

Copertina

Corso di Fisica dell'Atmosfera

# Indici climatici a scala planetaria e teleconnessioni.

Giaiotti Dario & Stel Fulvio

## Sommario della lezione

- L'approccio statistico alla previsione dell'evoluzione atmosferica
- Gli indici climatici e le teleconnessioni
- ENSO - El Niño Southern Oscillation
- NAO – North Atlantic Oscillation
- Bibliografia di riferimento e per approfondimenti.

## Difficoltà della soluzione del set di equazioni fondamentali

$$\frac{du}{dt} - \frac{uv \tan(\phi)}{R} + \frac{uw}{R} = 2\Omega v \sin(\phi) - 2\Omega w \cos(\phi) - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + (\nu \Delta \mathbf{v})_x$$

$$\frac{dv}{dt} + \frac{u^2 \tan(\phi)}{R} + \frac{vw}{R} = -2\Omega u \sin(\phi) - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + (\nu \Delta \mathbf{v})_y$$

$$\frac{dw}{dt} - \frac{u^2 + v^2}{R} = 2\Omega u \cos(\phi) - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - g + (\nu \Delta \mathbf{v})_z$$

$$p = \rho RT$$

$$\frac{d\rho}{dt} + \rho \nabla \cdot \mathbf{v} = 0$$

$$\frac{d\eta}{dt} = C_p \frac{dT}{dt} - \frac{1}{\rho} \frac{dp}{dt}$$

L'insieme completo di equazioni differenziali che descrive l'evoluzione dell'atmosfera terrestre presenta notevoli difficoltà nel calcolo delle soluzioni, sia tramite l'approccio analitico che quello numerico.

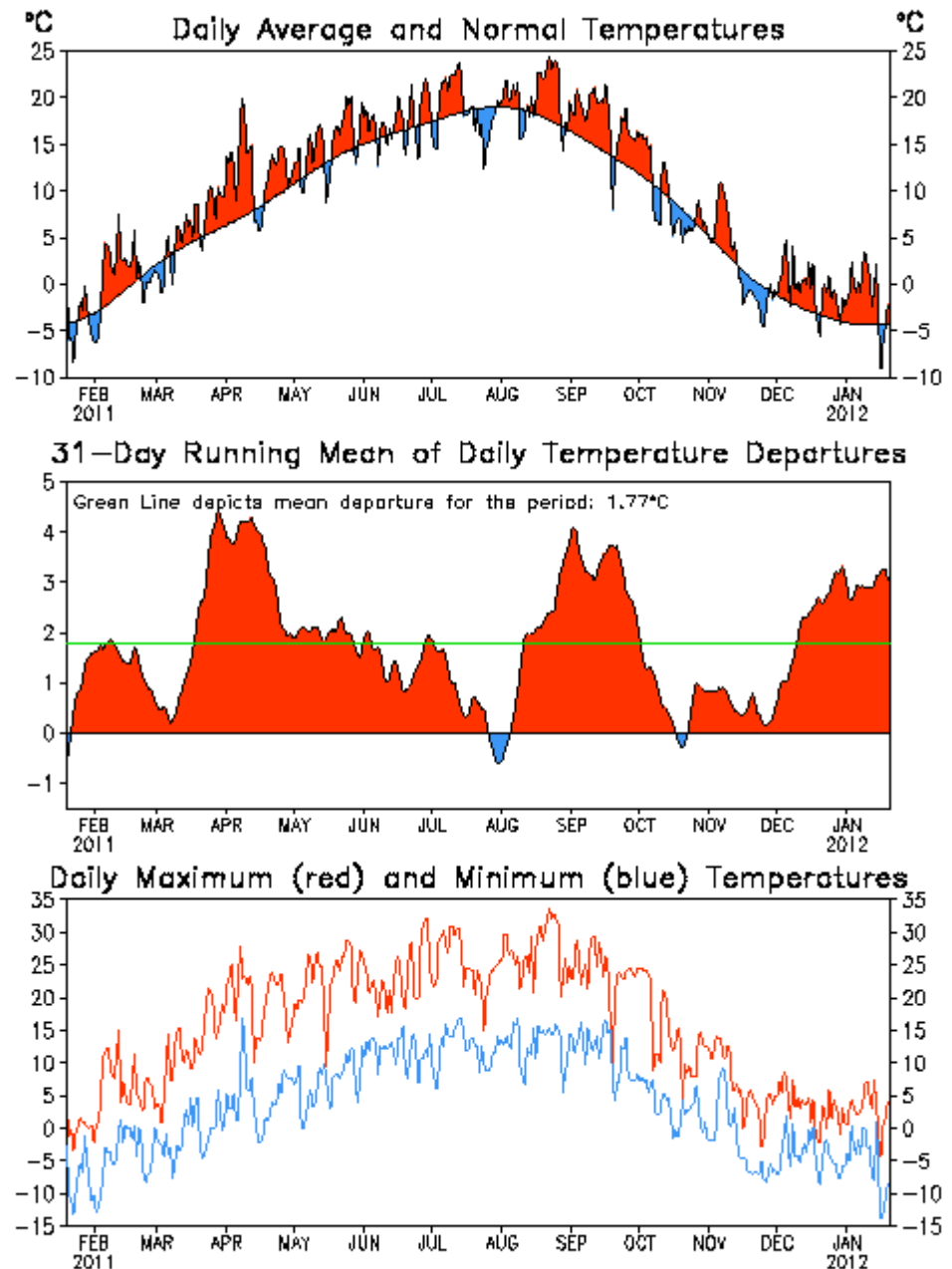
La periodicità di alcuni fenomeni meteorologici e climatici hanno indotto gli scienziati a prevedere l'evoluzione dell'atmosfera tramite lo studio statistico delle serie temporali di misure pregresse.

## Le basi dell'approccio statistico

Le idee di base dell'approccio statistico sono:

- Esiste un segnale periodico che è la portante delle serie temporali.
- Le deviazioni dalla portante sono piccole rispetto al segnale della portante.
- Esistono correlazioni tra le portanti di alcune grandezze atmosferiche a scala planetaria e altre grandezze a scala locale. ([teleconnessioni](#))
- Queste correlazioni sono il risultato del legame esistente tra le forzanti dinamiche e termodinamiche a larga scala e i fenomeni atmosferici locali

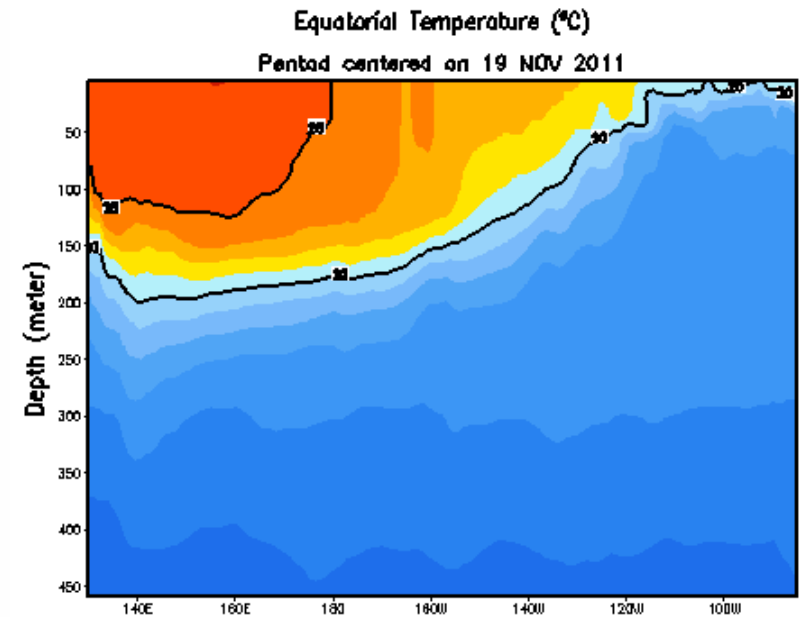
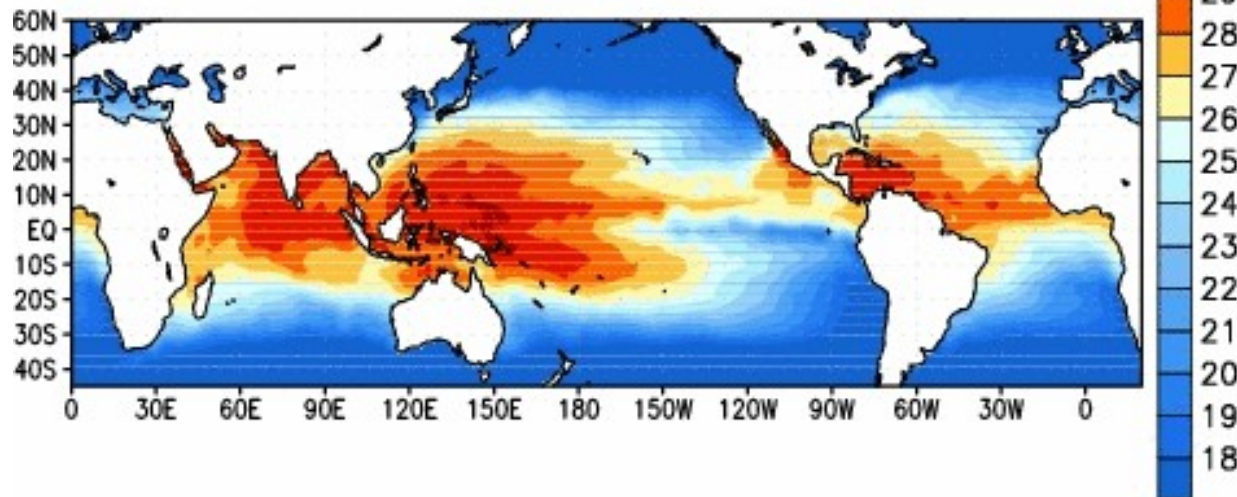
### LIENZ, AUSTRIA



