

# Il cambiamento climatico alla scala locale e i rischi idrogeologico e idrico

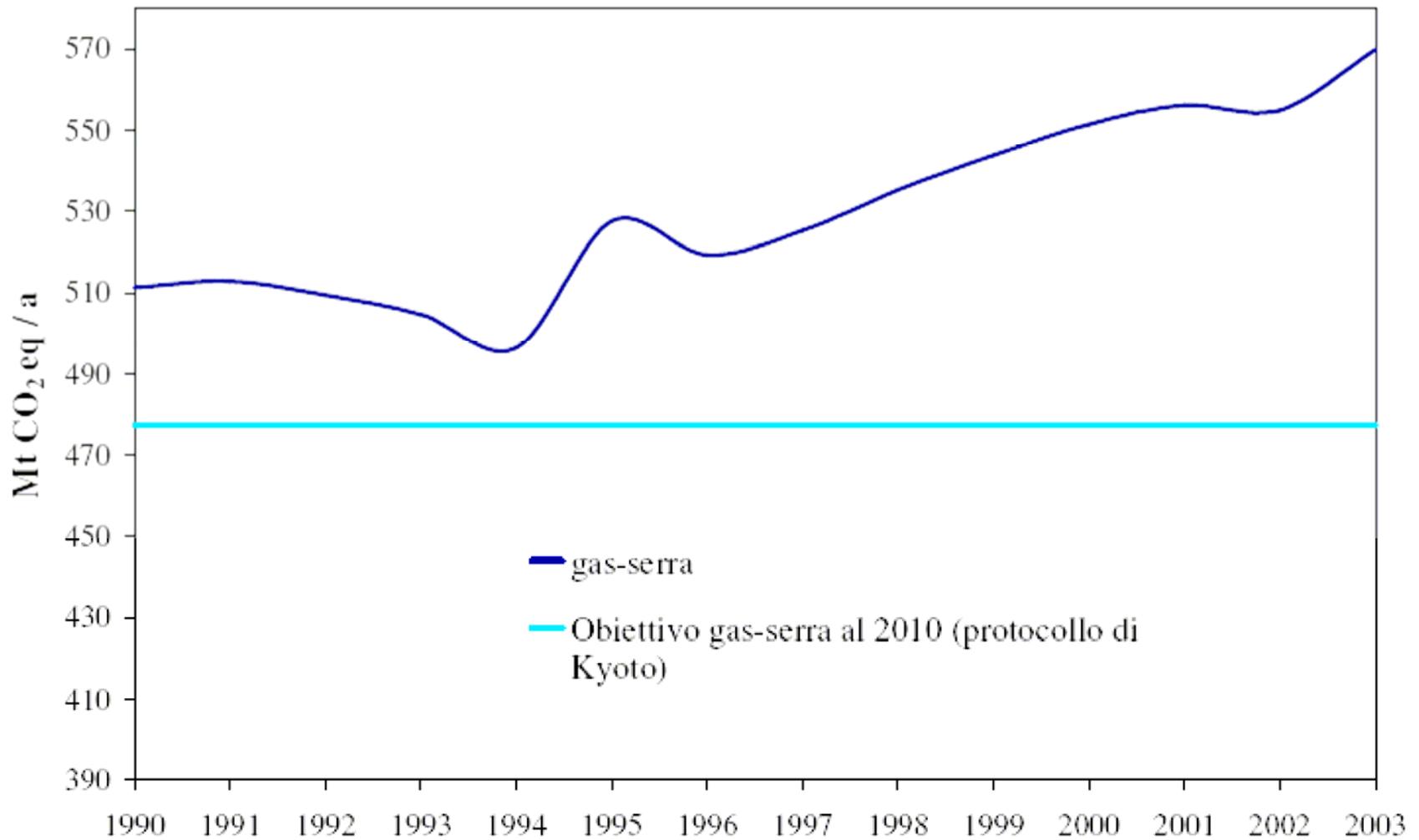
Stefano Tibaldi e collaboratori

Servizio IdroMeteorologico  
dell'ARPA Emilia-Romagna

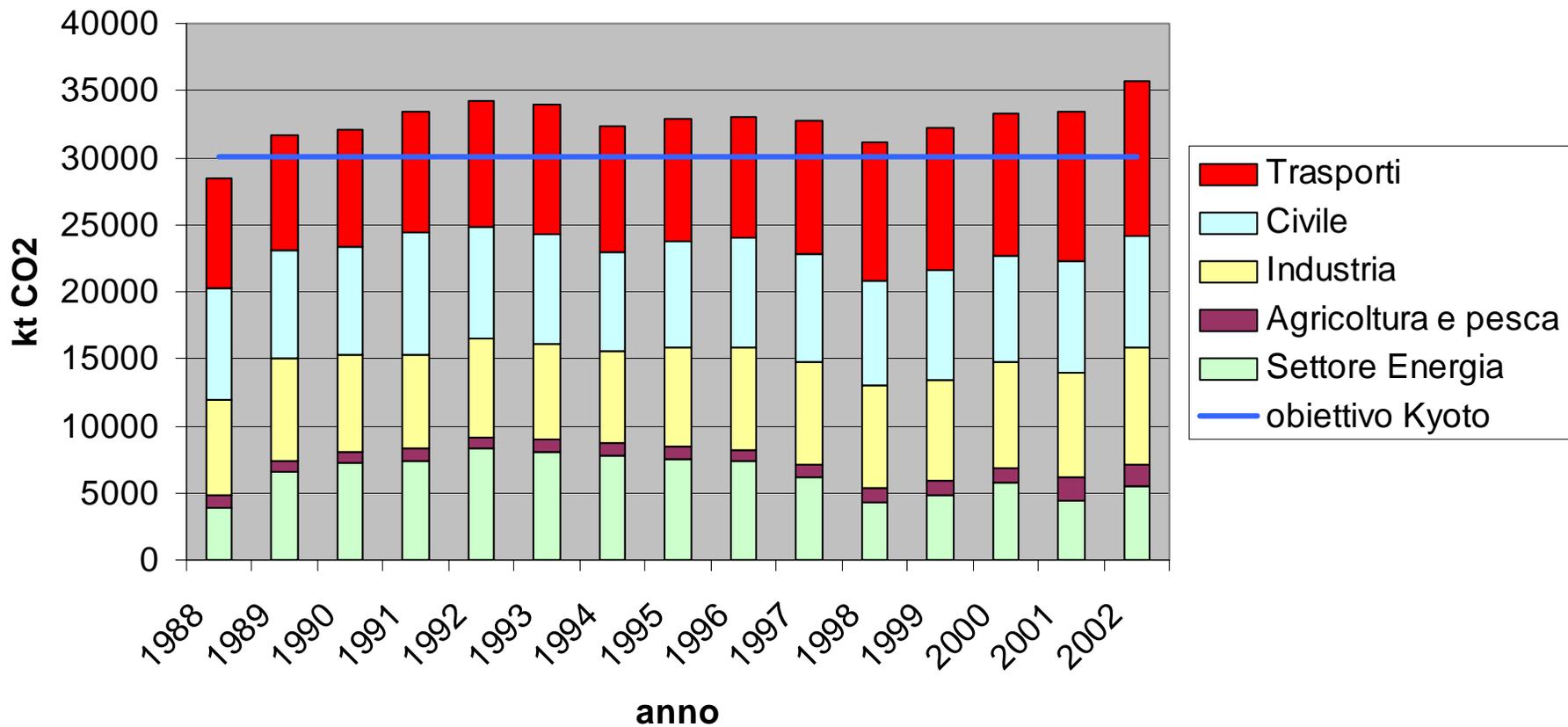
# Schema della presentazione

- Due parole sulle emissioni e sulla CO2 dal punto di vista locale
- I trend in atto: Italia, Nord-Italia, Emilia-Romagna
- Estremi e rischio idrico e idraulico
- Qualche anticipazione sul futuro a scala locale

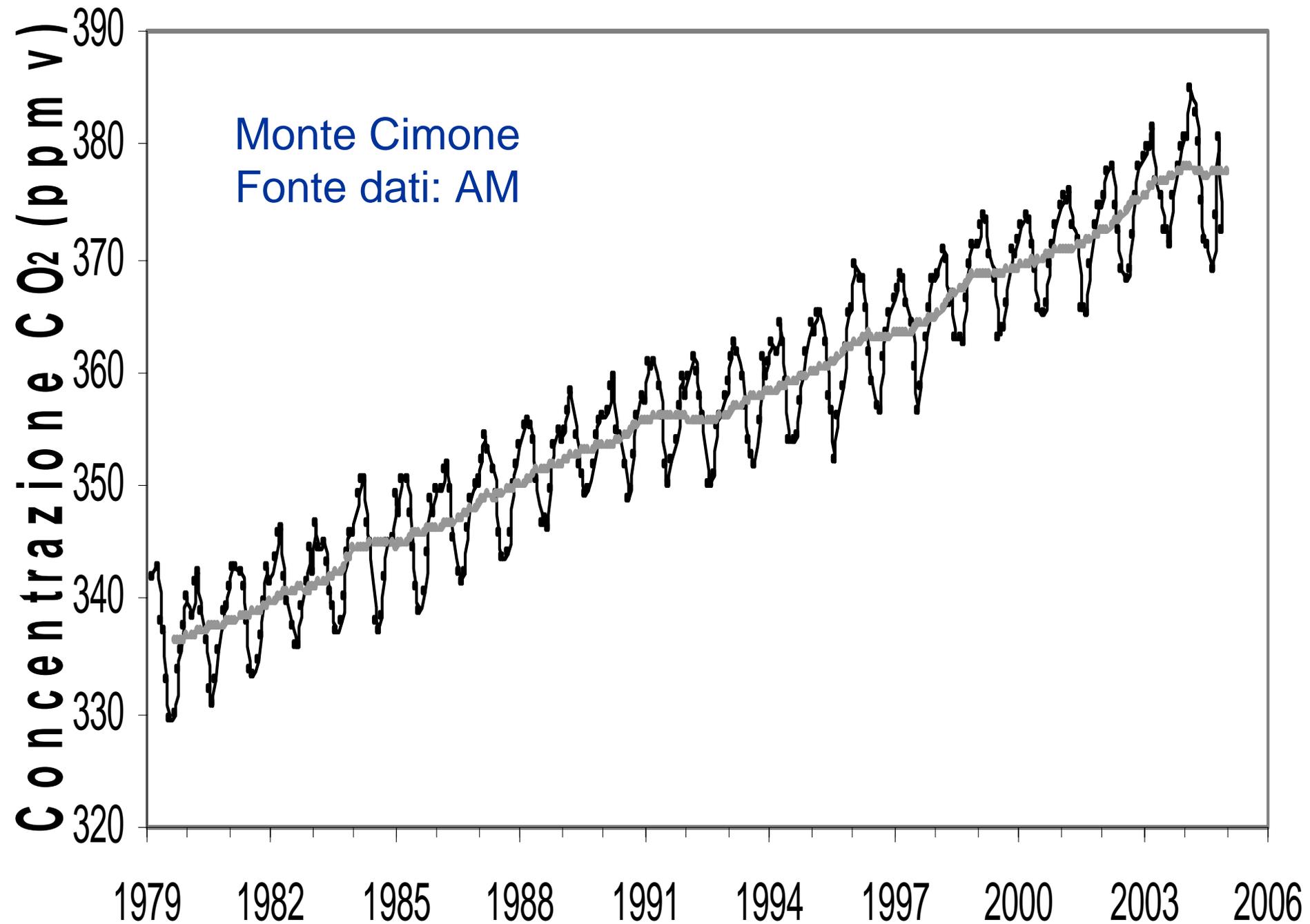
## Emissioni di CO2 equivalente (Italia)



## RER - Trend emissioni annuali CO2 (1988-2002)



Fonte: elaborazioni Arpa Emilia-Romagna su dati Enea  
S.I.E.R. - Sistema Informativo Energetico Regionale

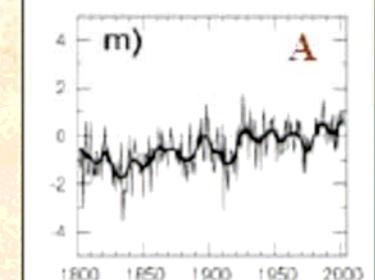
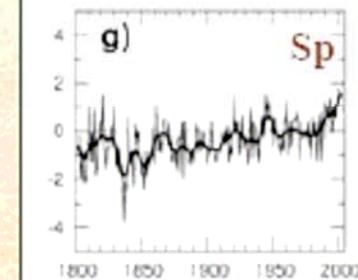
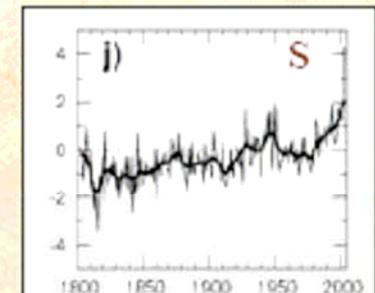
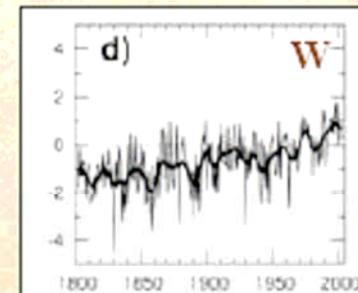
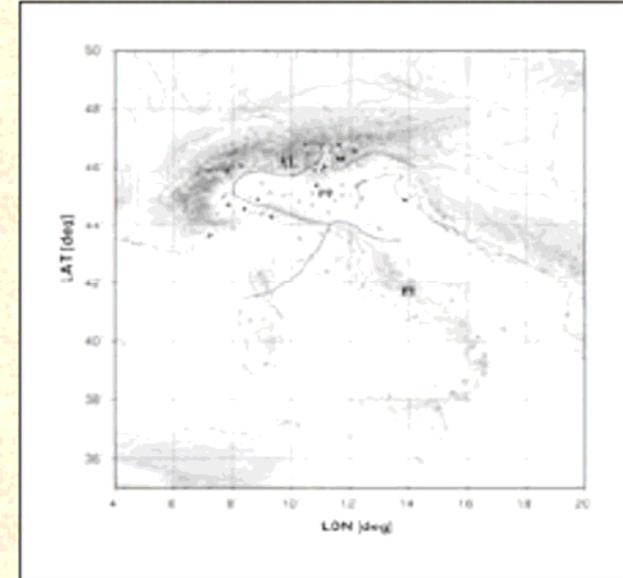
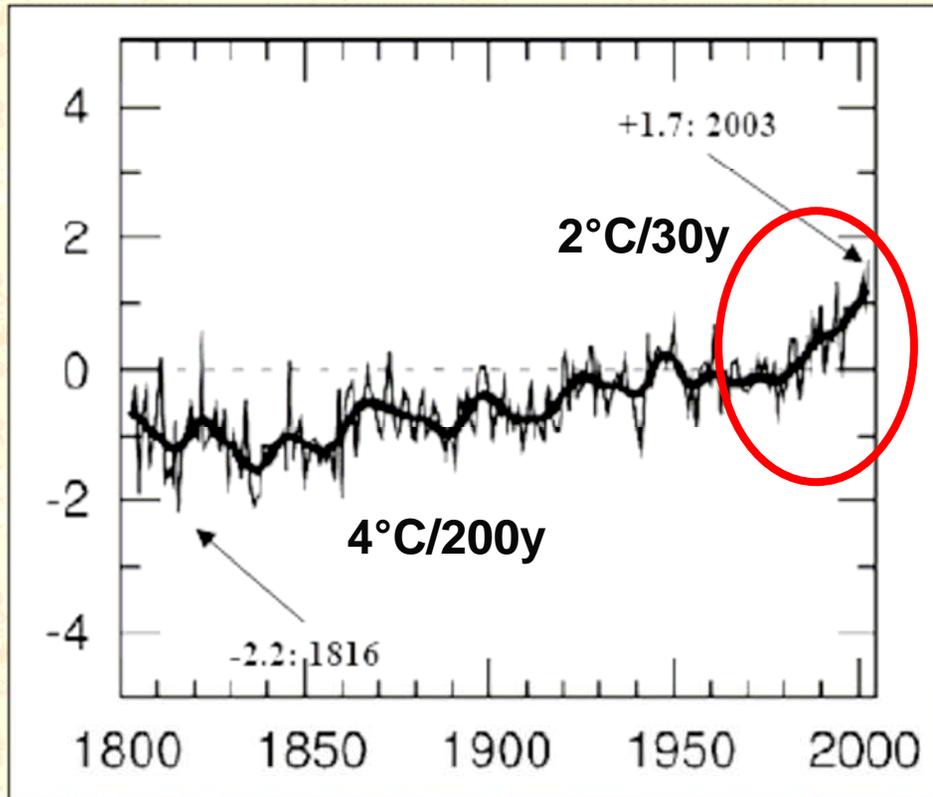


# **I TREND IN ATTO: L'ITALIA**

# Alcuni risultati: le temperature

## REGIONALIZZAZIONE (Principal Component Analysis)

### ANDAMENTI: ANNO E STAGIONI



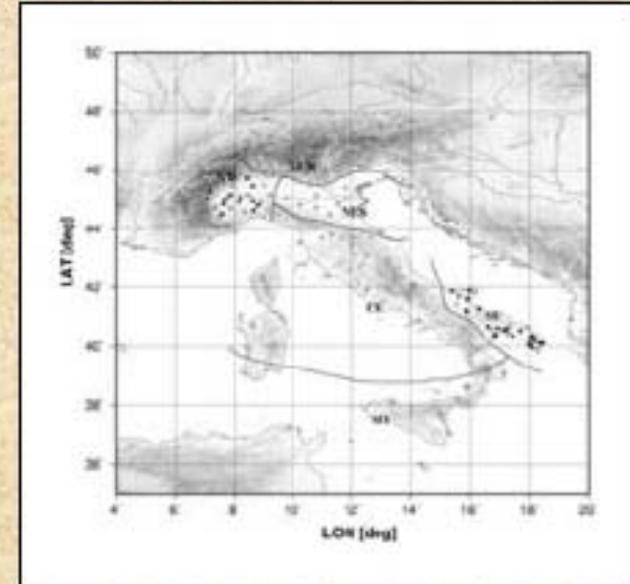
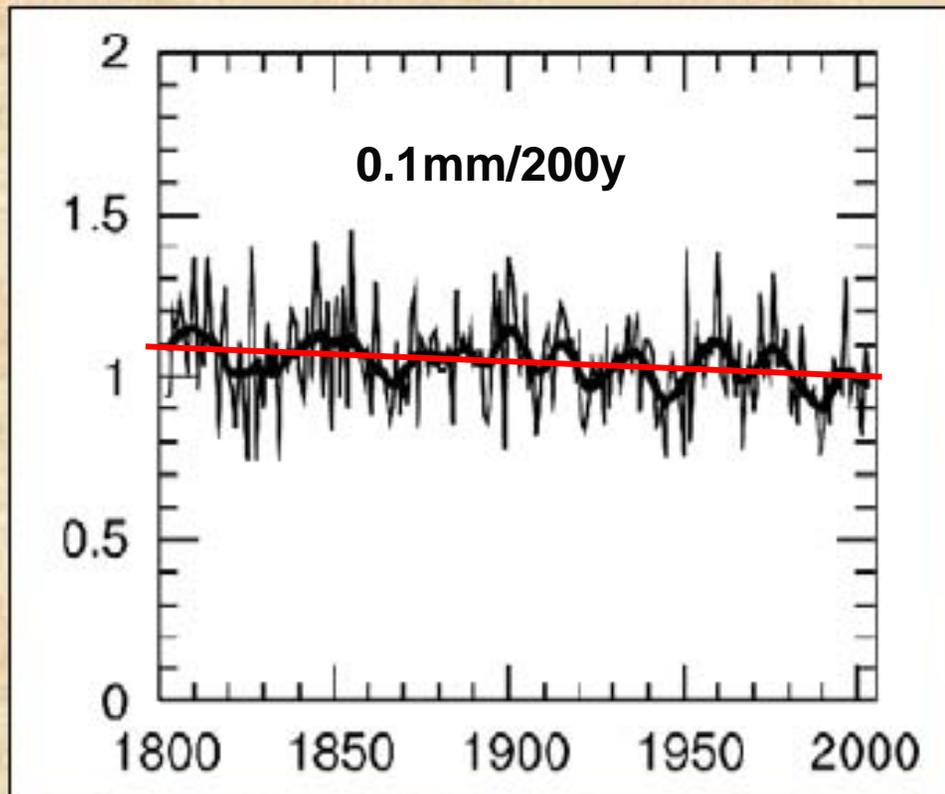
Brunetti M, Maugeri M, Monti F, Nanni T. 2005. *Temperature and precipitation variability in Italy in the last two centuries from homogenised instrumental time series.*

*Int. J. Climatol.* (submitted)

# Alcuni risultati: le precipitazioni

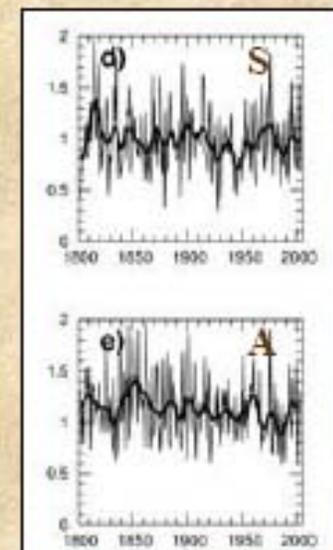
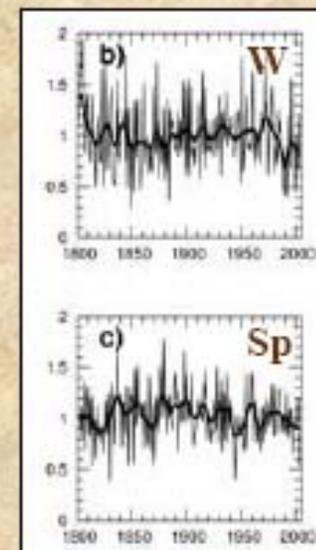
## REGIONALIZZAZIONE (Principal Component Analysis)

