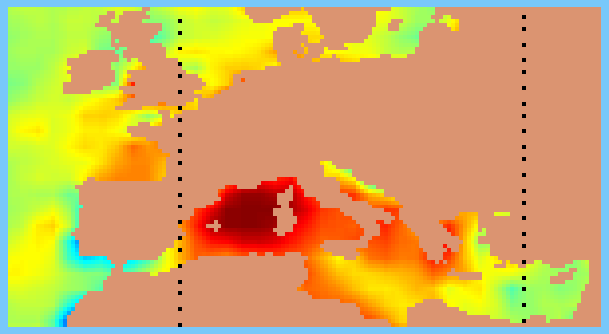
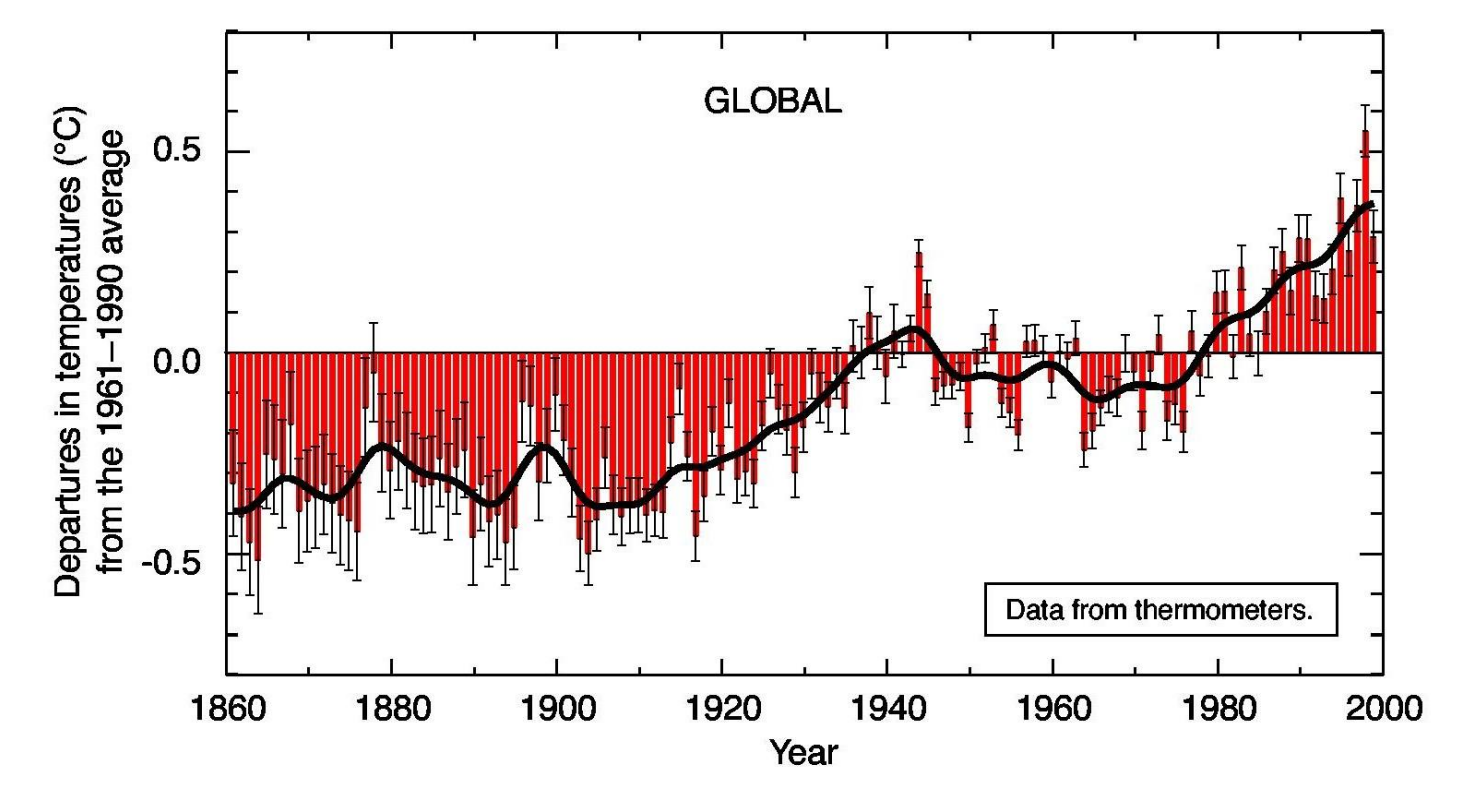
Segnali di cambio climatico nel Mediterraneo

Sergio Borghi

OMD – Osservatorio Meteorologico di Milano Duomo



A partire **dal 1900** la **temperatura** media della Terra è **aumentata** di **0.6 °C**.



LE CAUSE DEL CAMBIO CLIMATICO

NATURALI

VARIAZIONE DELLA RADIAZIONE SOLARE
- Diretta → Attività Solare
- Indiretta → Teoria di Milankovitch

INTERAZIONI TRA LE DIVERSE COMPONENTI DEL SISTEMA CLIMA
- Interazione atmosfera-atmosfera → Le nubi
- Interazione atmosfera-oceano → El Niño
- Interazione atmosfera-biosfera → Ciclo del carbonio

ERUZIONI VULCANICHE
- Immissione di aerosol in atmosfera → SO_2 CO_2

DERIVA DEI CONTINENTI

ANTROPICHE

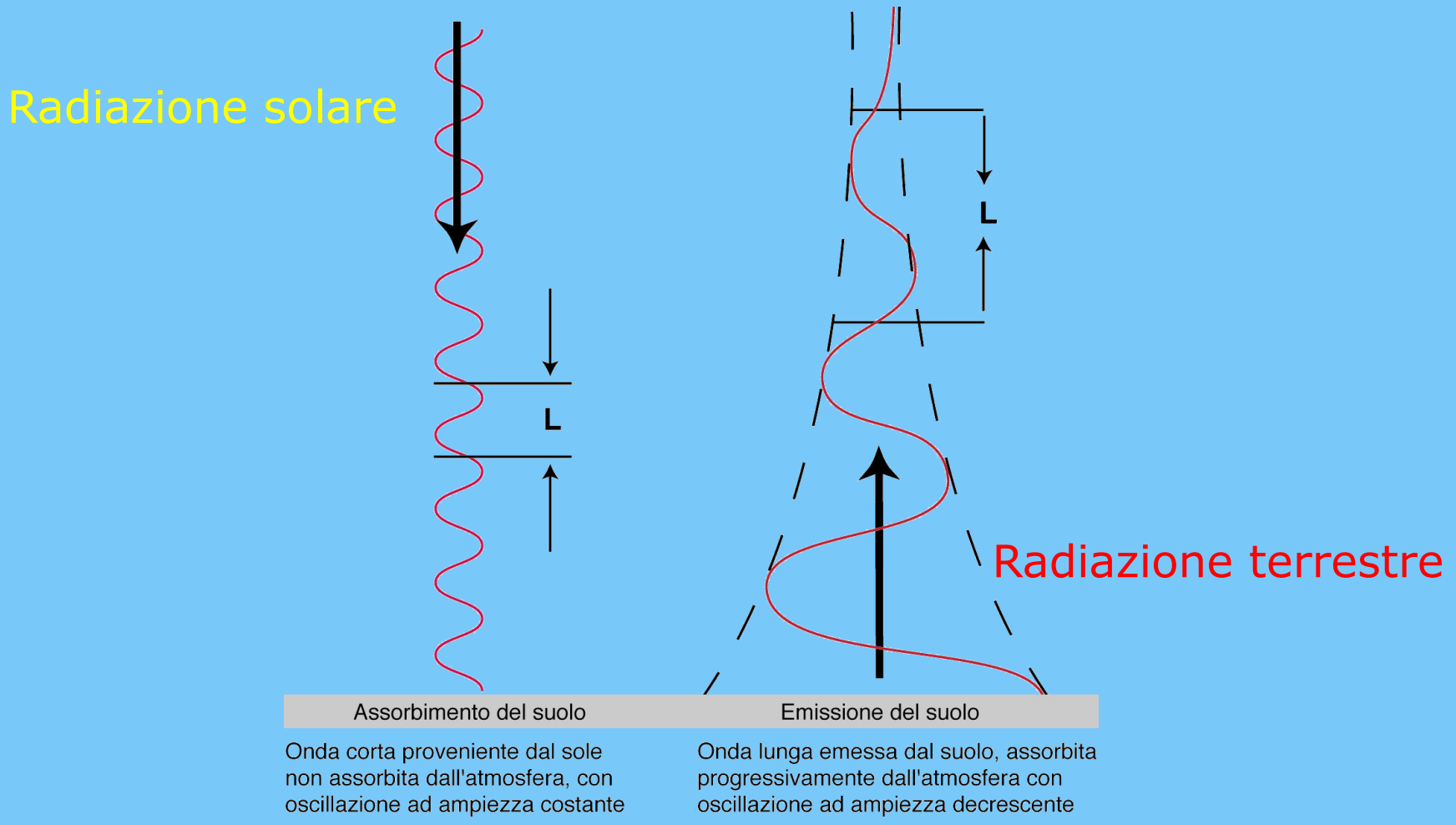
IMMISSIONE DI GAS SERRA IN ATMOSFERA
- SO_2 CO_2 O_3 ← Combustibili fossili
- CO_2 CH_4 ← Incendi
- CH_4 ← Allevamenti

BUCO DELL'OZONO

IMMISSIONE DI AEROSOL IN ATMOSFERA
- Black Carbon, Organic Carbon ← Combustibili fossili
- Black Carbon ← Incendi

SFRUTTAMENTO DEL TERRENO
- Variazioni del potere riflettente della superficie ← Riduzione delle foreste

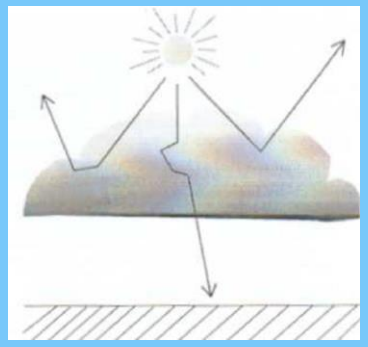
Il riscaldamento dell'atmosfera: onda corta e lunga



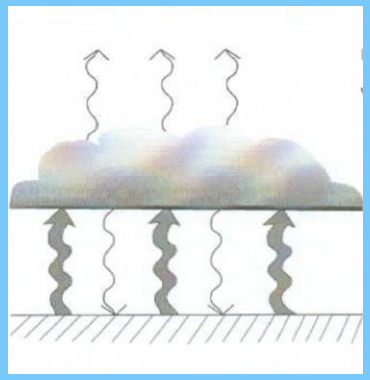
Schematizzazione dell'effetto serra

EFFETTO RADIATIVO DELLE NUBI

- **Le nubi causano effetto serra (cloud greenhouse forcing).**
- **Le nubi causano un incremento dell'albedo (cloud albedo forcing).**