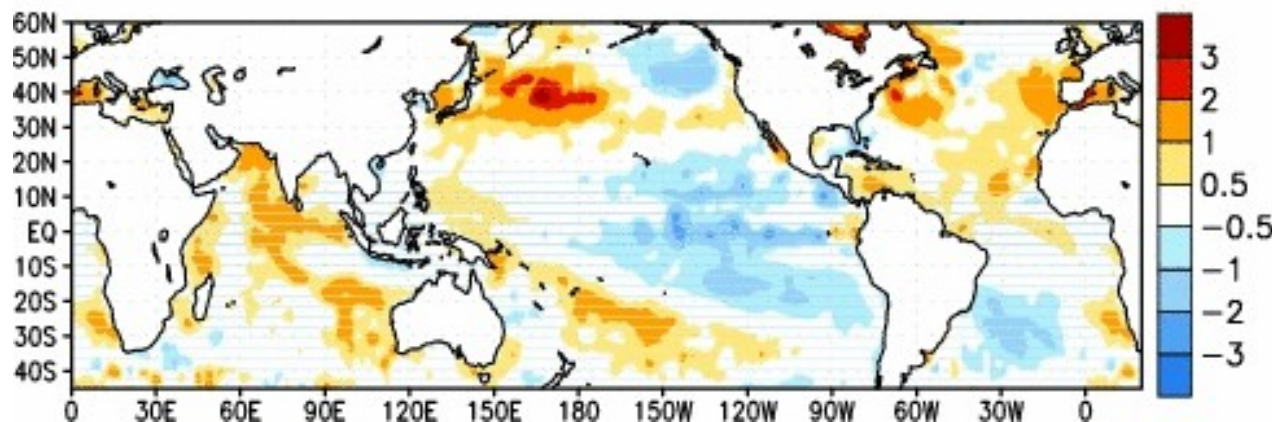
Data updated through 19 JAN 2012

## I principali indici climatici a scala planetaria: ENSO – la temperatura oceanica

Week centered on 26 OCT 2011  
SST (°C)



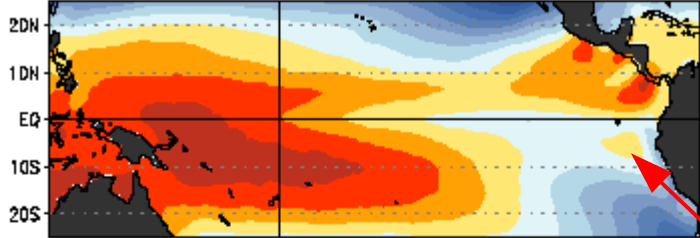
Medie settimanali della temperatura superficiale dell'oceano e anomalie rispetto alle medie climatiche (Reynolds and Smith 1995, J. Climate, 8, 1571-1583))  
Anomalies (°C)



La temperatura superficiale dell'oceano Pacifico sulla fascia equatoriale non è uniforme rispetto alla longitudine, l'acqua è più calda a ovest rispetto ad est; inoltre esistono delle oscillazioni stagionali e interannuali

# ENSO – le variazioni annuali della temperatura oceanica e la circolazione atmosferica

**Average Ocean Temperatures (°C)**  
January-March



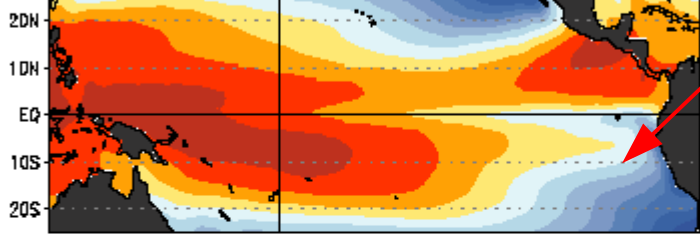
Variazione annuale della temperatura superficiale oceanica

Minima differenza tra ovest ed est in Marzo - Aprile

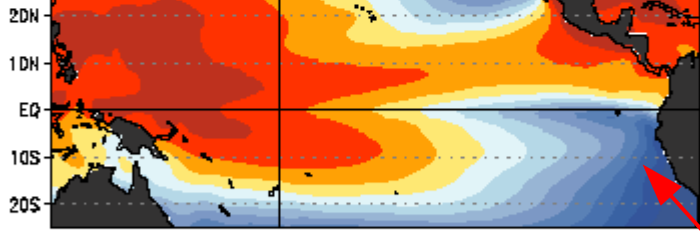
Le differenze sono principalmente imputabili alle variazioni stagionali della zona orientale

Massima differenza tra ovest ed est in Settembre Ottobre

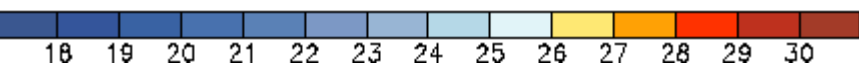
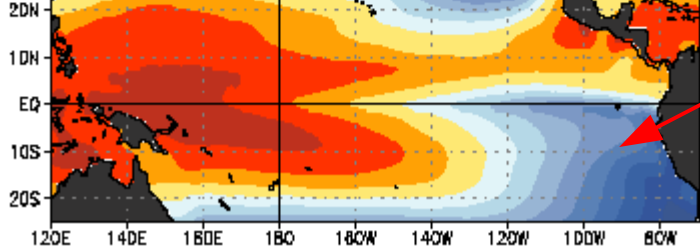
April-June



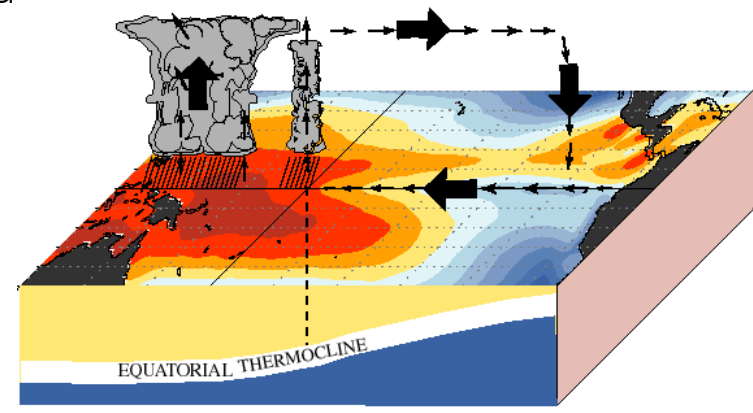
July-September



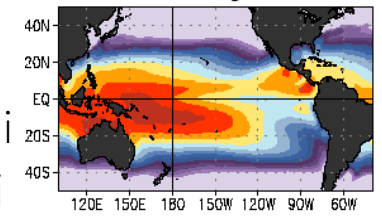
October-December



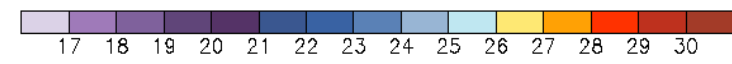
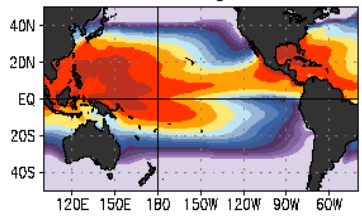
December - February Normal Conditions



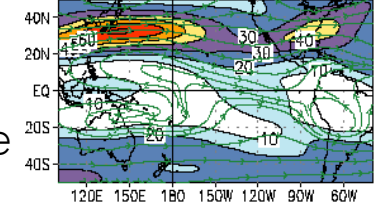
January-March Mean Ocean Temperatures (°C)



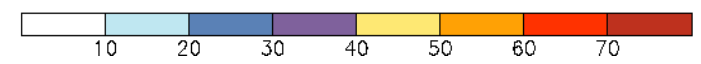
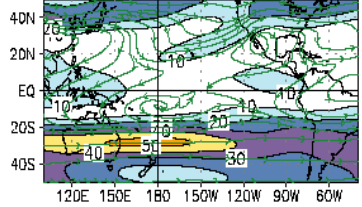
July-September Mean Ocean Temperatures (°C)



Jetstream (200 mb) Wind (m/s)



Jetstream (200 mb) Wind (m/s)

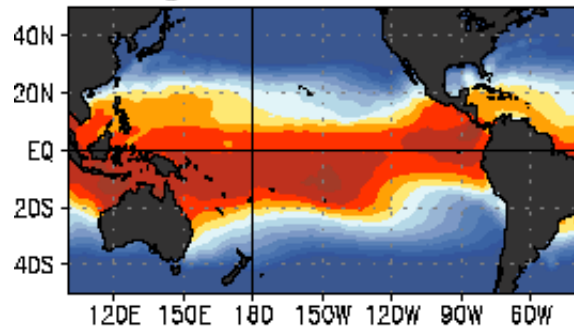




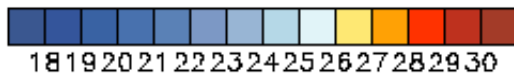
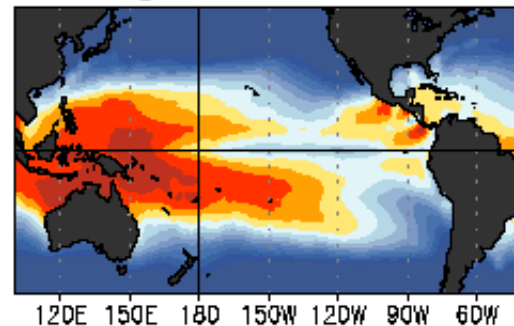
## ENSO – le variazioni interannuali della temperatura oceanica: el Niño e la Niña

### OCEAN TEMPERATURES (°C)

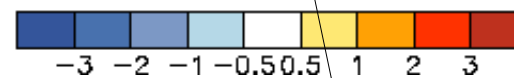
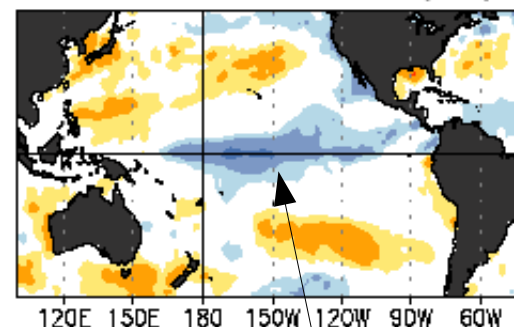
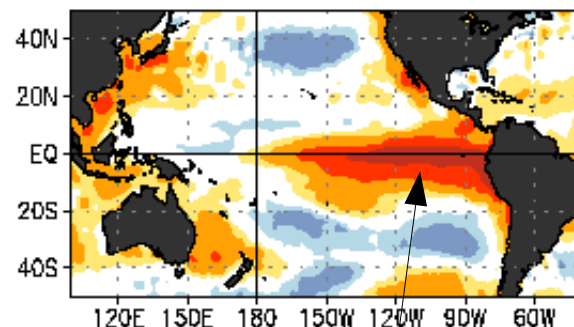
**EL NIÑO**  
Jan-Mar 1998



**LA NIÑA**  
Jan-Mar 1989



### OCEAN TEMPERATURE DEPARTURES (°C)



Caldo anomalo  
2°C – 3.5°C sopra la media

Freddo anomalo  
1°C - 3°C sotto la media

El Niño indica periodi di temperature superficiali eccezionalmente elevate nel Pacifico tropicale orientale.