### ANDAMENTI ANNUALE E STAGIONALE

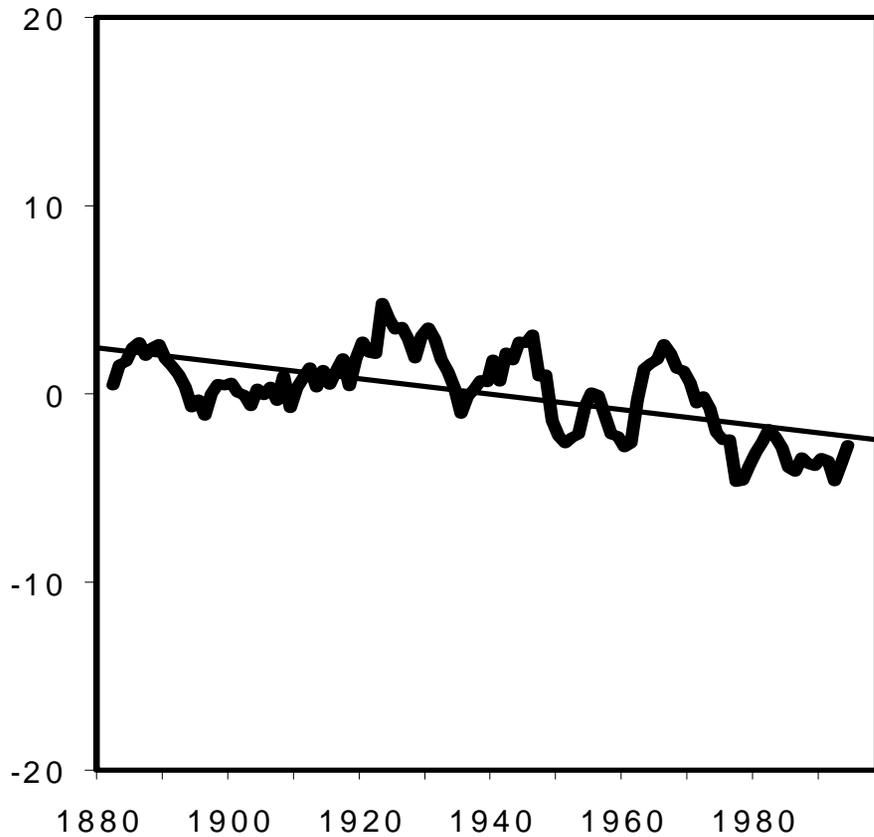


Brunetti M, Maugeri M, Monti F, Nanni T. 2005. *Temperature and precipitation variability in Italy in the last two centuries from homogenised instrumental time series.*

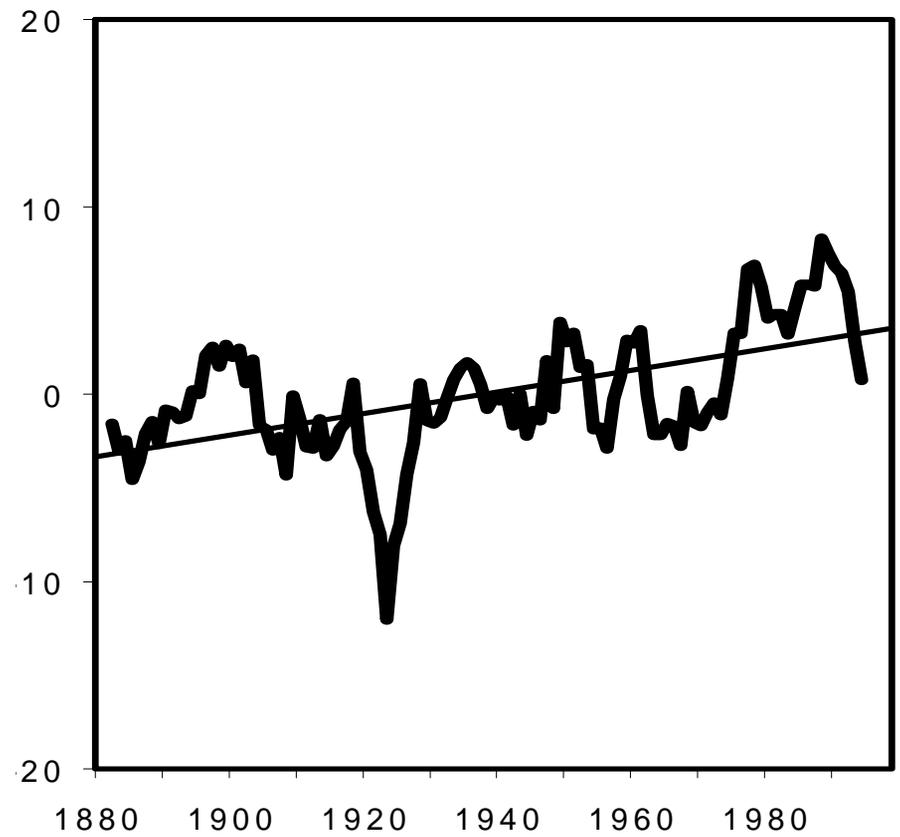
*Int. J. Climatol.* (submitted)



# Trend della precipitazione nel nord Italia negli ultimi 120 anni: la tropicalizzazione? (Adattato da Brunetti, Maugeri, Monti, Nanni, 2004)



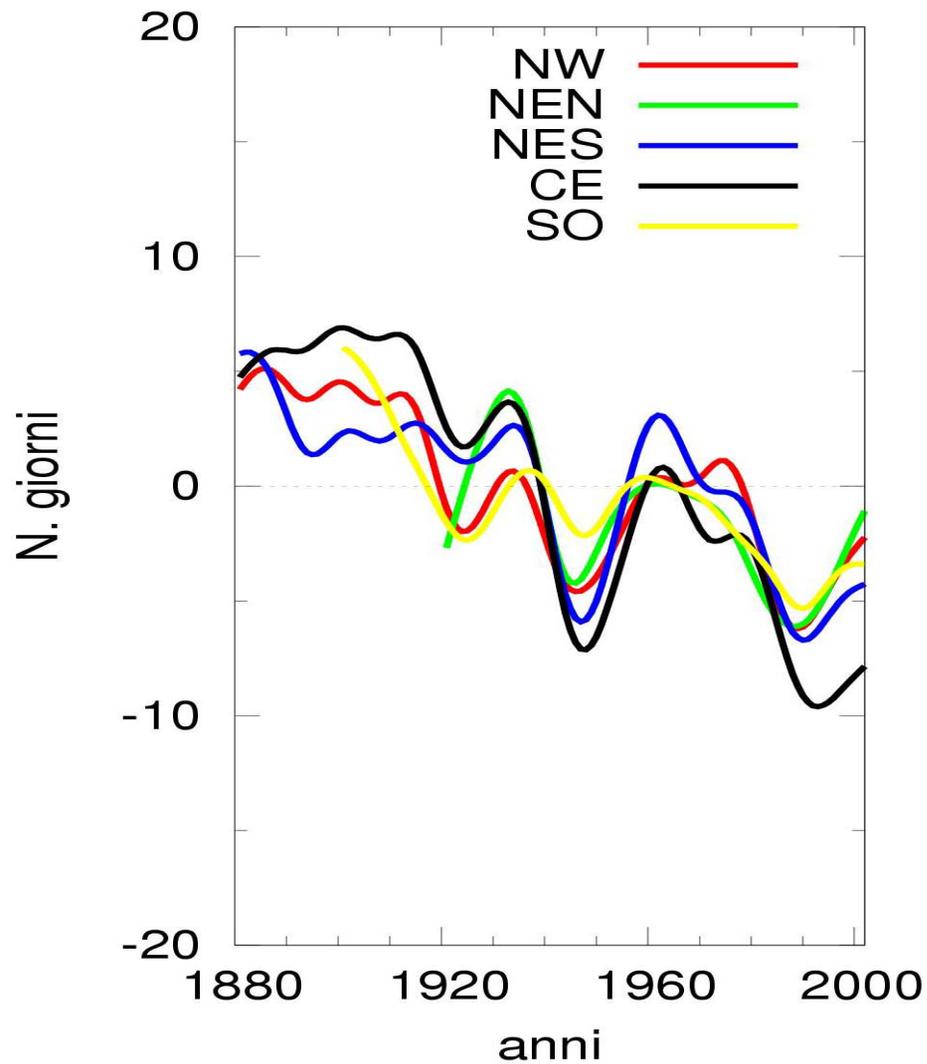
**2.5-12.5 mm/day**



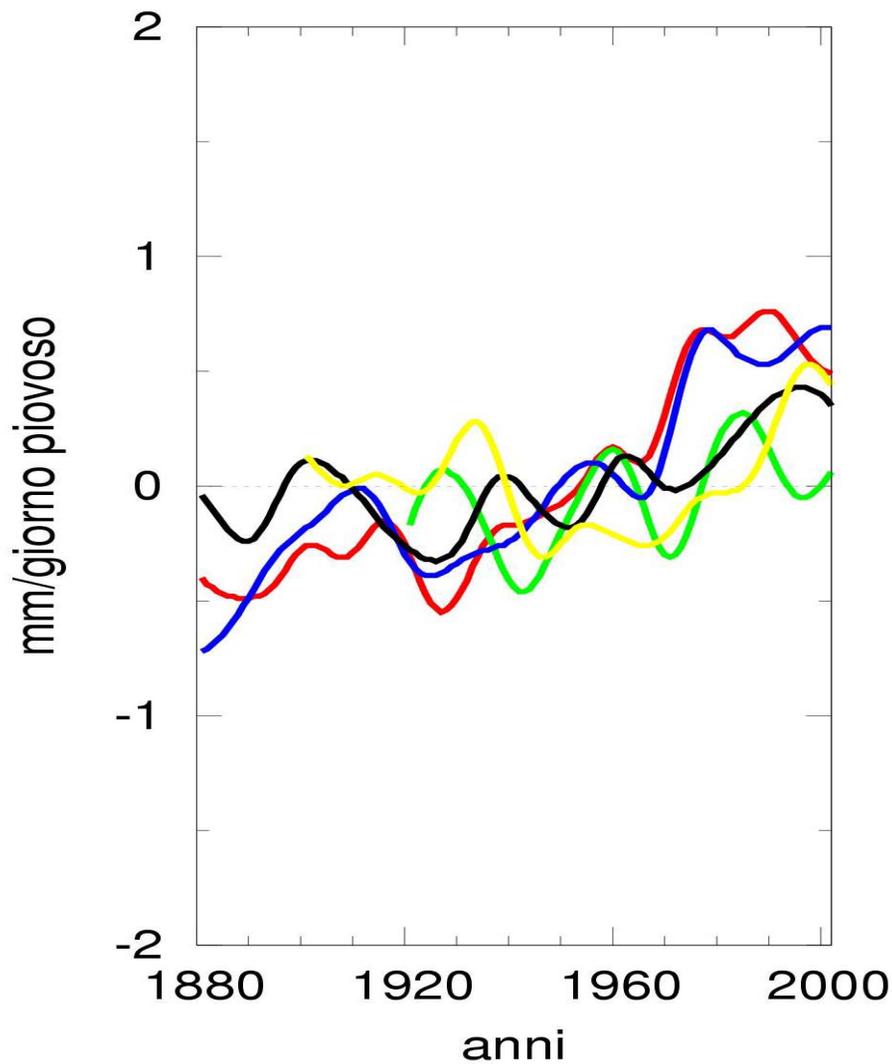
**>25 mm/day**

# Dati CNR: la tropicalizzazione dei regimi pluviometrici in Italia

Giorni piovosi



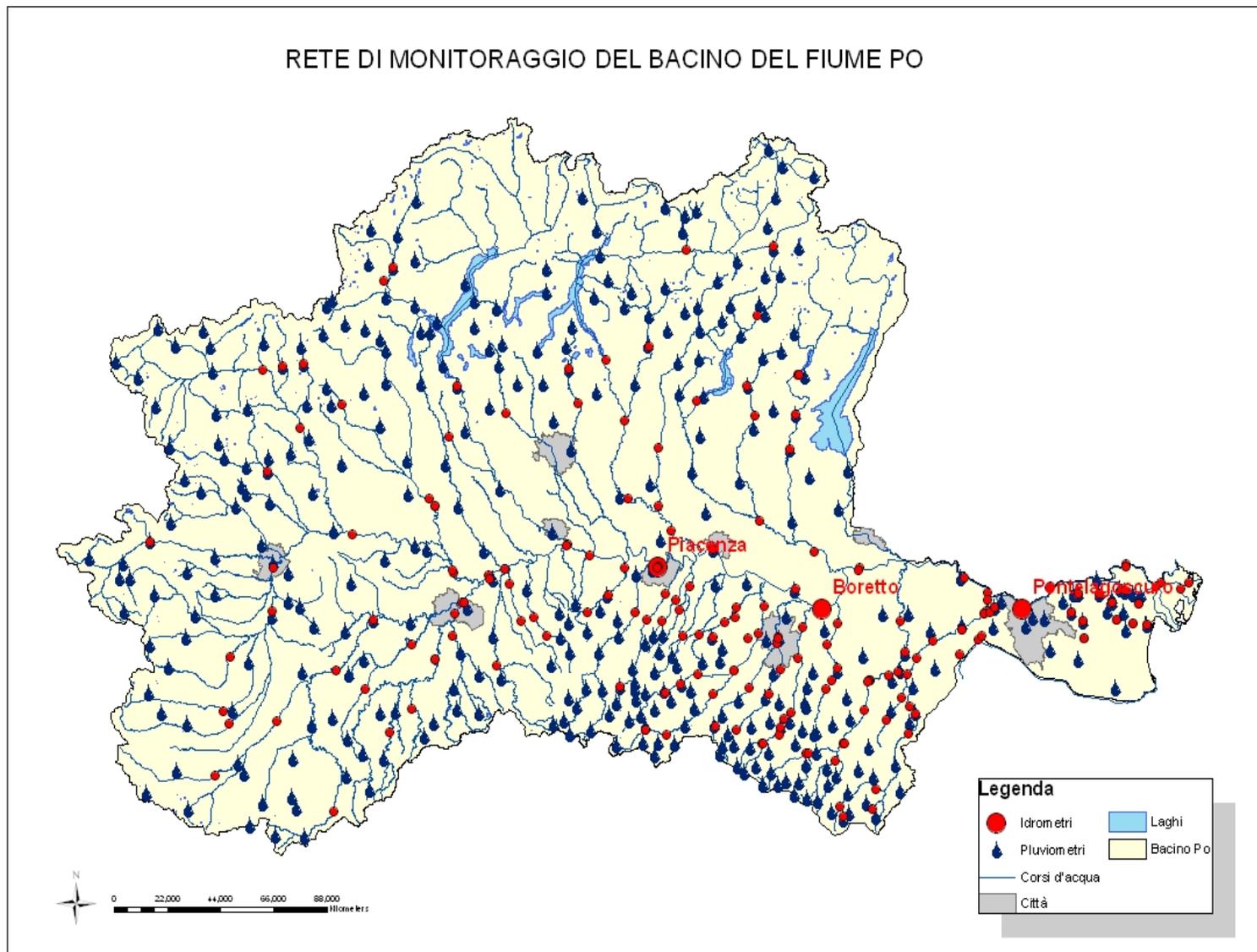
Intensita'



**ZOOM SUL  
NORD ITALIA E SUL  
BACINO DEL PO**

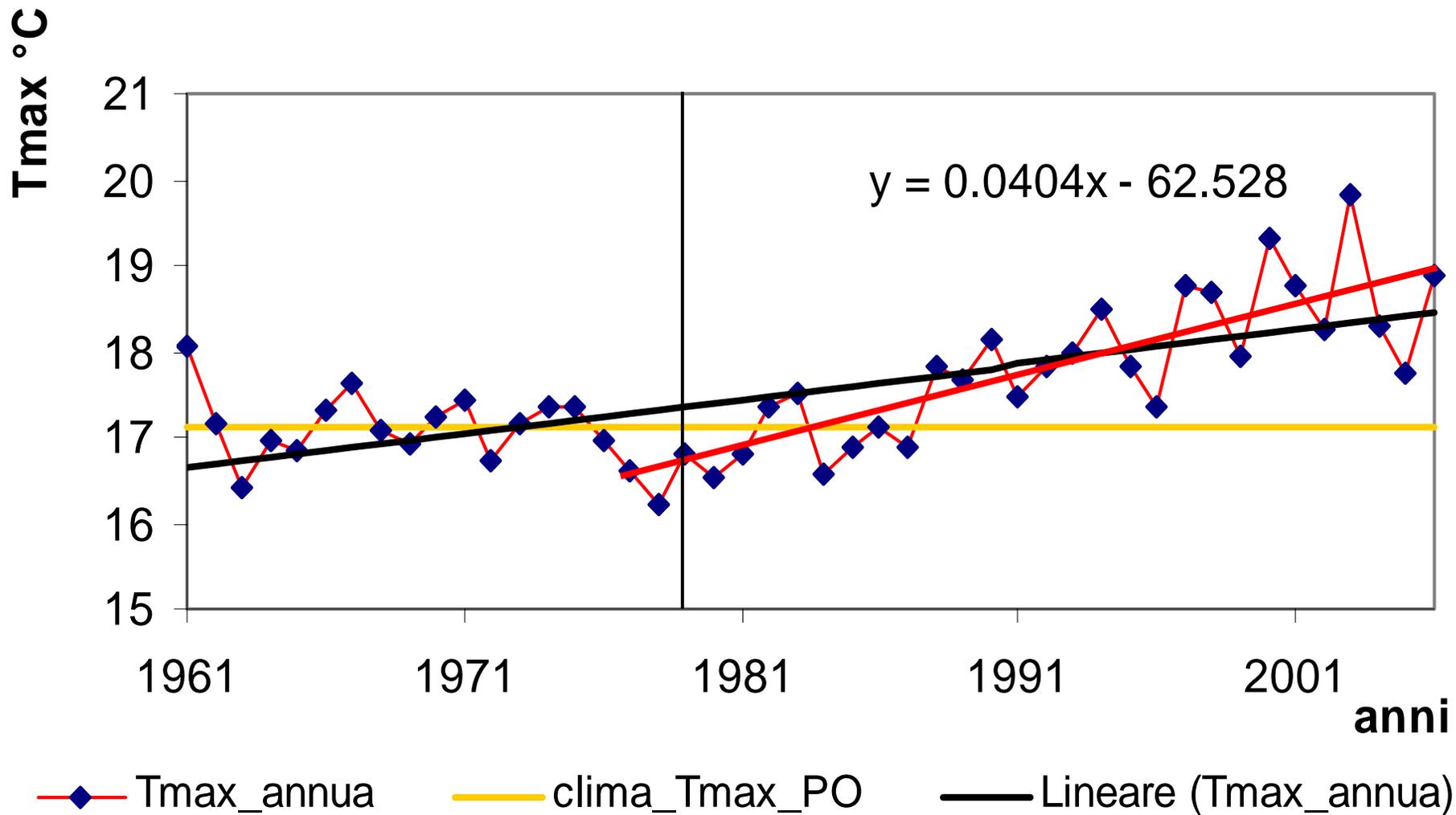
# RETE DI MONITORAGGIO DEL BACINO DEL FIUME PO