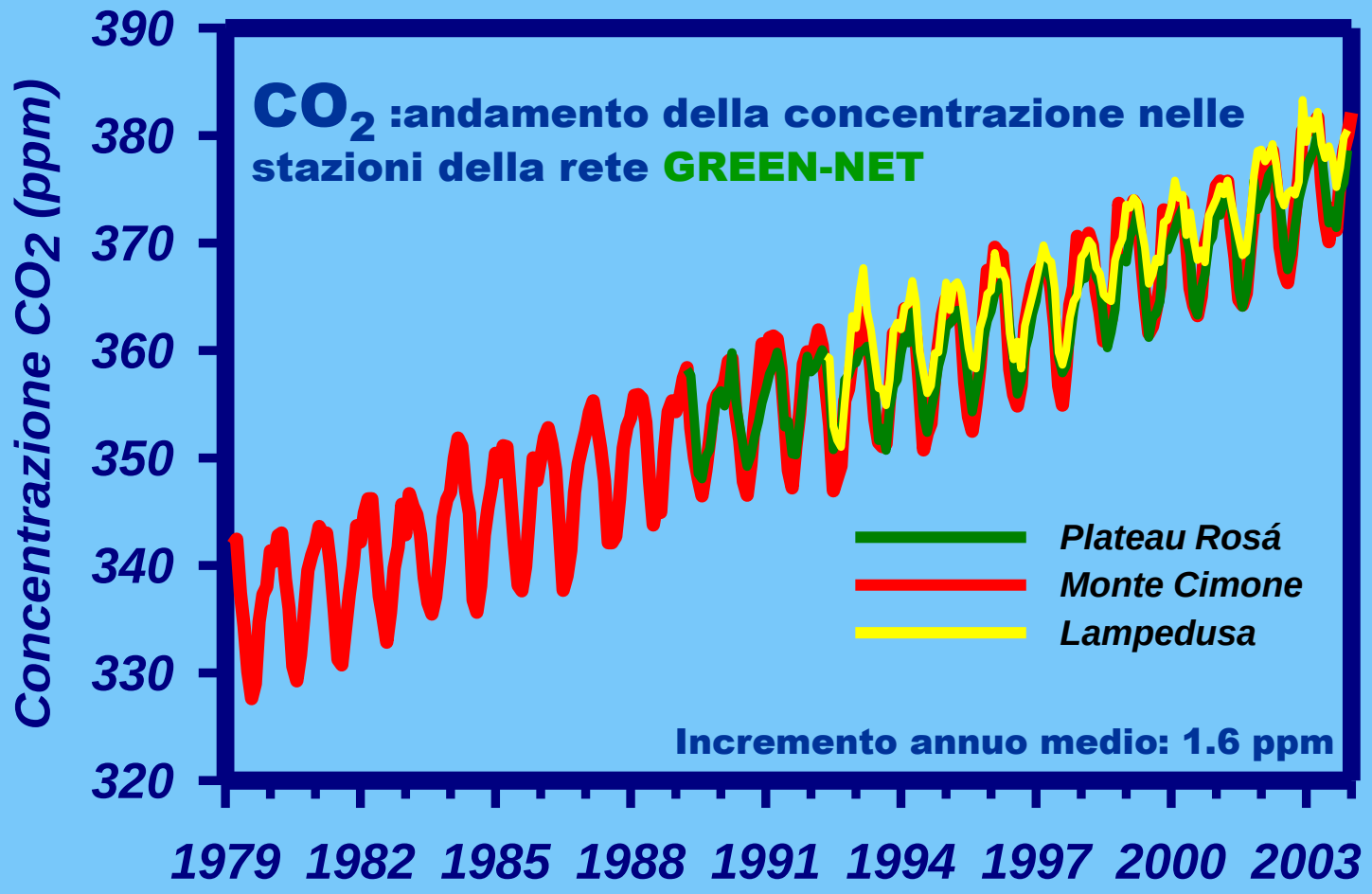
- **Si stima che le nubi aumentino, in media, il flusso uscente di radiazione solare di circa 48 Wm^{-2} su scala globale.**



- **Si stima che le nubi diminuiscano, in media, il flusso uscente di radiazione infrarossa di circa -31 Wm^{-2} su scala globale.**

Quindi, l'effetto delle nubi sul flusso radiativo netto e' pari a –17 Wm^{-2}, ovvero un effetto medio globale di raffreddamento dell'atmosfera.

Rete Italiana dei Gas ad Effetto Serra



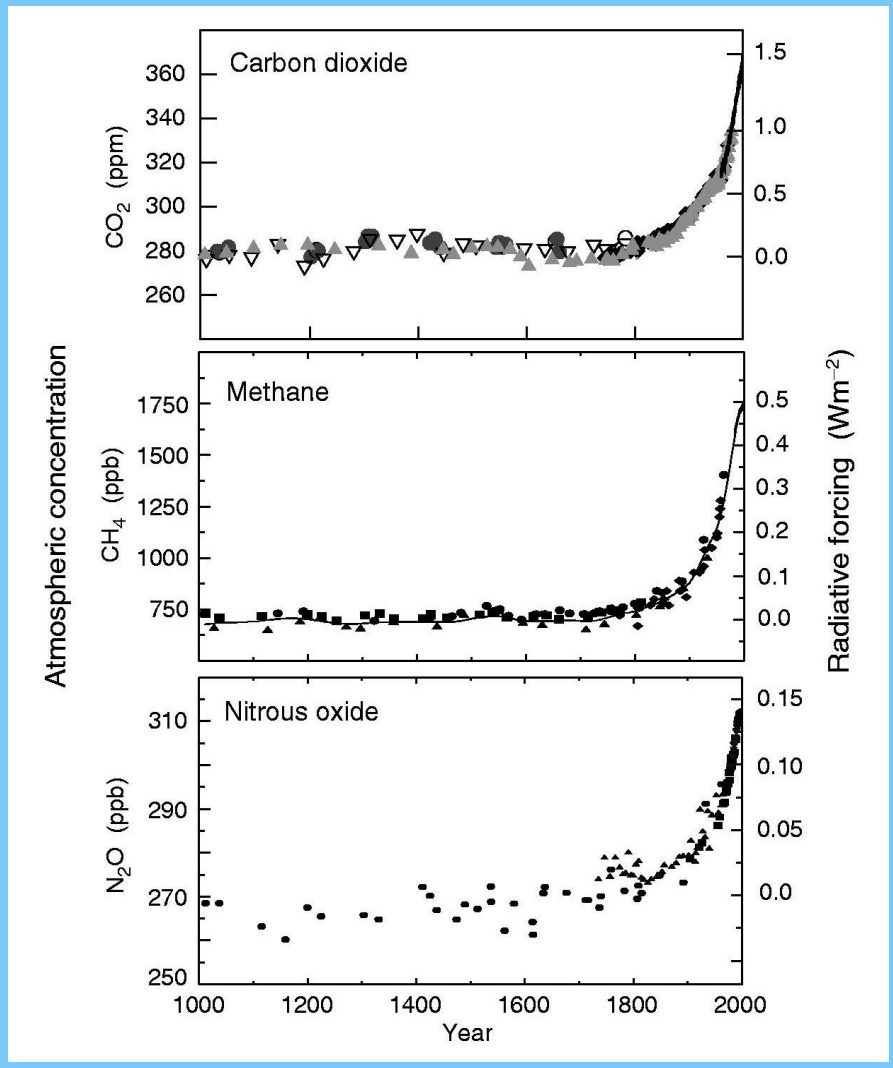
l'influenza umana sul clima

Dal 1750 ad oggi:

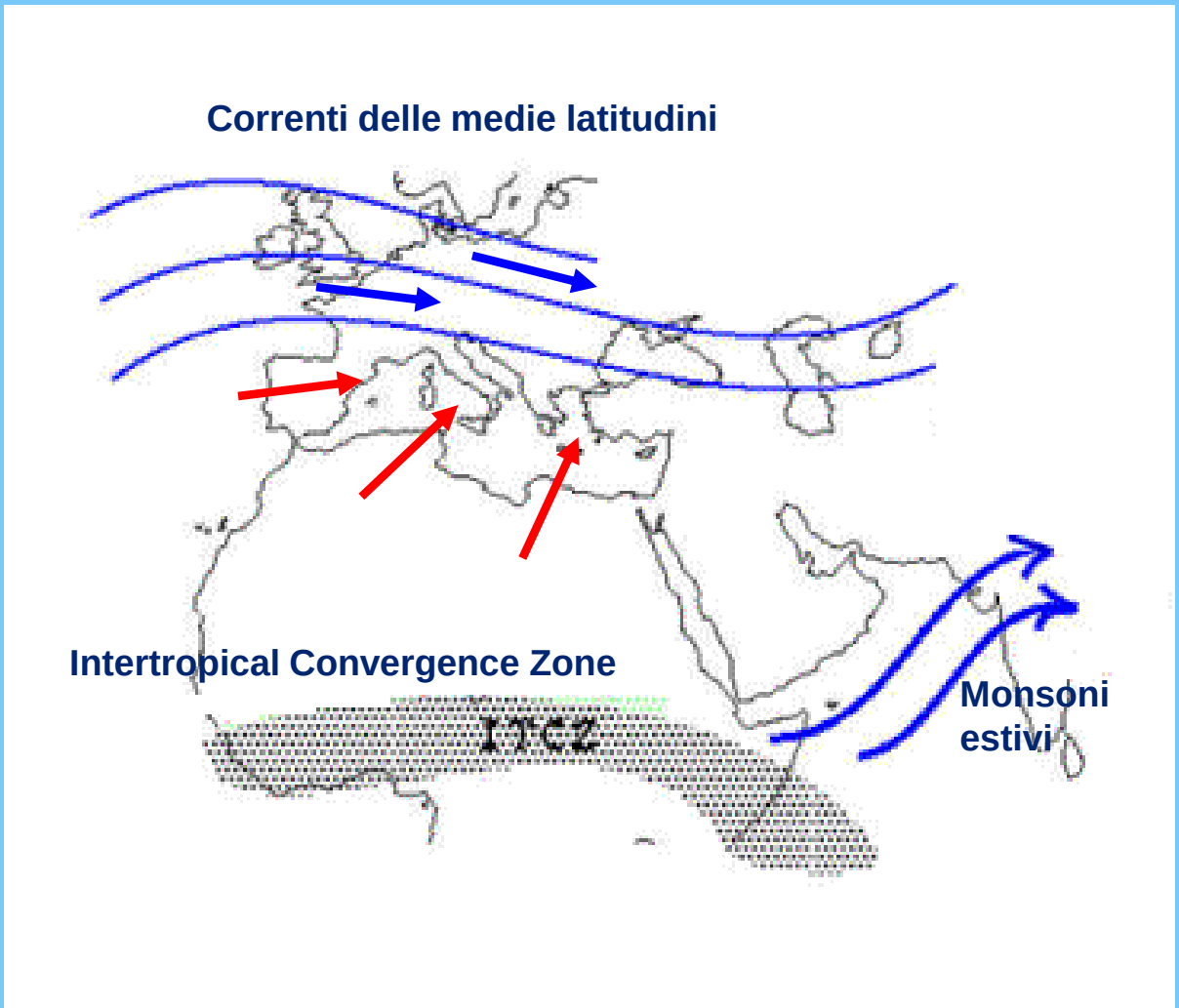
- **L'anidride carbonica (CO_2) è aumentata del 31%** e continua a salire ad un tasso di **0.4% per anno**

- Il **metano (CH_4) è cresciuto del 151%**; la crescita è rallentata negli anni '90 rispetto agli anni '80.

