



**Cambiamenti meteo-climatici in atto e
ripercussioni sulle risorse idriche (la
difficoltà di “leggere” il segnale
climatico)**

**Prof. Massimiliano FAZZINI
Climatologo – Association Internationale de
Climatologie
Università di Ferrara**

Ancona 19 ottobre 2012

DIFFERENZE TRA CLIMATOLOGIA E METEOROLOGIA

- GLI ELEMENTI DEL TEMPO ATMOSFERICO E DEL CLIMA SONO GLI STESSI: *TEMPERATURA, PRESSIONE, UMIDITA', RADIAZIONE SOLARE ECC*



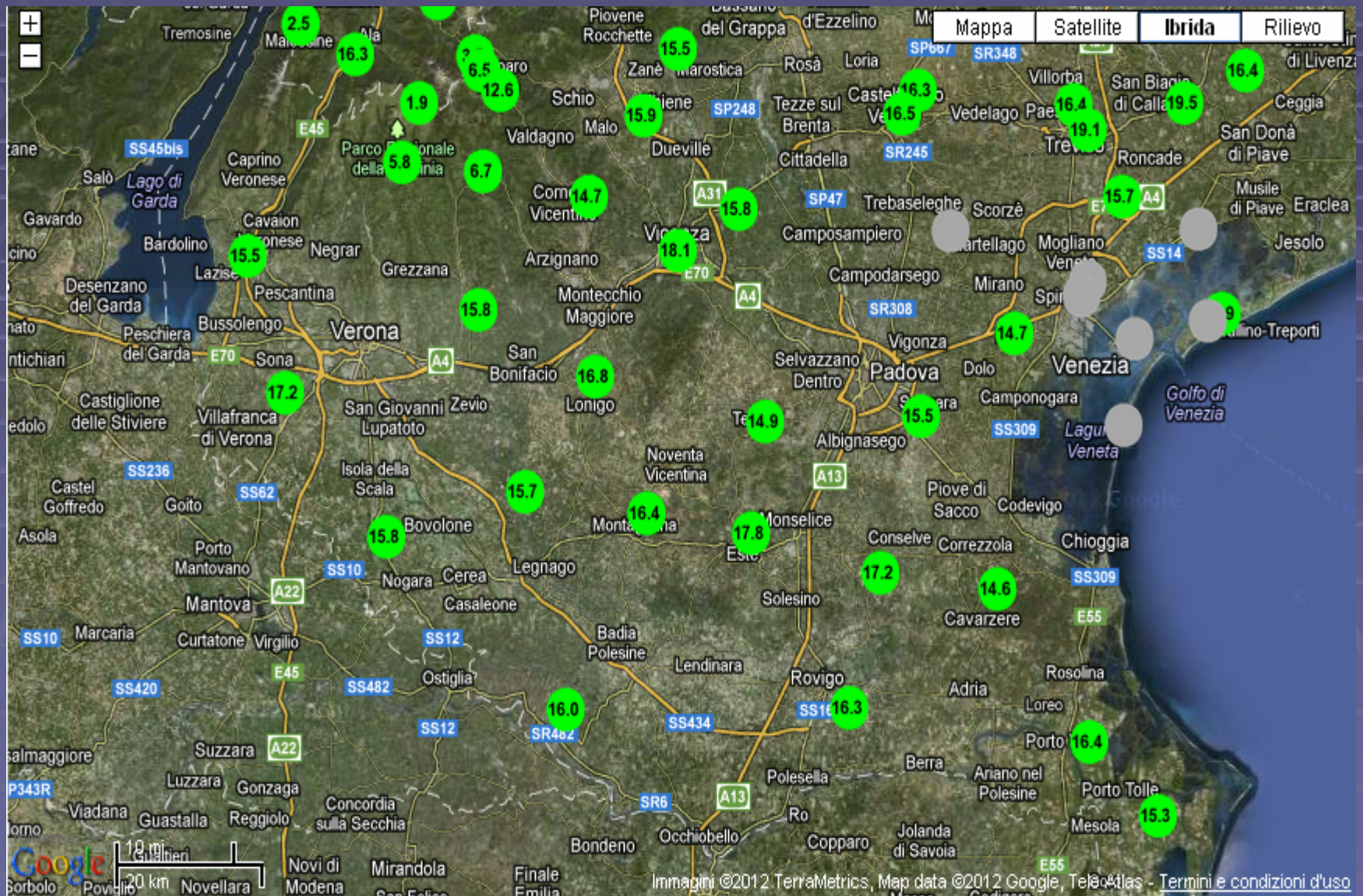
- *Ma mentre **IL TEMPO ATMOSFERICO** E' IL COMPLESSO DELLE CONDIZIONI FISICHE CHE CARATTERIZZANO L'ATMOSFERA IN UN DATO LUOGO IN UN DETERMINATO MOMENTO;*

