pH standardizzate ed approvate

## Esempio di interazione clima-biodiversità

### effetto dell'aumento di CO<sub>2</sub> e diminuzione del pH degli oceani sulla comunità fitoplanctonica

- La CO<sub>2</sub> atmosferica antropogenica in massima parte entra negli oceani ed è in aumento.
- Di conseguenza il pH oceanico è in diminuzione. Livello attuale: 8.2 (-0.12) Previsione; riduz. pH 0.35; 50% del CaCO<sub>3</sub><sup>-2</sup>
- L'aumento di CO<sub>2</sub> disciolto stimola la fotosintesi fitoplanctonica del 40%-200% in considerazione del raddoppio di CO<sub>2</sub> nel 2100.
- L'acidificazione (↑CO<sub>2</sub>, ↓pH) degli oceani inibisce la calcificazione (source CO<sub>2</sub>) (neg. feedback).

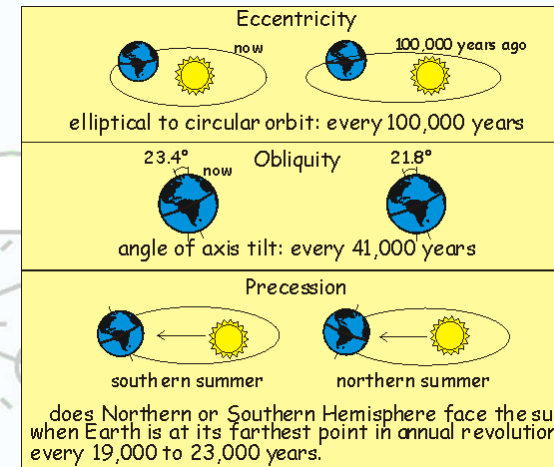
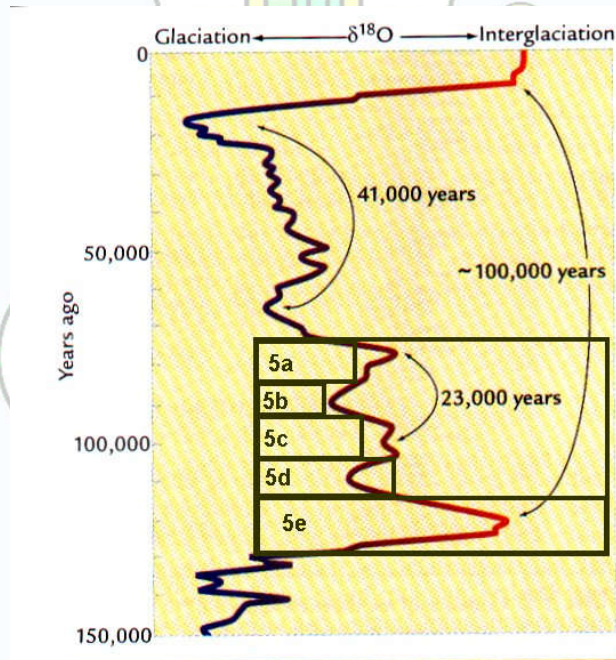
**Cambiamenti nel tipo di comunità fitoplanctonica=>**



**Conseguenze:  
sul clima  
sulla catena trofica**

Conversi, Pugnetti, et al., ISMAR

Il clima ha una sua evoluzione naturale, con intervalli freddi e caldi che dipendono dall'inclinazione dell'asse terrestre. Ciò fa aumentare o diminuire l'irraggiamento sulla superficie della Terra. **La pressione antropogenica accelera e porta a quanto descritto in particolare sul ciclo del carbonio**

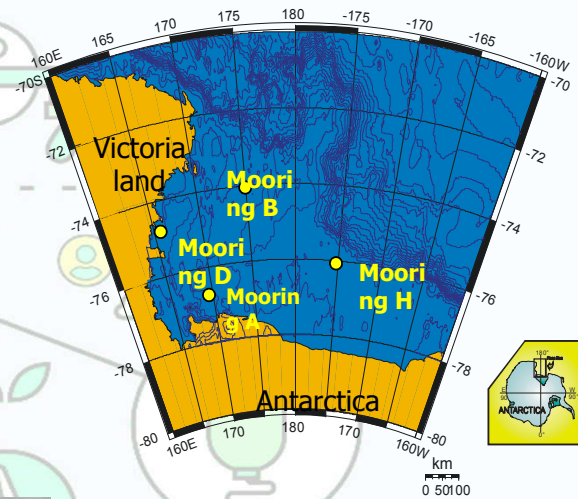


**Gli intervalli caldi e freddi si alternano alla scala di migliaia di anni, determinando condizioni della superficie terrestre diverse dall'attuale, ad es. diverso livello del mare e volume di ghiacci. L'aumento accelerato della temperatura, in particolare nelle aree polari che detengono circa il 90% delle acque dolci del pianeta potrà portare innalzamento del livello del mare**