- Il **protossido di azoto (N_2O)** è **cresciuto del 17%**; un terzo per causa dell'attività umana.



Il Mediterraneo e il suo contorno

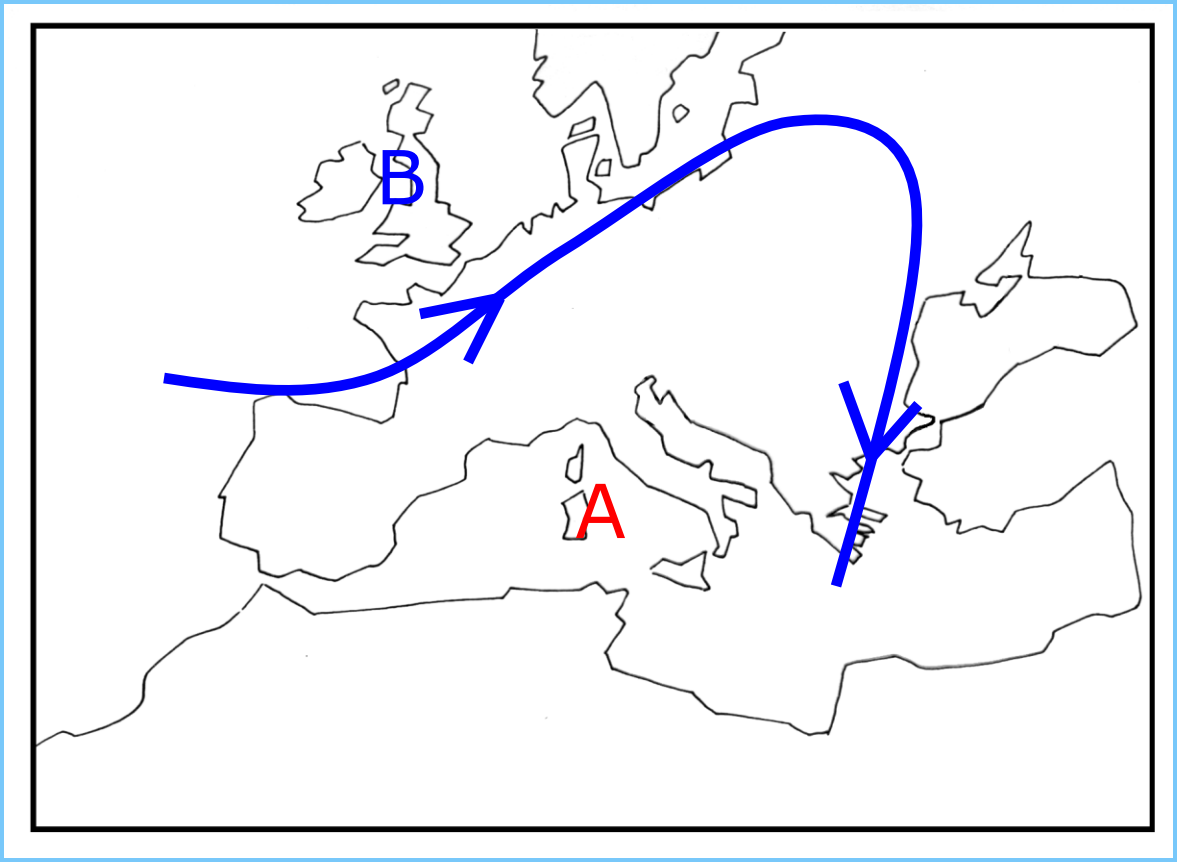

Correnti delle medie latitudini
Intertropical Convergence Zone
ITCZ
Monsoni estivi

Afflussi di masse d'aria nel Mediterraneo

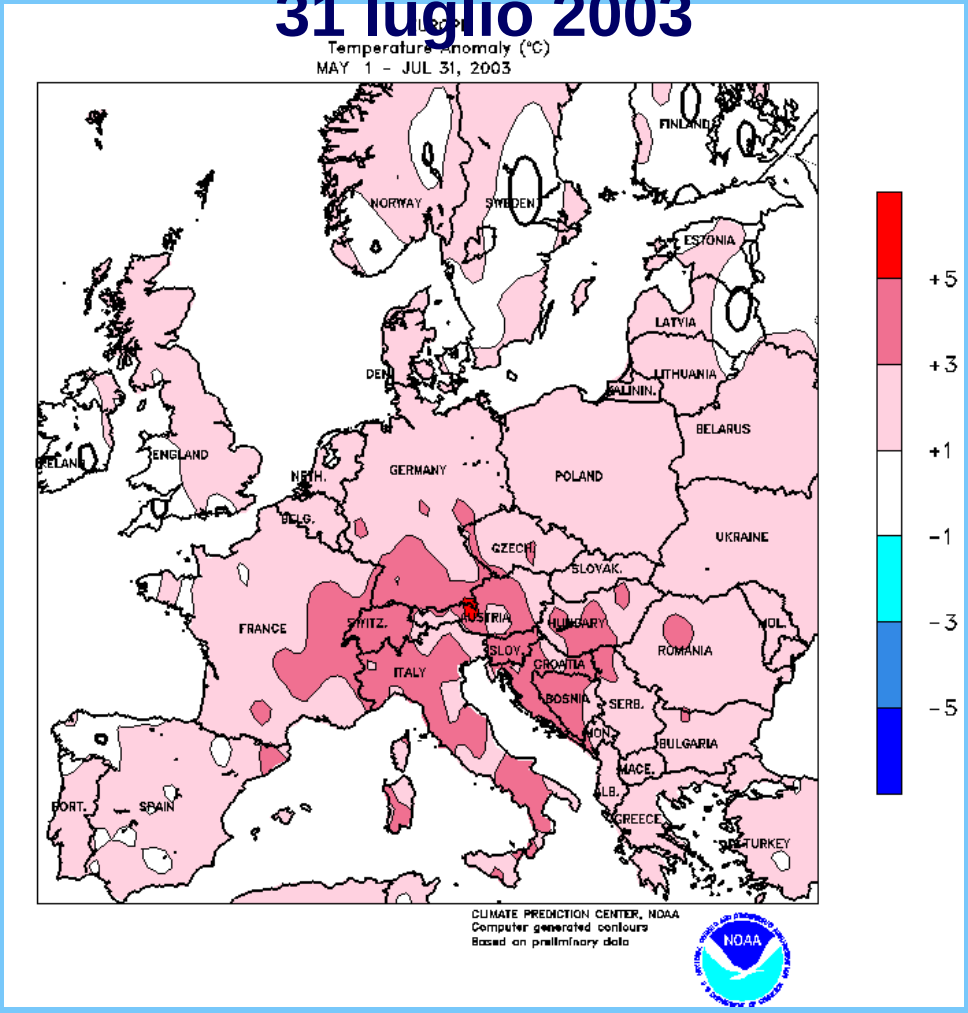
I principali venti del Mediterraneo

→ aria fredda → aria calda

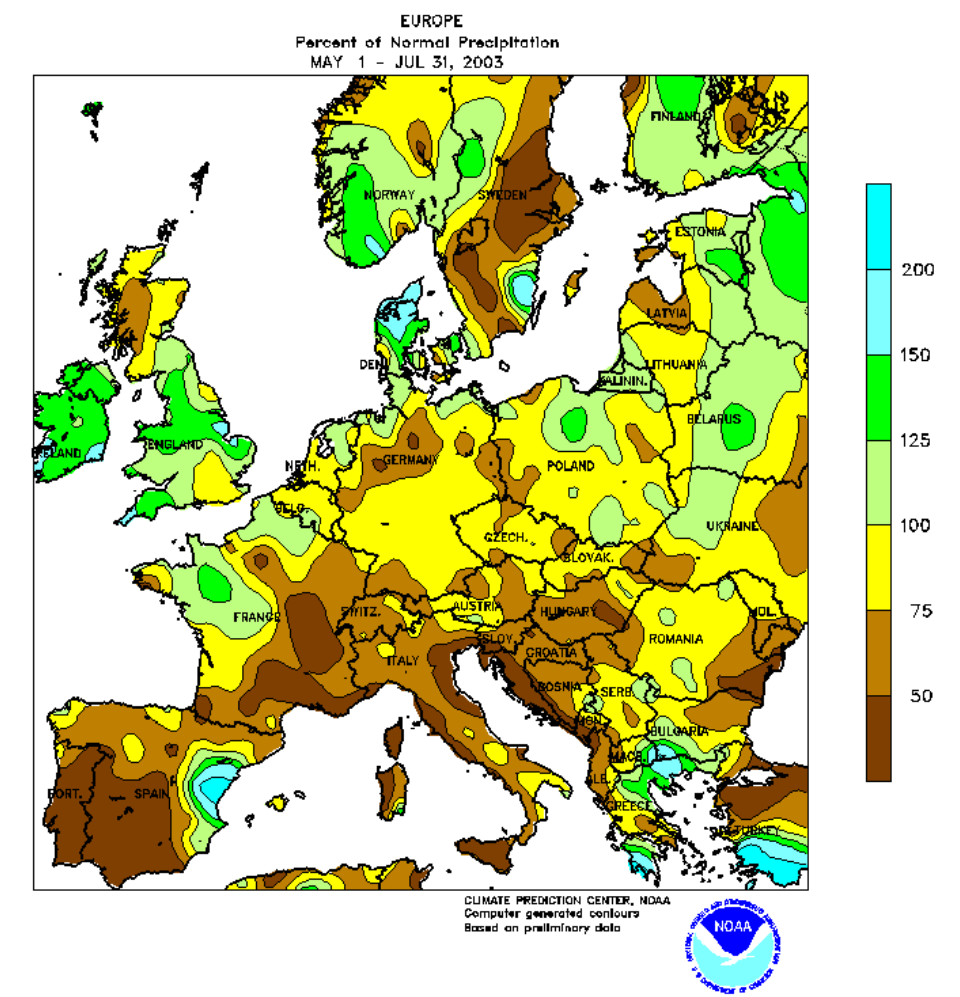
Fenomeno sempre più frequente
Consolidamento dell'alta pressione sul Mediterraneo
Persistenza di cielo sereno e soleggiamento efficace