La Niña indica periodi di temperature superficiali eccezionalmente basse nel Pacifico tropicale orientale.



Questi periodi durano tipicamente dai 9 ai 12 mesi e si manifestano ogni 3-5 anni, ma non sono regolari, alcuni episodi sono durati 2 anni e anche 3-4 anni.

## ENSO – le variazioni interannuali della pressione atmosferica: l'indice SOI

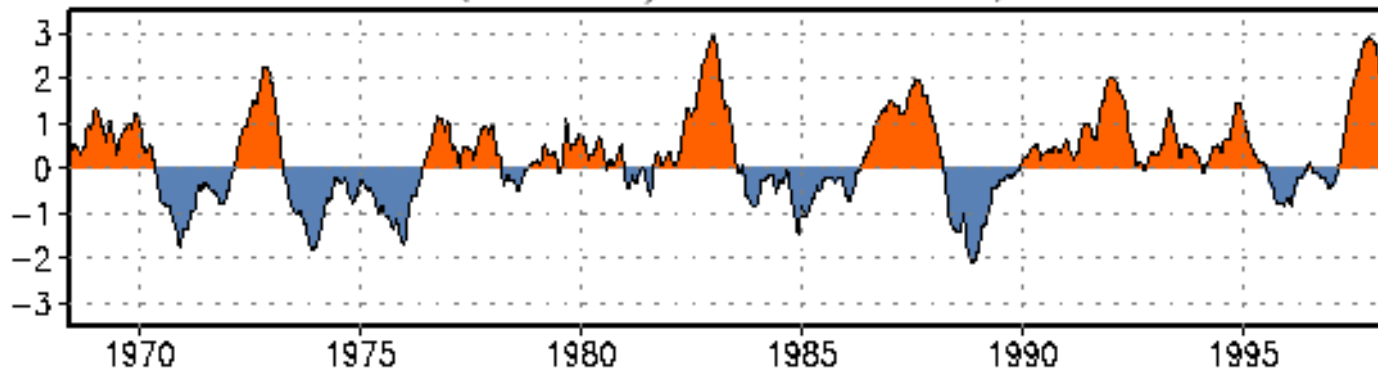
Il Southern Oscillation Index (SOI) descrive la variazione della pressione atmosferica media tra Pacifico tropicale orientale e quello occidentale

$$D = \langle MSLP(East - Tahiti) \rangle_{mensile} - \langle MSLP(West - Darwin) \rangle_{mensile} \quad SOI = \frac{D - \langle D \rangle_{clima}}{\sigma_D}$$

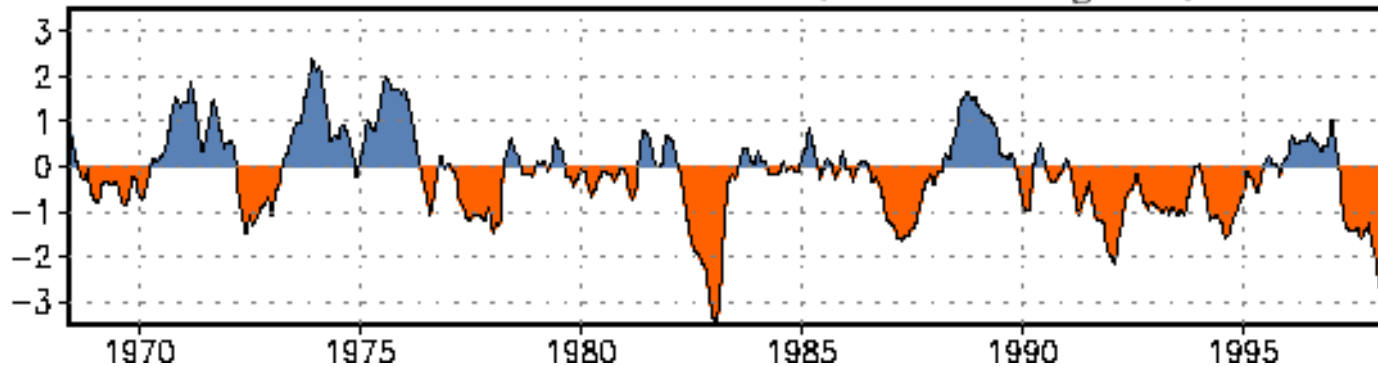
Valori negativi di SOI correlano con el Niño; diminuzione dell'intensità degli Alisei e delle precipitazioni nel Pacifico occidentale

Valori positivi di SOI correlano con la Niña; aumento dell'intensità degli Alisei e delle precipitazioni nel Pacifico occidentale

**Ocean Temperature Departures (°C) for Niño 3.4 (5°N-5°S, 170°W-120°W)**



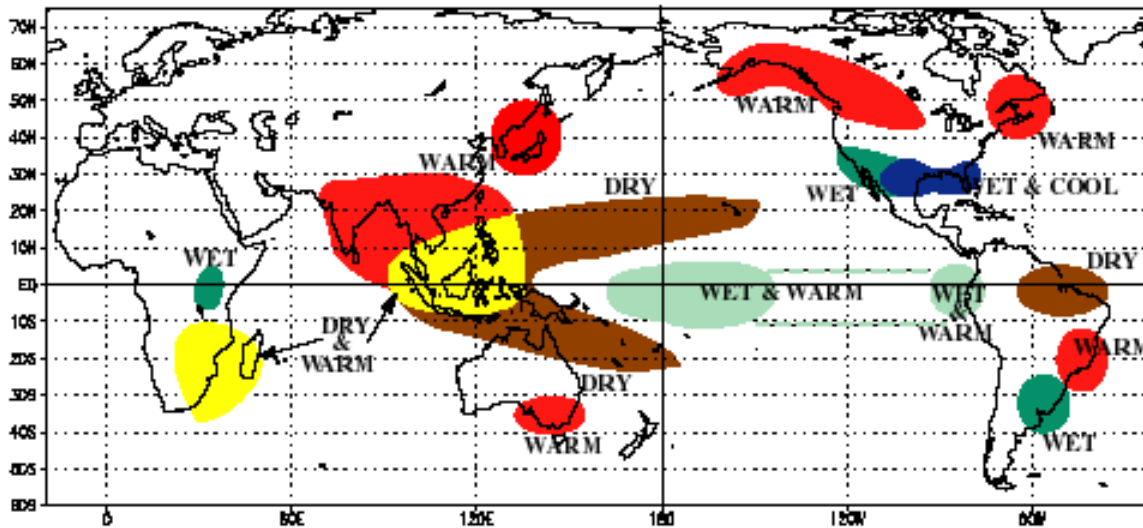
**Tahiti - Darwin SOI (3 month-running mean)**