RETE DI MONITORAGGIO DEL BACINO DEL FIUME PO

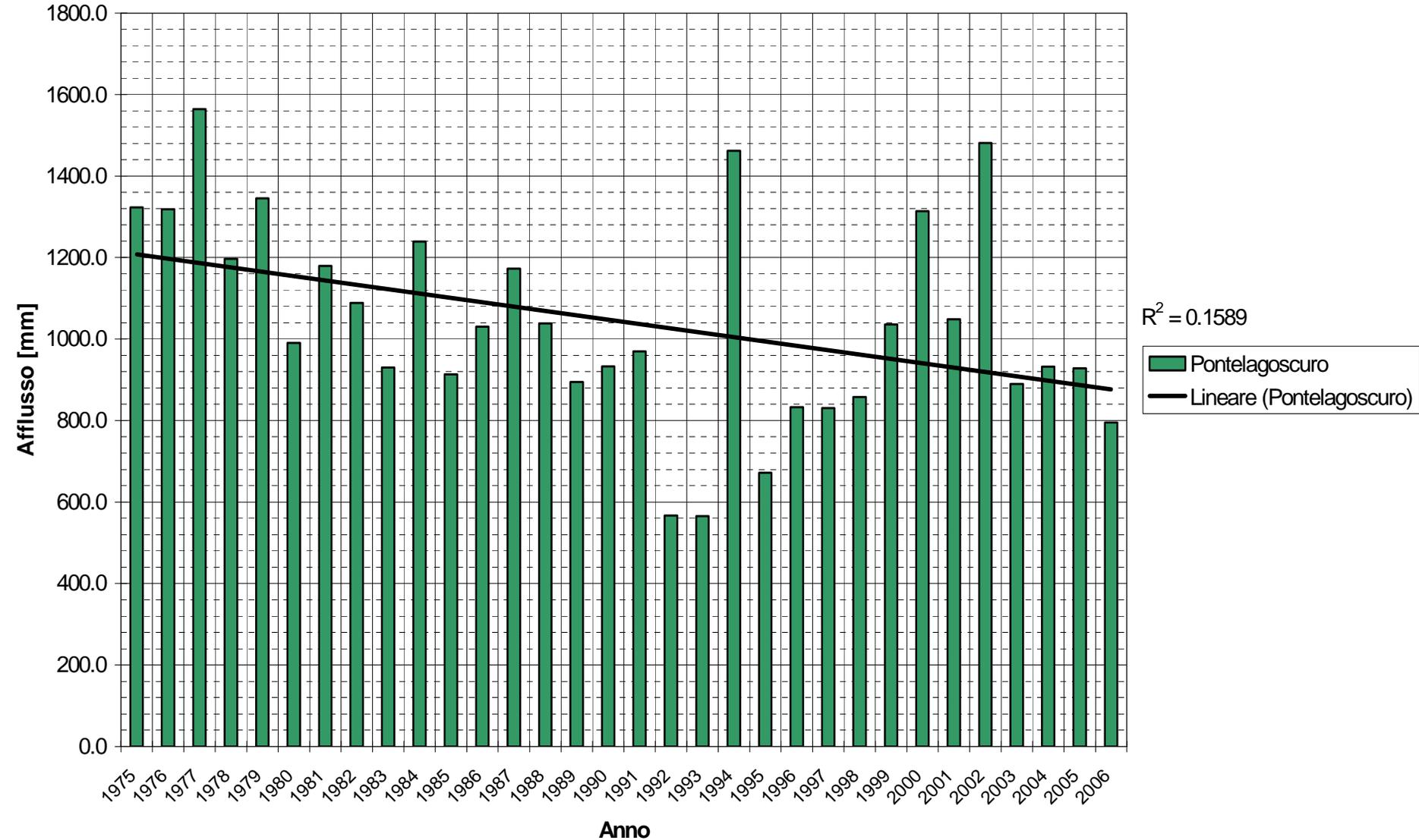


# Tmax annua sul bacino del Po - 1961-2006

Trend: circa 2,5°C negli ultimi 30 anni, invece di 2°C in 45 anni

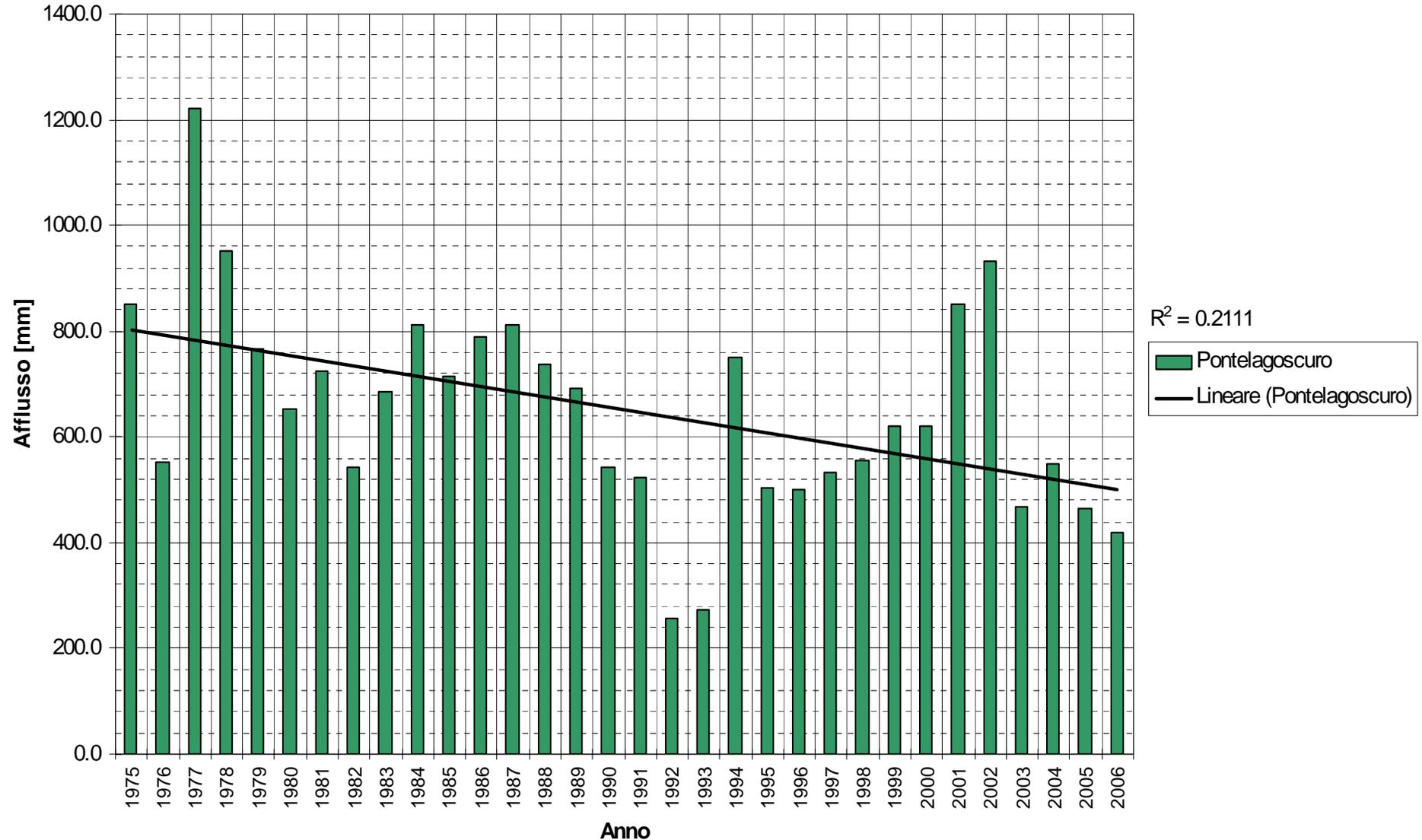


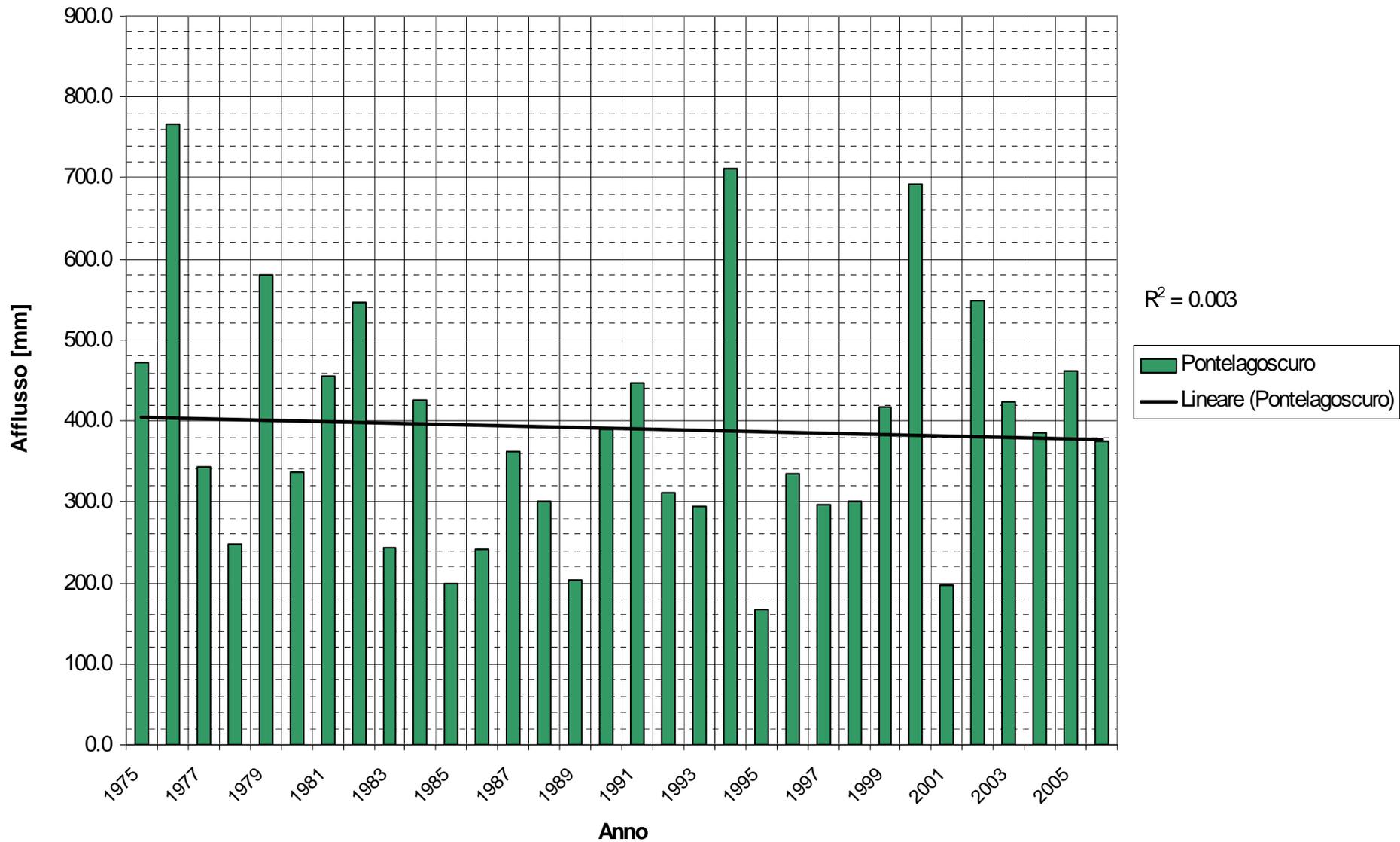
# PIOGGIA MEDIA ANNUALE SUL BACINO DEL PO DAL 1975 AL 2006: RIDUZIONE DEL 20%



# PIOGGIA MEDIA GENNAIO-AGOSTO

## riduzione ancora maggiore (35%)





# Precipitazioni nevose



Madesimo: differenza dell'altezza media della neve tra gli anni 2000 e gli anni '70: - 38%

Trona (Orobie): differenza dell'altezza media della neve tra gli anni 2000 e gli anni '70: - 32%



# Esempio alpino

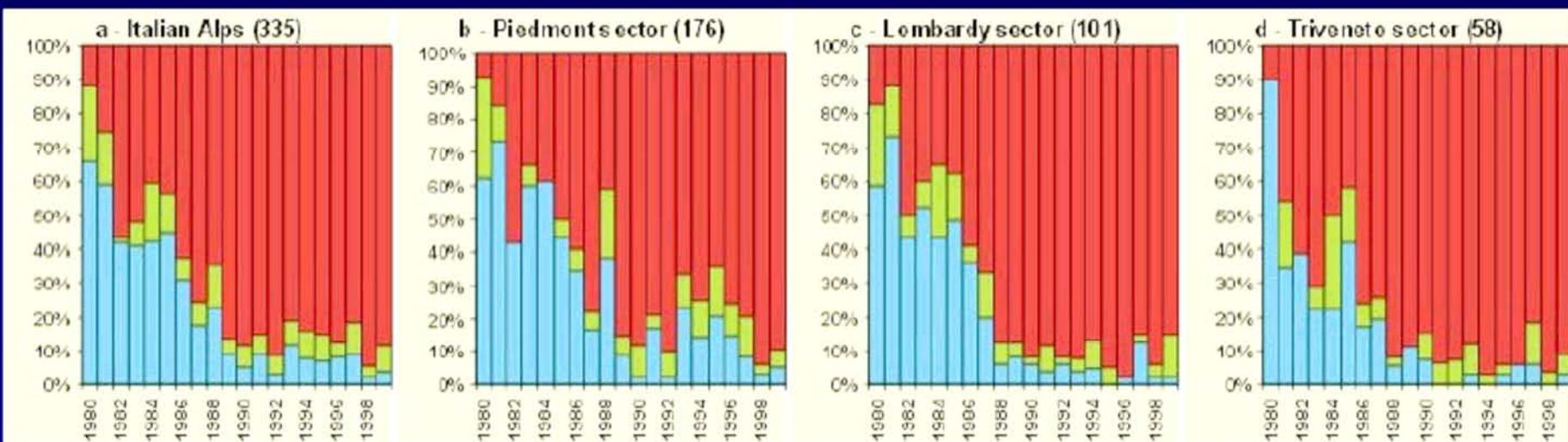
Pizzo Bernina, 1978



Pizzo Bernina, 2003



# Variazione dei ghiacciai delle Alpi Italiane



Percentuale di ghiacciai in avanzata (blu), stazionari (verde) e in ritiro (rosso) nelle Alpi italiane (a) e nei tre settori in cui sono suddivise (b, c, d), nel periodo 1980-1999 (in parentesi è riportato il numero di ghiacciai che costituisce il campione). La percentuale di ghiacciai in avanzata scende dal 66% nel 1980 al 4% nel 1999, mentre quella dei ritiri sale dal 12% all'89%. La diminuzione del numero di ghiacciai in avanzata si manifesta dapprima nel settore Triveneto e successivamente in quelli Lombardo e Piemontese-Valdostano (elaborazione M. Santilli).

**Una digressione  
“mediterranea” per  
tornare subito al Nord  
Italia, alla pianura  
padana e al Po**

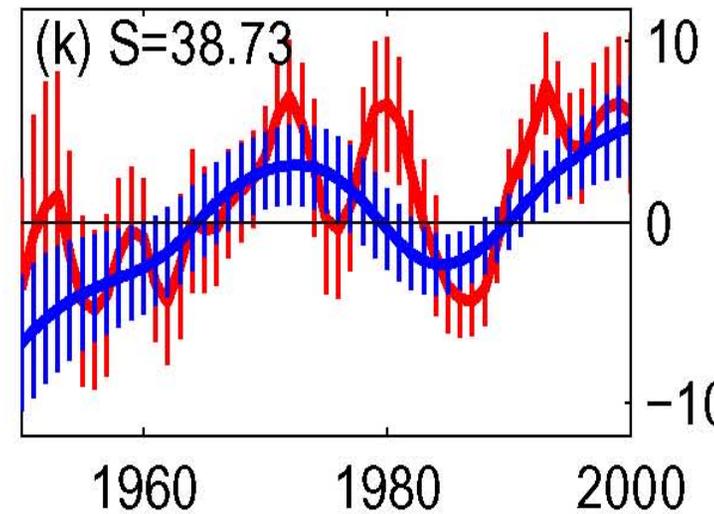
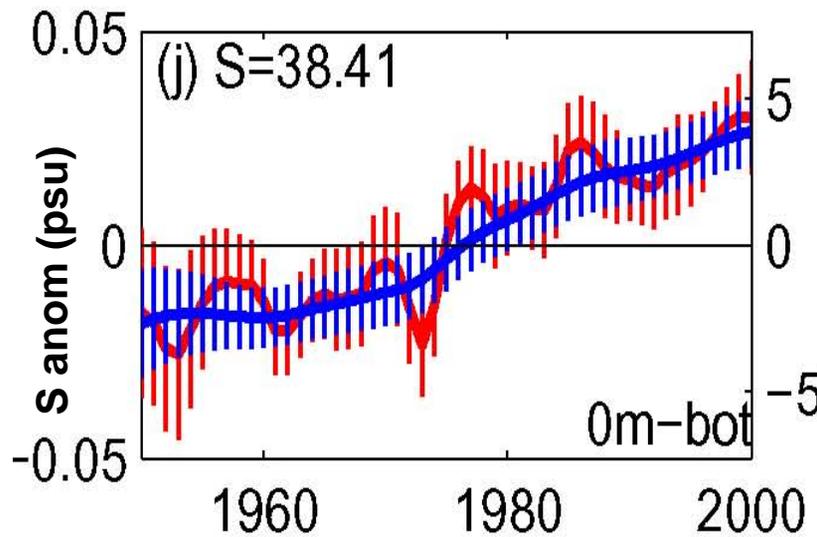
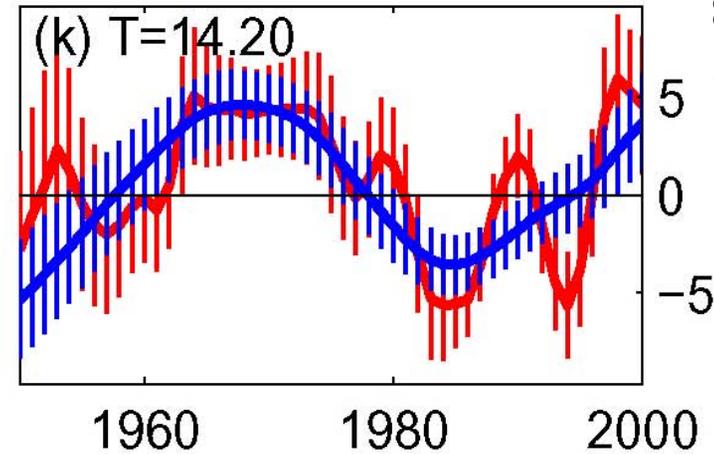
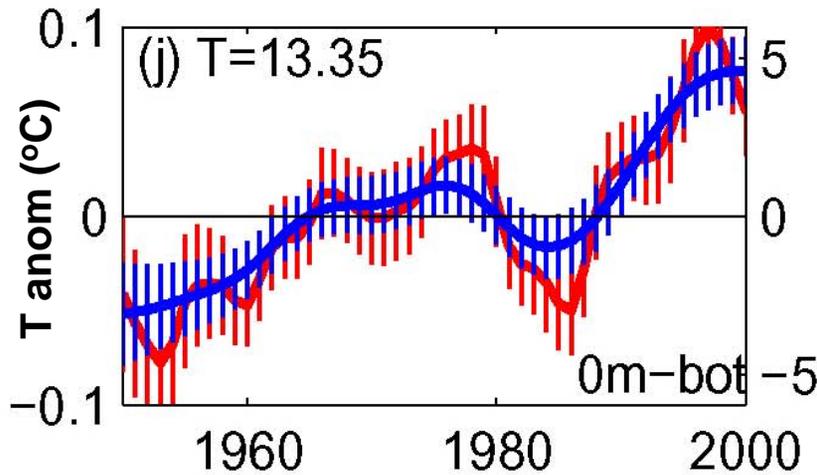


# Temperatura e salinità nel Mediterraneo Occidentale e Orientale

Comprehensive Medatlas (2002) data set analysis

Western Med

Eastern Med



Heat cont. anom ( $10^{20}$  J)

Salt cont. anom ( $10^{13}$  psu  $\text{m}^3$ )