IL CLIMA E' COSTITUITO DALLA LORO RIPETITIVITA' DURANTE UN PERIODO MOLTO PIÙ LUNGO:

Concetto di clima

- Per poter stabilire le caratteristiche climatiche di una località o di una regione occorre prendere in considerazione la serie degli stati medi dell'atmosfera per un periodo di almeno 30 anni (in pratica però, per poter inquadrare climaticamente un'area occorrono serie storiche estese per almeno 80 anni (Fazzini, 2006))

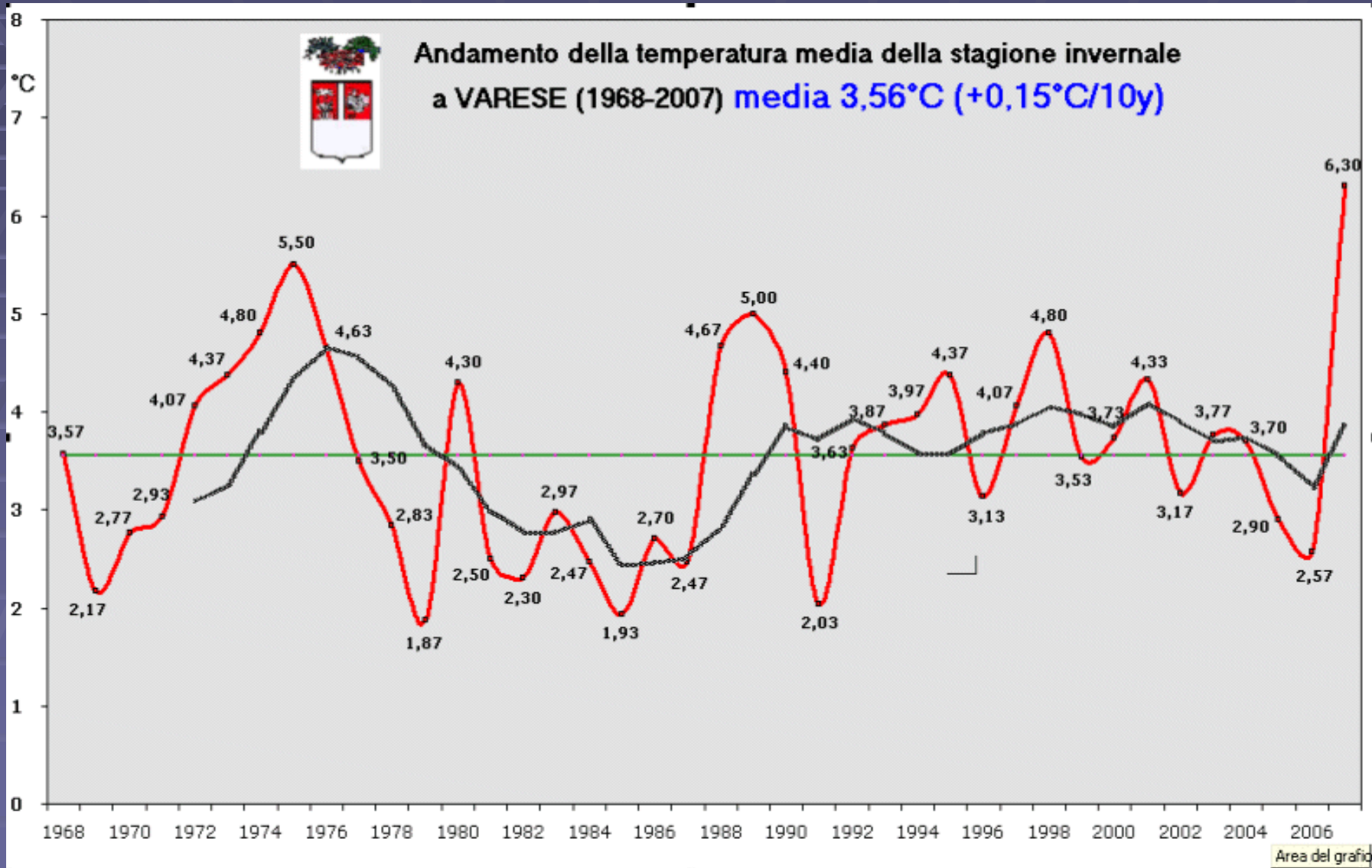
Esempio di tempo presente



Esempio di medie climatiche



Andamento della temperatura media della stagione invernale
a VARESE (1968-2007) **media 3,56°C (+0,15°C/10y)**