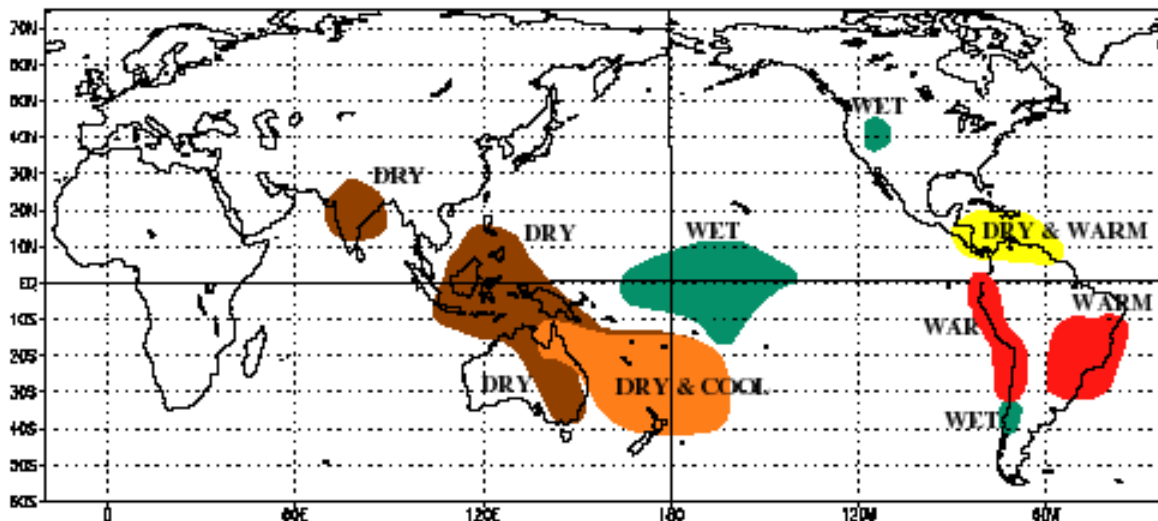


## Teleconnessioni tra ENSO e fenomeni meteorologici a scala continentale e locale

### WARM EPISODE RELATIONSHIPS DECEMBER - FEBRUARY



### WARM EPISODE RELATIONSHIPS JUNE - AUGUST

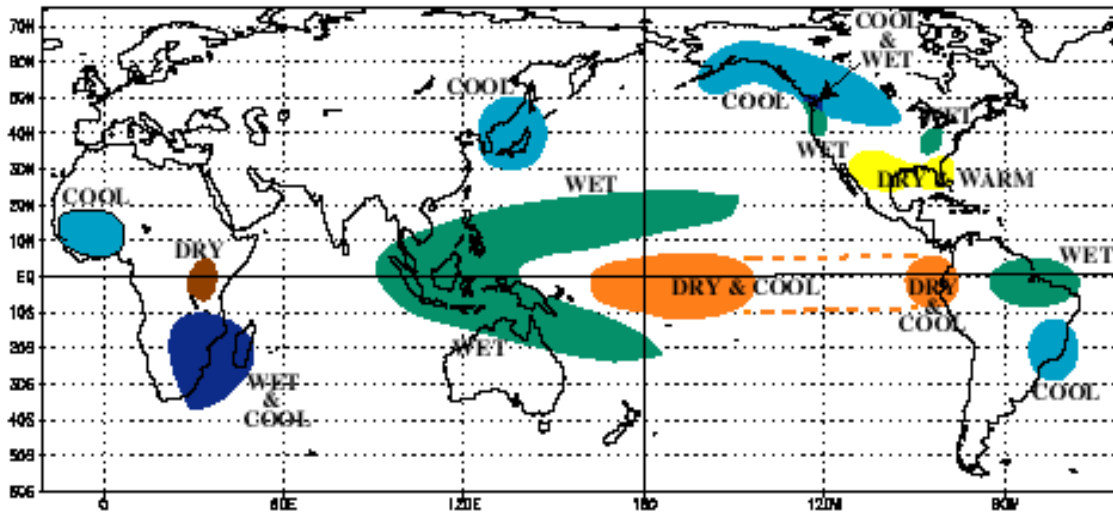


Durante i periodi di el Niño, valori negativi di SOI, sono state osservate correlazioni con anomalie di precipitazione e temperatura in diverse aree del globo.

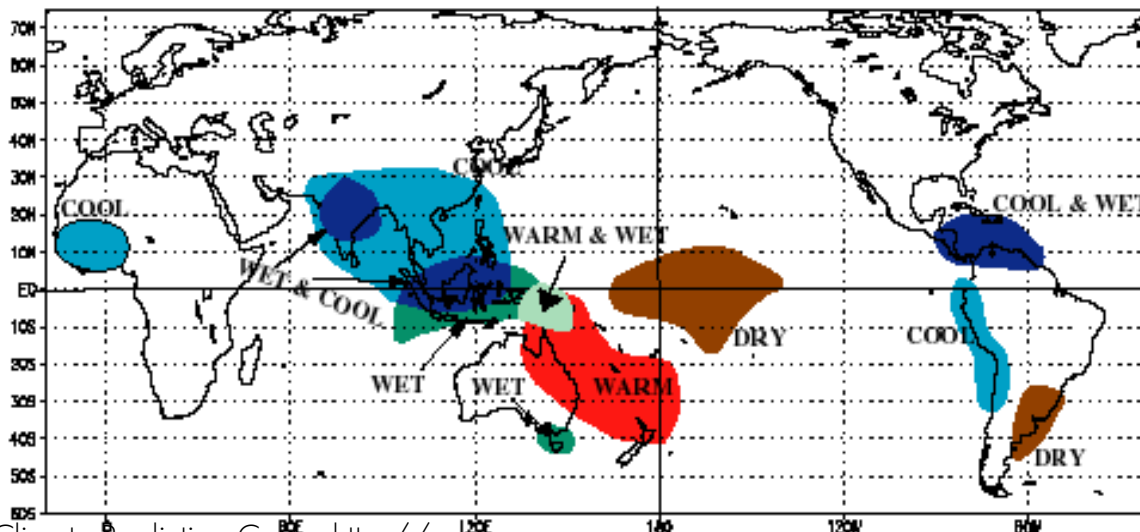
Anomalie dinamiche a diversi livelli della troposfera sono correlati con episodi di el Niño, come la variazione di intensità e posizione delle correnti a getto, degli Alisei e dei venti occidentali delle medie latitudini

## Teleconnessioni tra ENSO e fenomeni meteorologici a scala continentale e locale

### COLD EPISODE RELATIONSHIPS DECEMBER - FEBRUARY



### COLD EPISODE RELATIONSHIPS JUNE - AUGUST

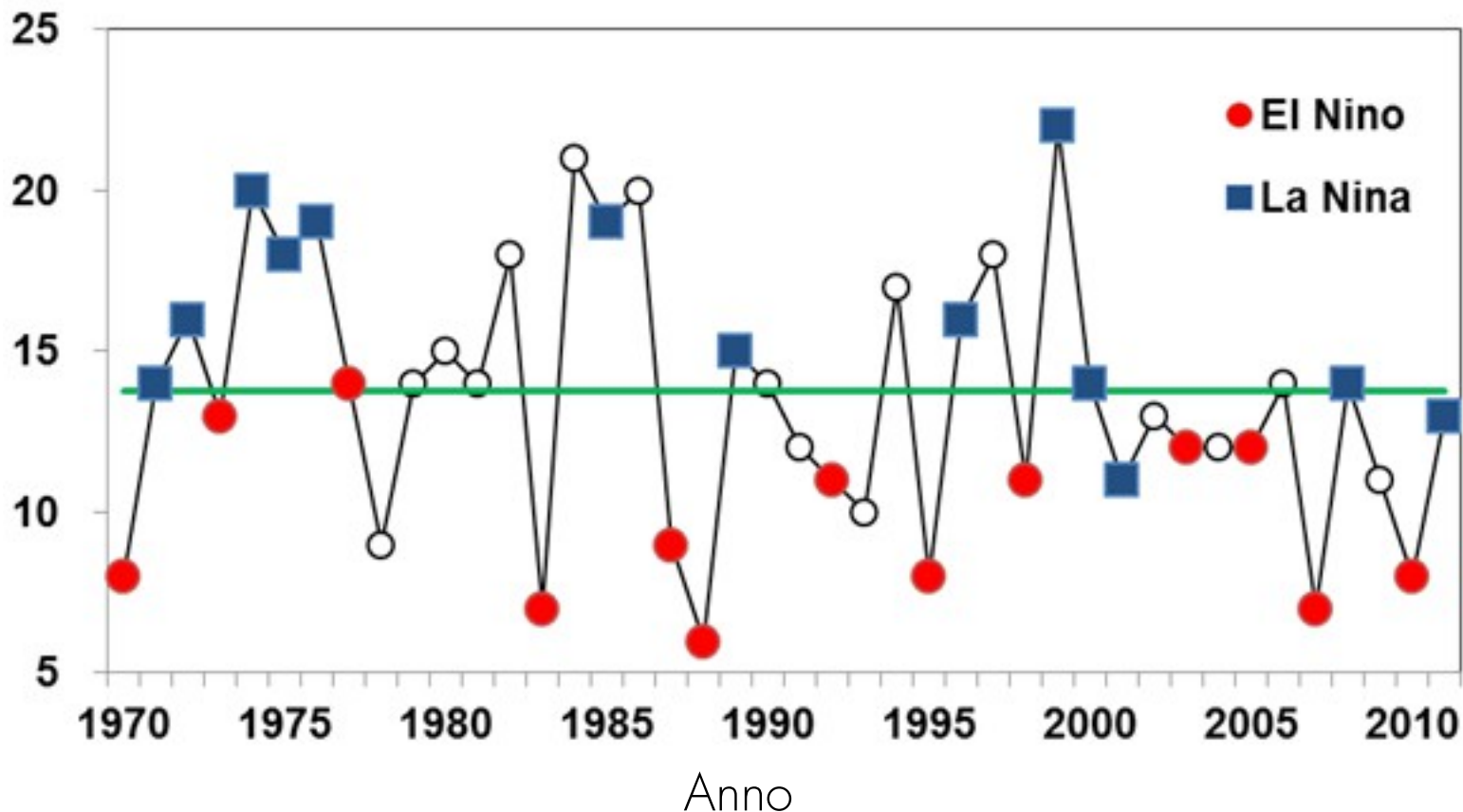


Durante i periodi di la Niña, valori positivi di SOI, sono state osservate correlazioni con anomalie di precipitazione e temperatura in diverse aree del globo.

Anomalie dinamiche a diversi livelli della troposfera sono correlati con episodi di la Niña, come la variazione di intensità e posizione delle correnti a getto, degli Alisei e dei venti occidentali delle medie latitudini