## Le protagoniste al femminile e la loro progettualità in ambito Polare con particolare riguardo all'Antartide

M. Ravaioli (CNR-ISMAR), L. Capotondi (CNR-ISMAR), C. Bergami, F. Chiarini, S. Giuliani, P. Rivaro, L. De Santis (OGS), B. Stenni (Uni Trieste), ecc...

Ricerche su Aree Polari Antartide, mi hanno vista partecipe fin dal 1987 e dal 1991 ad oggi partecipe a 6 crociere in Antartide con progetti da me promossi. (Progetto Abioclear Bioseso I-II, M. Ravaioli coordinatore): Le regioni polari rivestono una grande importanza nella formazione di acque fredde oceaniche di fondo. Queste assorbono una enorme quantità di CO<sub>2</sub> e la trasportano sul fondo degli oceani dove rimane seppellita per secoli. Tale processo è fondamentale per la regolazione di questo gas-serra.



N. B. Sono citate solo alcune delle numerose protagoniste femminili coinvolte.



## Perché in Antartide?



**Cambiamenti climatici (Antartide come motore del clima e dello studio dell'assorbimento della CO<sub>2</sub>)**



**Ambiente a ridotto impatto antropico**



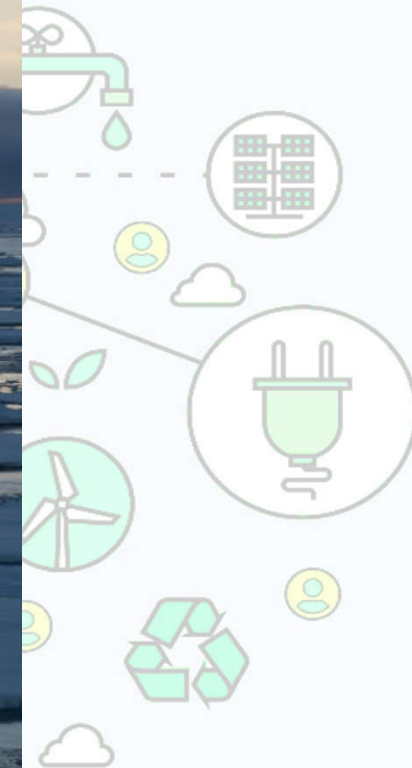
**Studi biologici: biodiversità / nuove specie / adattamento ambientale**



**Studi astronomici ed astrofisici**



**Innovazione tecnologica / strumentazione**



## Infrastrutture in Antartide: Siti di ricerca in Antartide: Mooring A e B, altri mooring sono presenti dal 1992- I processi biogeochimici sono misurati

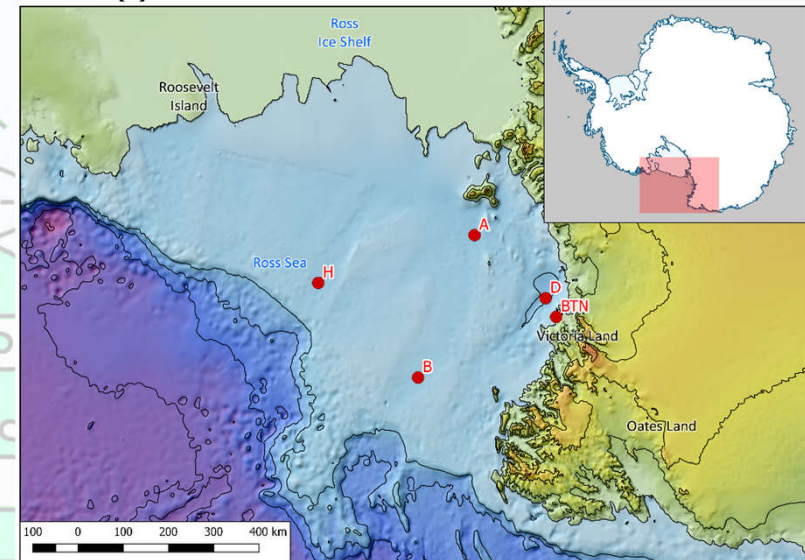
**Obiettivi:** acquisizione di serie di dati bio-geochimici a lungo termine nella zona di piattaforma del Mare di Ross (Antartide). Mediante lo studio di flussi bio-geochimici e delle caratteristiche chimico-fisiche della colonna d'acqua è possibile:

- migliorare i modelli biogeochimici esistenti;
- fornire indicazioni più precise sulle variazioni dell'ecosistema marino antartico, in relazione ai cambiamenti climatici globali.

### Ricerche in corso:

- Cicli biogeochimici marini
- Cambiamenti climatici
- Oceanografia fisica
- Ecologia del plancton e del benthos
- Cartografia

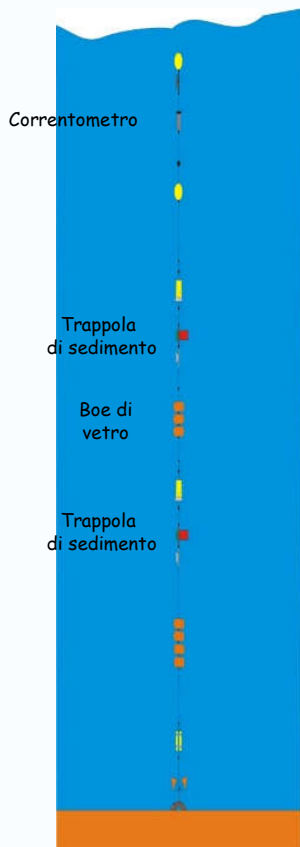
**Serie temporali:** dal 1990 al 2008



### Pubblicazioni:

- Chiarini F, Ravaioli M, Capotondi L (2019) Interannual variability of vertical particle fluxes in the Ross Sea (Antarctica). *Nature Conservation* **34**: 417–440.
- Chiarini F, Capotondi L, Dunbar RB, Giglio F, Mammi I, Mucciarone DA, Ravaioli M, Tesi T, Langone L (2013) A revised sediment trap splitting procedure for samples collected in the Antarctic sea. *Methods in Oceanography* **8**: 13-22.

# Siti di ricerca in Antartide: Mooring A e B- Studio dei Flussi



Le trappole di sedimento sono dei contenitori attaccati a una catena (mooring) ancorata al fondo marino da un peso e tenuta verticale da boe.

Lungo questa catena vengono posizionate le trappole e altre strumentazioni.

Vengono lasciate in luoghi strategici a campionare per diversi mesi e quindi recuperate.

I sedimenti raccolti dalle trappole sono quelli che cadono lungo la colonna d'acqua.

Tutti i campioni di sedimento vengono conservati in celle frigorifero fino al momento in cui vengono descritti visivamente e analizzati in laboratorio.

## In sintesi, nei siti di ricerca in Antartide vengono effettuati:

- Studi sui flussi di particolato
  - Diretta relazione tra flussi di particolato e diverse specie fitoplanctoniche di superficie
  - Importanza degli apporti laterali
  - Importanti processi di dissoluzione e degradazione
- Ricostruzione dell'evoluzione climatica registrata nei sedimenti
- Indagini paleoclimatiche ad alta risoluzione

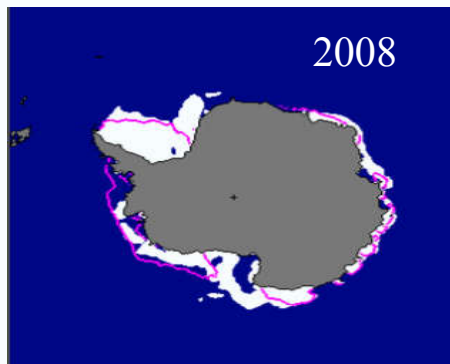


Esempi di micro-organismi ritrovati nelle trappole di sedimento



Esempio di campioni ottenuti da trappole di sedimento

Mooring A Esempi di come le oscillazioni nello spessore e nelle coperture dei ghiacci portano eventi freddi e/o caldi e incidono sulla produzione di Phytoplankton