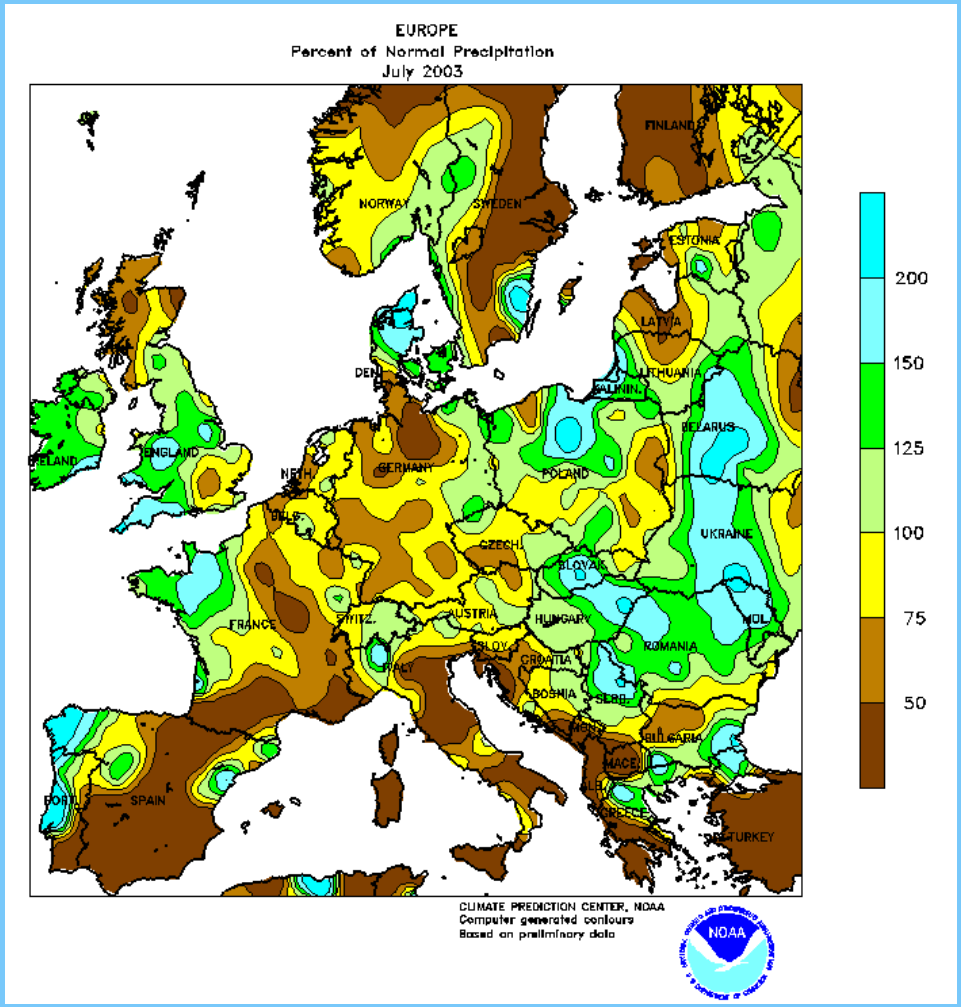
Anomalia della temperatura (°C) 1 maggio - 31 luglio 2003



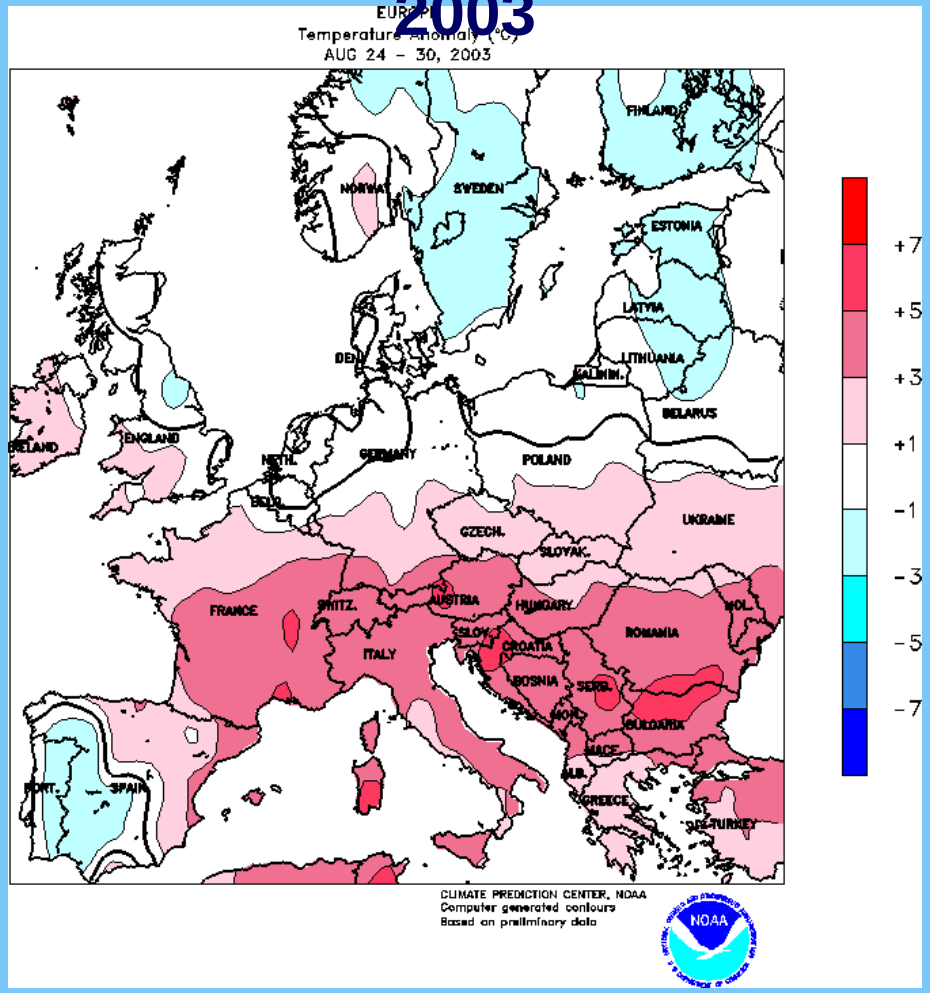
Percentuale rispetto alla norma delle precipitazioni (mm)



Percentuale rispetto alla norma delle precipitazioni (mm)