## Correlazioni tra ENSO e l'occorrenza dei cicloni tropicali

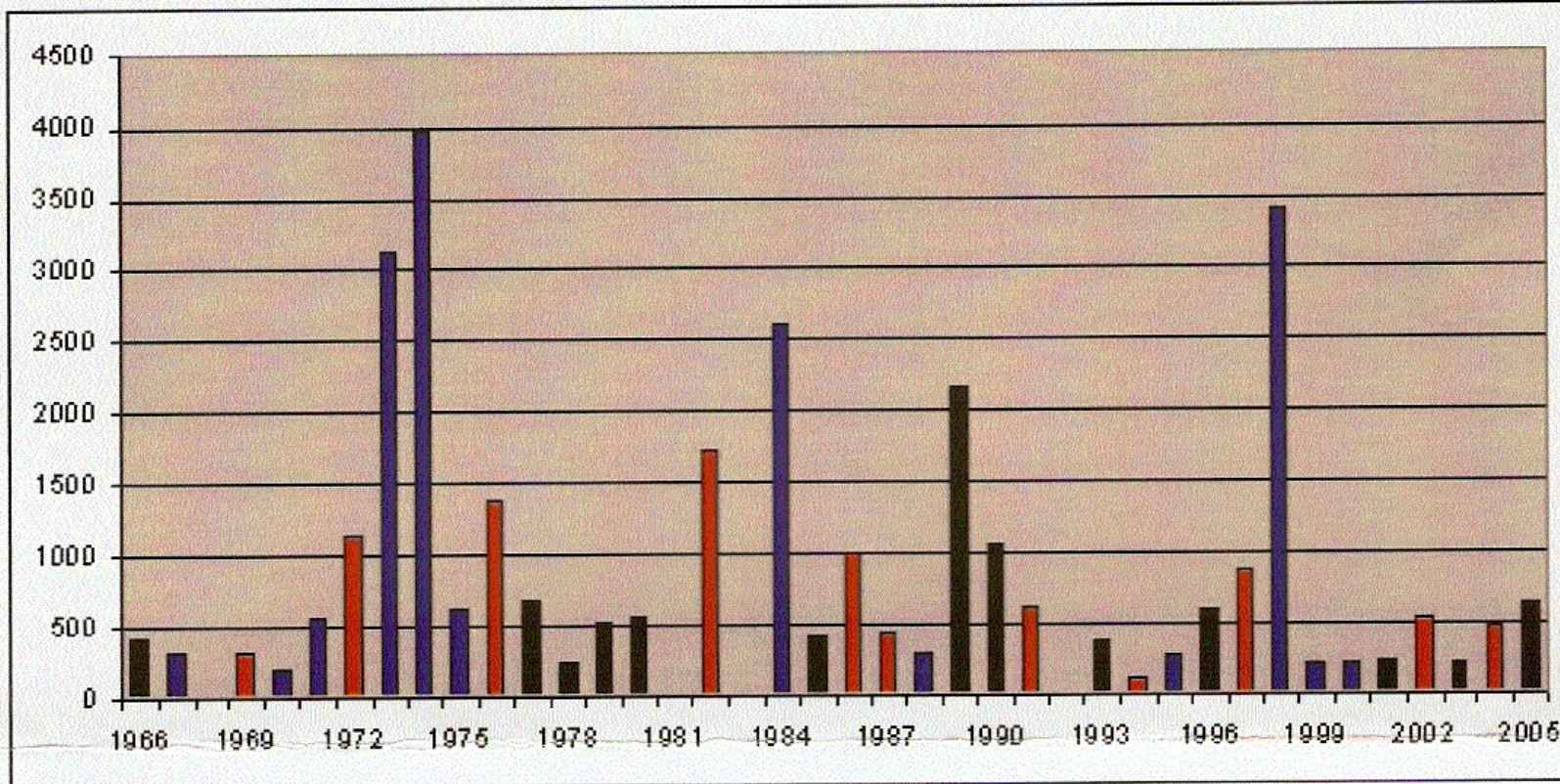
Numero annuale di cicloni tropicali sull'intera regione australiana dal 1970 al 2011. La linea verde orizzontale indica la media climatica. Anni caratterizzati da El Niño e La Niña sono marcati con colori rosso e blue rispettivamente.





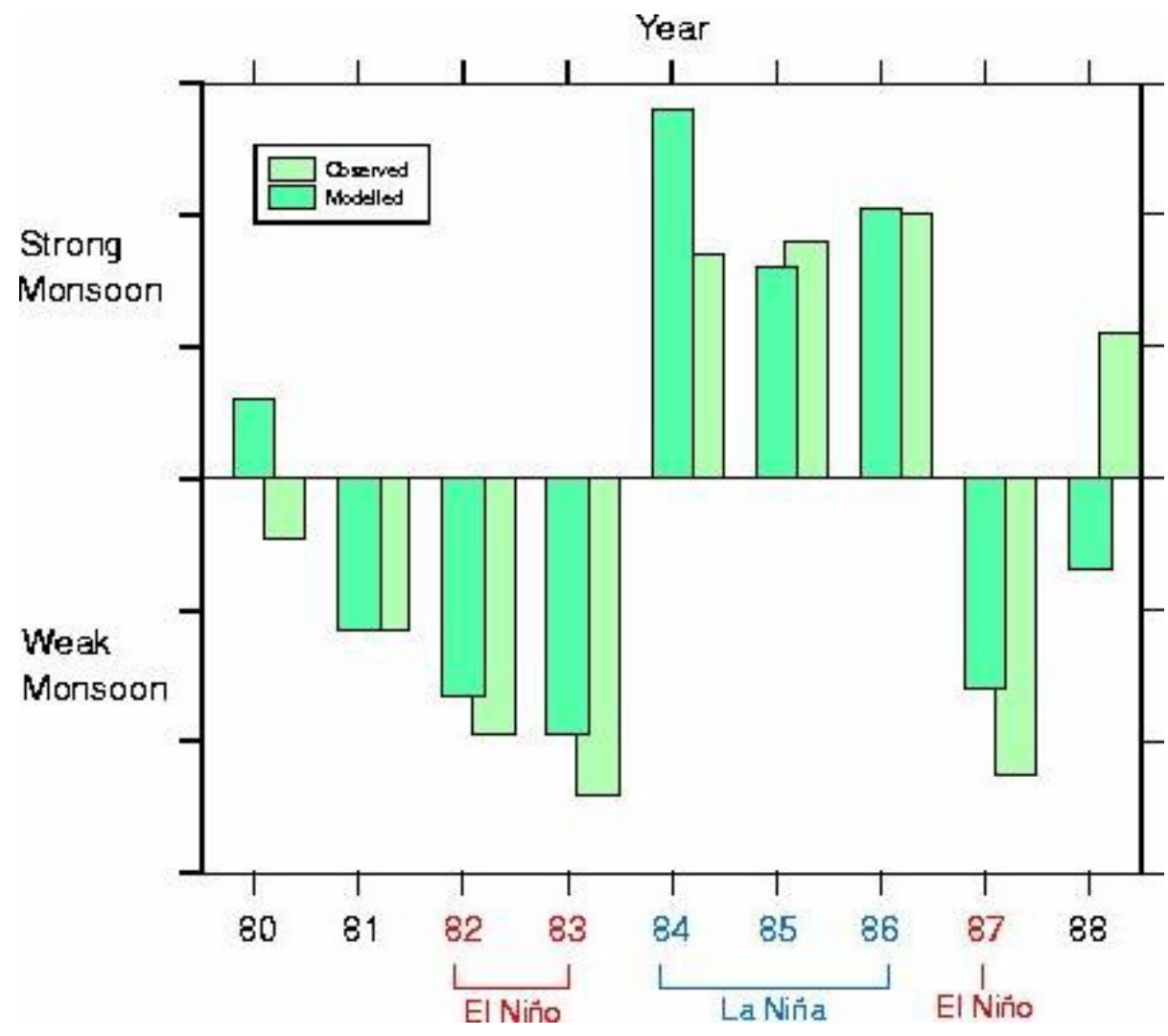
## Correlazioni tra ENSO e gli effetti sulle attività antropiche

In Australia le compagnie assicurative hanno svolto degli studi approfonditi sulle correlazioni esistenti tra gli episodi di el Niño o la Niña e i danni causati dagli eventi atmosferici o ad essi connessi.



**Figure 2.1:** Annual aggregate normalised losses (2006\$ million) for weather related events in the ICA Disaster List for years beginning 1 July. Red = El Niño; Black = Neutral and Blue = La Niña (Source: Risk Frontiers).

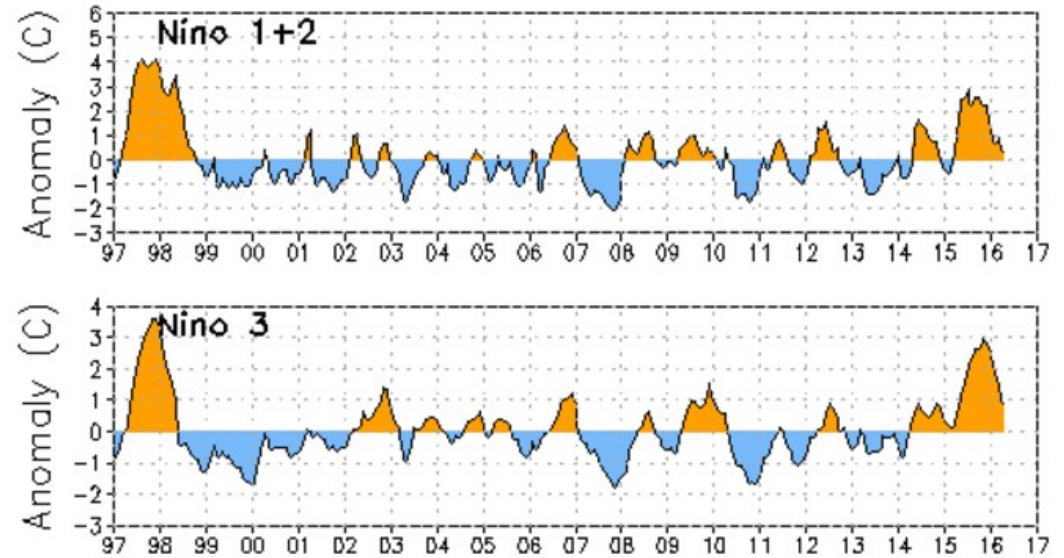
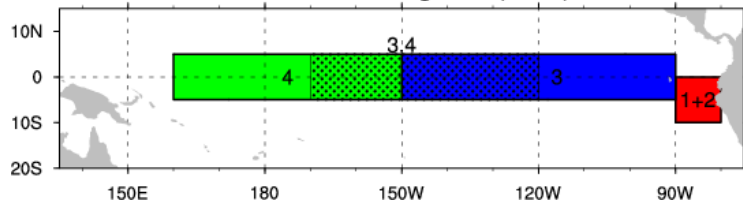
# Correlazioni tra ENSO e l'intensità dei monsoni asiatici