Rixen et al., 2006

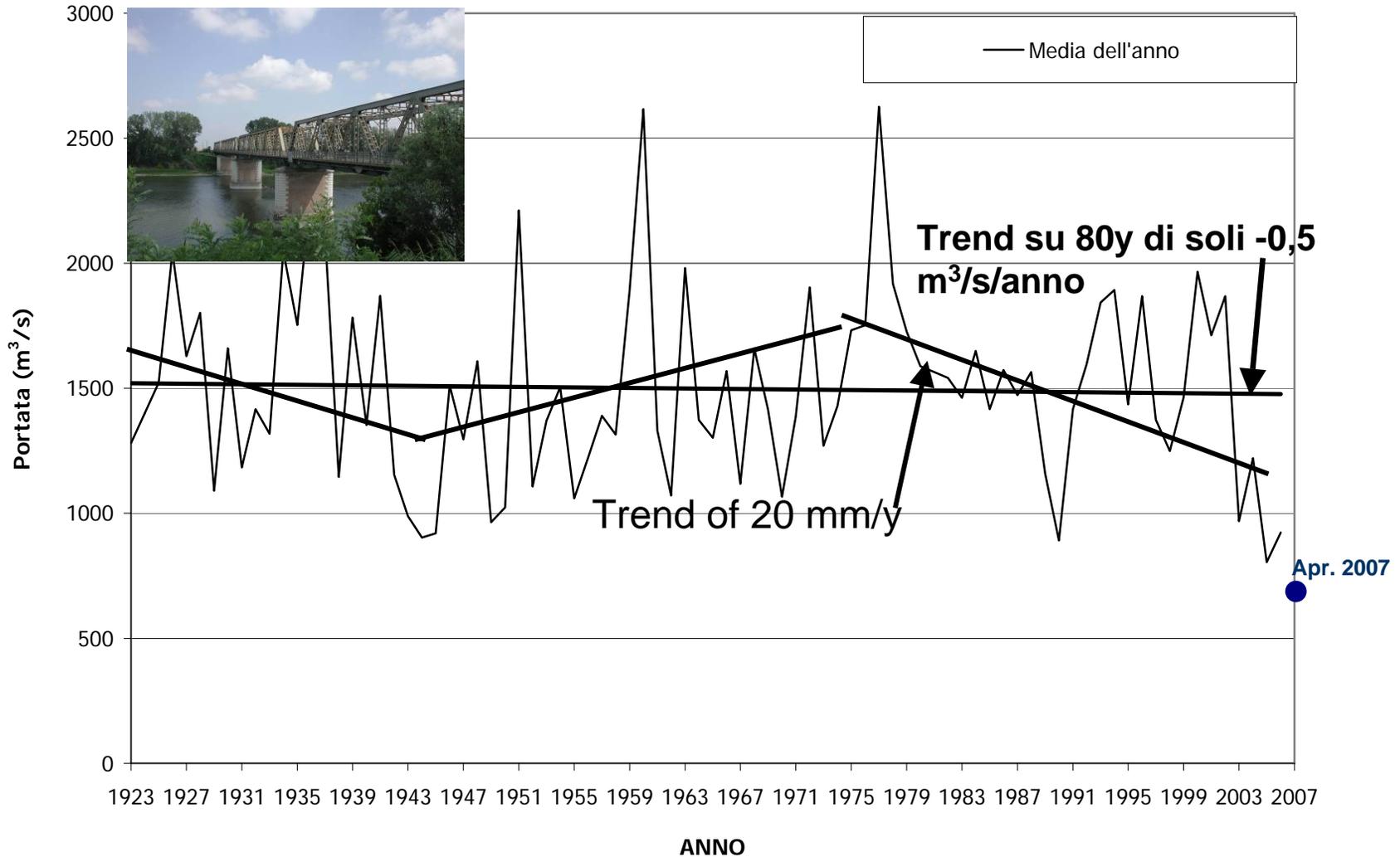


INGV





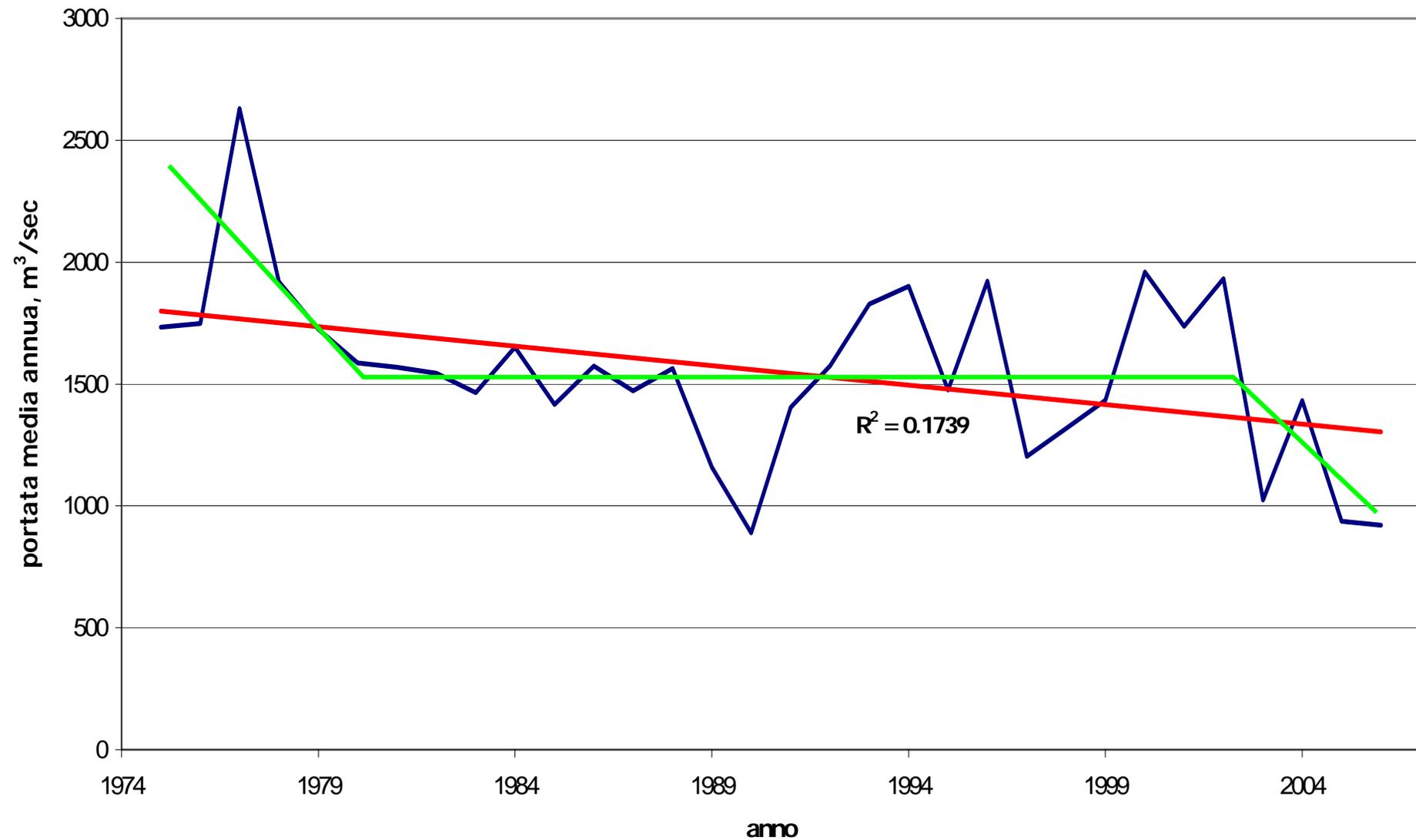
## ANDAMENTO DELLE PORTATE MEDIE ANNUALI FIUME PO A PONTELAGOSCURO (1923-2007)



**Si osserva la sequenza di anni particolarmente critici :2003, 2004, 2005, 2006, 2007**

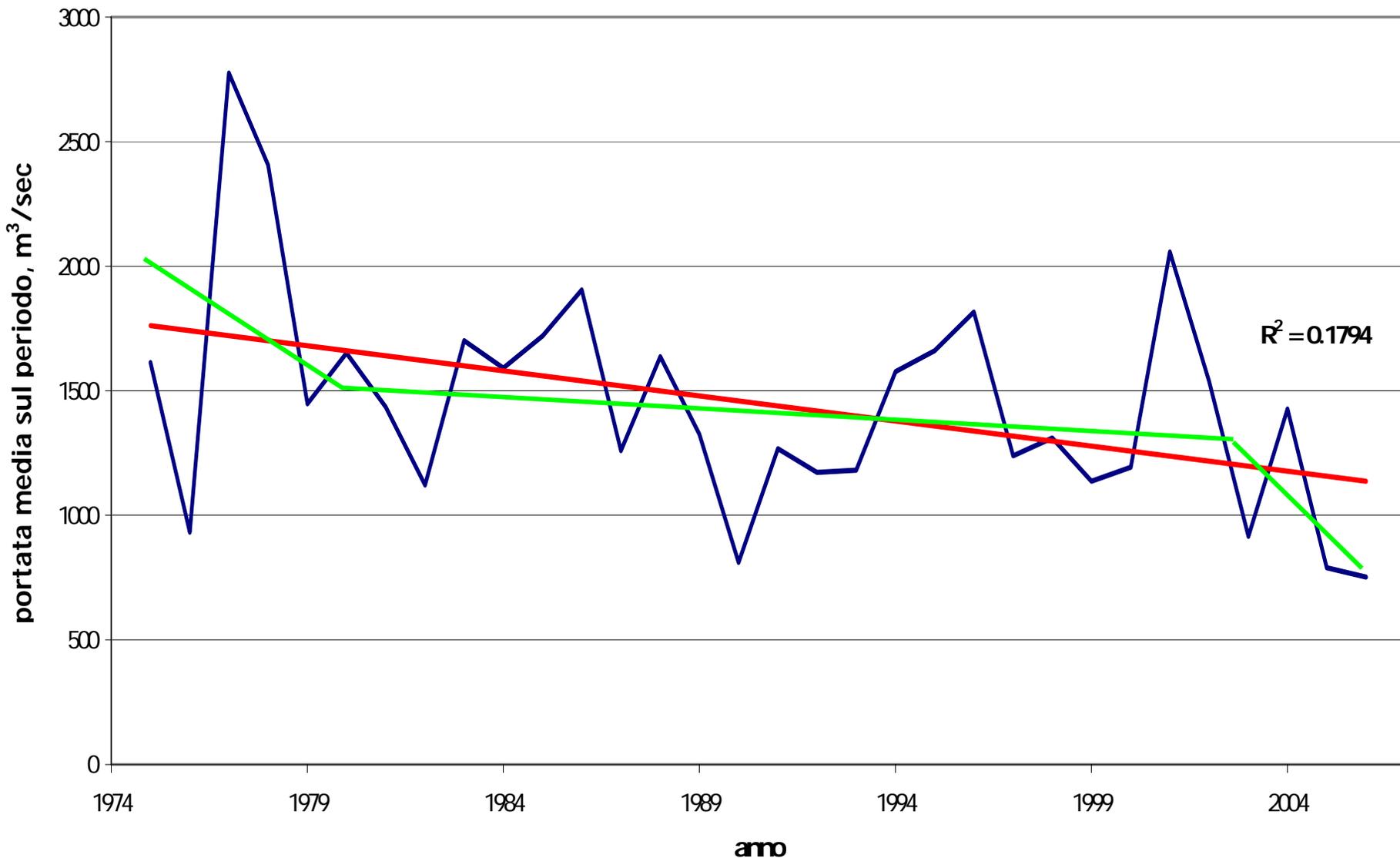
# Portate medie annuali del Po a Pontelagoscuro 1975-2006

## 25-30% di riduzione

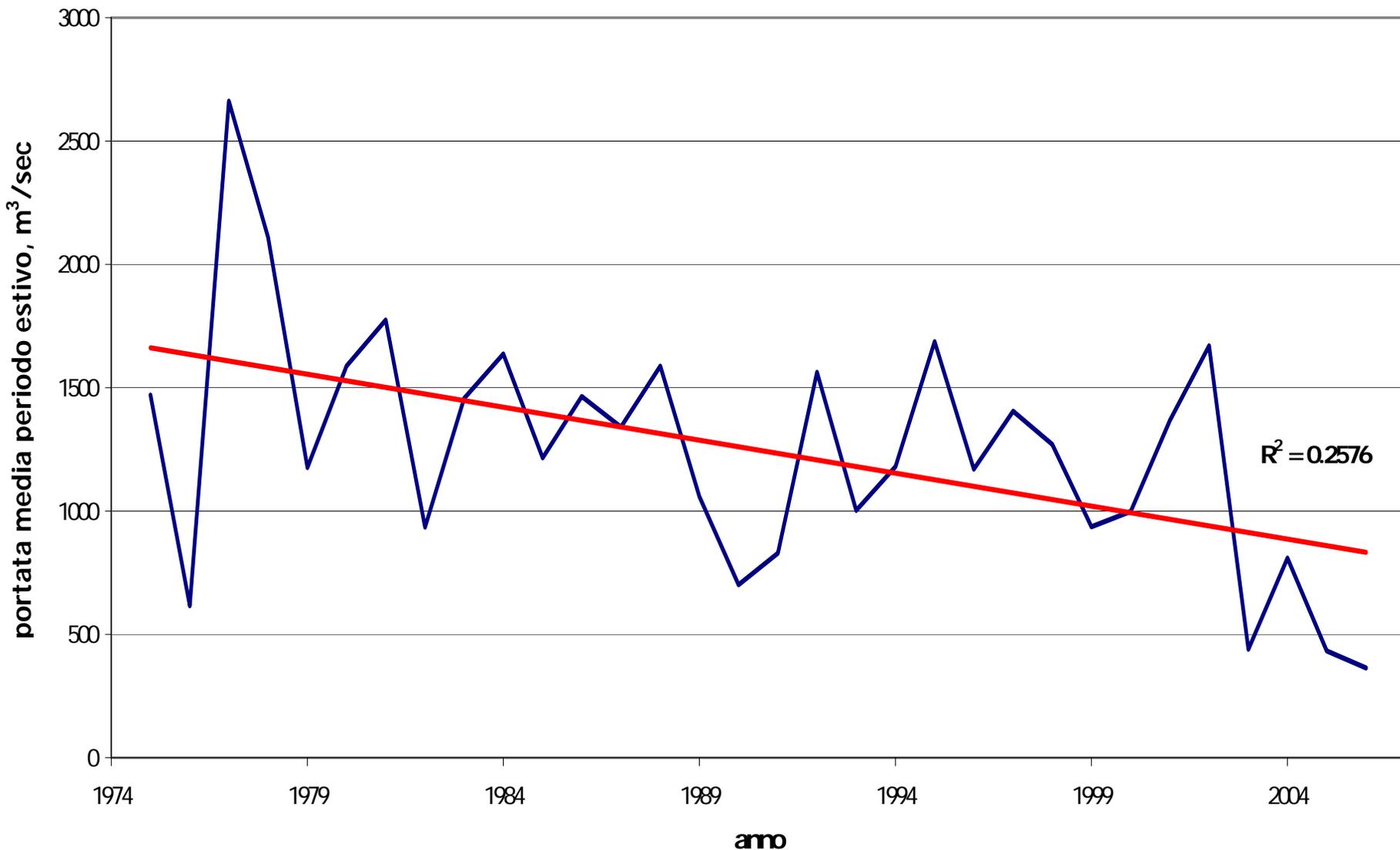


# Portate medie gennaio-agosto a Pontelagoscuro 1975-2006

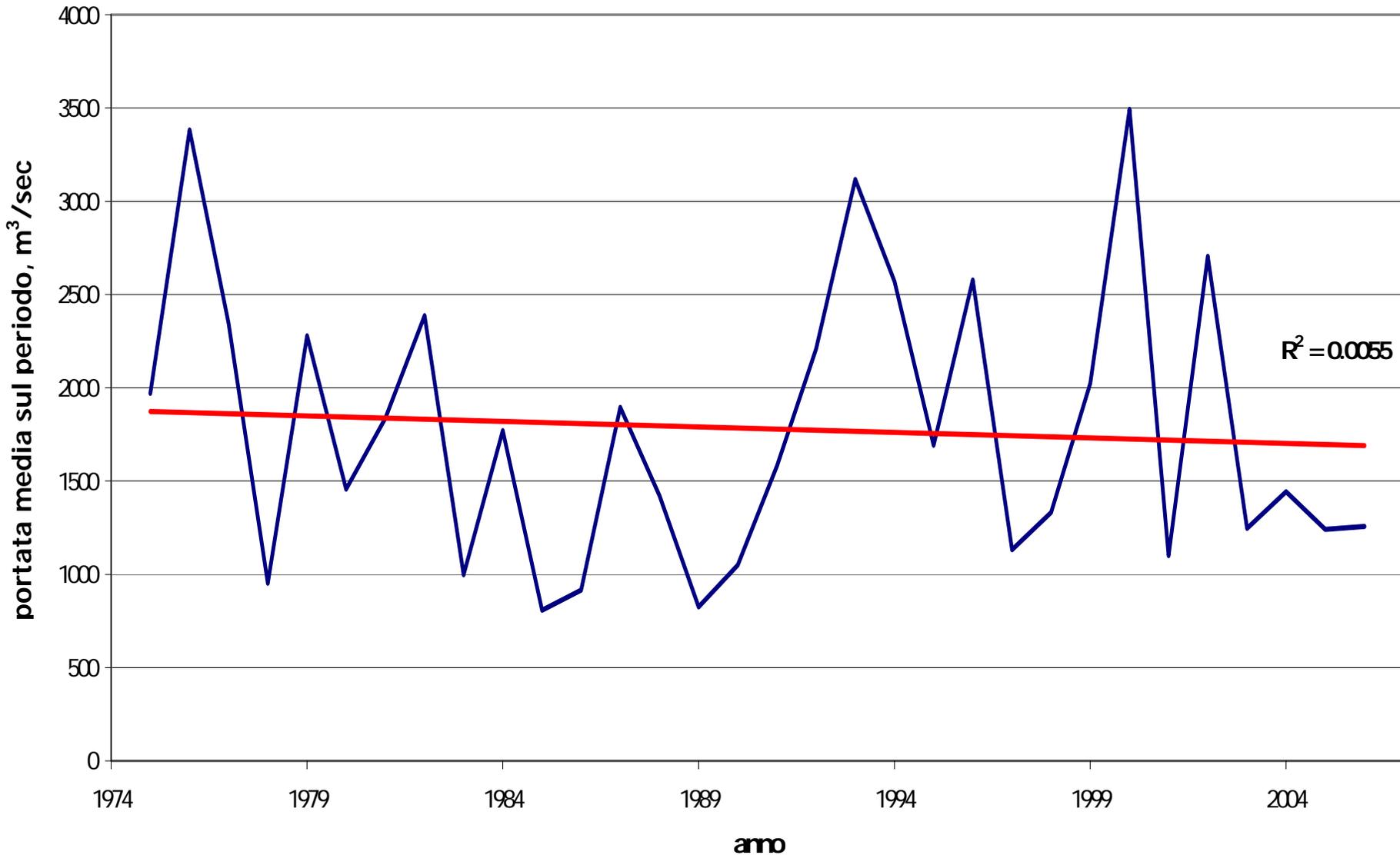
## 35% di riduzione



# Portate medie solo periodo estivo a Pontelagoscuro riduzione del 45-50%



# Portate medie settembre-dicembre a Pontelagoscuro: praticamente niente riduzione ma enorme variabilità



# **Alcuni punti fermi sulle tendenze in atto per il Nord Italia**

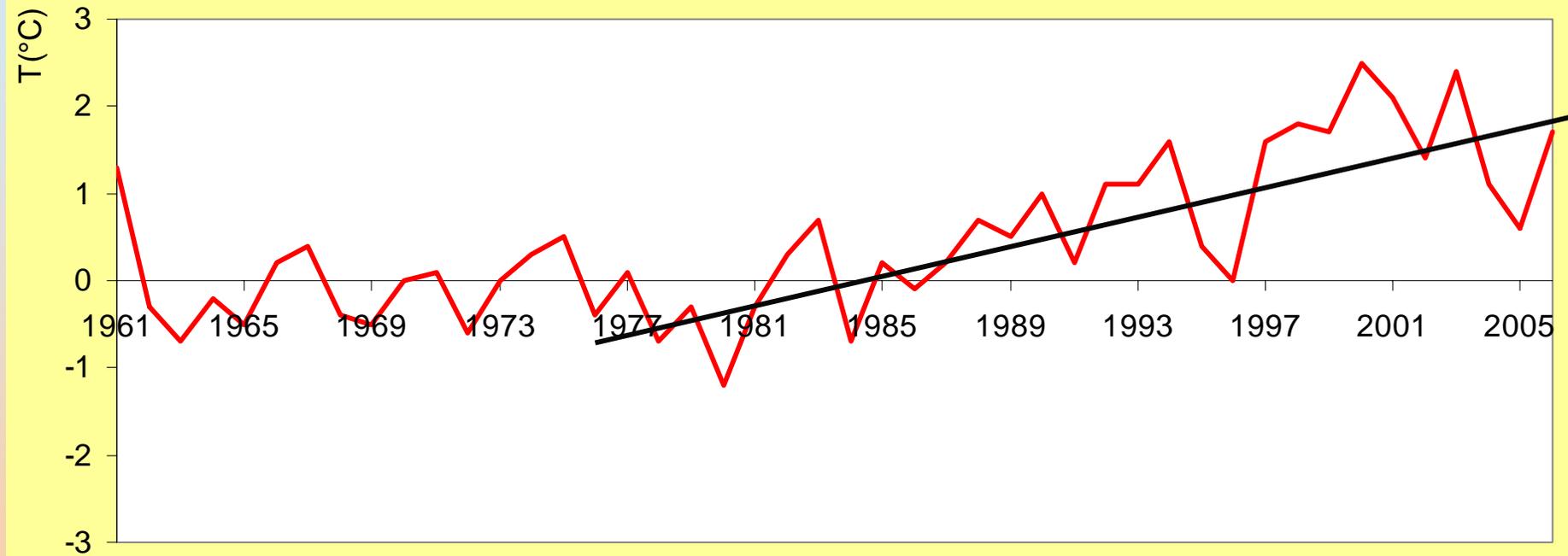
**Temperature medie, minime e massime tutte in deciso aumento. Precipitazione totale in diminuzione, di più in estate, ed in più “tropicalizzazione” dei regimi di pioggia e aumento della variabilità interannuale**

**Aumentato rischio di periodi siccitosi estivi, soprattutto se si tiene conto dei fabbisogni irrigui, sempre in aumento, ma senza apparente diminuzione del rischio di inondazione**

**Ghiacciai alpini in decisa diminuzione, sia per l'aumento della temperatura che per la diminuzione della precipitazione, ma più per la prima causa che per la seconda**

# **UN ULTERIORE ZOOM SULL'EMILIA-ROMAGNA**

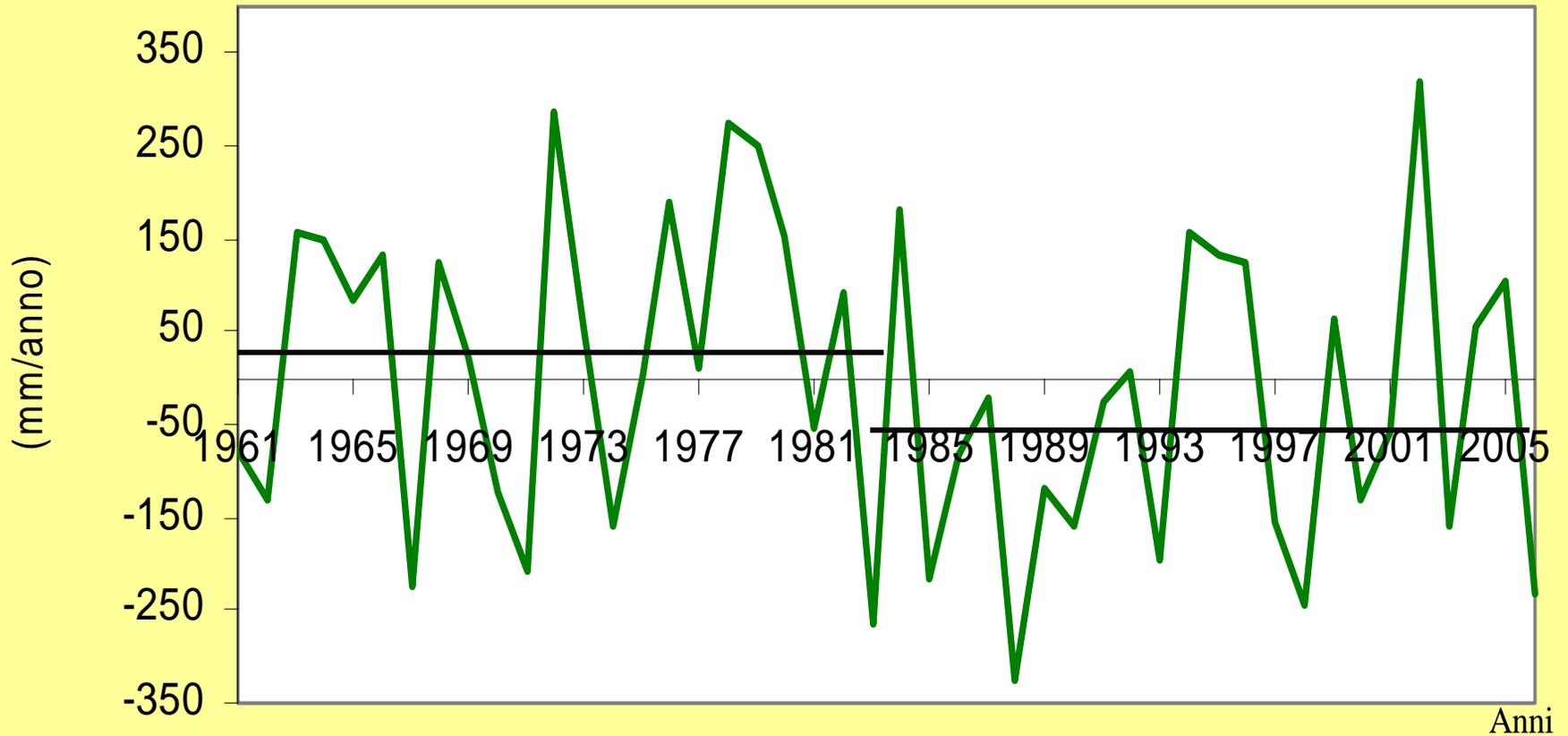
## Anomalia di Temperatura massima annuale media sulla regione Emilia-Romagna