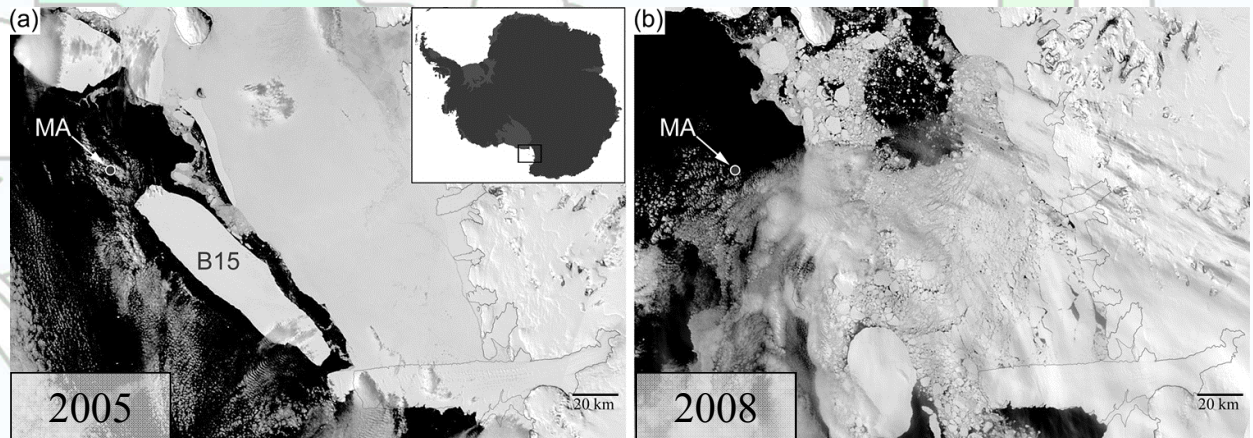
### 2008

Nel 2008 la concentrazione di ghiaccio stagionale è stata più elevata rispetto ad anni precedenti. **Si ipotizza un evento freddo avvenuto in questo periodo citato anche dall'IPCC.**

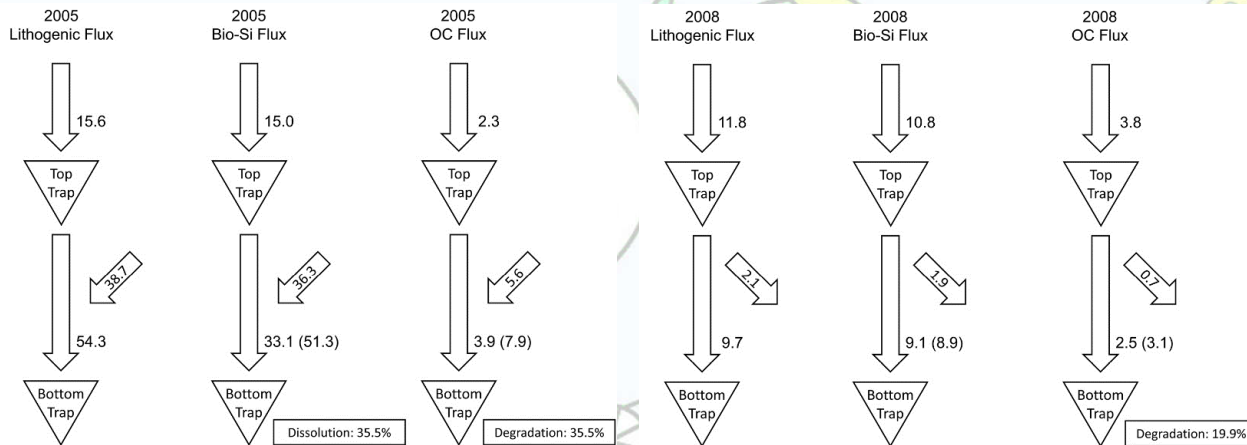
Ne è conseguito che il periodo di completa apertura dai ghiacci nella zona del Mooring A è stata di un mese più breve rispetto al 2005.