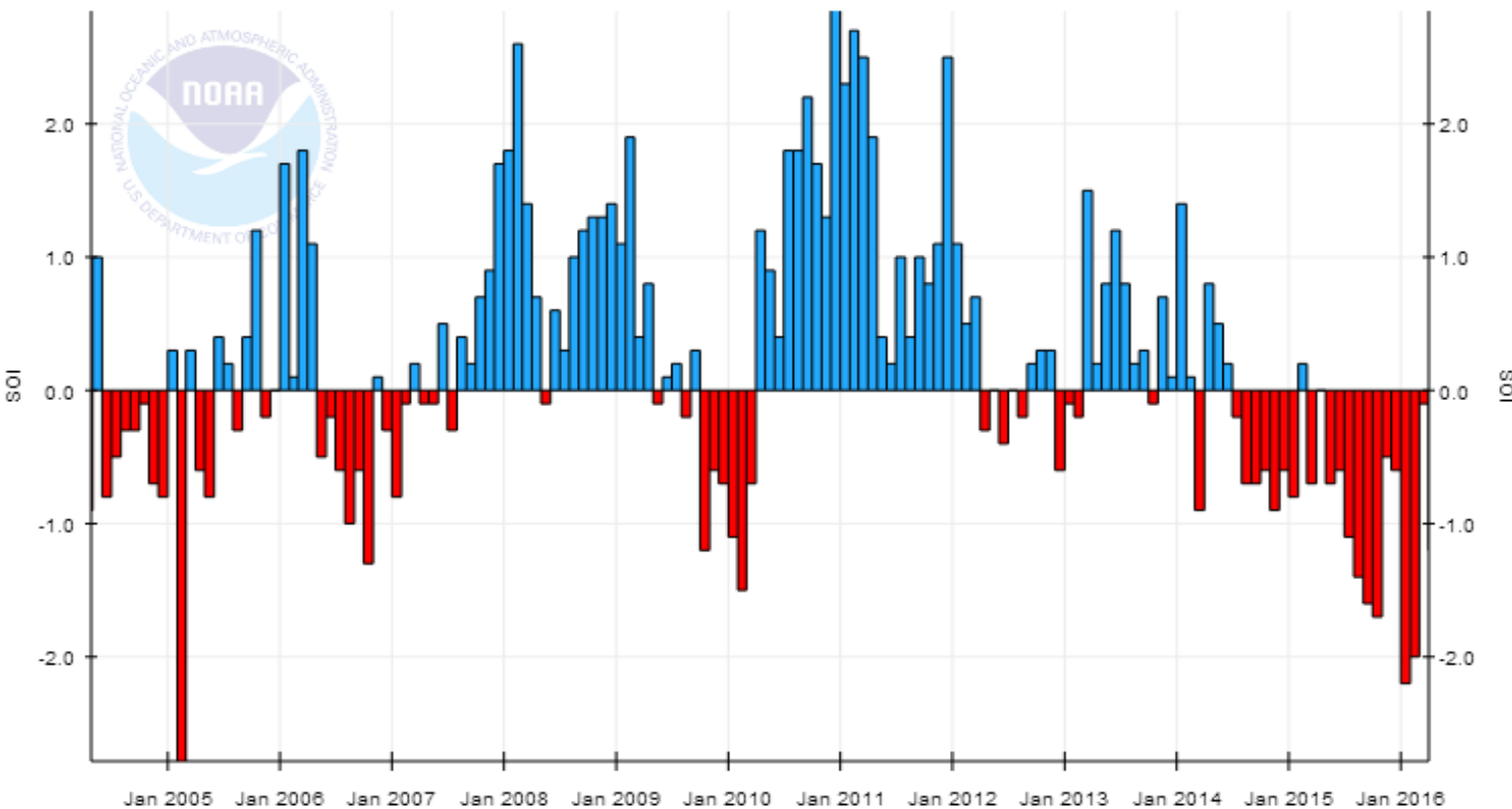


# ENSO: lo stato attuale

Nino Index Regions (SST)



Southern Oscillation Index (SOI)



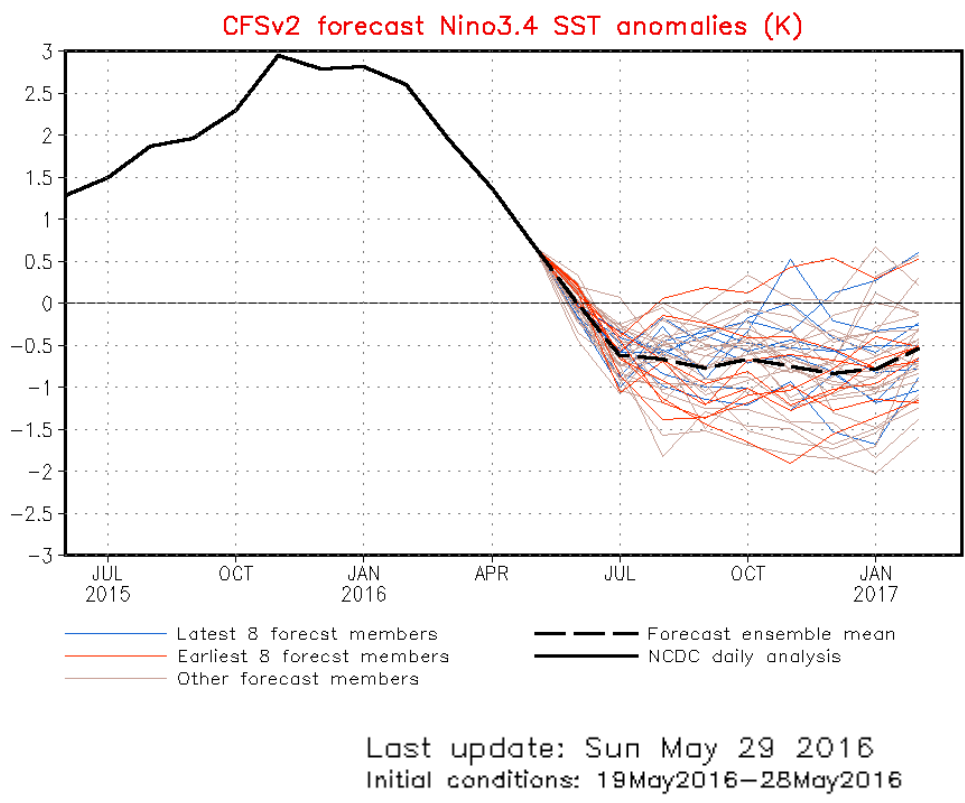
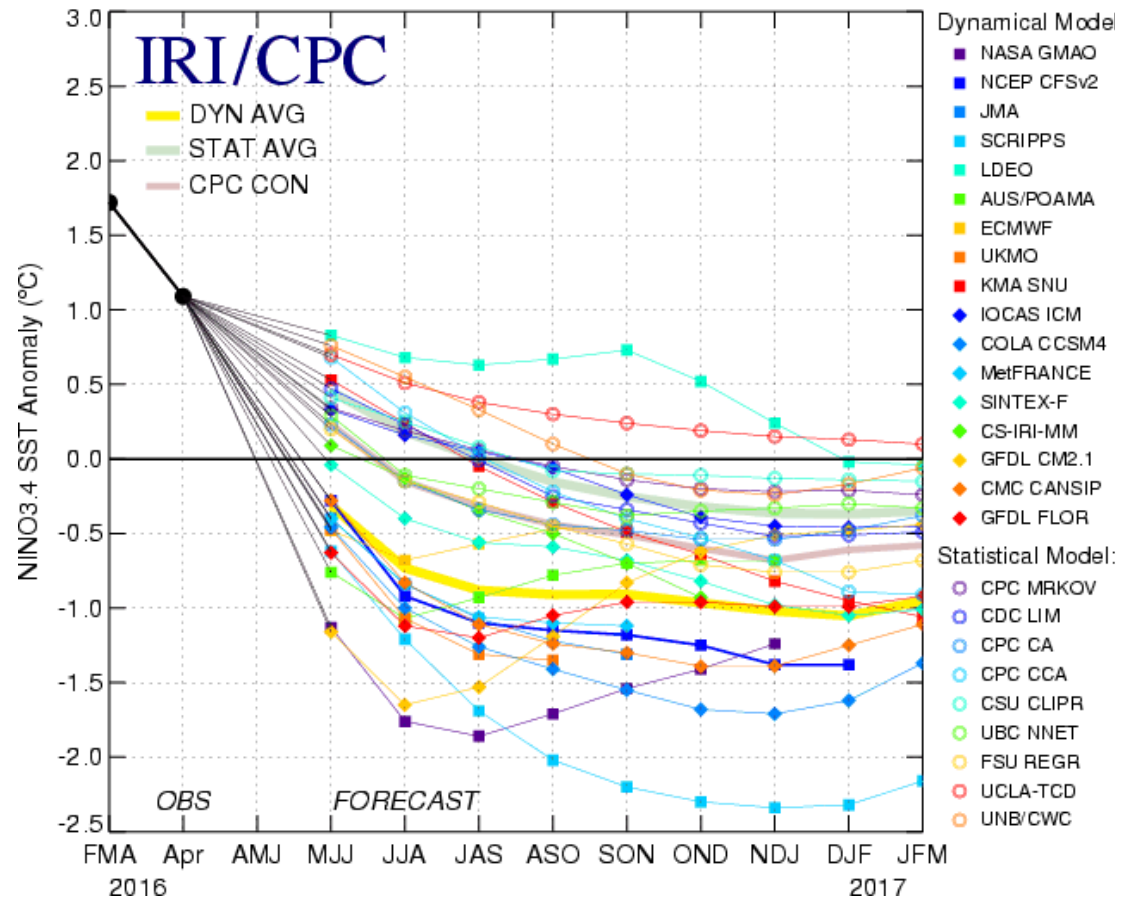
Nino region SST indices

APRIL 2016



# ENSO: la previsione

Mid-May 2016 Plume of Model ENSO Predictions



*The NCEP Climate Forecast System Version 2 (CFSv2)*  
<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/people/wwang/cfsv2fcst/>

Graph shows forecasts made by dynamical and statistical models for SST in the Nino 3.4 region for nine overlapping 3-month periods. (<http://iri.columbia.edu/our-expertise/climate/forecasts/enso/current/>)

Le previsioni numeriche si basano su molteplici simulazioni che mirano a dare il grado di incertezza della previsione stessa ( Ensemble forecast)