Anni

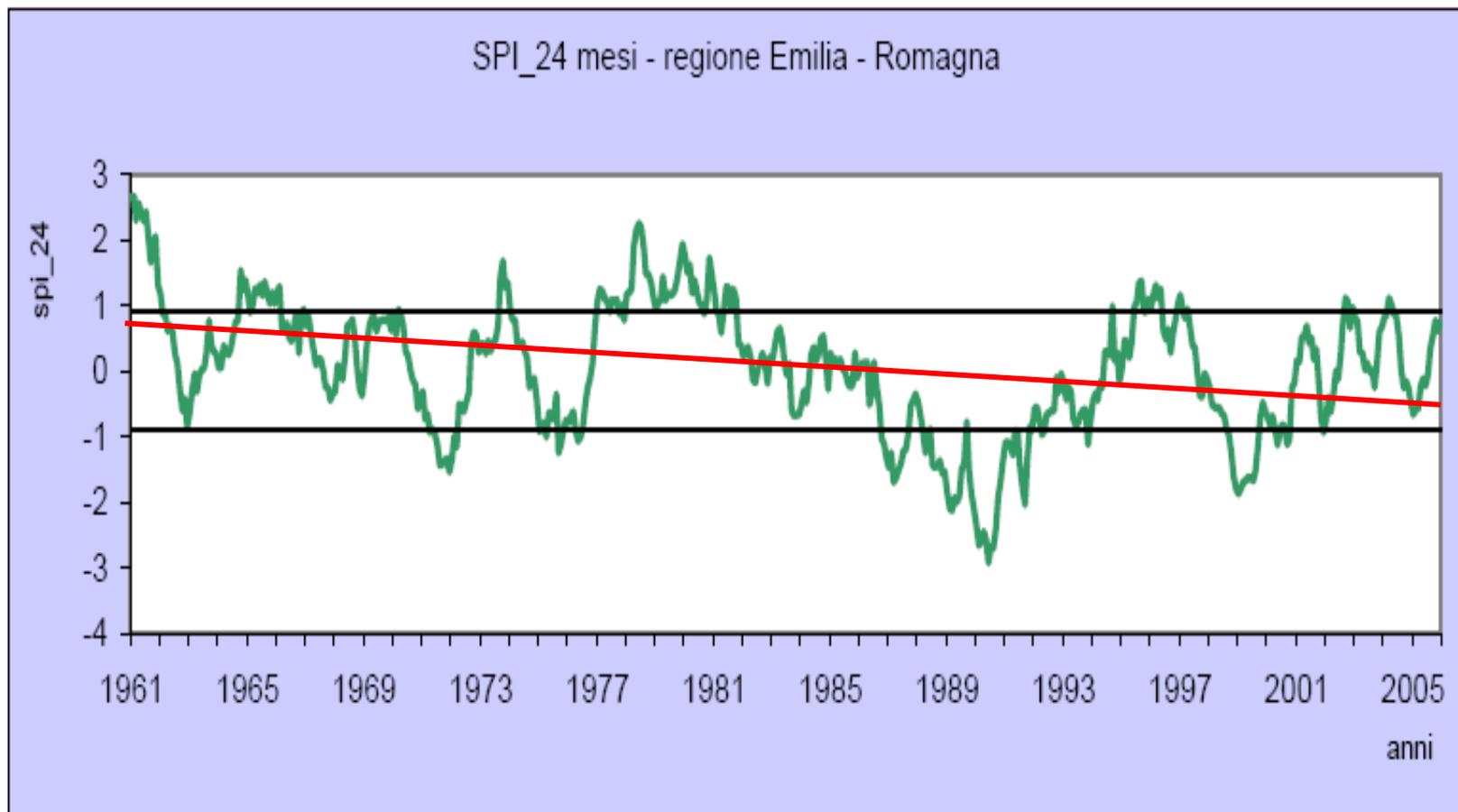
— Anomalia\_Tmax

# Anomalia di precipitazioni annuali sulla regione Emilia-Romagna

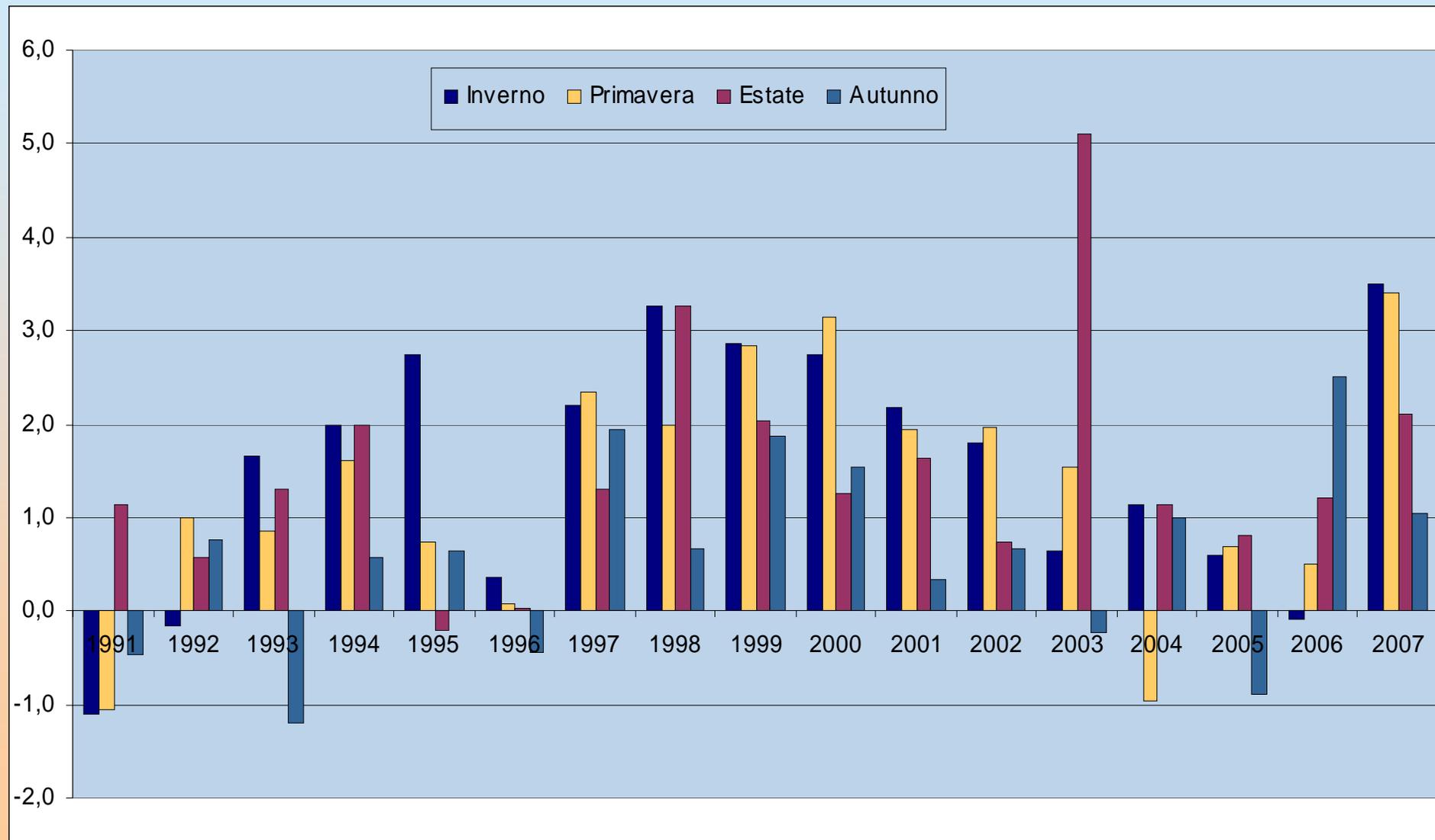


# SPI-24: indice di siccità “idrologica”

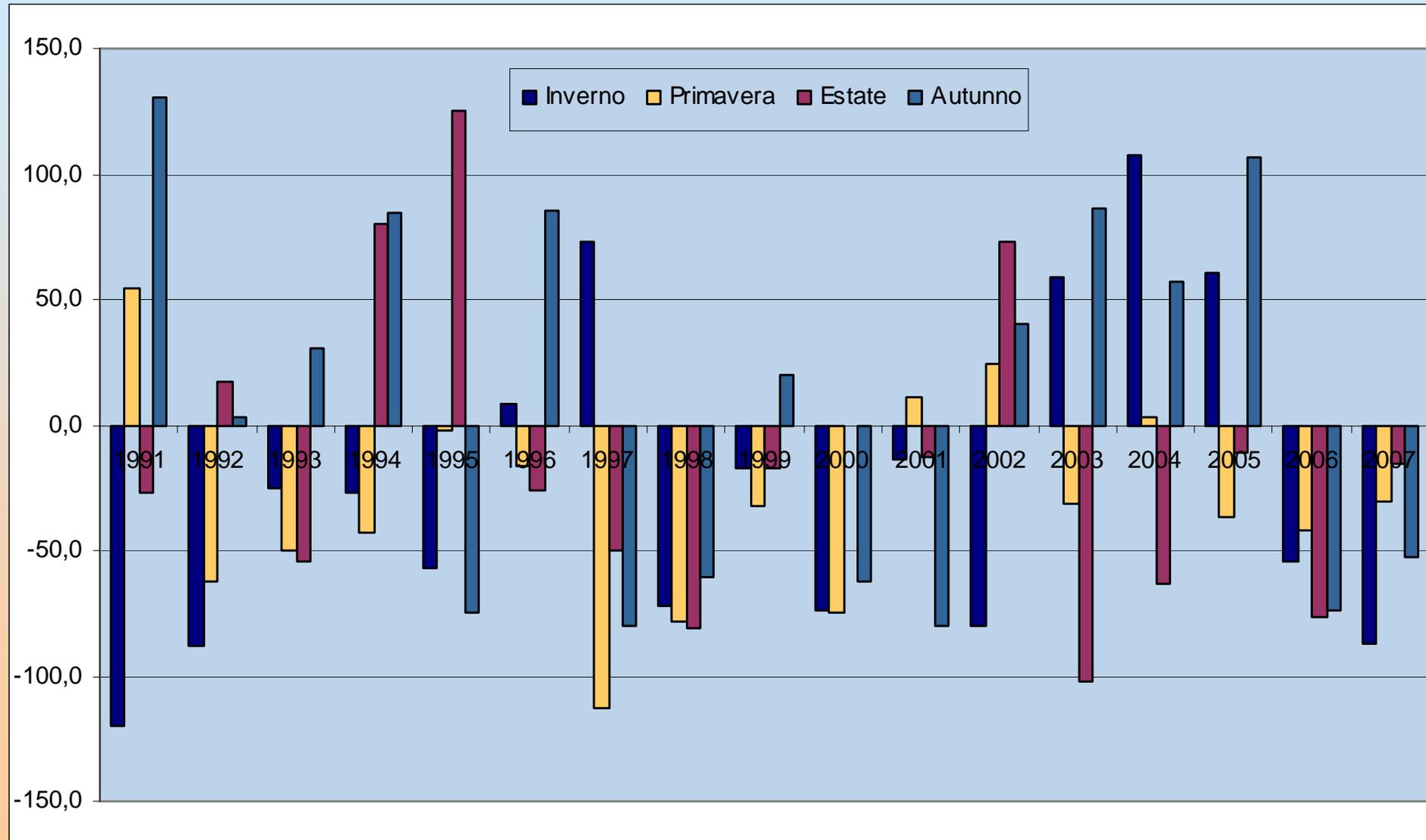
## Trend sugli ultimi 45 anni in Emilia-Romagna: la probabilità di siccità aumenta



# Tmax giornaliera, media stagionale (C°) a Bologna Borgo Panigale



# Precipitazione, media stagionale (mm/mese) a Bologna Borgo Panigale



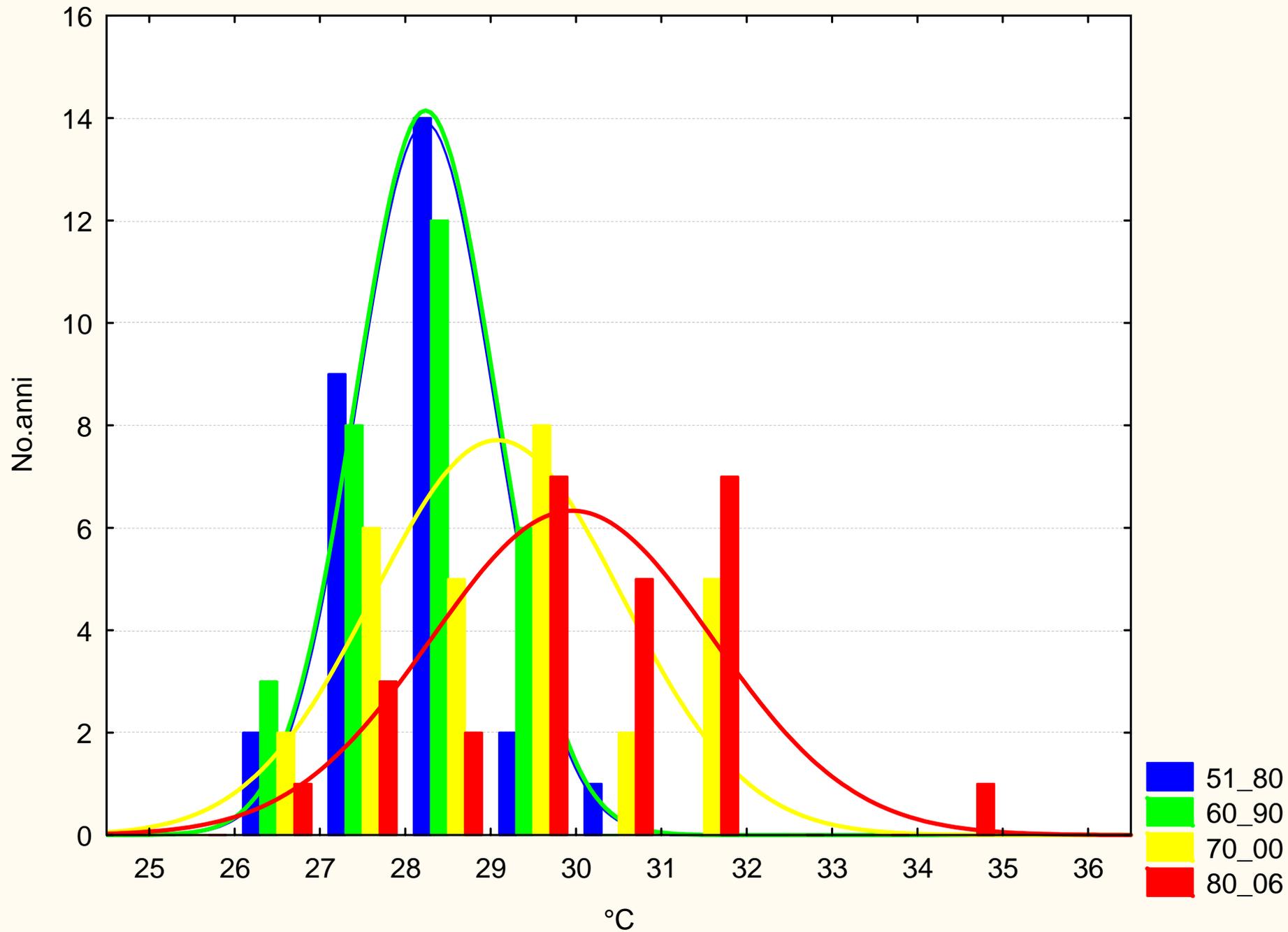
**I dati sull'Emilia-Romagna confermano, rafforzandole, le considerazioni fatte sulle tendenze in atto nel Nord Italia**

---

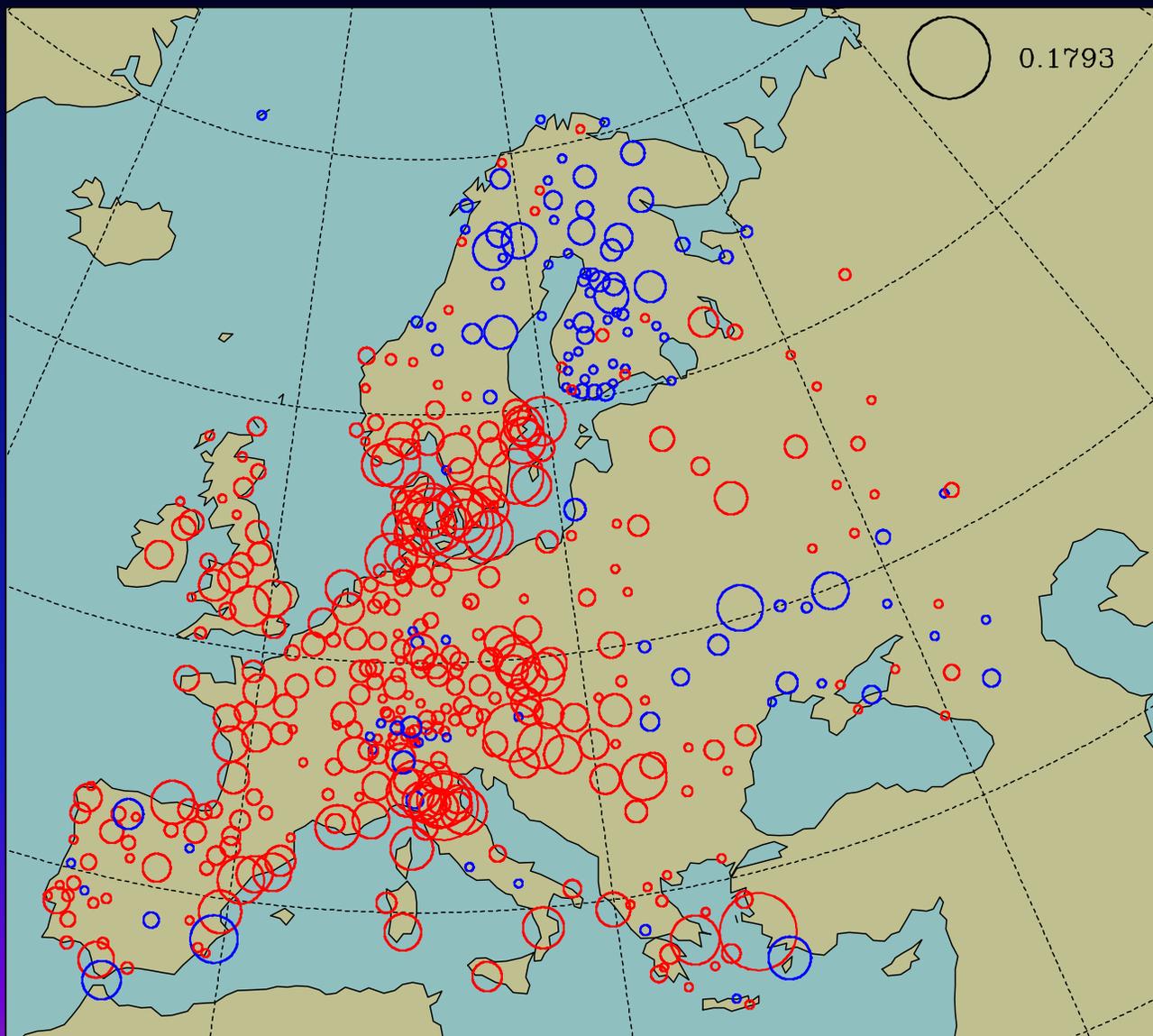
# **Gli estremi? Un po' di dati osservati e un po' di proiezioni**