### 2005

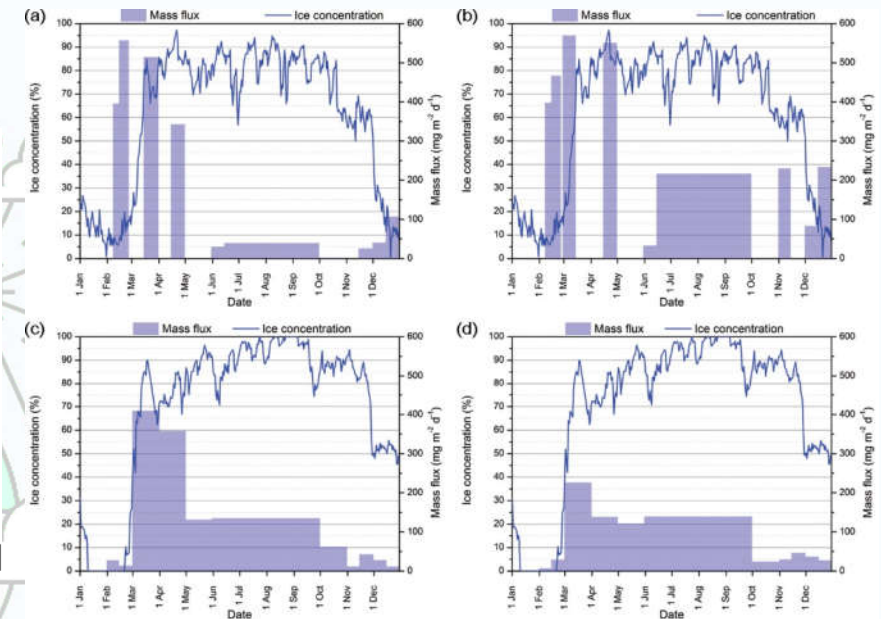
L'area del Mooring A è stata influenzata dalla presenza dell'iceberg B-15 (superficie di 230x80 km<sup>2</sup>) che, staccatosi dalla Ross Ice Shelf nel 2001 è rimasto incastrato tra l'isola di Ross e quella di Beaufort per 5 anni



# Mooring A



Il bilancio di massa si basa sull'assunzione che il materiale in arrivo alla trappola di fondo abbia la stessa composizione della trappola superficiale

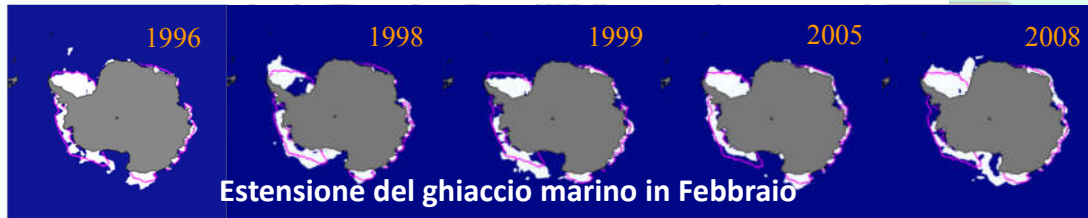
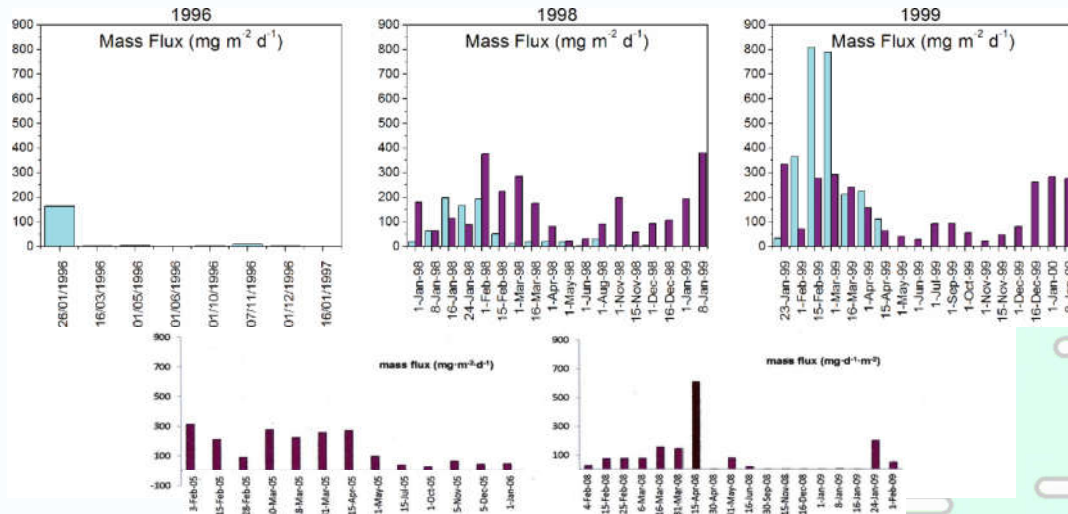