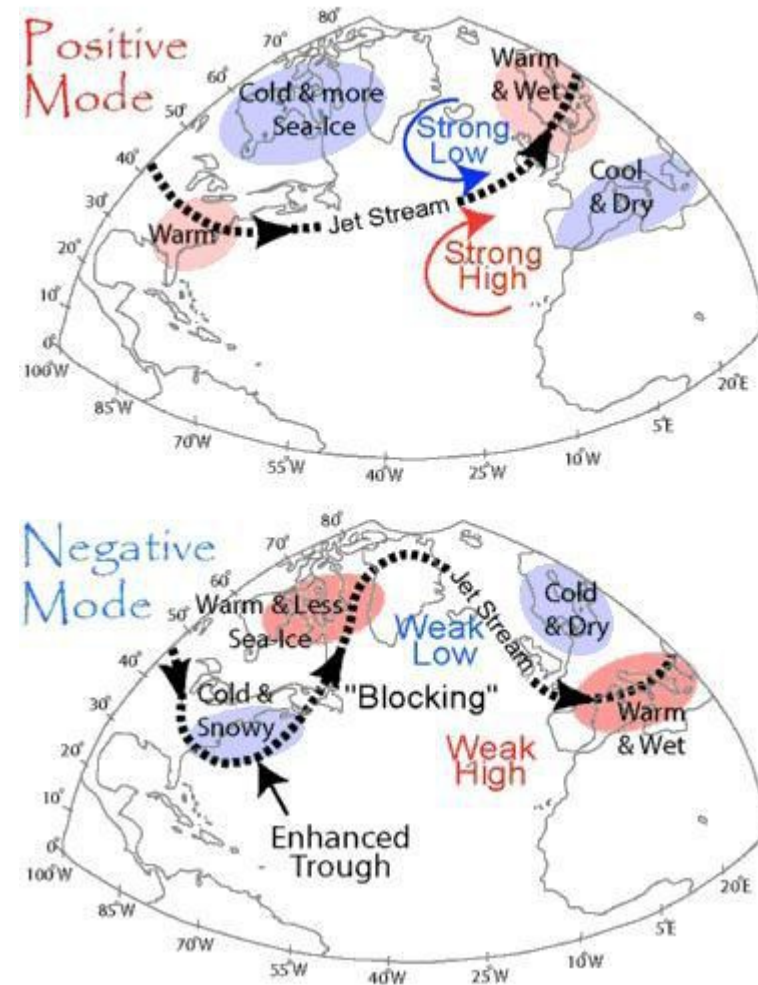
## I principali indici climatici a scala planetaria: NAO

Il North Atlantic Oscillation index è un indice che descrive le fluttuazioni della circolazione atmosferica nell'area del nord Atlantico. Al contrario del ENSO, il NAO è prettamente atmosferico

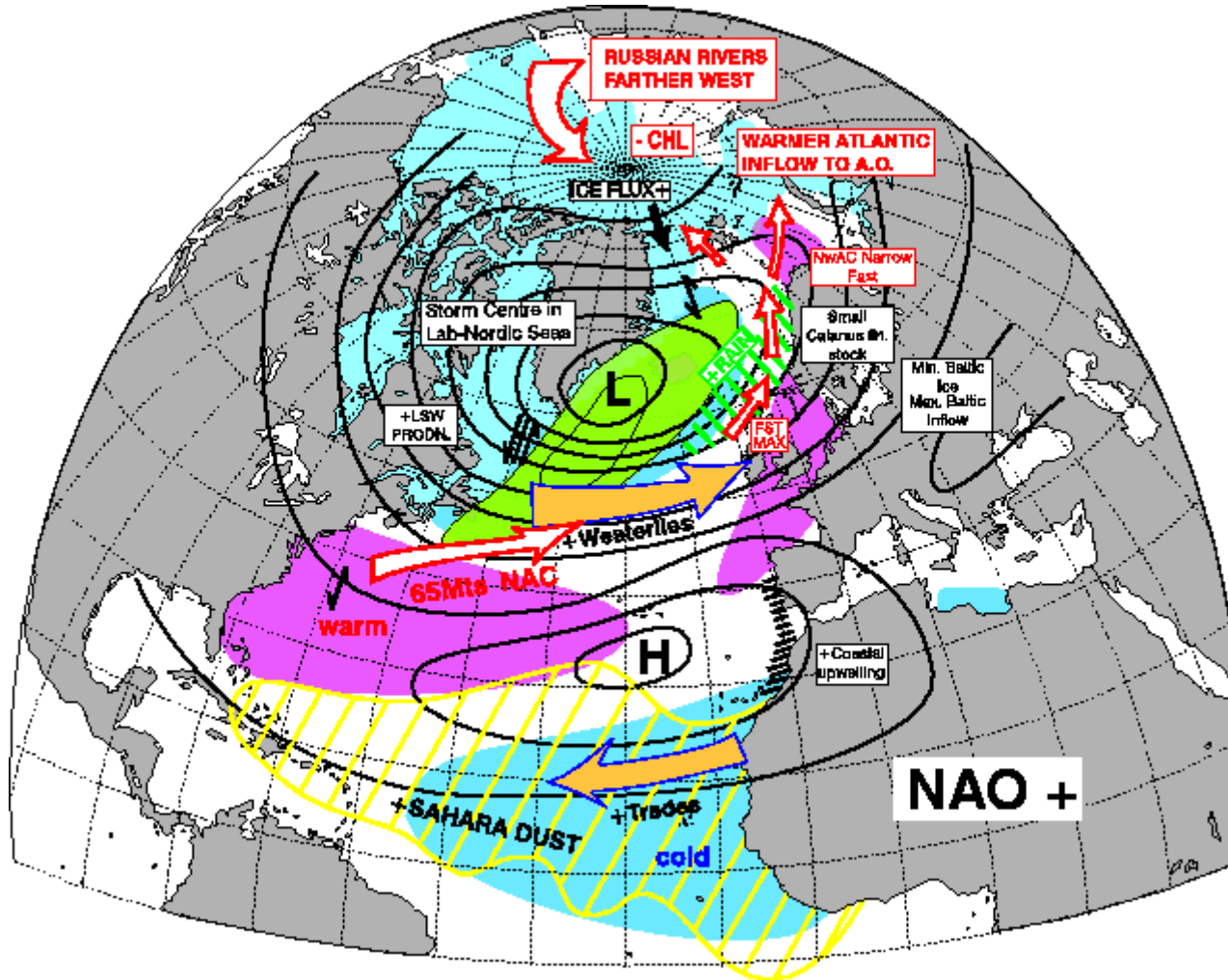
$$NAO = MSLP(Azzorre) - MSLP(Islanda)$$

Il calcolo dell'indice NAO si basa sulla differenza di pressione esistente al suolo tra le Azzorre e l'Islanda

Tale differenza presenta delle oscillazioni interannuali tra valori anomali **positivi** e **negativi** rispetto alla media climatica



## I principali indici climatici a scala planetaria: NAO Positivo



Alta pressione subtropicale rinforzata e bassa pressione islandese più profonda rispetto ai valori medi

Aumento delle perturbazioni invernali attraverso l'Atlantico con traiettorie spostate verso nord.

Inverni miti e secchi in Europa e Stati Uniti, freddi e secchi in Canada e Groenlandia

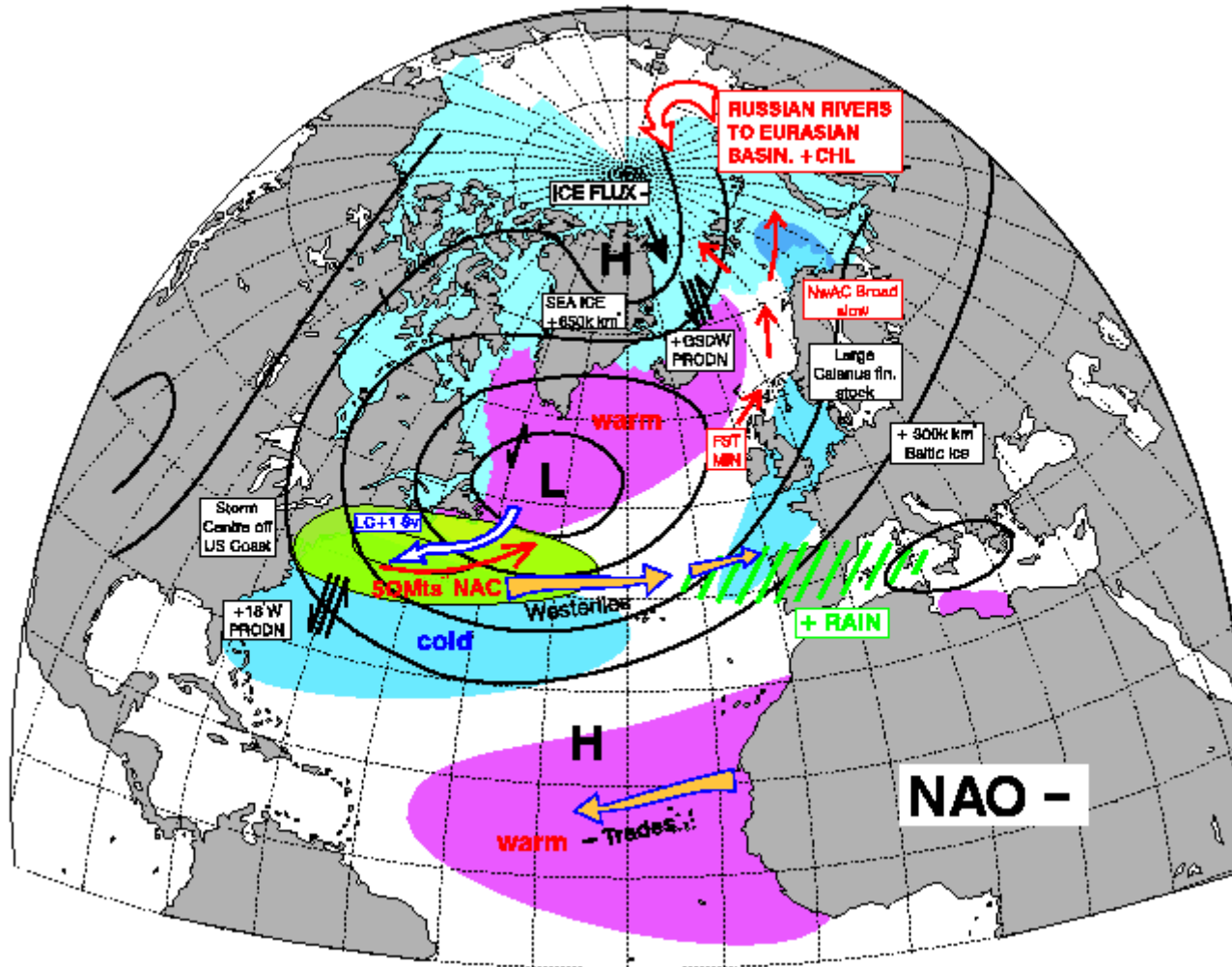
## I principali indici climatici a scala planetaria: NAO Negativo