---

Temperatura massima- Ferrara



# 1958-2000 trend JJA durata onde di calore

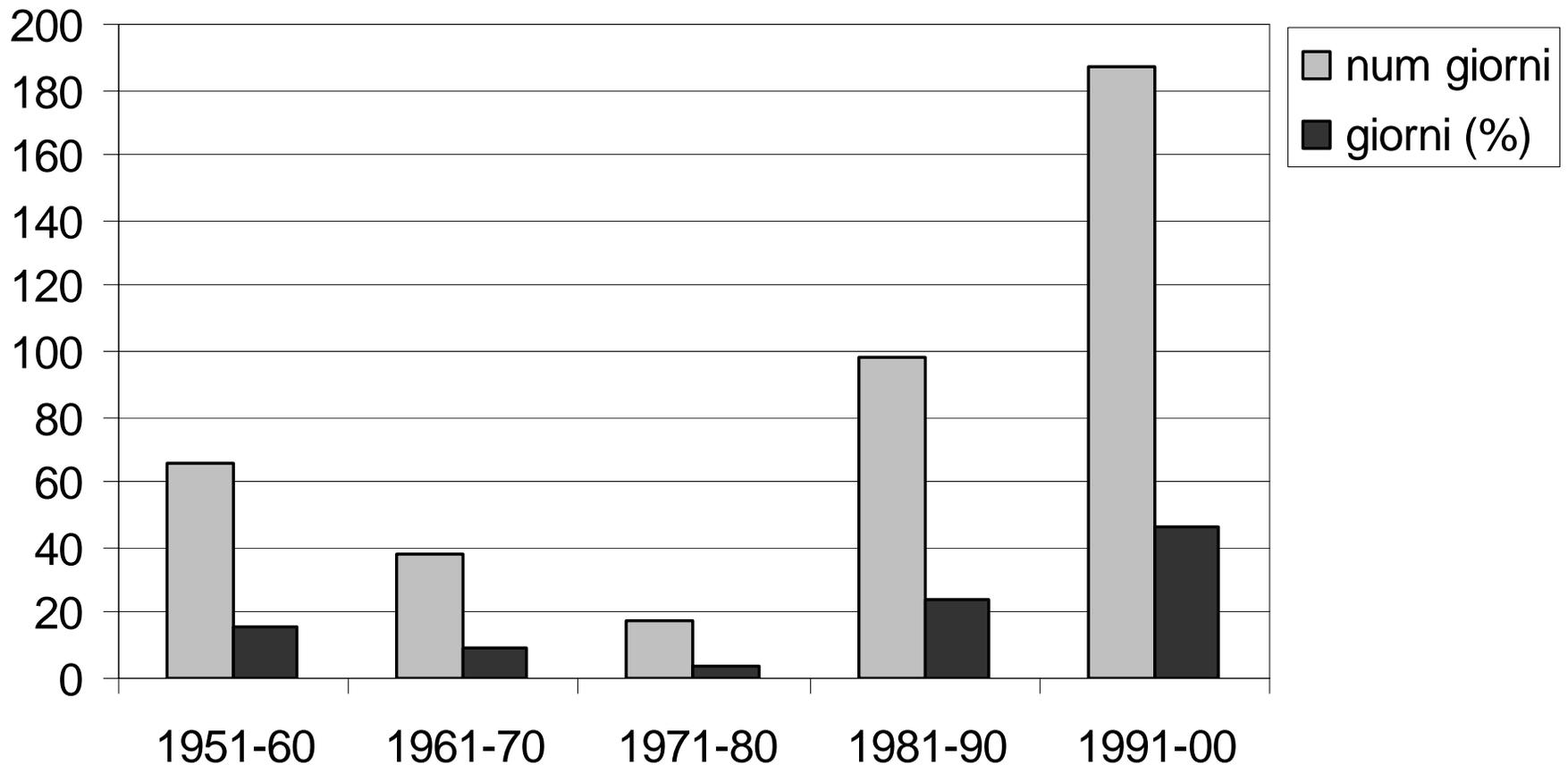


**Scala: giorni/anno. Rosso cresce**

Malcolm Haylock, UEA

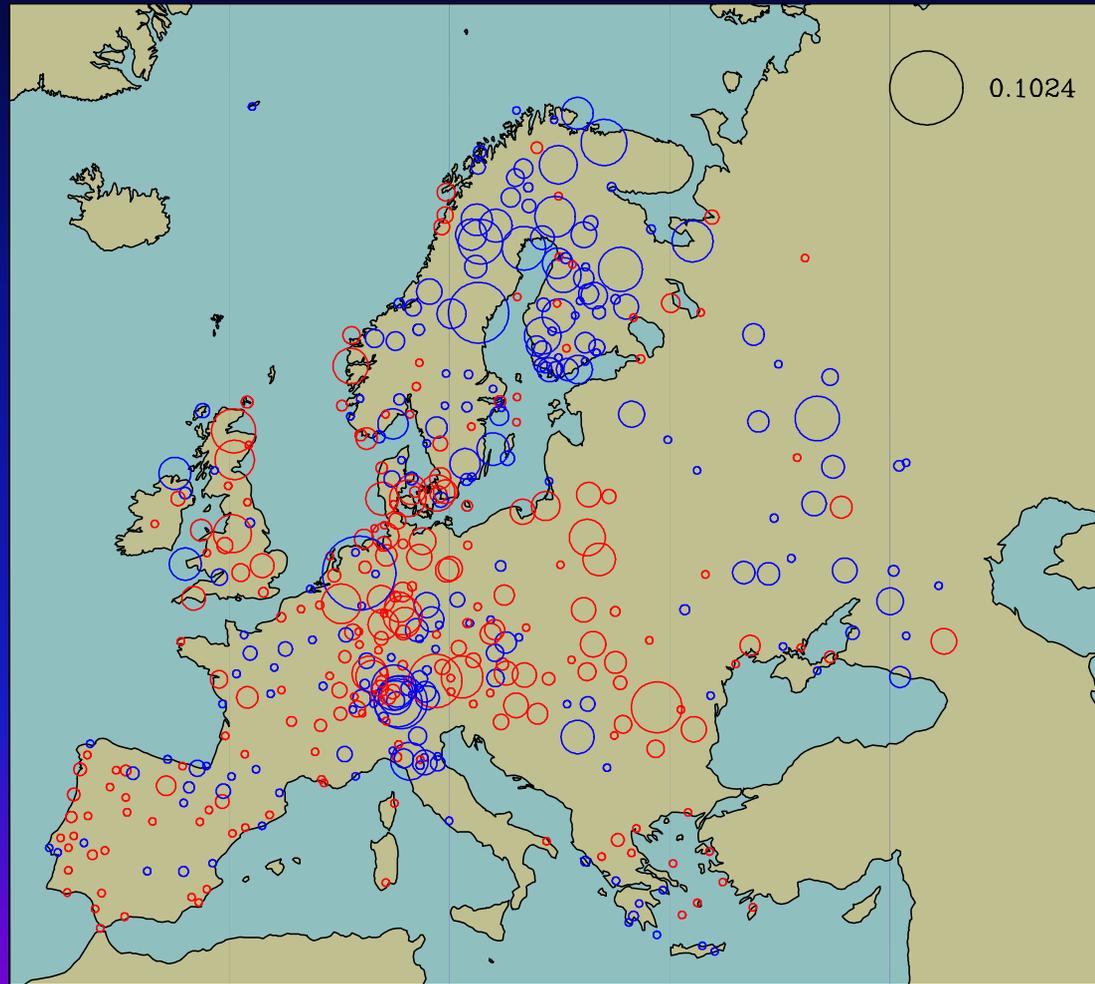
# Ondate di calore: Italia

Distribuzione decennale di HW (1951-2000)



# 1958-2000 trend

## Eventi intensi di pioggia estate (JJA)

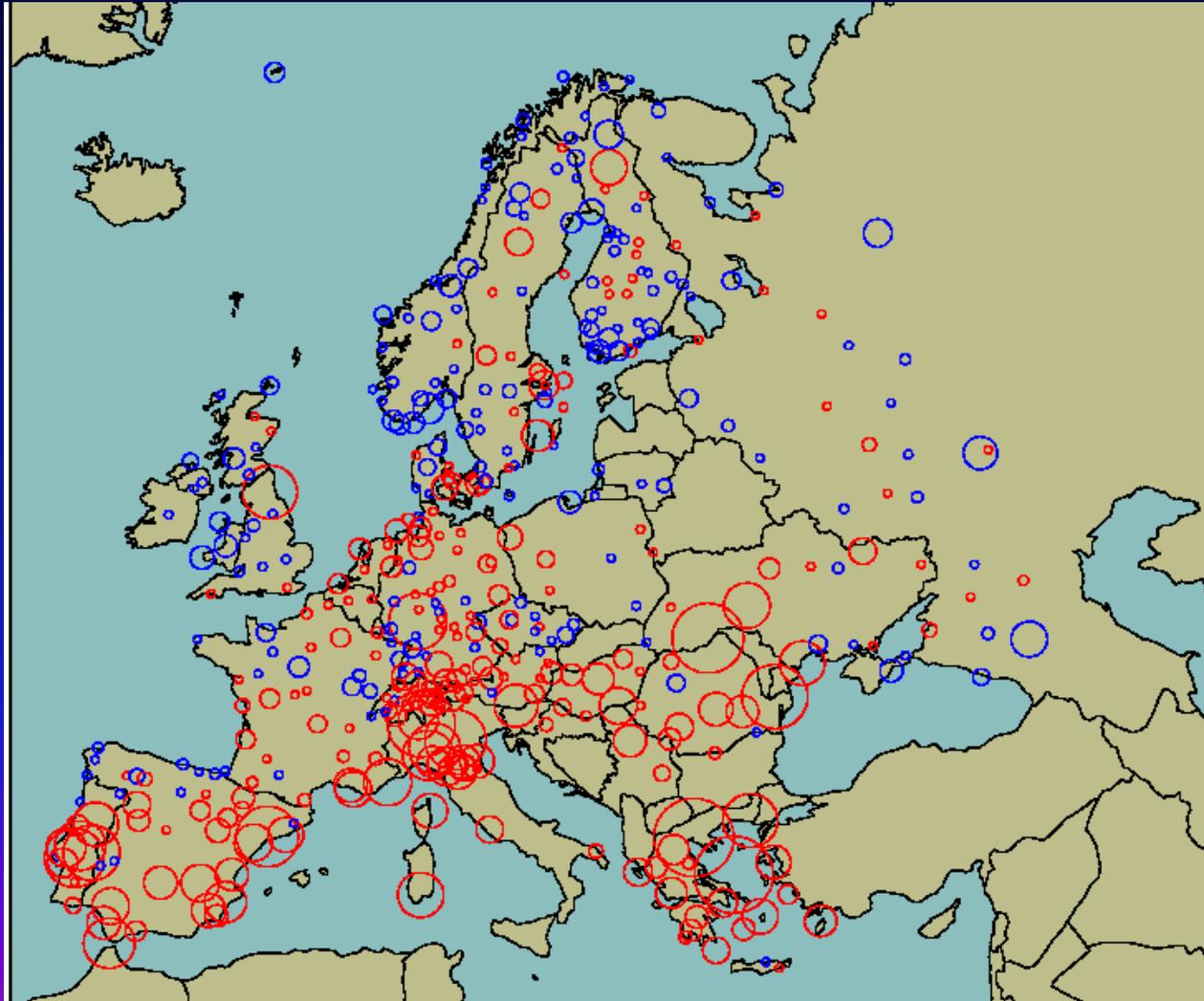


Scala: giorni/anno. Blu: aumenta

Malcolm Haylock, UEA/STARDEX

# 1958-2000 trend

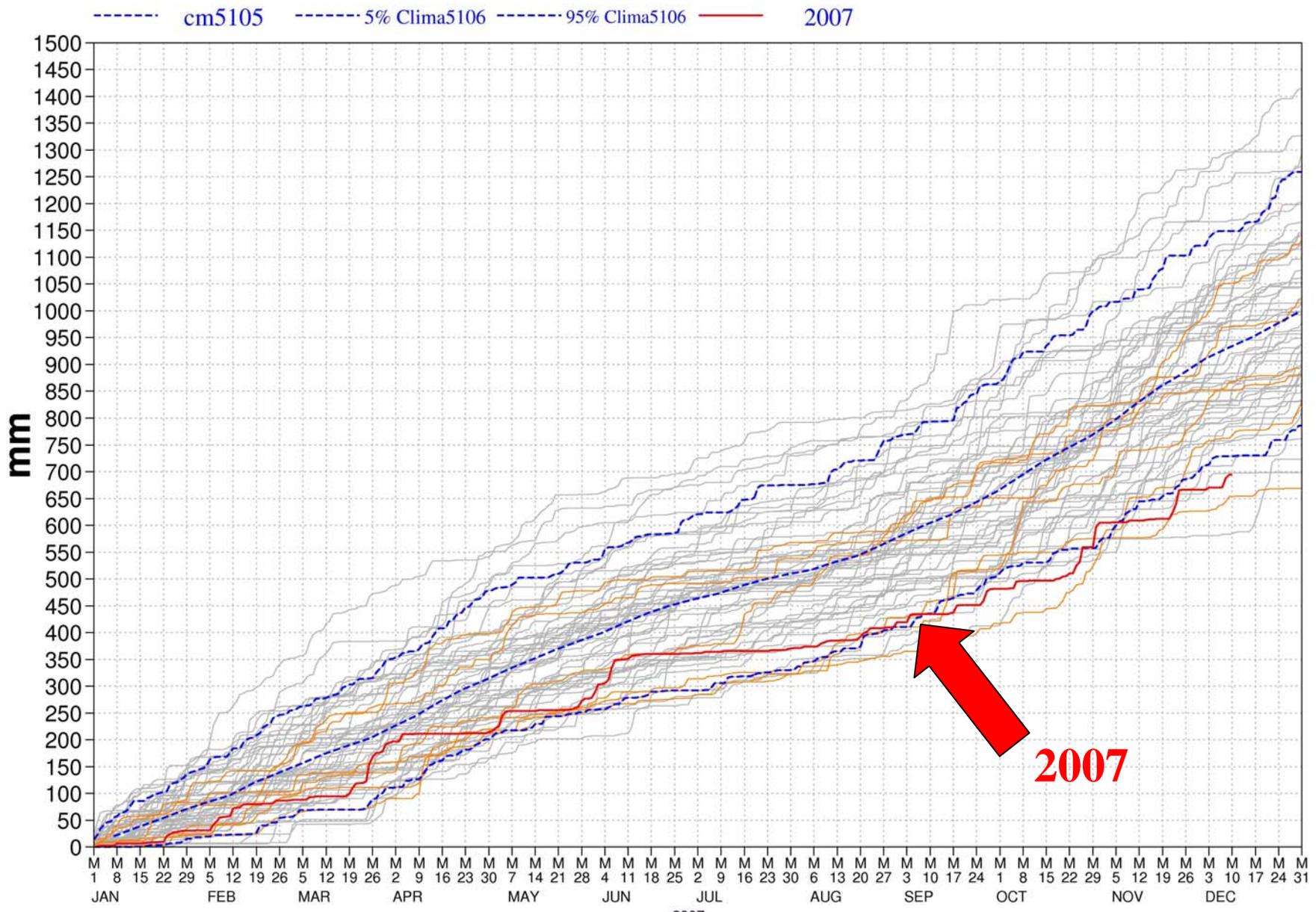
## Giorni consecutivi senza pioggia inverno



Scala: giorni/anno. Blu: cala

Malcolm Haylock, UEA/STARDEX

# Precipitazione media areale Emilia-Romagna (cumulata)



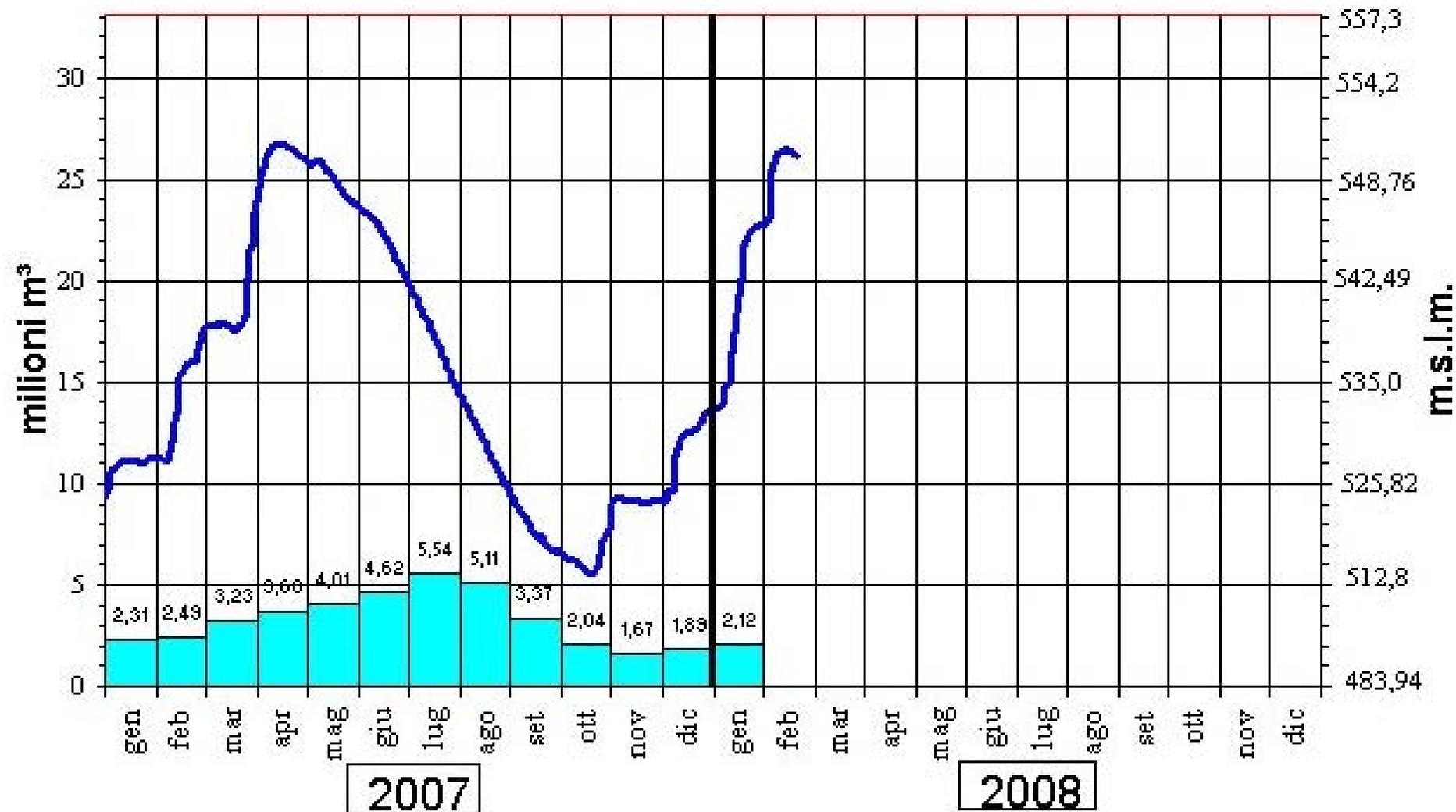
# DIGA DI RIDRACOLI

curva volumi invaso

—

acqua potabilizzata

■



**Trend in atto: sembrano aumentare gli eventi estremi che configurano rischio idrico (siccità di breve e media durata) senza che diminuiscano quelli che portano a rischio idrogeologico (piogge intense estive, piene di Po autunnali)**

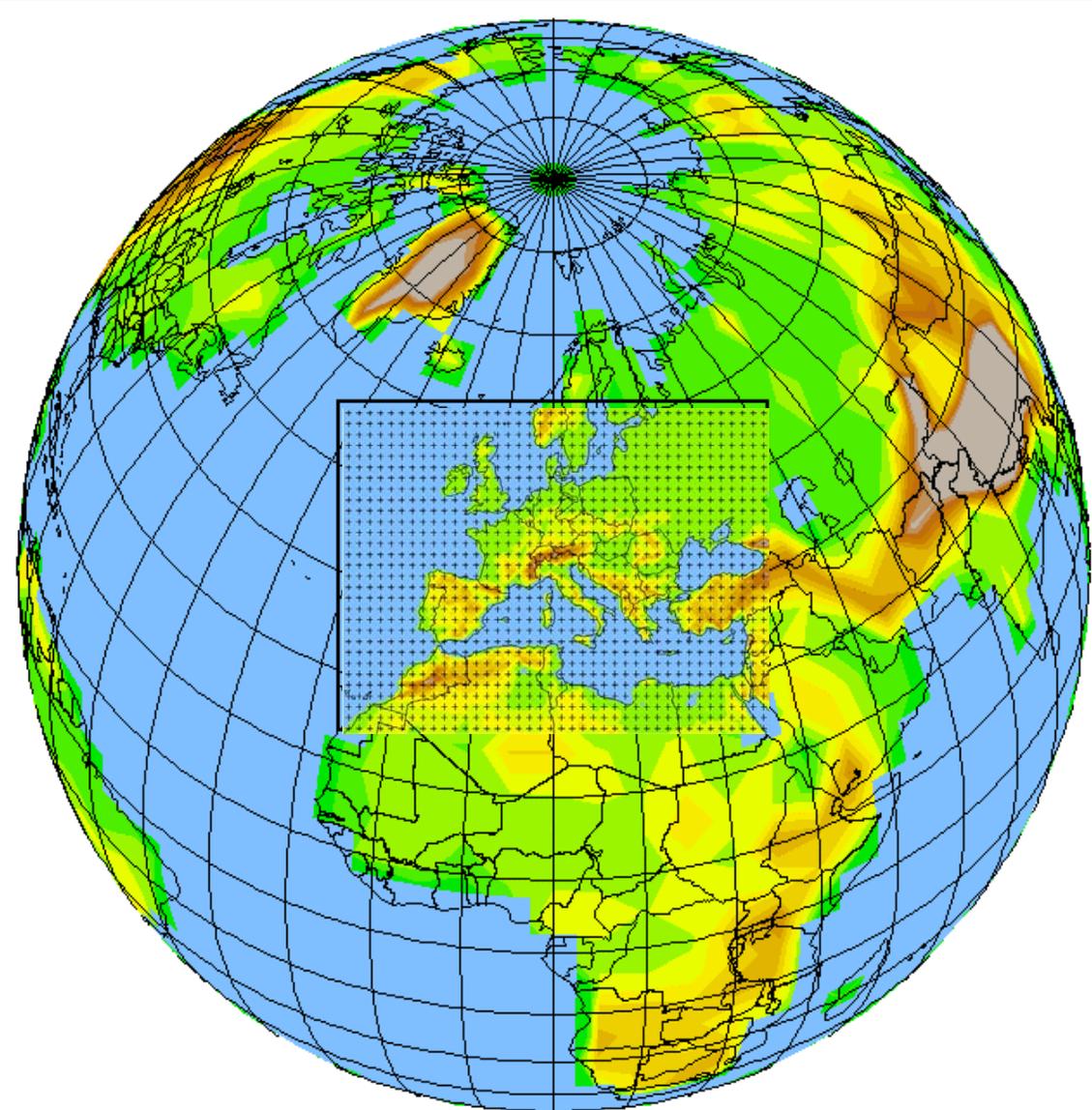
---

Parliamo delle previsioni  
del clima che ci attende:

Siamo in grado di fare previsioni  
a scala regionale, oltre che  
previsioni globali?