Correlazione tra il flusso di particolato e la concentrazione di ghiacci nell'area sovrastante il Mooring A nel (a,b) 2005 e (c,d) nel 2008

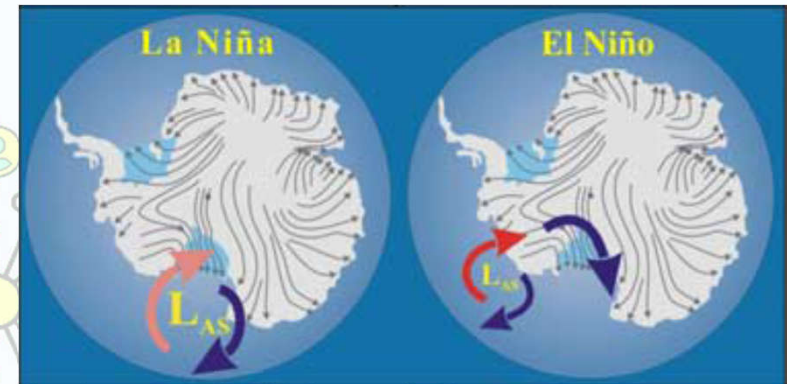
Sia dai valori di flusso di massa e silice, sia dal bilancio di massa si osserva la presenza dell'evento freddo del 2008 e del contributo dei fenomeni di avvezione laterale, influenzati anch'essi dalle temperature

(Immagini riportate nel lavoro «Chiarini F, Ravaioli M, Capotondi L (2019) Interannual variability of vertical particle fluxes in the Ross Sea (Antarctica). *Nature Conservation* 34: 417–440.»)

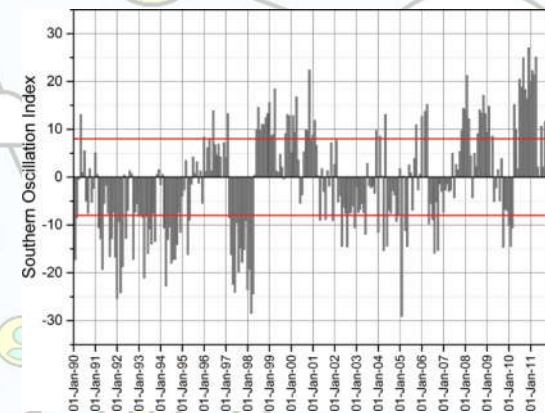
# Mooring B



Il confronto dei dati di flusso con i dati da satellite riguardanti la concentrazione ed estensione dei ghiacci, la concentrazione di clorofilla a e di diatomee ha consentito di individuare una correlazione fra questi parametri. Si è osservato che le variazioni di estensione dei ghiacci sembrano avere una ciclicità su scala decennale.

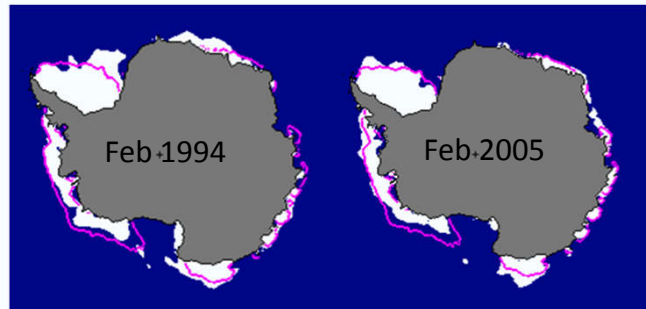


**El Niño Southern Oscillation (ENSO)**

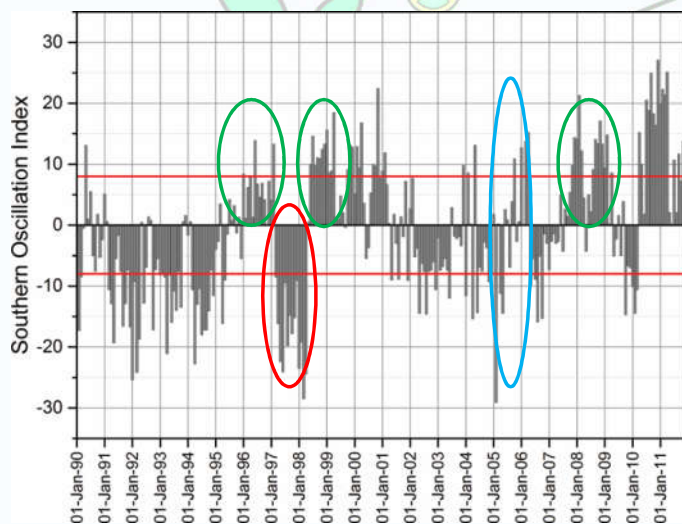


Questa ciclicità decennale è stata messa in relazione con la variabilità atmosferica extra-antartica dovuta all'ENSO.