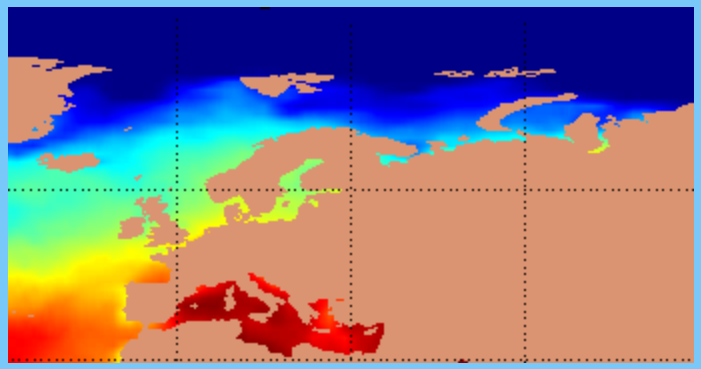


Anomalia della temperatura (°C) 24-30 agosto 2003

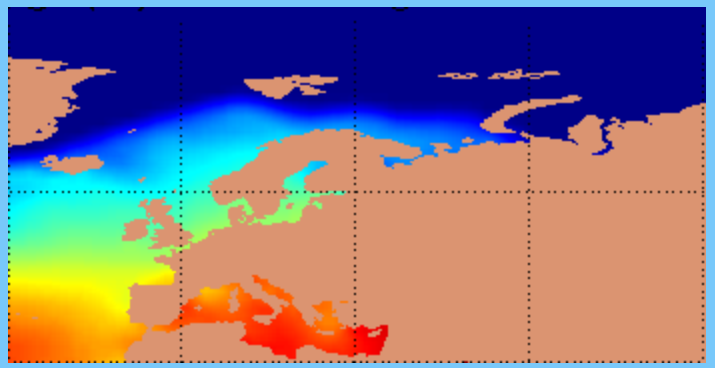


Temperatura superficiale del mare il 27 agosto 2003

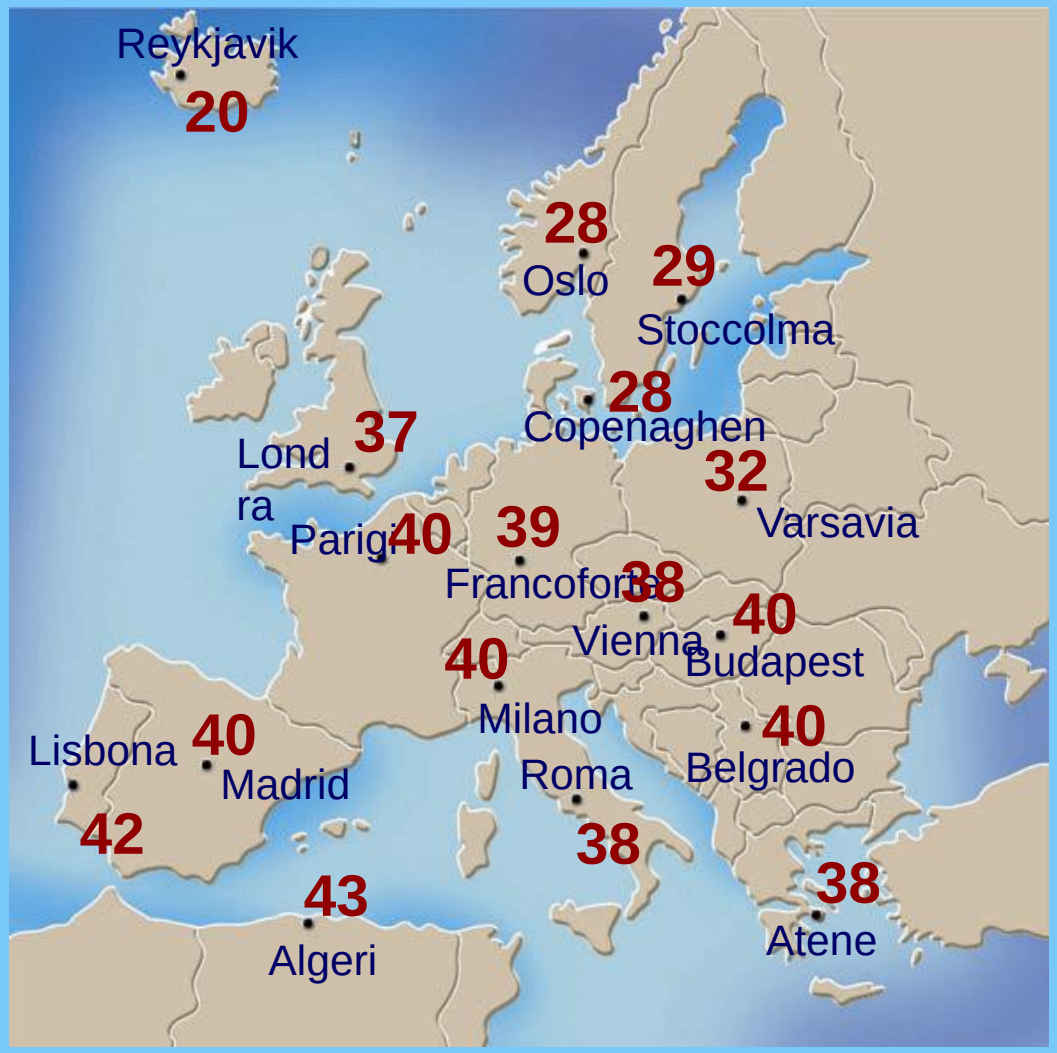
Condizioni osservate



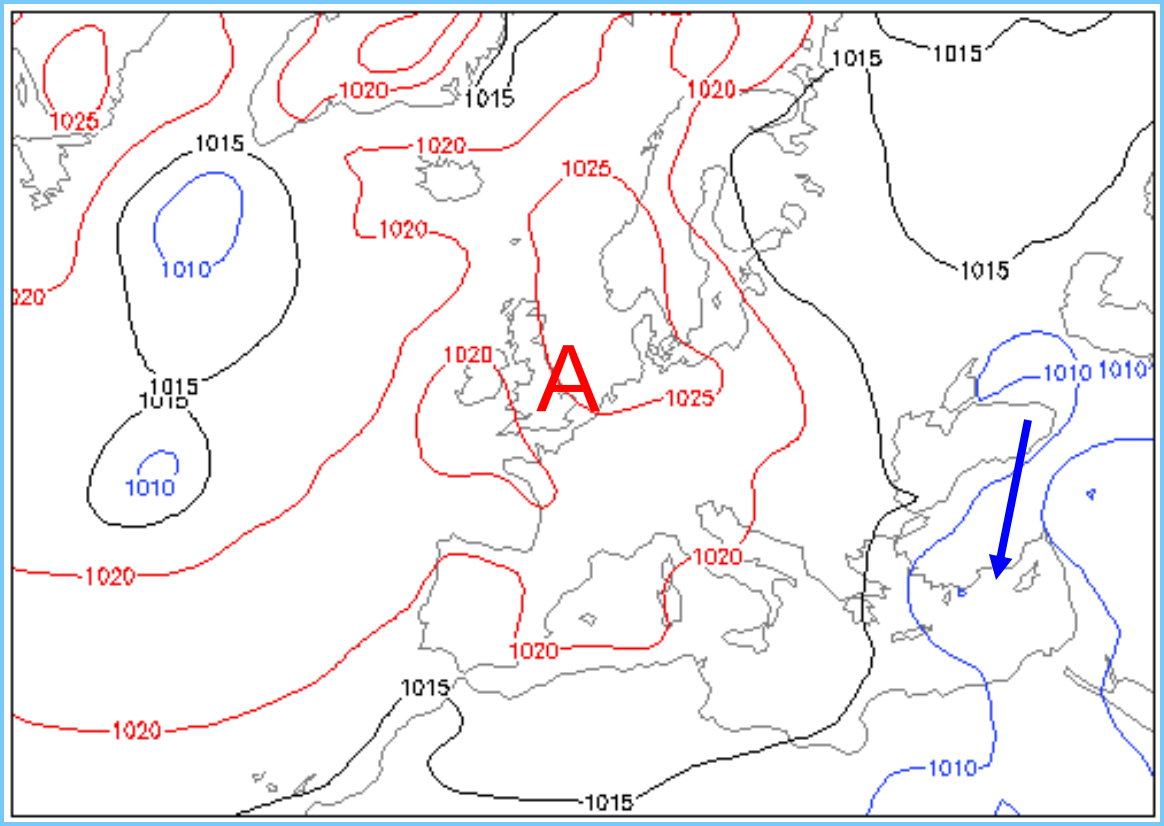
Condizioni medie climatiche



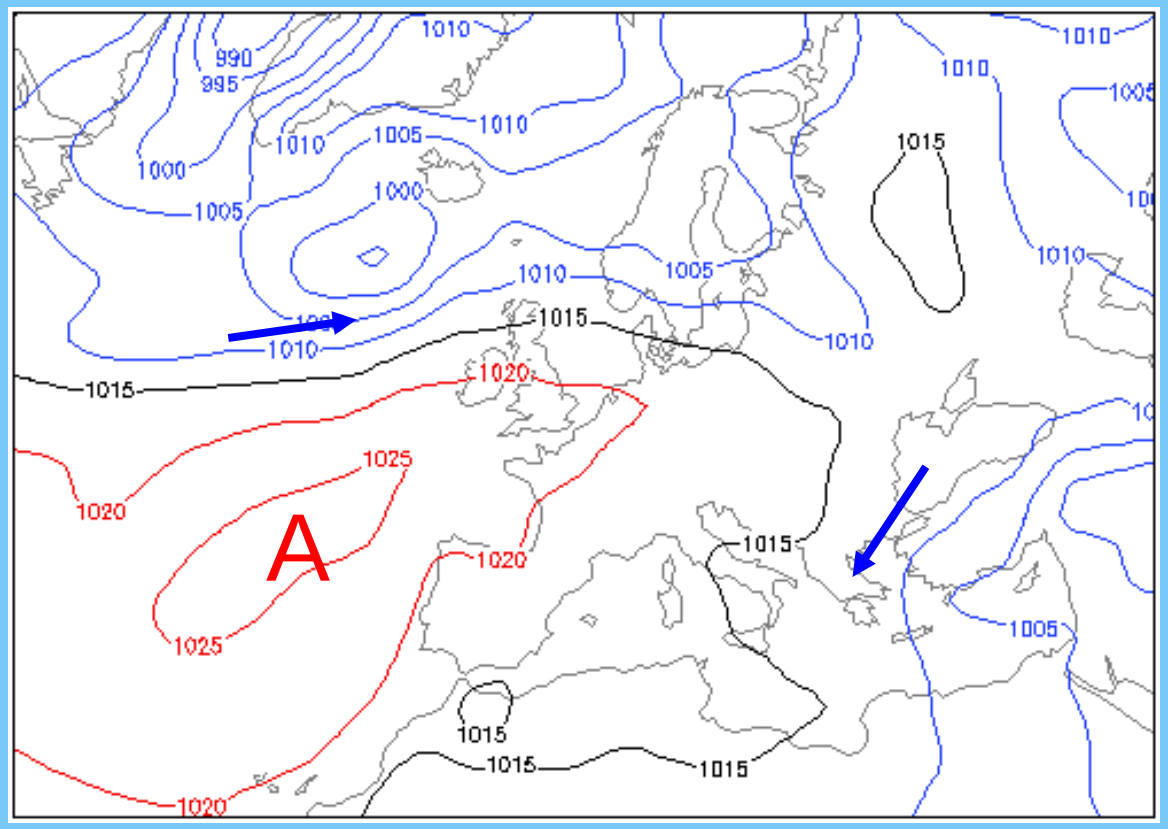
Le massime assolute (°C, intorno al 5 agosto 2003



Circolazione in superficie sull'Europa ore 12 UTC del 5 agosto 2003



Circolazione in superficie sull'Europa ore 12 UTC del 20 agosto 2003



Il trend stagionale nel Mediterraneo occidentale

Nel periodo estivo il Mediterraneo accumula calore; attualmente in maggior misura a causa dell'incremento demografico degli ultimi decenni

Maggiori consumi energetici
Maggiori immissioni di CO_2
Estati prolungate

L'alta pressione mediterranea persiste più a lungo e fino ad ottobre le temperature restano elevate

L'autunno arriva in ritardo e dura di meno

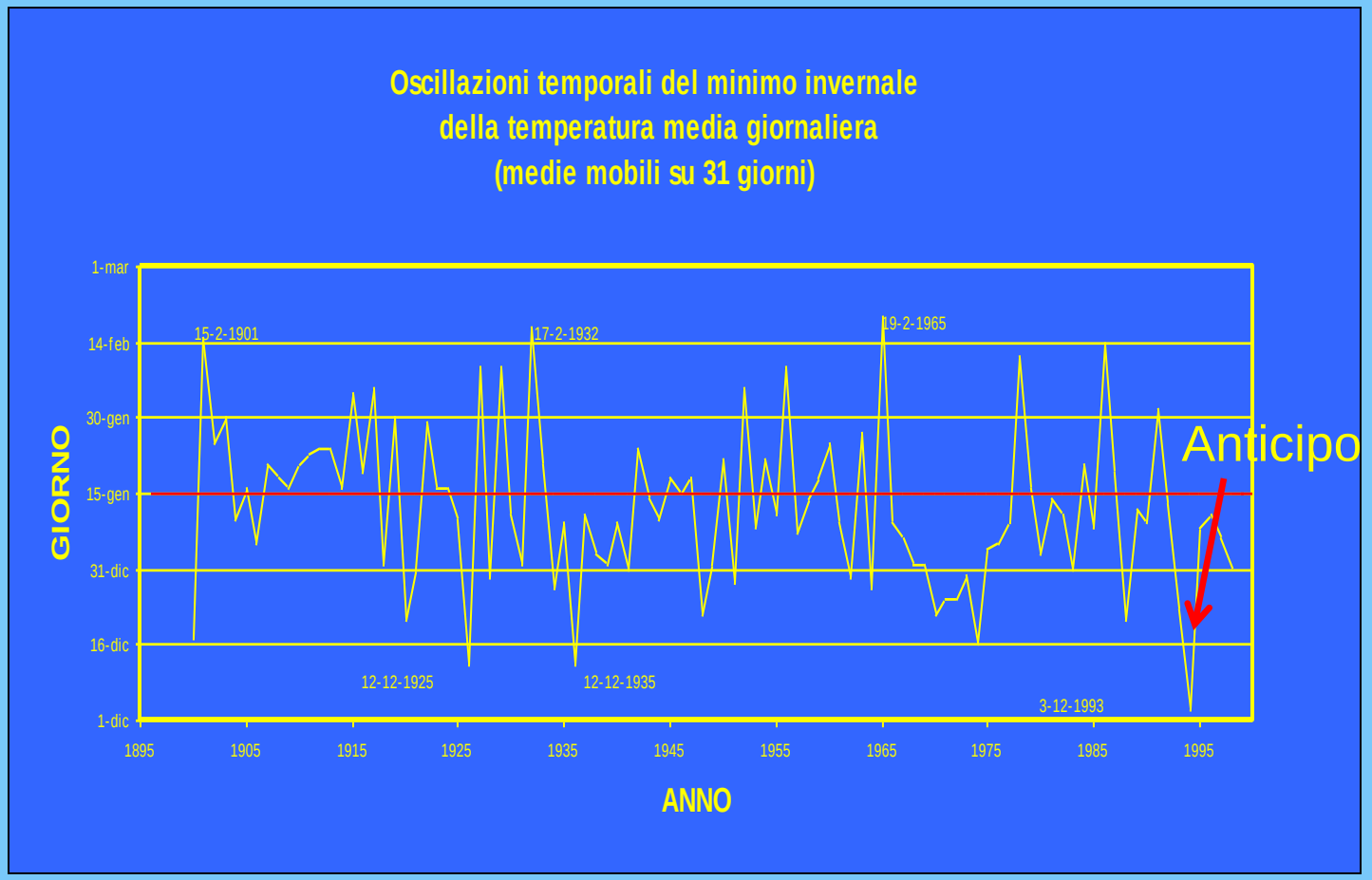
Le perturbazioni atlantiche incontrando i rilievi europei seguono sempre più spesso traiettorie a nord delle Alpi, favorendo l'afflusso da est di aria artica di origine continentale

L'inverno arriva in anticipo con episodi di bora e nevicate sui rilievi appenninici