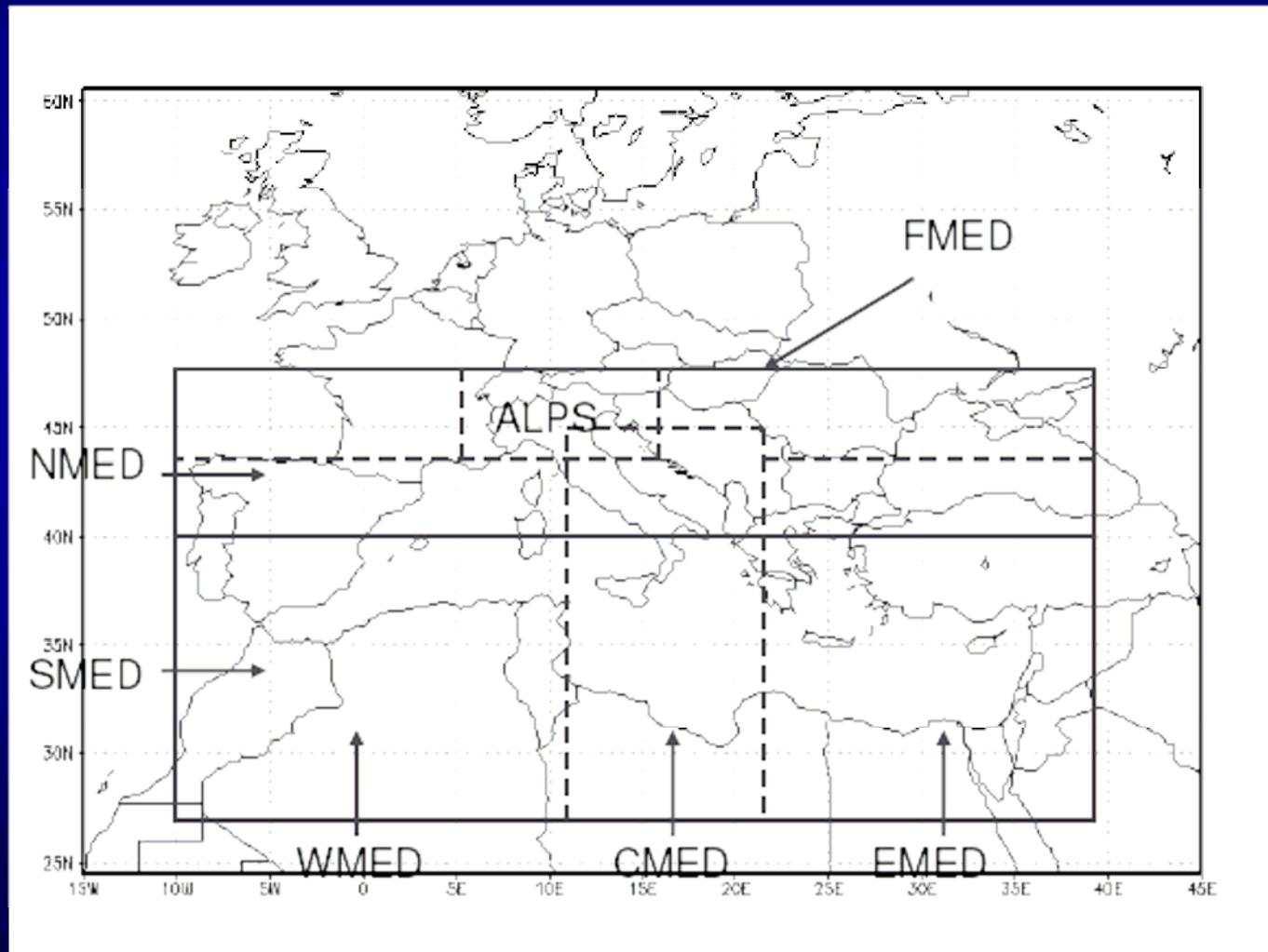
Sono attendibili?

# La modellistica del clima: Modelli Globali e regionalizzazione con metodi statistici



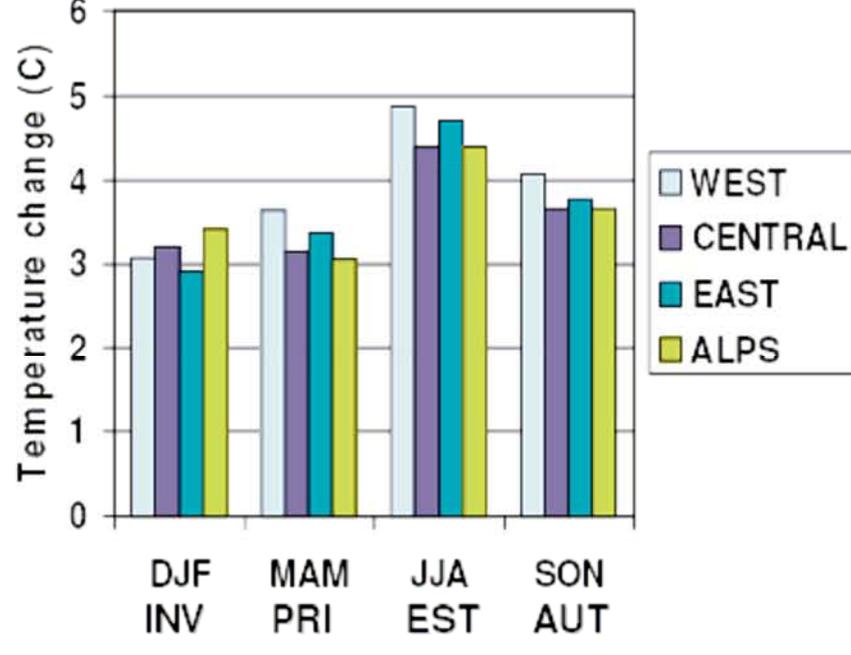
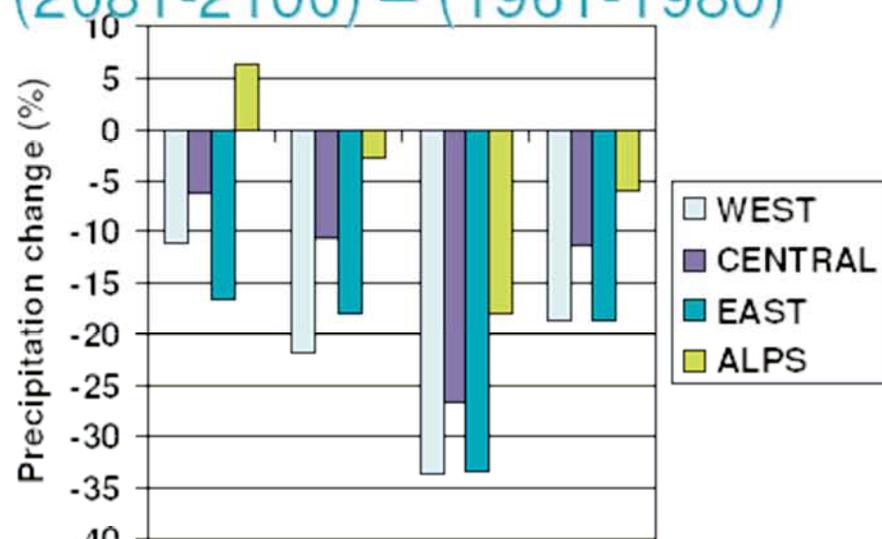
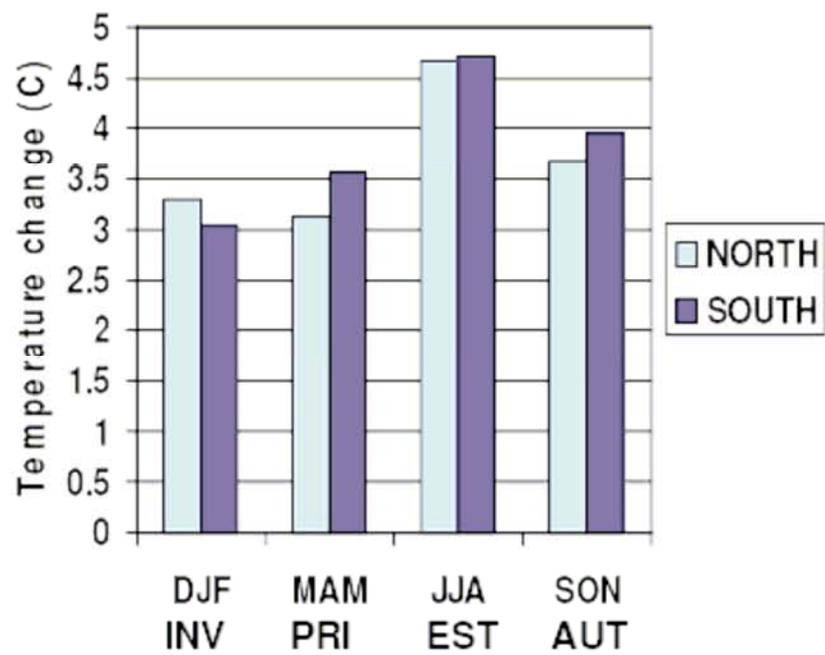
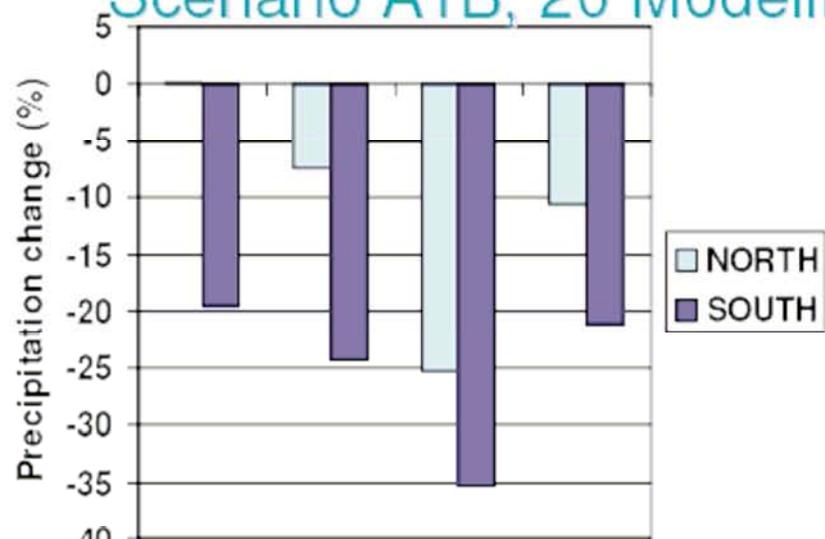
Da 200km (UKMO)  
a 50km (ICTP)  
al locale (Arpa-Sim)

# Analisi dei cambiamenti climatici su diverse regioni del Mediterraneo



# Cambiamento di precipitazione e temperatura su diverse regioni del Mediterraneo

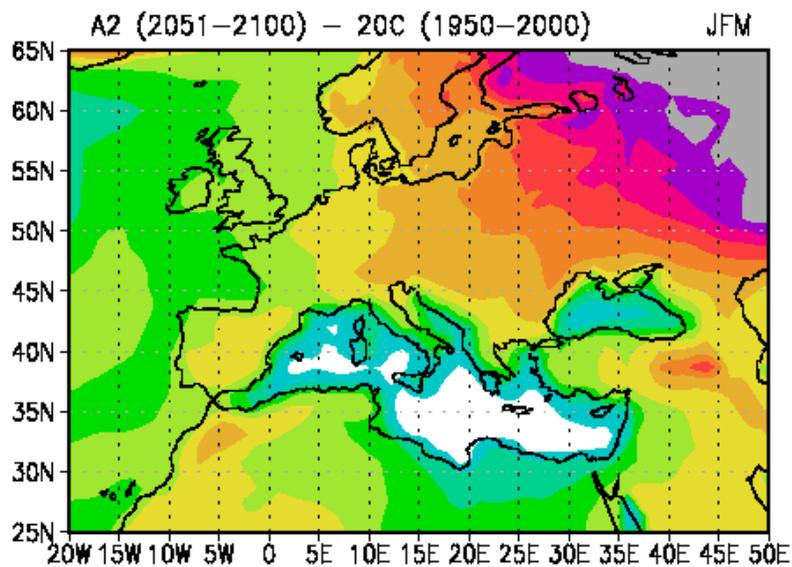
Scenario A1B, 20 Modelli, (2081-2100) – (1961-1980)



SCENARIO: **A2 - 20C**

Temperatura **A2(2051-2100) - 20C(1951-2000)** Pioggia

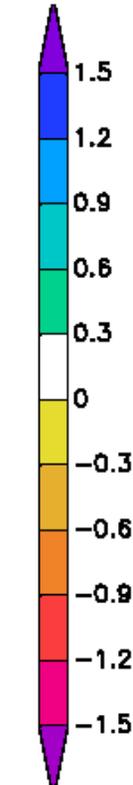
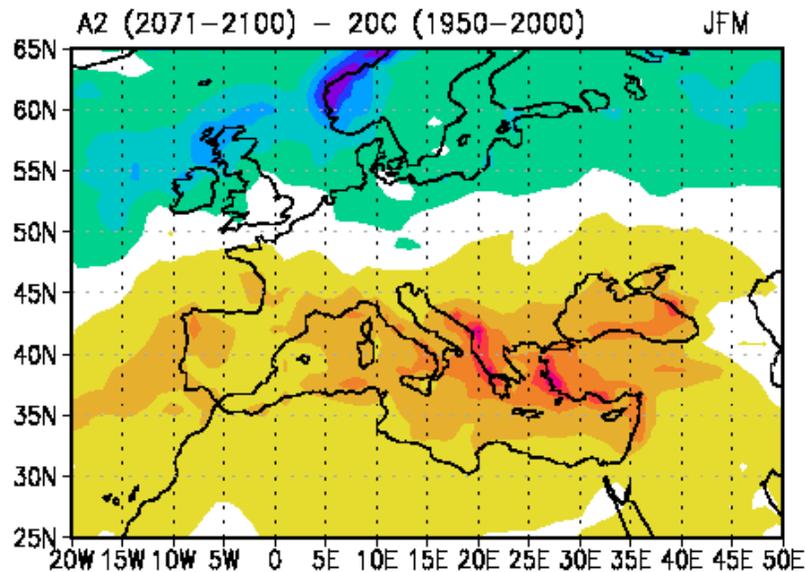
**Dati CEMCC**  
**(cort. A. Navarra)**



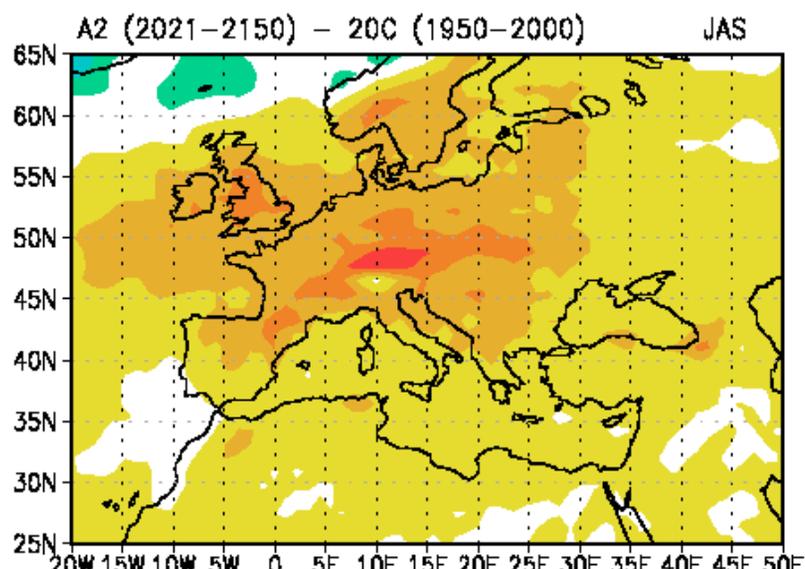
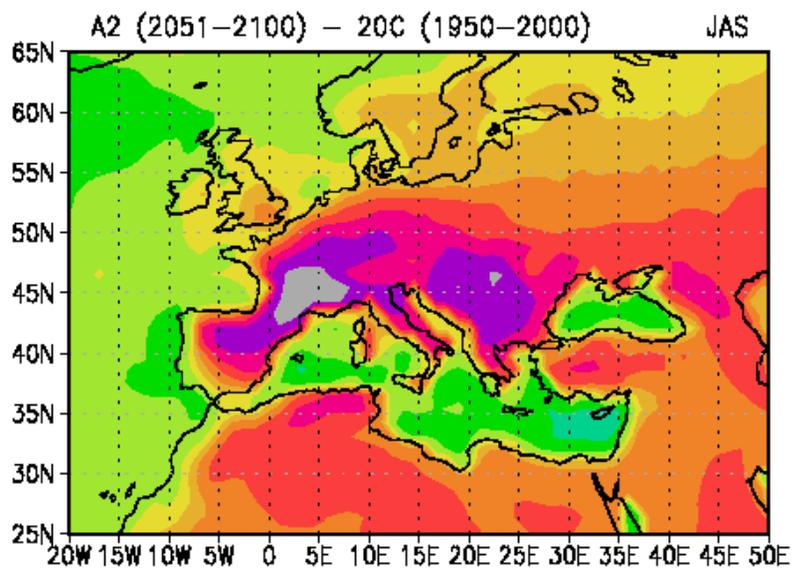
INV



EST



mm/day

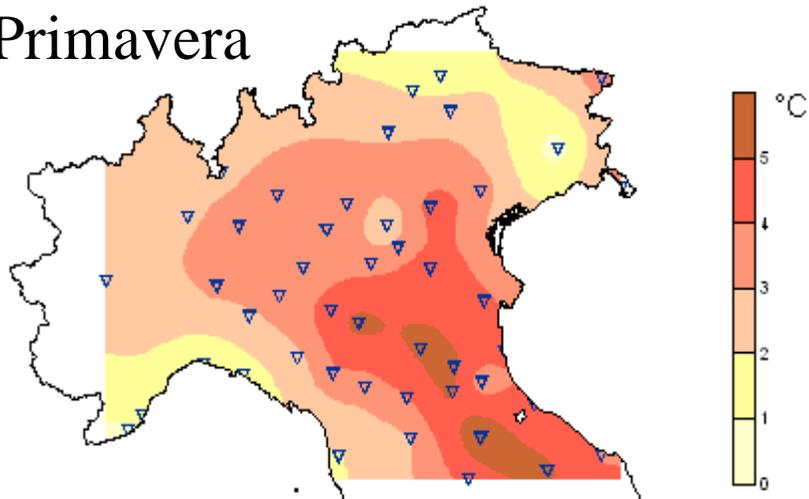


# **Scenari di cambiamento nell'Italia settentrionale e in Emilia-Romagna**

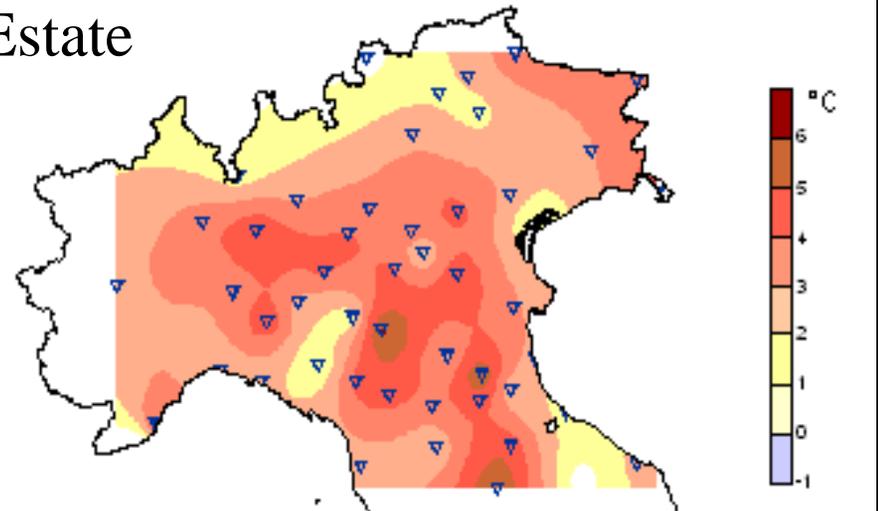
**Proiezioni dello UK Met-Office  
regionalizzate da Arpa-Sim**