# Mooring B



Osservata ciclicità dei flussi e delle concentrazioni di ghiaccio



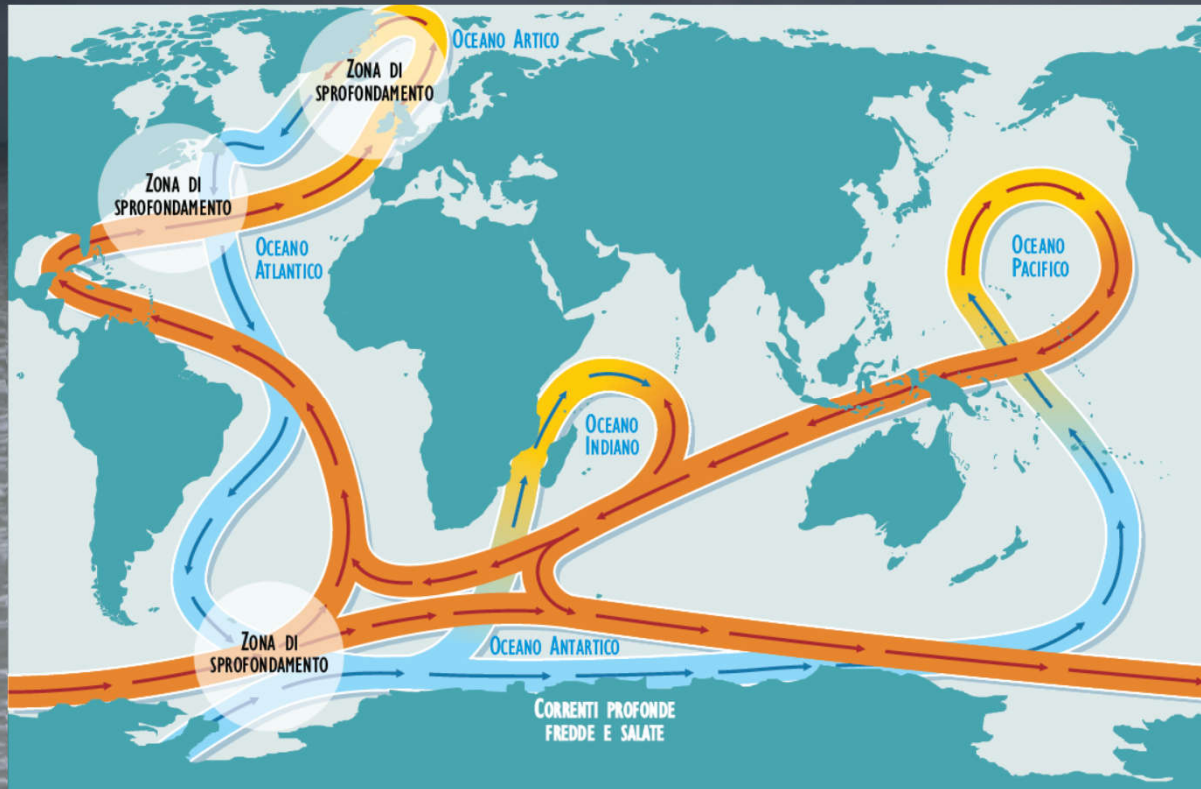
TOP	Mass flux (mg d <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup> )	Period
1996	Max: 162.74 Min: 0.79	1/26-3/16 6/1-10/1
1998	Max: 196.96 Min: 2.86	2/1-2/15 11/1-11/15
1999	Max: 807.58 Min: 33.6	2/15-3/1 1/23-2/1
BOTTOM	Mass flux (mg d <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup> )	Period
1996	Max: 136.91 Min: 12.96	1/26-2/5 2/5-2/15
1998	Max: 377.38 Min: 21.91	2/1-2/15 5/1-6/1
1999	Max: 291.94 Min: 22.17	3/1-3/16 11/1-11/15
2005	Max: 313.17 Min: 24.75	2/3-2/15 10/1-11/5
2008	Max: 609.22 Min: 0.09	4/15-4/30 4/30-5/31