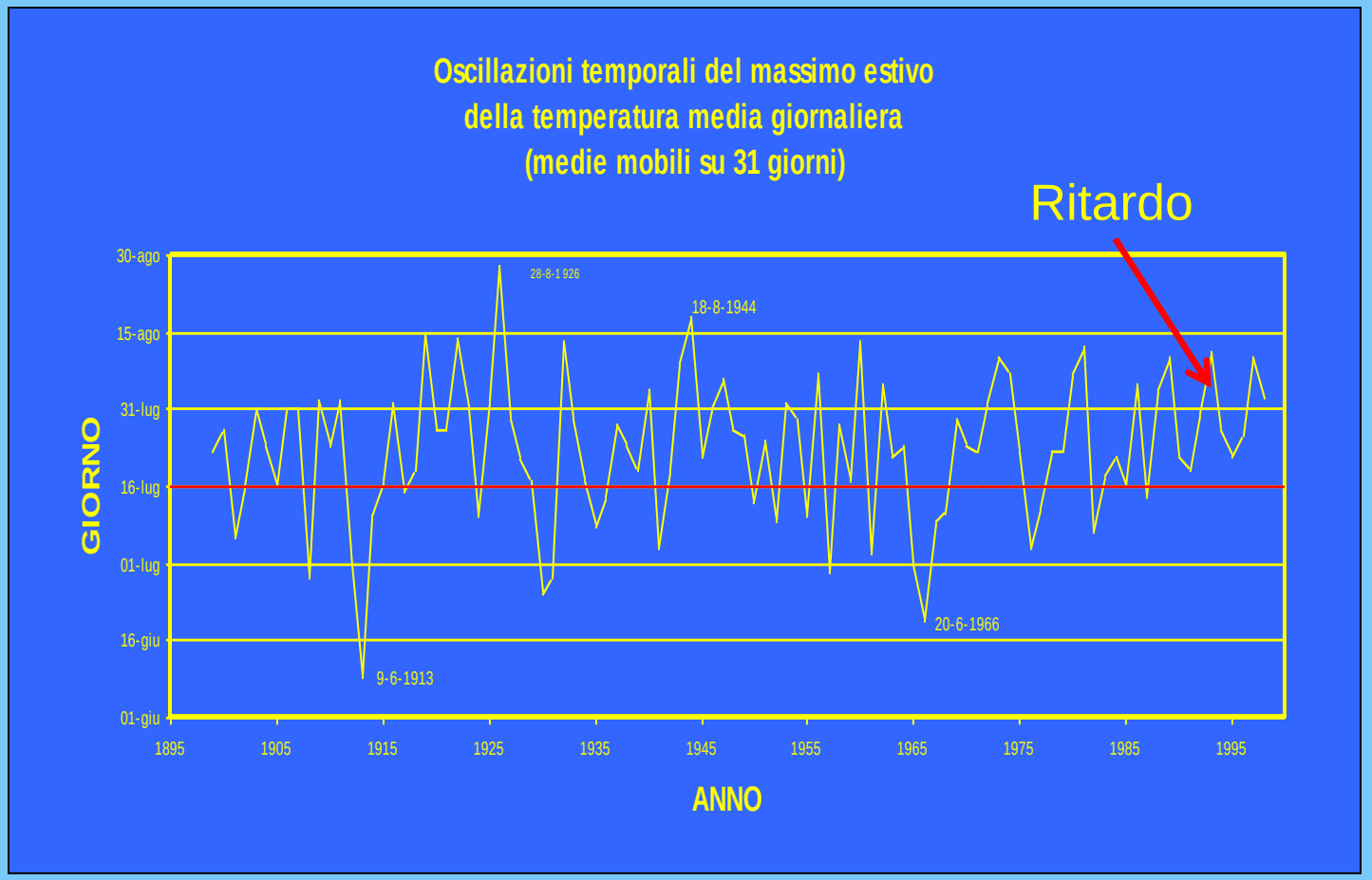
L'alta pressione mediterranea finalmente cede ma la circolazione si sviluppa sul Mediterraneo e le temperature si mitigano presto

La primavera inizia presto ma tende anche a finire tardi

Il centro della stagione invernale a Milano



Il centro della stagione estiva a Milano



Aspetti recenti del trend climatico nell'area Mediterranea

Lunghi periodi di siccità

Precipitazioni poco frequenti ma intense (alluvioni)

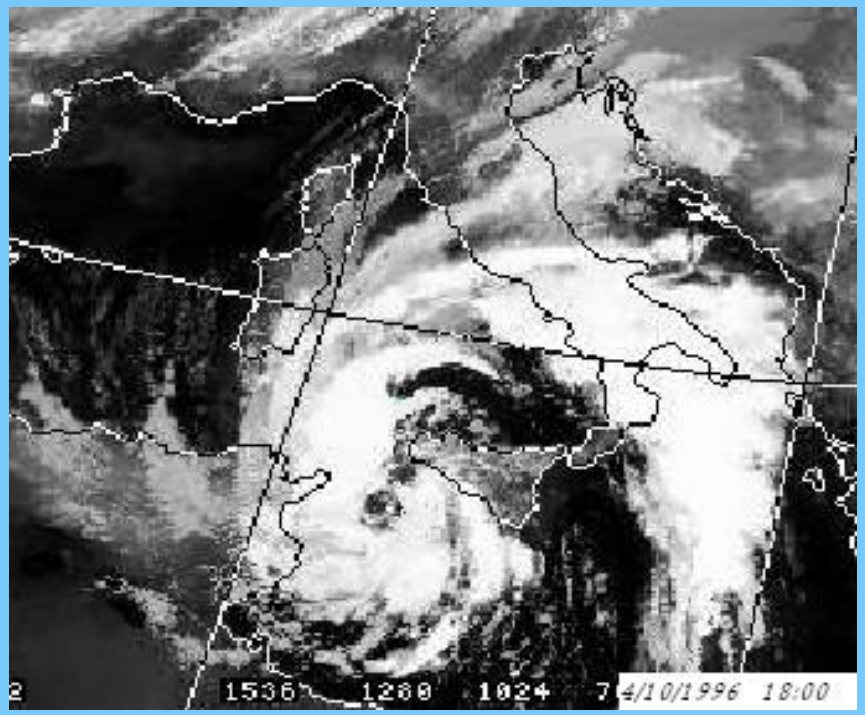
Attività temporalesca intensa (trombe d'aria)

Cicloni mediterranei (TLC = Tropical Like Cyclone)

Due esempi di cicloni mediterranei

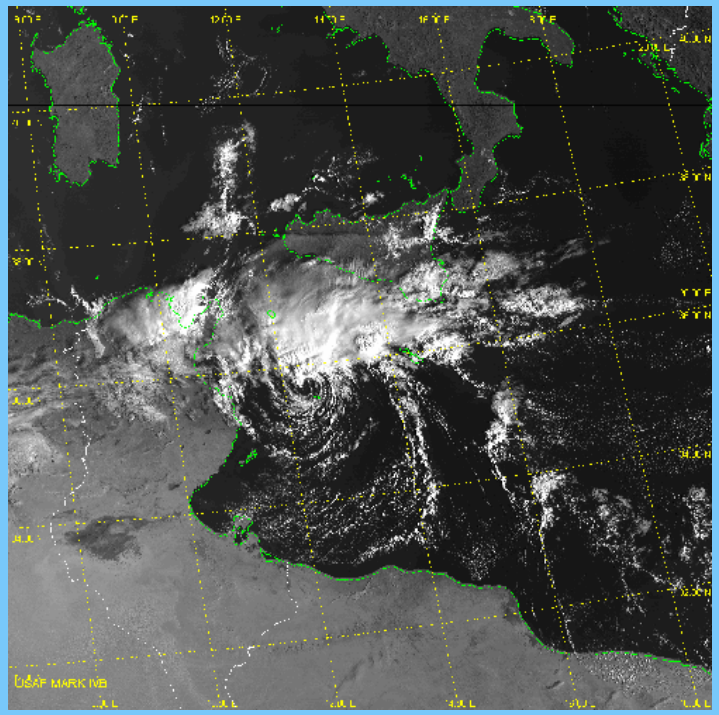
4 ottobre 1996

Polsi (Calabria) 480 mm di pioggia in poche ore

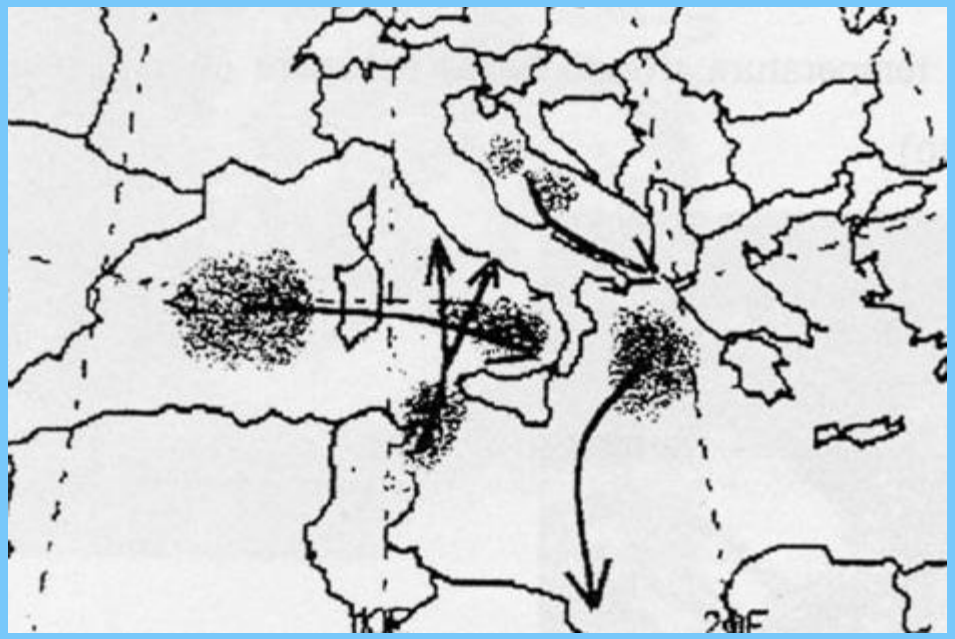


18 settembre 2003

In 48 ore a Siracusa 514 mm di pioggia



Zone di formazione e traiettorie preferenziali dei cicloni mediterranei



Dal simposio

Climate Change and Human Health

Milano, 27 settembre 2004

NEMO

Northern Europe-Mediterranean Oscillation

Un nuovo indice di oscillazione climatica a scala euromediterranea

Sergio Borghi e Marco Caminiti

Interazione oceani-atmosfera

↓

Oscillazioni della circolazione generale dell'atmosfera

↓

- Fluttuazioni climatiche di breve periodo
- Anomalie climatiche intense

SOI = Southern Oscillation Index
(differenza di pressione tra Tahiti e Darwin)

ENSO = El Niño Southern Oscillation

NAO = Northern Atlantic Oscillation
(differenza di pressione tra Lisbona e l'Islanda)

MO = Mediterranean Oscillation

L' indice che la caratterizza è calcolato a partire dalla differenza tra le altezze della superficie isobarica di 500 hPa (circa 5500 m s.l.m.) rilevate ad Algeri ed al Cairo.

Nuovi indici sono stati proposti prendendo in considerazione le Baleari anziché Algeri, e Tel Aviv anziché il Cairo.