# Proiezioni di cambiamenti climatici nel N-Italia Scenario A2 (2071:2100)-(1961:1990)

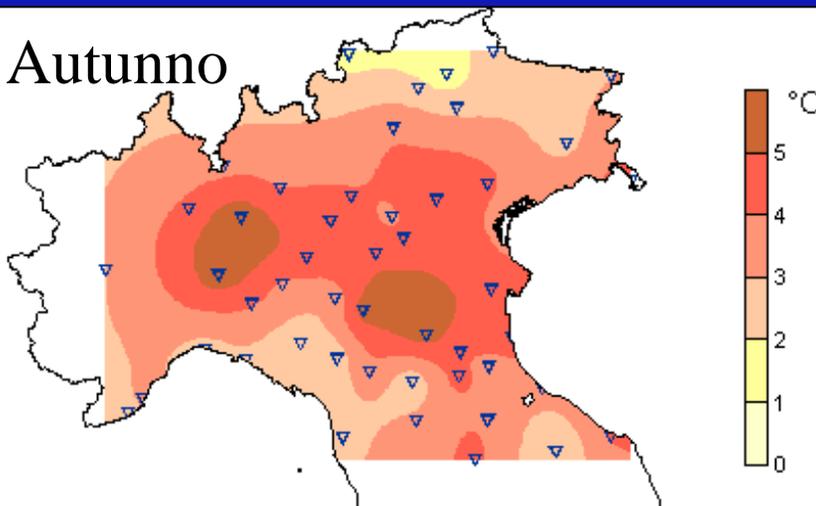
Primavera



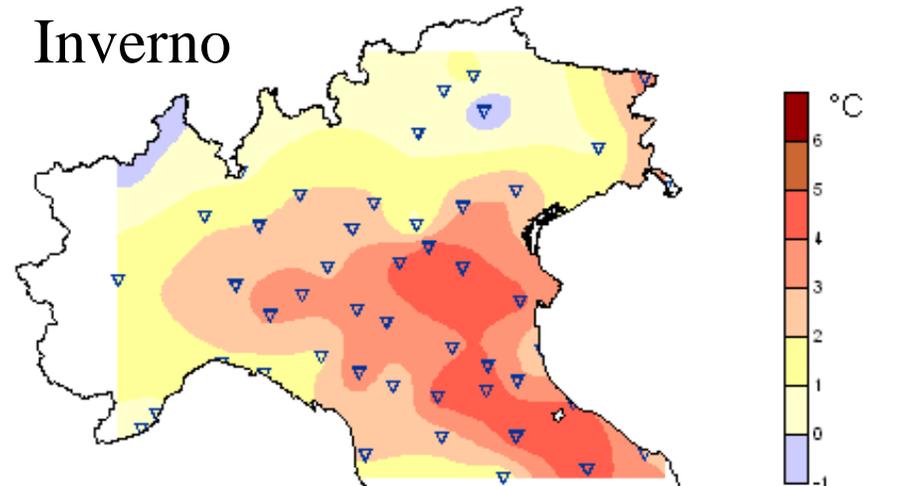
Estate



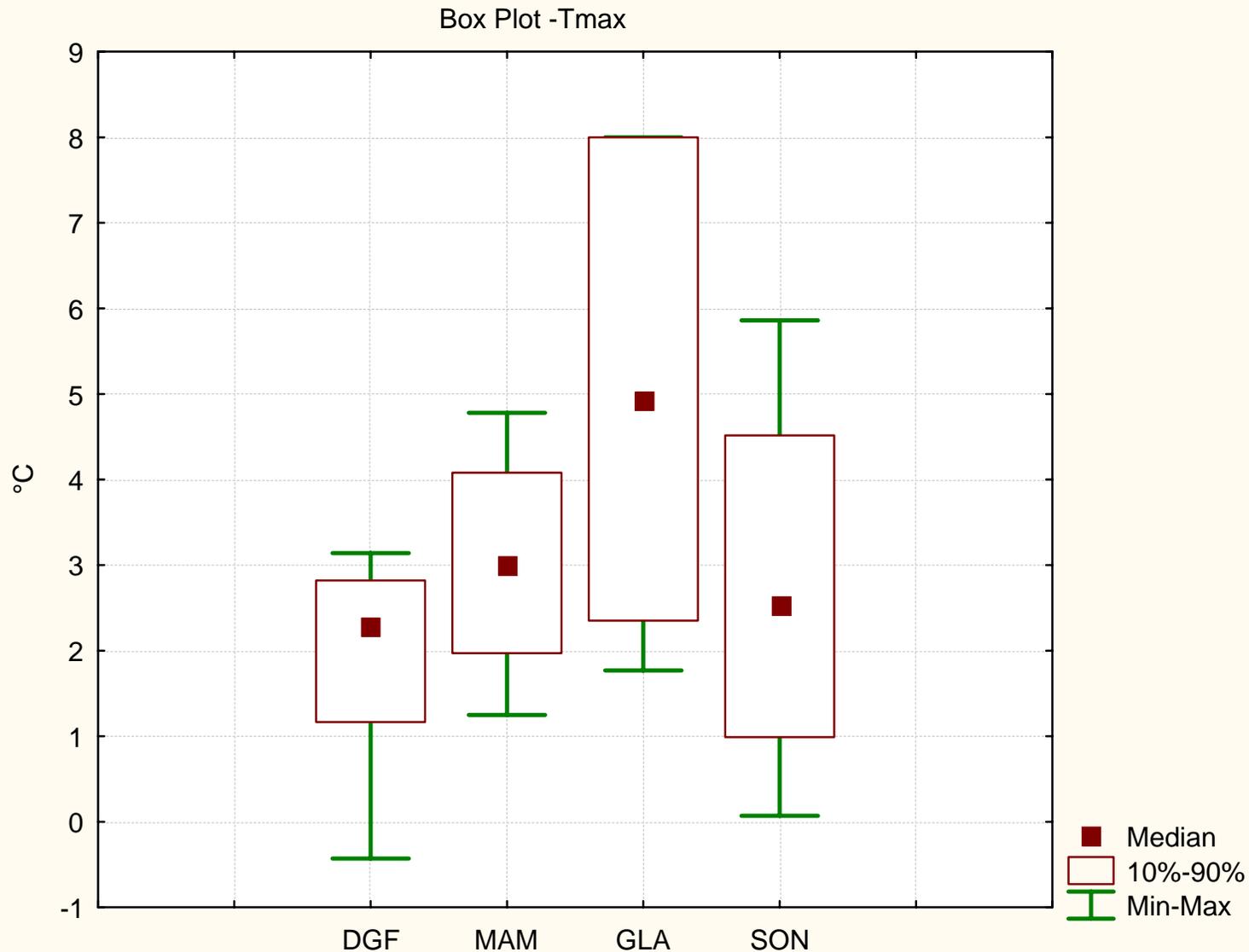
Autunno



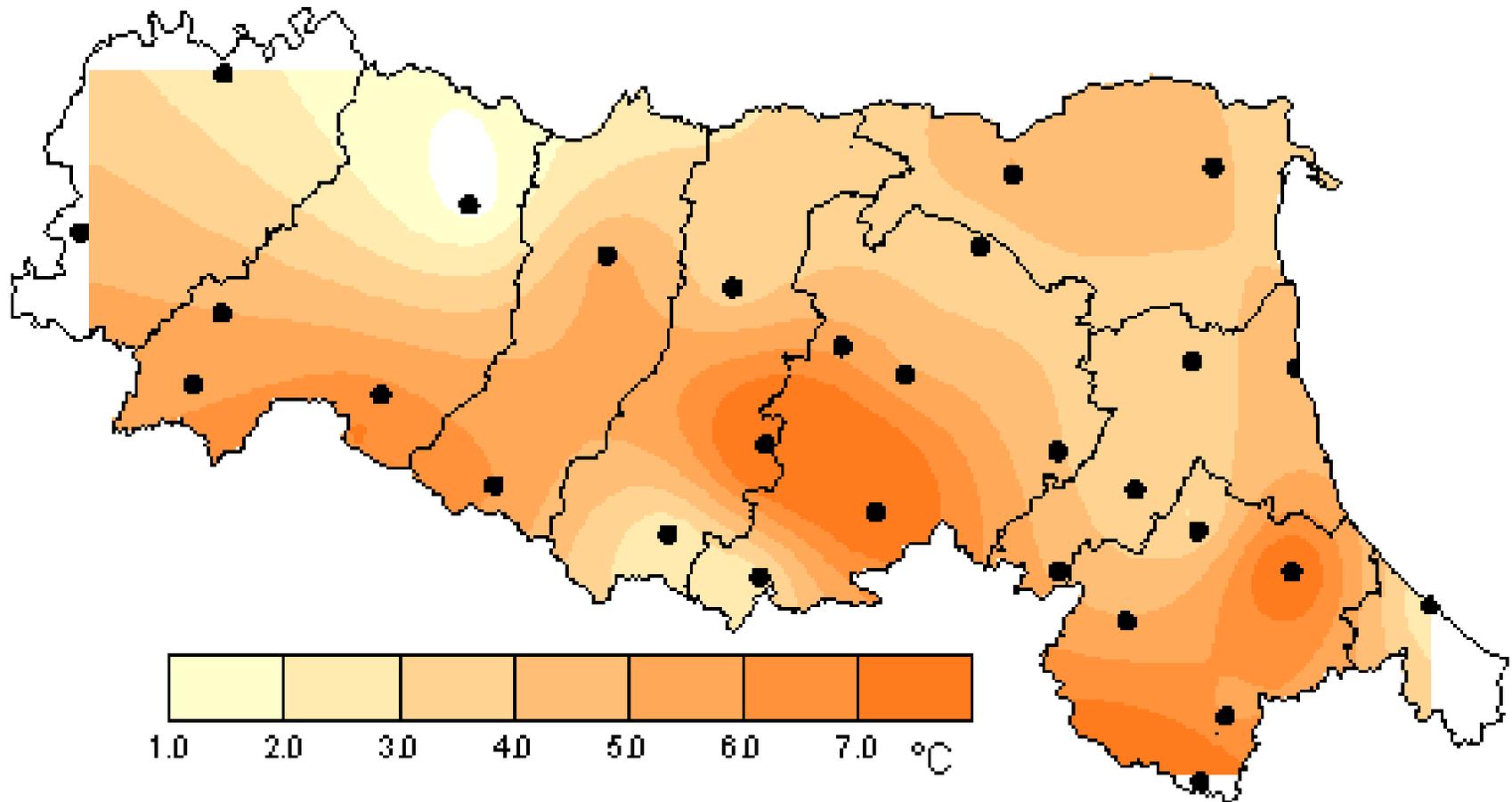
Inverno



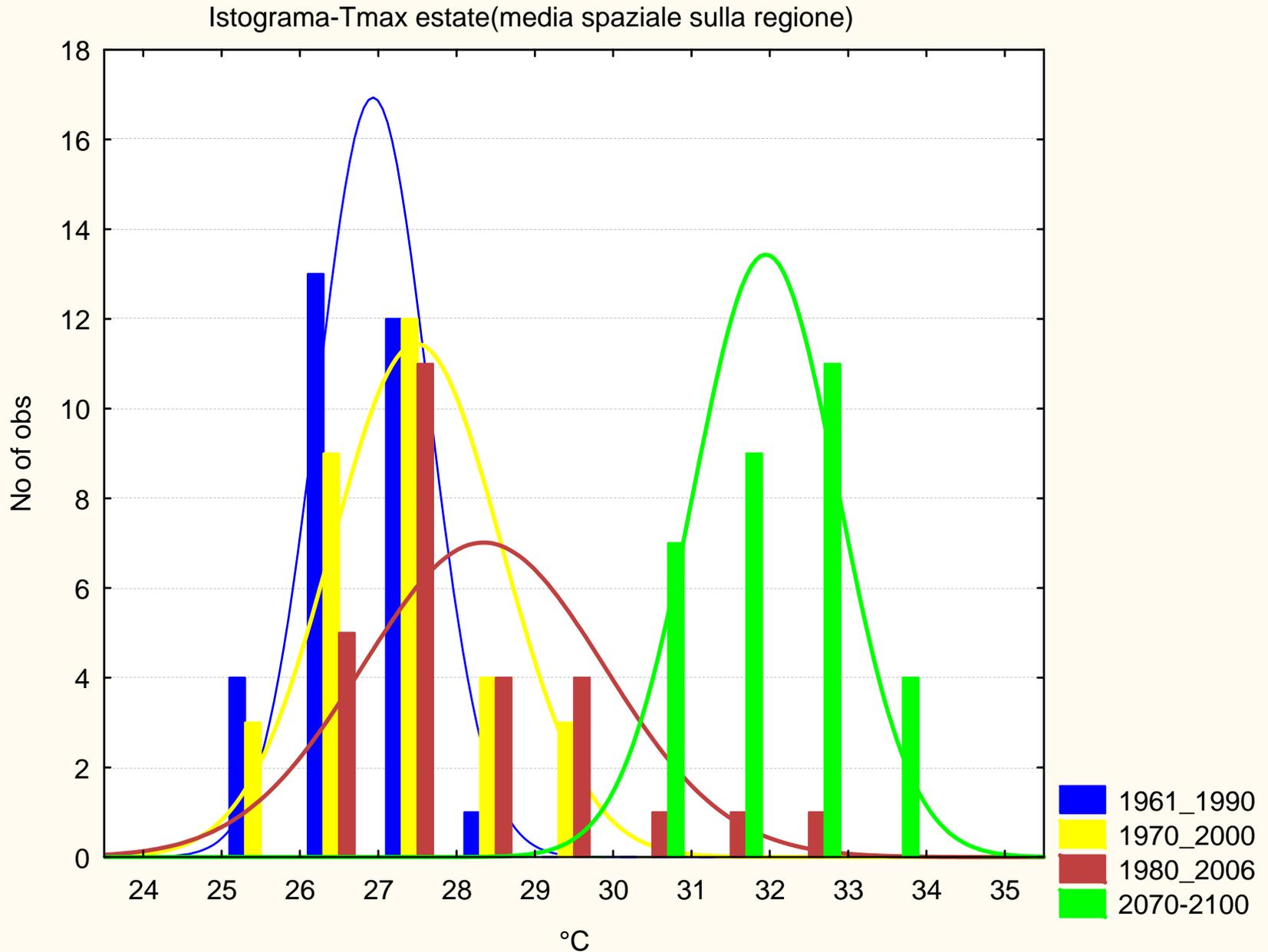
# Emilia-Romagna: Cambiamenti climatici in temperatura (°C) (2070-2100 - 1960-1990)



# Emilia-Romagna: Cambiamenti climatici in temperatura (°C) (2070-2100 - 1960-1990)



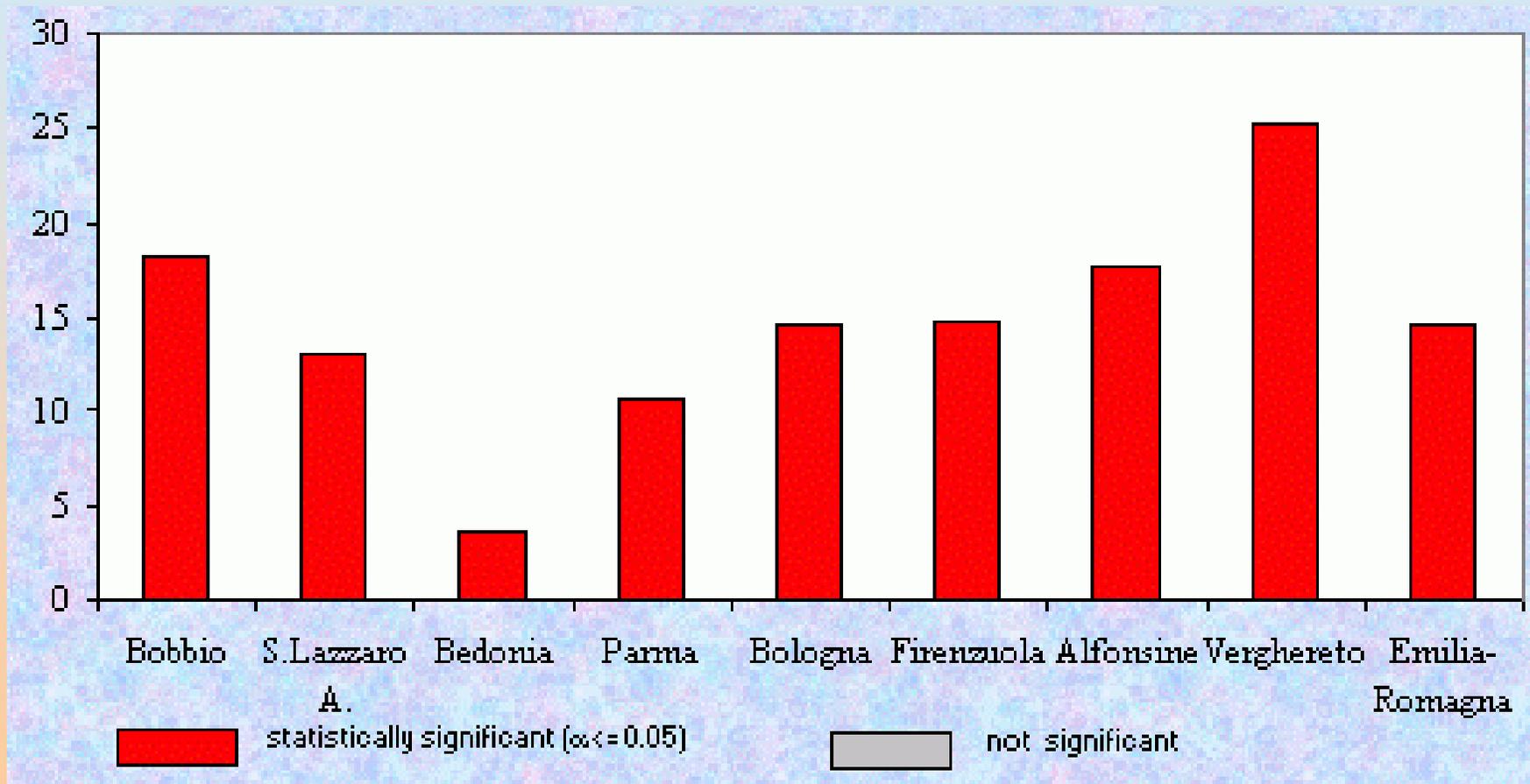
# Estate... presente e futuro



# Impatto del cambiamento climatico sul numero degli eventi di ondate di calore

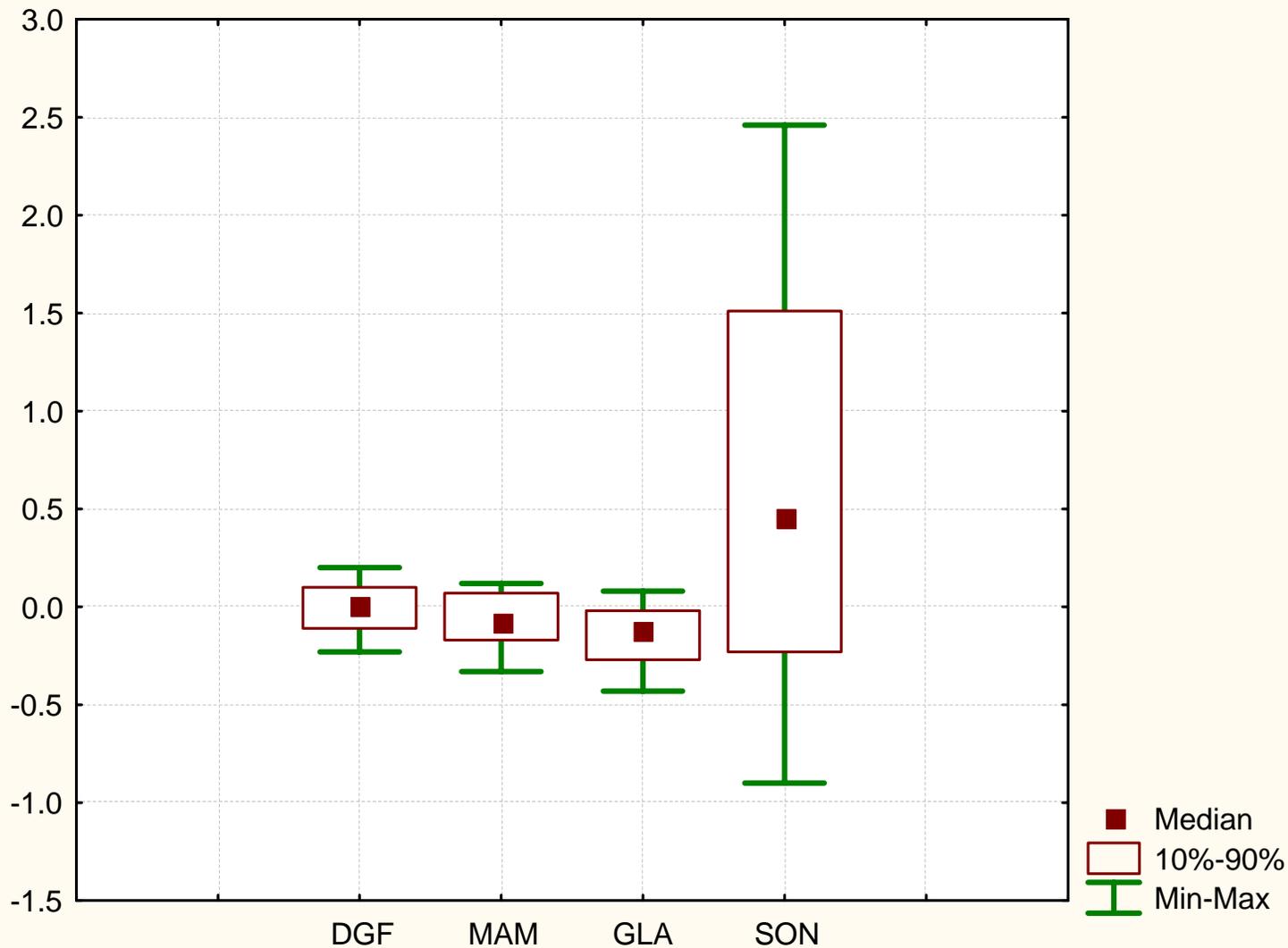
Evento: almeno 5 giorni consecutivi con  $T_{max} > 90^{\circ}$  percentile

Asse y: Variazione del n. di eventi in Estate tra il trentennio 2071-2100 e il trentennio climatico di riferimento 1961-1990



# Emilia-Romagna: Cambiamenti climatici in precipitazione (mm) (2070-2100 - 1960-1990)

Box Plot -Precipitazione media giornaliera



**Le previsioni climatiche basate sui modelli aumentano continuamente la loro affidabilità e ci anticipano una visione del secolo che abbiamo di fronte che parla di trend simili a quelli attuali anche durante i prossimi decenni (fino a fine secolo): assieme ad azioni di mitigazione, l'adattamento sarà quindi indispensabile (e forse siamo già in ritardo)**

**Grazie per l'attenzione**