L'indice SOI misura gli effetti dovuti all'ENSO:

- SOI > 0 → La Niña
- SOI < 0 → El Niño

Gli anni 90 mostrano una correlazione diretta mentre quelli del 2000 inversa

## Antartide: frigorifero del pianeta - regolatore della CO<sub>2</sub>



**in questa regione si formano acque fredde e dense che dal polo sud vengono trasportate in tutto il globo influenzando il clima in scala globale**





## Breve sunto dei processi incidono sulla la ciclicità del clima e alle pressioni antropiche

- Il clima ha una sua evoluzione naturale, con intervalli freddi e caldi che dipendono dall'inclinazione dell'asse terrestre. Ciò fa aumentare o diminuire l'irraggiamento sulla superficie della Terra. **La pressione antropogenica accelera sul ciclo del carbonio**
- Anidride carbonica è solubile in acqua e esistono scambi continui e naturali tra le superficie degli oceani e atmosfera fino a condizioni di equilibrio.
- Gli oceani possono essere sorgenti di CO<sub>2</sub> ma l'aumentata concentrazione di CO<sub>2</sub>, fa sì che gli oceani assorbano grandi quantità di CO<sub>2</sub>?
- Vi sono effetti del cambiamento climatico sul ciclo del C e la catena alimentare
- La CO<sub>2</sub> aumenta l'acidificazione dei mari e degli oceani con conseguente scioglimento dei coralli e gusci calcarei
- La formazione delle acque fredde e dense che al polo sud che vengono trasportate in tutto il globo influenzando il clima in scala globale
- Inquinamento, sversamenti di oli, plastica incidono sulla catena alimentare
- La raccolta dei dati con infrastrutture accreditate è utile negli archivi naturali

# Progettualita' e Ruolo delle donne

Negli ultimi anni diverse iniziative e progetti hanno iniziato a studiare queste problematiche fornendo le prime risposte ad alcuni quesiti.

Il ruolo delle donne del campo delle scienze marine è sempre stato di primo piano fornendo competenza e risultati di eccellenza rivolte sia alla ricerca di base che applicate a problemi concreti e direttamente connessi con la società.

La conoscenza ecologica può agire e influenzare scelte politiche ed economiche cruciali, che hanno risvolti sulla società, sull'ambiente e sulla salute.

Le scienziate nel campo oceanografico sono protagoniste sia nella promozione della ricerca che in campo sperimentale, principalmente in navi da ricerca sia nei nostri mari, in oceano aperto, fino agli ambienti polari. Le scienziate convivono abbastanza armoniosamente tra il privato, la scienza e le applicazioni, pur nella consapevolezza delle ancora presenti disparità di genere.

Importante è anche educare una cittadinanza consapevole e per questo è tempo viene dedicato ad iniziative di diffusione della conoscenza, sui temi della biodiversità e dei cambiamenti climatici, alla società.

Le problematiche socio-ecologiche e la gestione della società impongono una riflessione sul ruolo giocato dalla scienza e dalla tecnologia nel sostenere un tale modello di sviluppo: il ruolo poliedrico delle donne è fondamentale.

# C'è sempre un Gap da colmare

Nonostante la comprovata expertise e il protagonismo scientifico delle donne italiane che lavorano nel mondo della ricerca delle scienze del mare, le posizioni di responsabilità ad alto livello sono rare.

Questo è un problema molto sentito nel mondo della ricerca (e non) anche a livello internazionale.

Negli ultimi anni molti paesi hanno adottato delle politiche specifiche di supporto alle donne ma non sempre hanno portato risultati sensibili.

Anche le misure della Comunità Europea attivate (soprattutto nel passato), per colmare i gap esistenti (Risoluzione del Parlamento europeo del 20 aprile 2012 su donne e cambiamenti climatici (2011/2197(INI)). Agenda 2030 dell'Onu. Nel nostro campo non ci sono specifiche politiche nazionali di supporto ed è difficile arrivare ad una parità nei ruoli di responsabilità e di dirigenza.

Il ruolo della Associazione Donne e Scienze in Italia e nei consessi internazionali è importante per colmare questo GAP