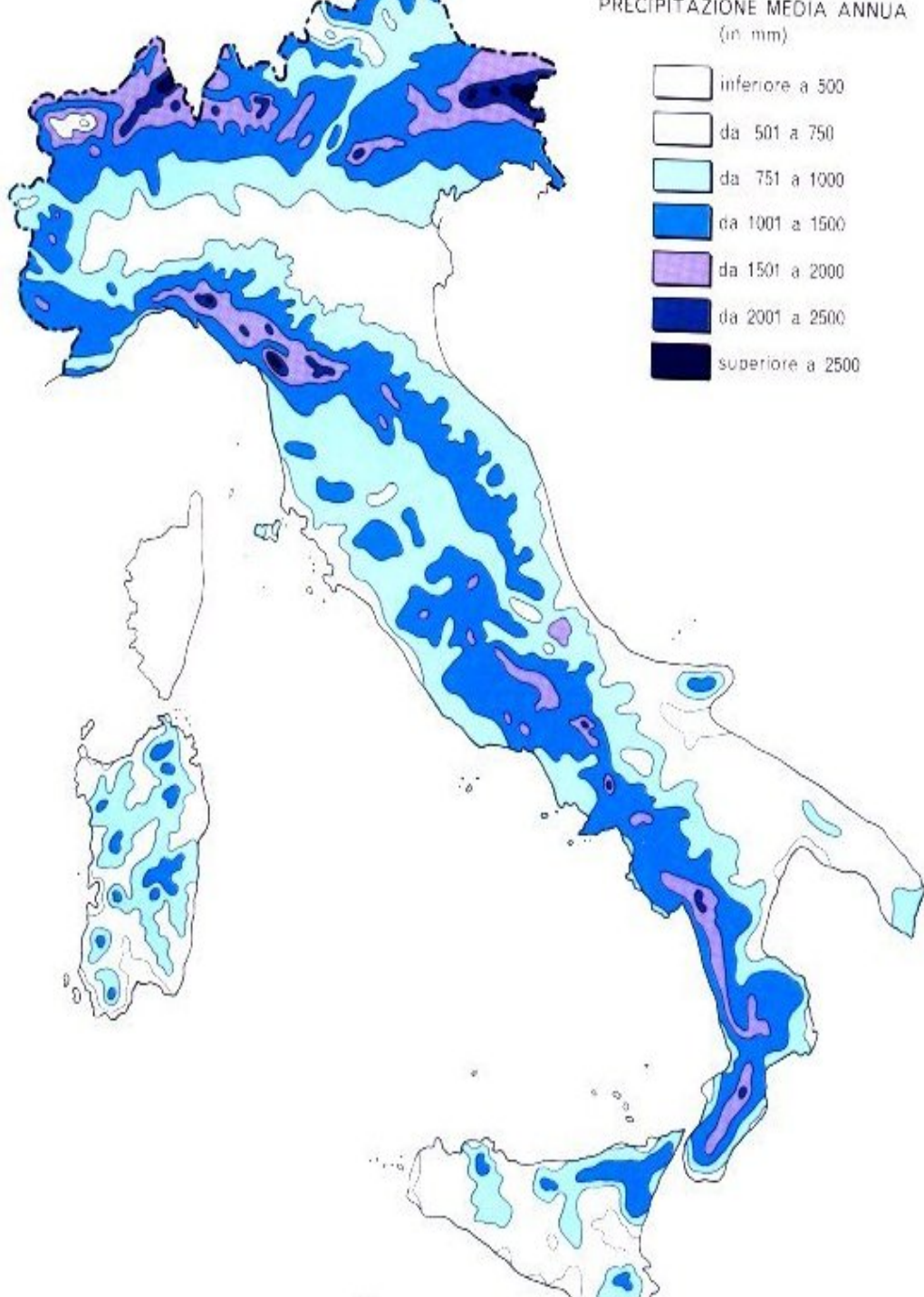
LO STUDIO DEL CLIMA IN ITALIA

- L'Italia dispone di un rilevante patrimonio di documentazione storica sulle caratteristiche meteorologiche di molte località italiane. Dati ed informazioni, opportunamente interpretate ed elaborate hanno permesso di realizzare un quadro dell'evoluzione del clima e valutare gli eventuali cambiamenti in atto in una prospettiva di lungo periodo.