Alta pressione subtropicale indebolita e bassa pressione islandese indebolita rispetto ai valori medi

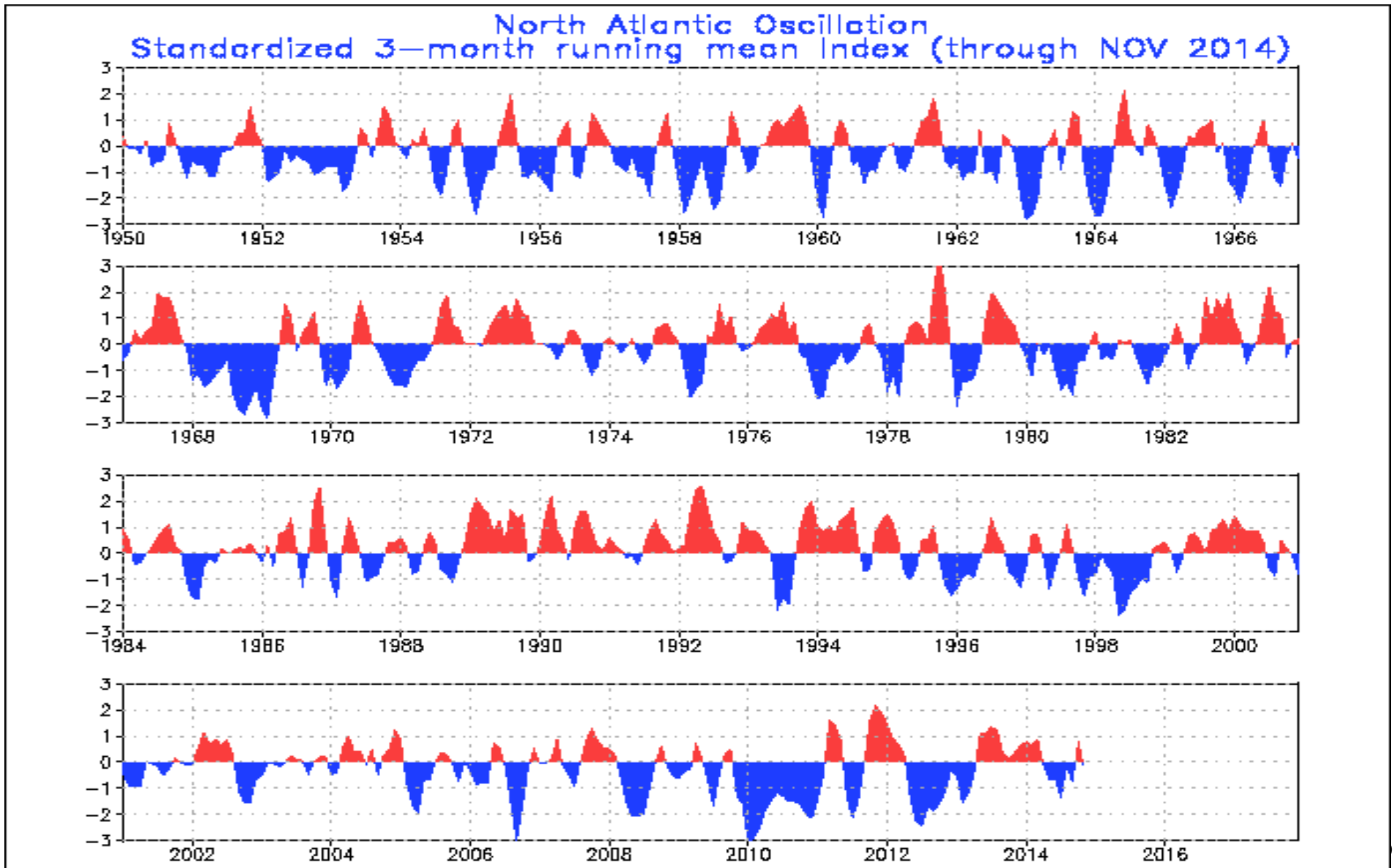
Diminuzione delle perturbazioni invernali attraverso l'Atlantico con traiettorie aventi scarsa componente meridionale

Aria mite affluisce nel Mediterraneo e fredda al nord Europa. Negli Stati Uniti sono più frequenti le irruzioni di aria fredda con nevicate più frequenti

La Groenlandia sperimenta inverni più miti



## Andamento del NAO negli ultimi decenni

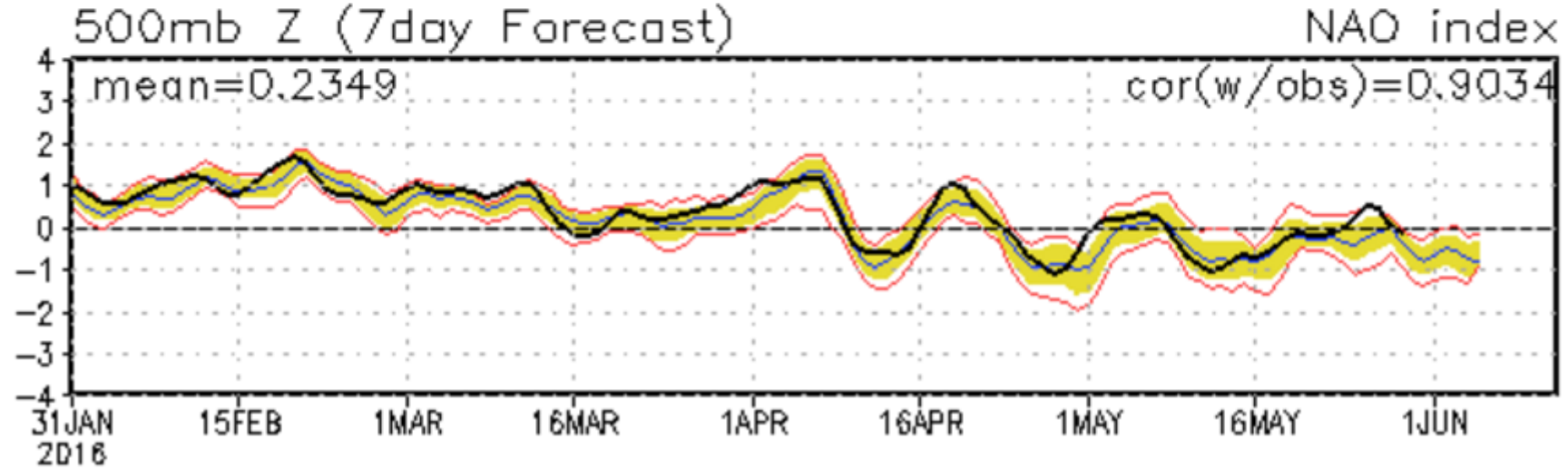
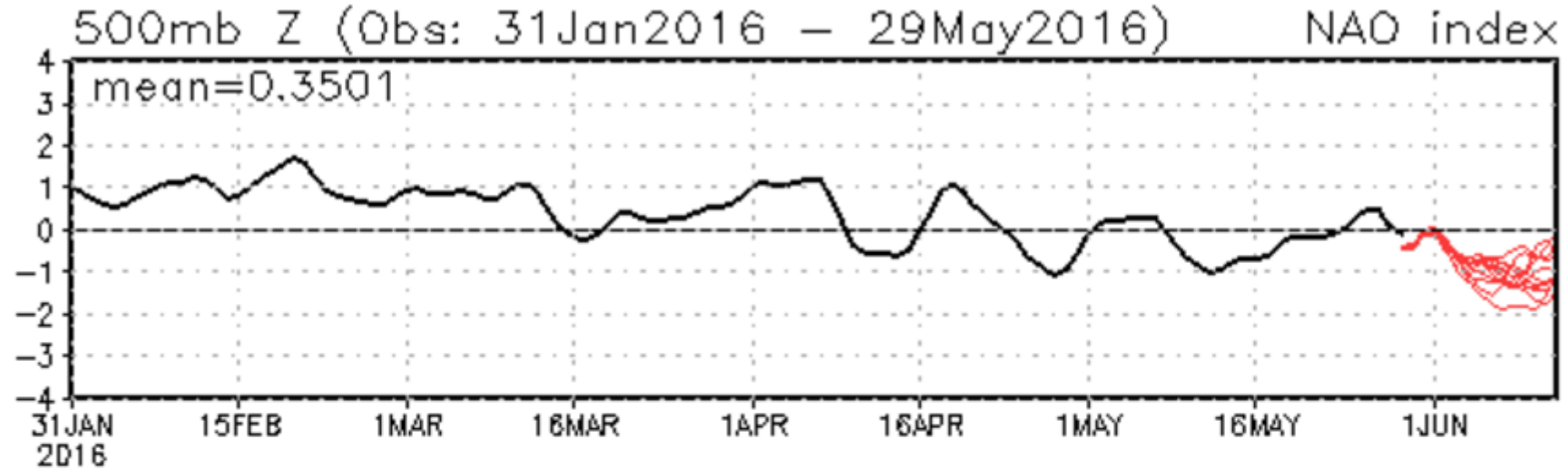




# NAO e previsioni

Le previsioni dell'indice NAO sono ricavabili anche dalle previsioni numeriche del campo di pressione prodotto dai modelli globali operativi

## NAO: Observed & ENSM forecasts





## Bibliografia

[1] Teleconnections linking worldwide climate anomalies: scientific basis and societal impact., 1991, Glantz, Katz, Nicholls, Cambridge University Press, 535 pp. - disponibile all'ICTP Library (551.58 TEL). [ per approfondimenti].

[2] Correlazioni tra clima e tempo meteorologico – Climate Prediction Center  
<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/climwx.shtml>