NAO → Indica l'intensità con cui le correnti zonali investiranno o meno l'Europa

MO → Indica le modalità di propagazione nel Mediterraneo delle perturbazioni entrate dall'Atlantico

↓

Non vi sono indicazioni se le perturbazioni atlantiche:

- sfileranno a nord delle Alpi
- entreranno invece nel Mediterraneo

Ipotesi di lavoro

1. Trovare un indice di oscillazione climatica in grado di essere associato alla tendenza delle perturbazioni atlantiche ad entrare nel bacino del Mediterraneo
2. L'indice doveva essere presumibilmente legato alla differenza di pressione rilevata sull'Europa lungo i meridiani
3. C'era bisogno di serie storiche di dati di pressione sufficientemente lunghe in due siti, disposti sul Nord-Europa e nel centro del Mediterraneo

Dopo un periodo di ricerche, due siti idonei sono stati individuati, e precisamente:

1. De Bilt, sede del Servizio meteorologico olandese
2. Luqa, aeroporto della Valletta

DE BILT
MILANO
LUQA AIRPORT
VALLETTA

Si sono potuti elaborare dati medi mensili di pressione per un periodo di 80 anni (1922-2002), limite dovuto alla disponibilità di dati per Malta

L'indice NEMO è stato definito come

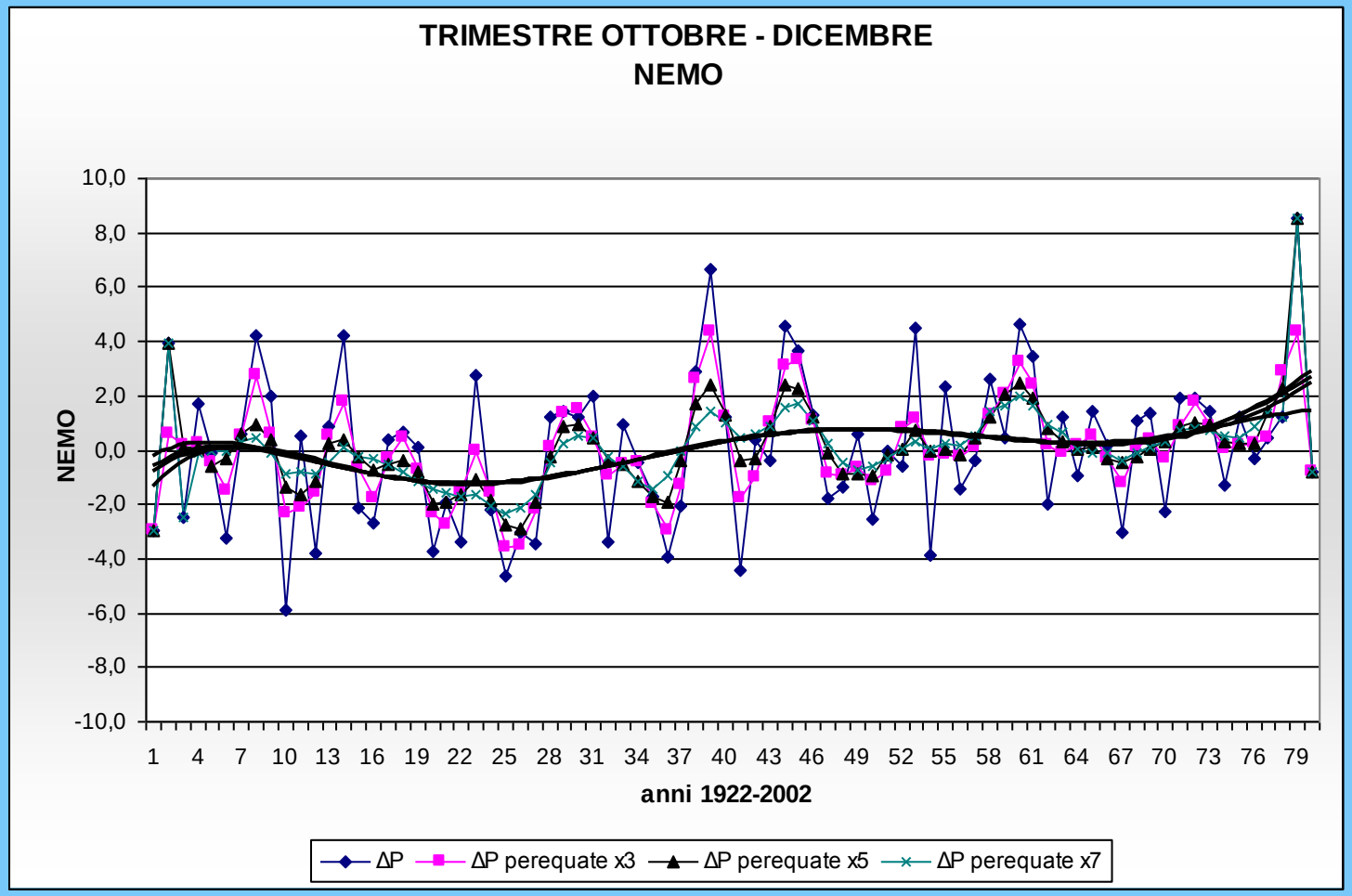
$$\text{Pressione media}_{\textbf{Malta}} - \text{Pressione media}_{\textbf{DeBilt}}$$

Le elaborazioni eseguite ed i risultati più significativi ottenuti sono presentati nelle diapositive seguenti.
Sono stati utilizzati allo scopo anche i dati degli 80 anni considerati rilevati nel centro di Milano.
Rivestono particolare interesse le possibilità applicative dell'indice NEMO, utilizzato insieme alle previsioni a lungo termine.

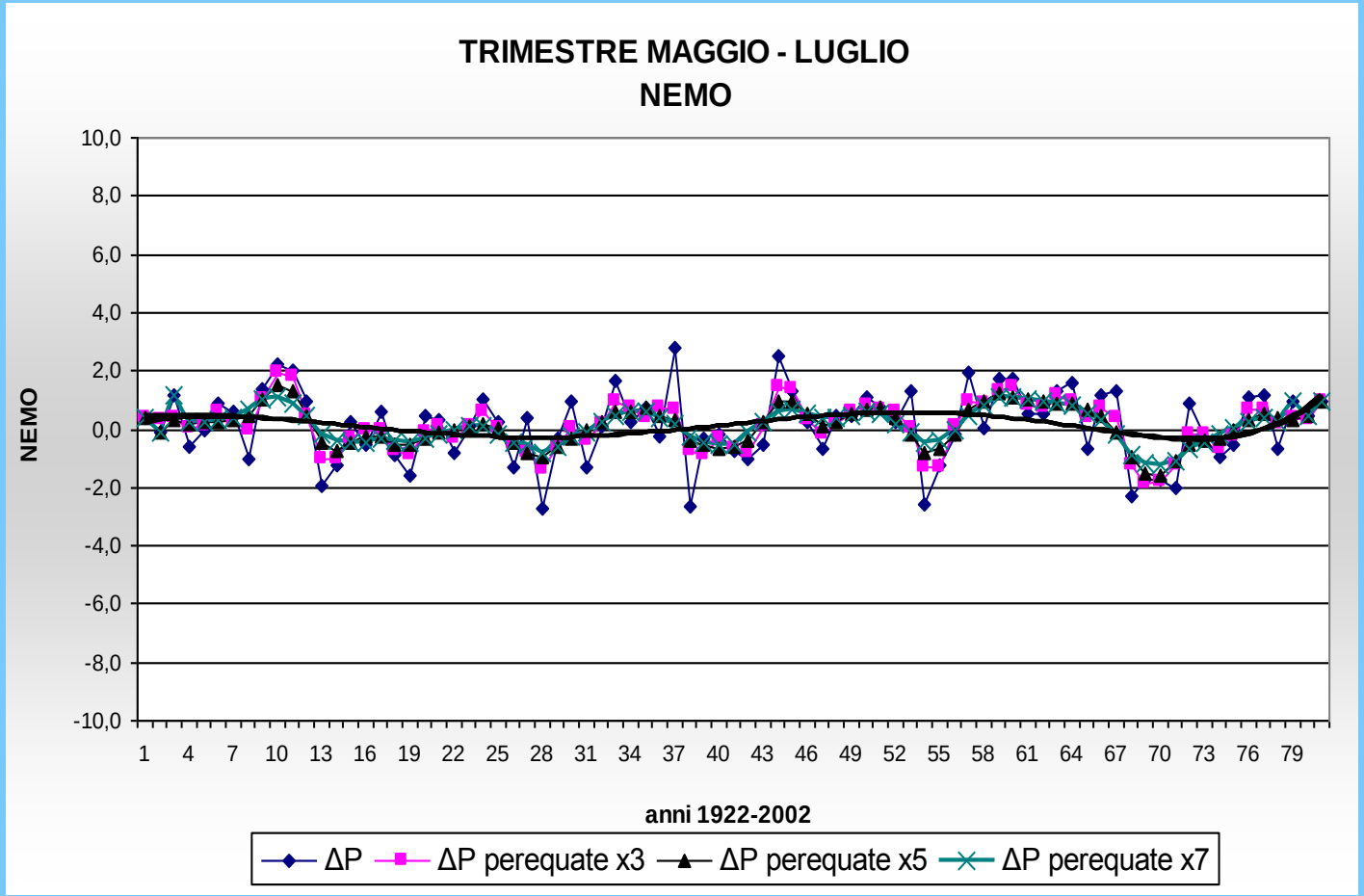
Calcolo dell'indice:

- omogeneizzazione della base dati;
- suddivisione dei periodi caldi da quelli freddi;
- calcolo del $\Delta P_{M\text{-}DB}$;
- interpolazione con polinomi del sesto ordine;
- verifica della periodicità;
- centratura dell'indice rispetto al valor medio;
- studio dell'influenza di NEMO sull'Italia Settentrionale.