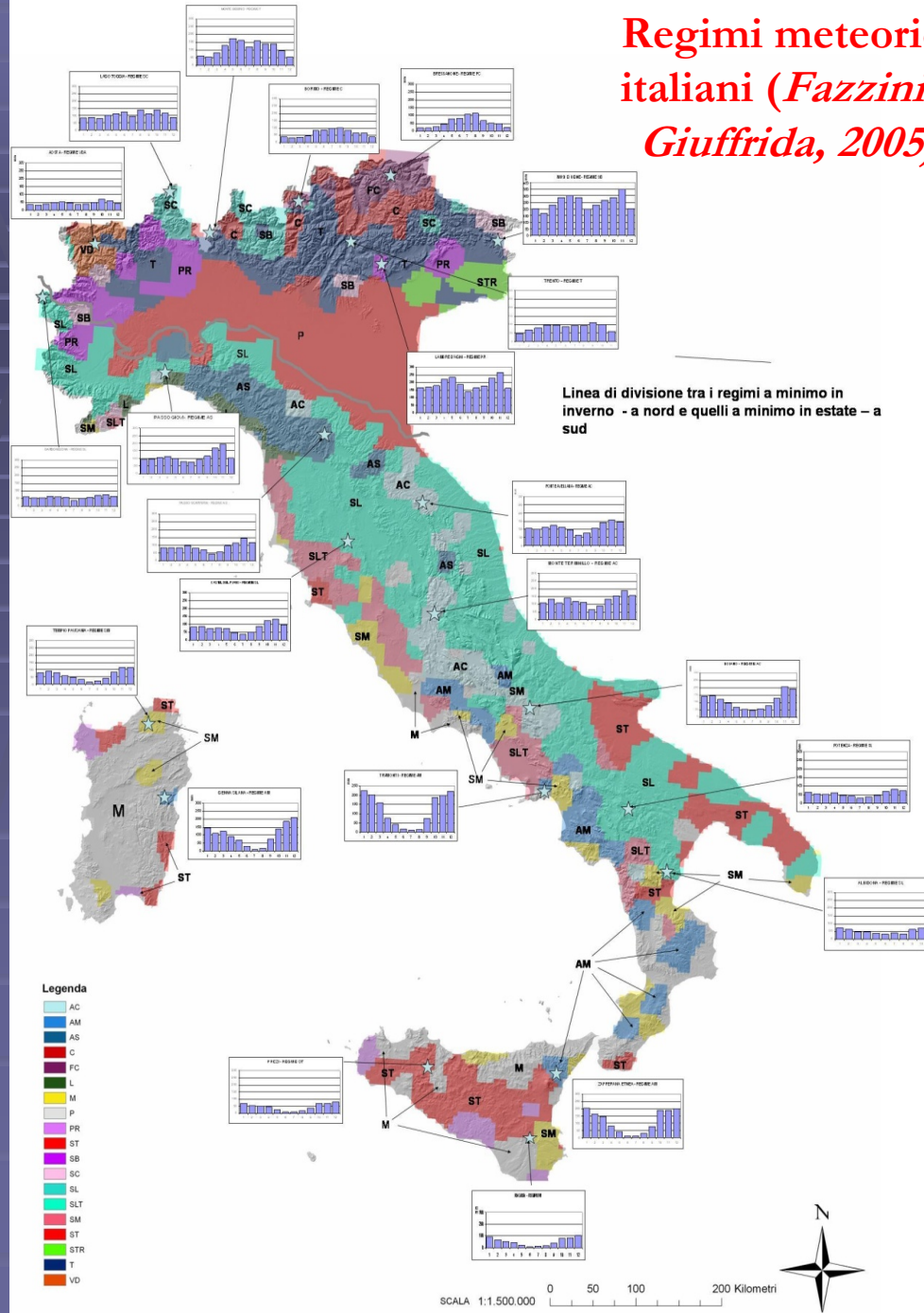
LO STUDIO DEL CLIMA IN ITALIA

- Le serie secolari più lunghe ed affidabili (1865-2006) provengono dalle BANCHE DATI dell'UCEA e degli ex Servizi Idrografici, mentre quelle decennali (1951-2006) rilevate secondo gli "standards" internazionali della *World Meteorological Organization* (WMO) appartengono anche al *database* dell'Aeronautica Militare.
- Attualmente, per il periodo "antopocenico" – 1951-2010 si può disporre di circa 900 stazioni piuttosto uniformemente distribuite dal punto di vista spazio-altitudinale

PRECIPITAZIONE MEDIA ANNUA
(in mm)



Regimi meteorici italiani (*Fazzini e Giuffrida, 2005*)

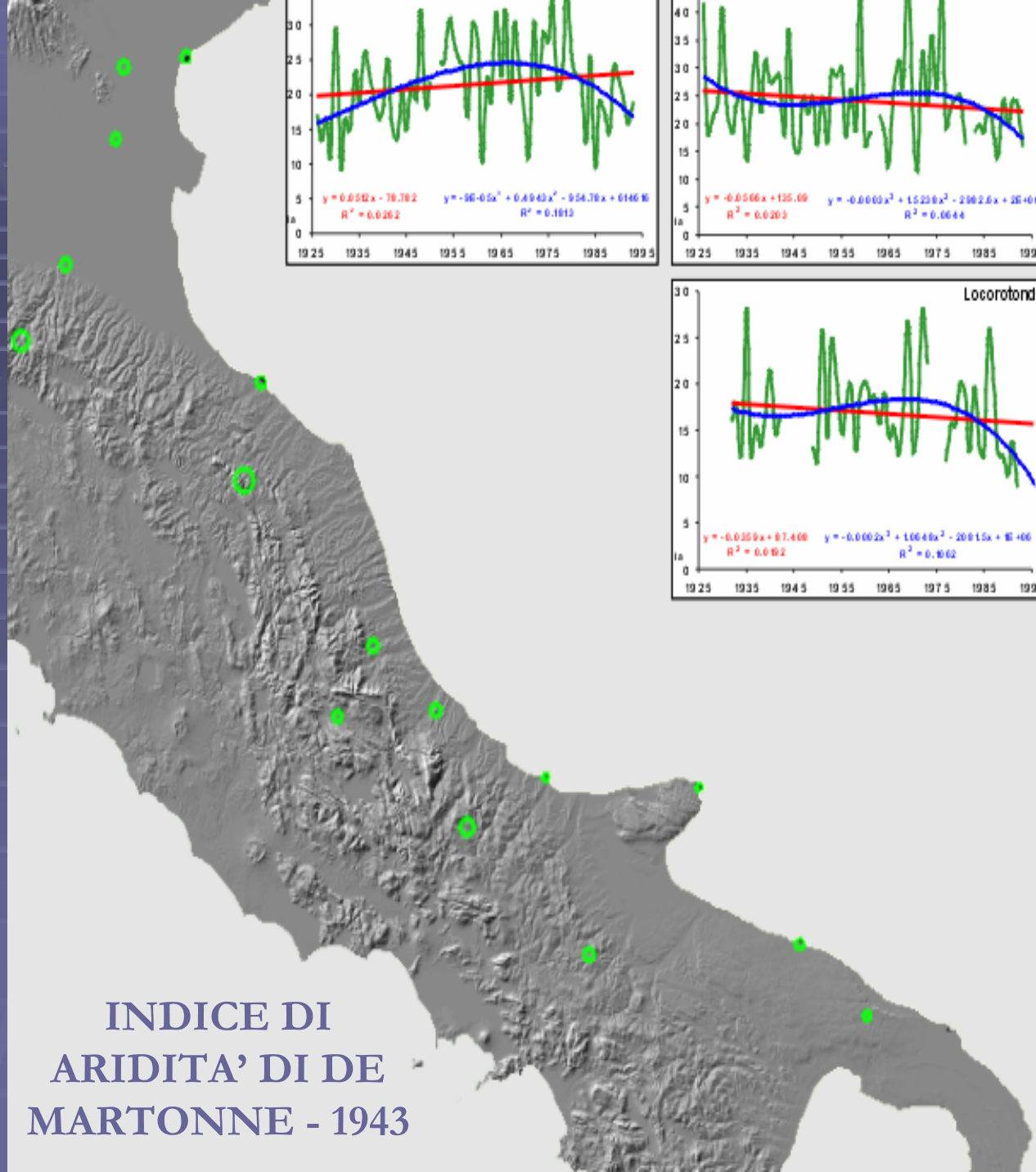


Linea di divisione tra i regimi a minimo in inverno - a nord e quelli a minimo in estate - a sud