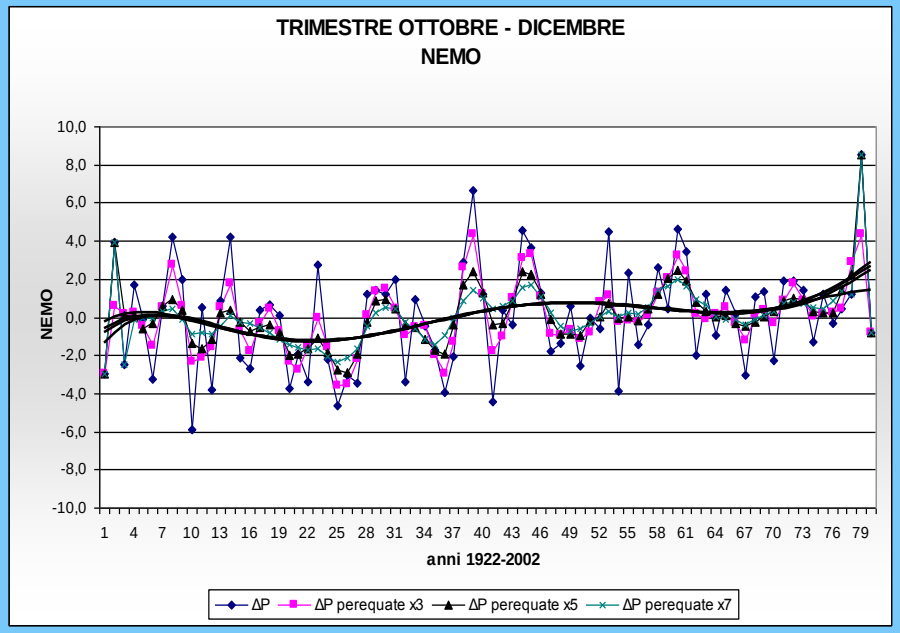
NEMO nei trimestri freddi

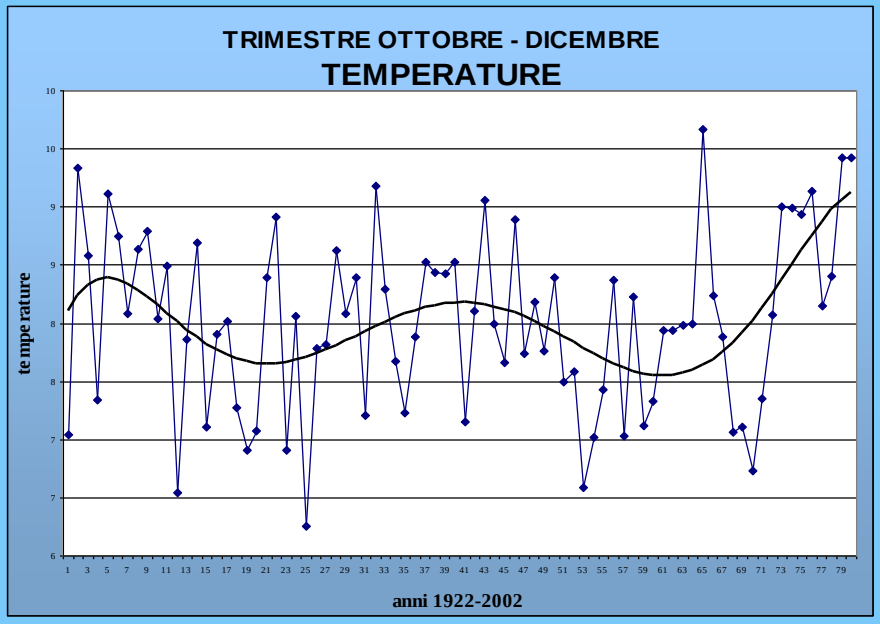


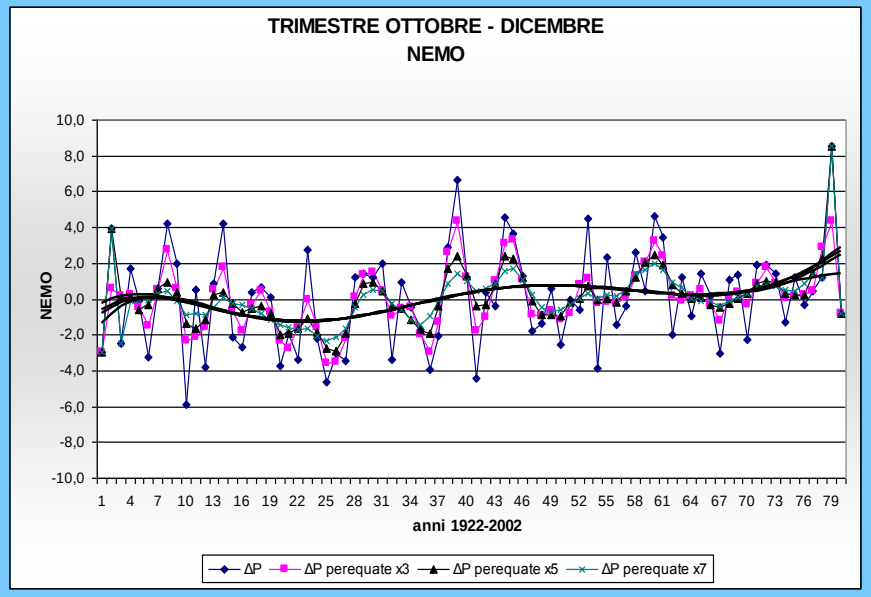
NEMO nei trimestri caldi:



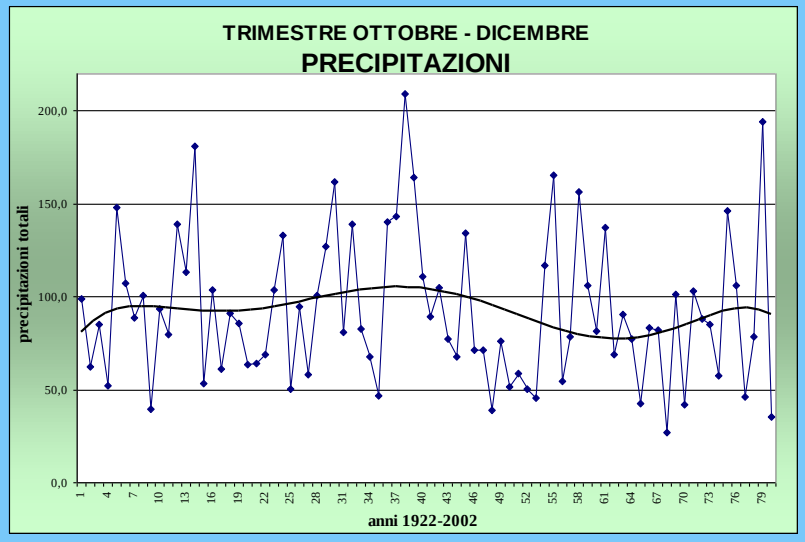
Elaborazioni per Milano: confronto di NEMO con curve di temperatura

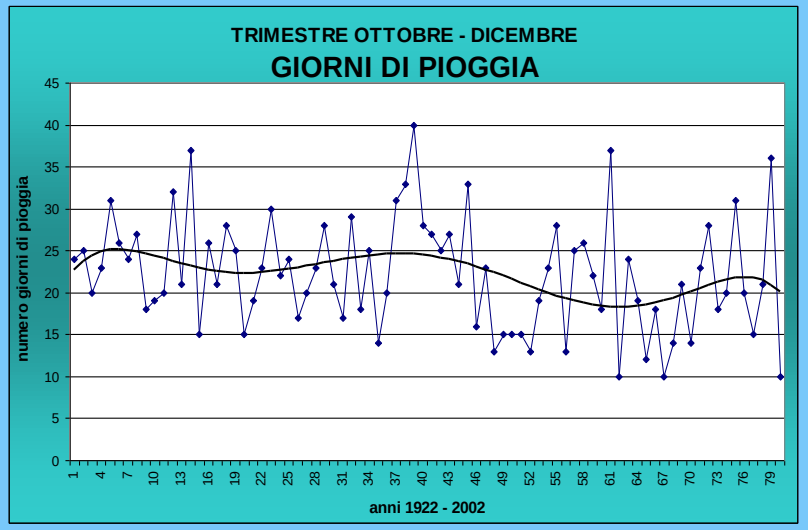






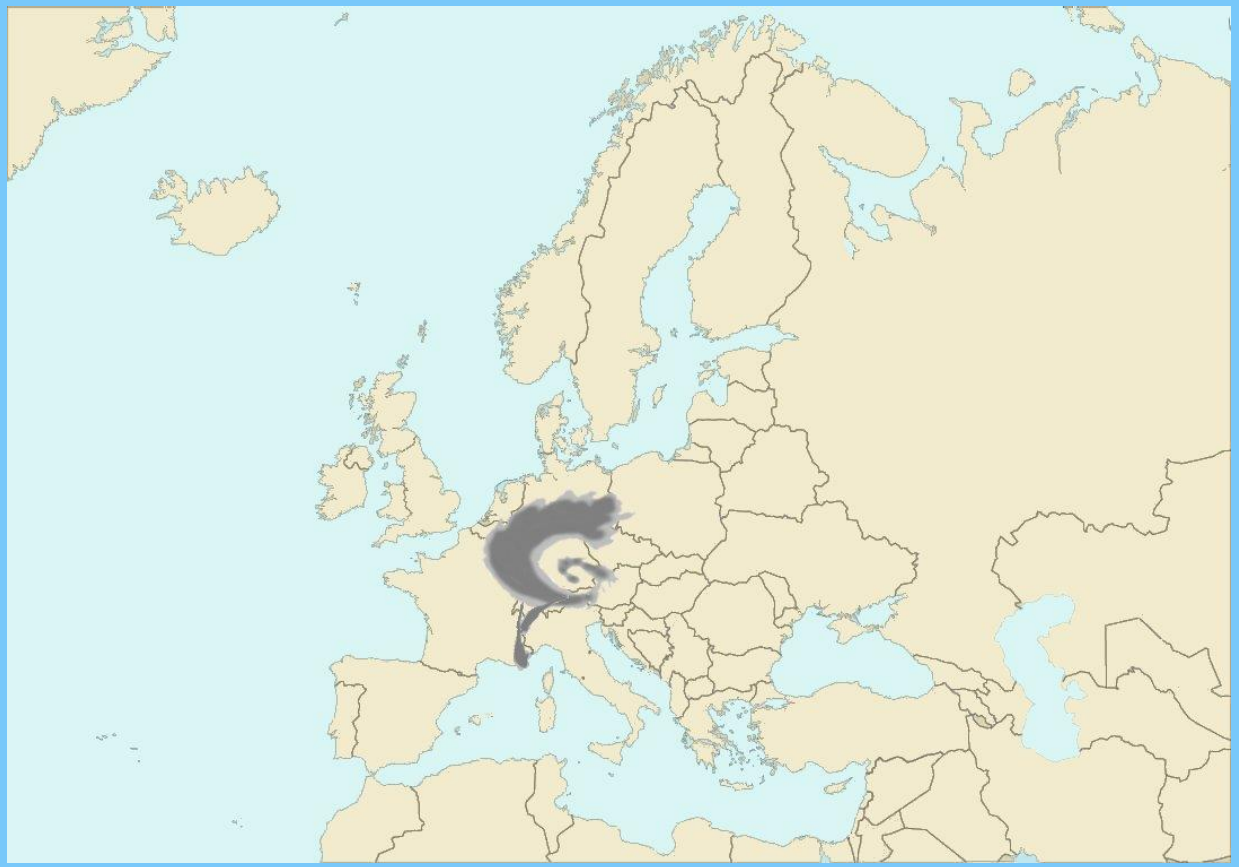
Elaborazioni per Milano: confronto di NEMO con curve di precipitazione





Caso I: ⇨ flusso zonale a latitudine elevata

⇨ NEMO positivo



Caso II: ⇨ flusso zonale in ingresso da Gibilterra

⇨ NEMO positivo

Caso III: ⇨ flusso zonale a latitudine elevata

⇨ NEMO negativo

Caso IV: ⇨ flusso zonale in ingresso da Gibilterra

⇨ NEMO fortemente negativo

… Qualche opinione

La recente esperienza dimostra che nessuna parte dell'India, se non protetta con l'irrigazione, può essere considerata esente dal pericolo di siccità, e dal conseguente impoverimento dei raccolti che una carenza di piogge comporta

"Recent experience has shown that no part of India, if unprotected by irrigation, can be considered free from the danger of a deficient rainfall, and the subsequent failure in the harvest, which a short rainfall entails."

Government of India, 1898

Delle ipotesi stanno prendendo sempre più corpo, anche se alcune questioni al riguardo del clima sono ancora da chiarire e altre consolidate già da lungo tempo ……

Grazie per l'attenzione

Complimenti per l'organizzazione del convegno