- Legenda**
- AC
 - AM
 - AS
 - C
 - FC
 - L
 - M
 - P
 - PR
 - ST
 - SB
 - SC
 - SL
 - SLT
 - SM
 - STR
 - T
 - VD

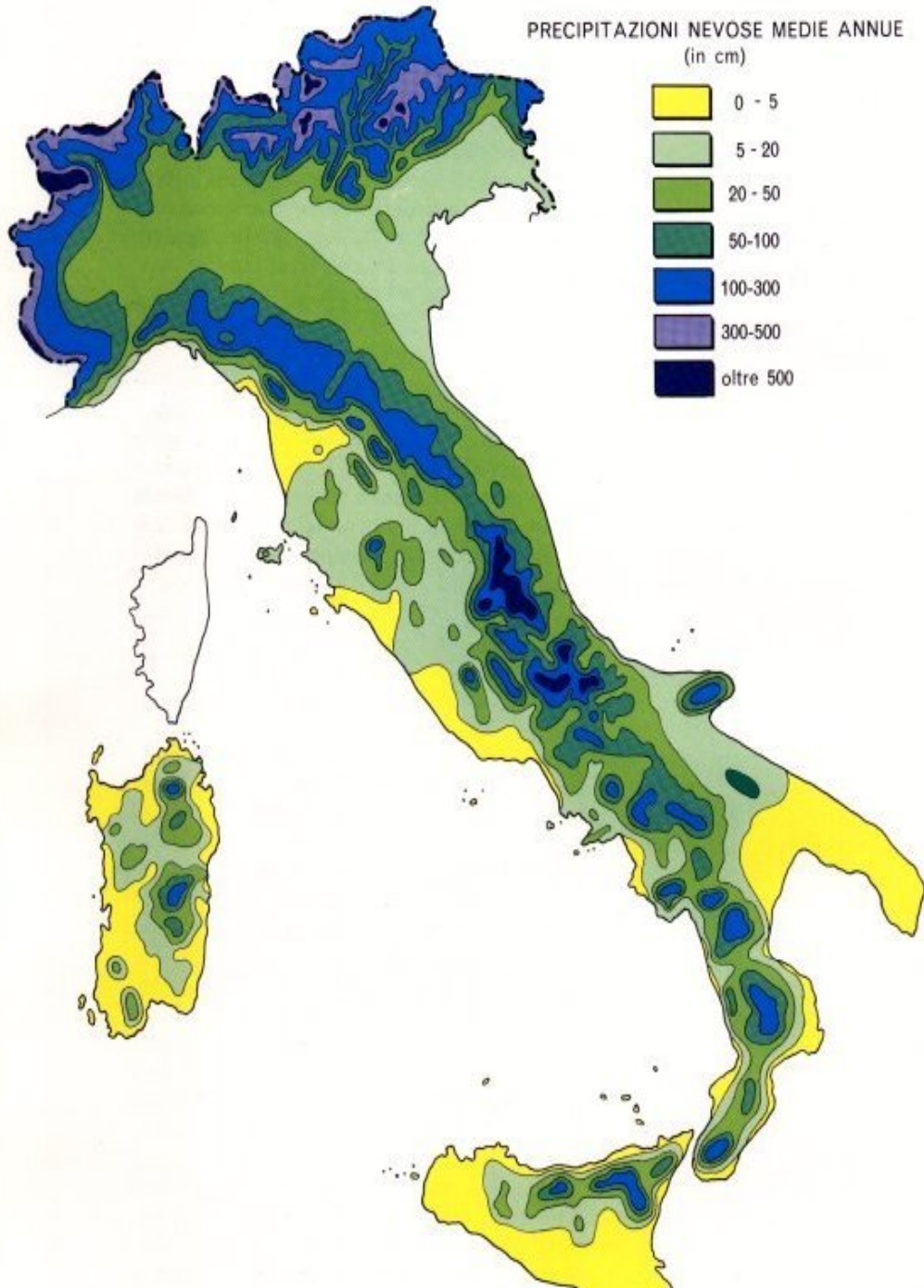
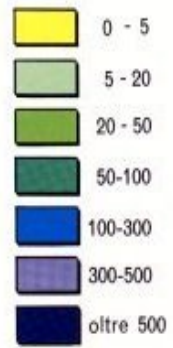
SCALA 1:1.500.000 0 50 100 200 Kilometri

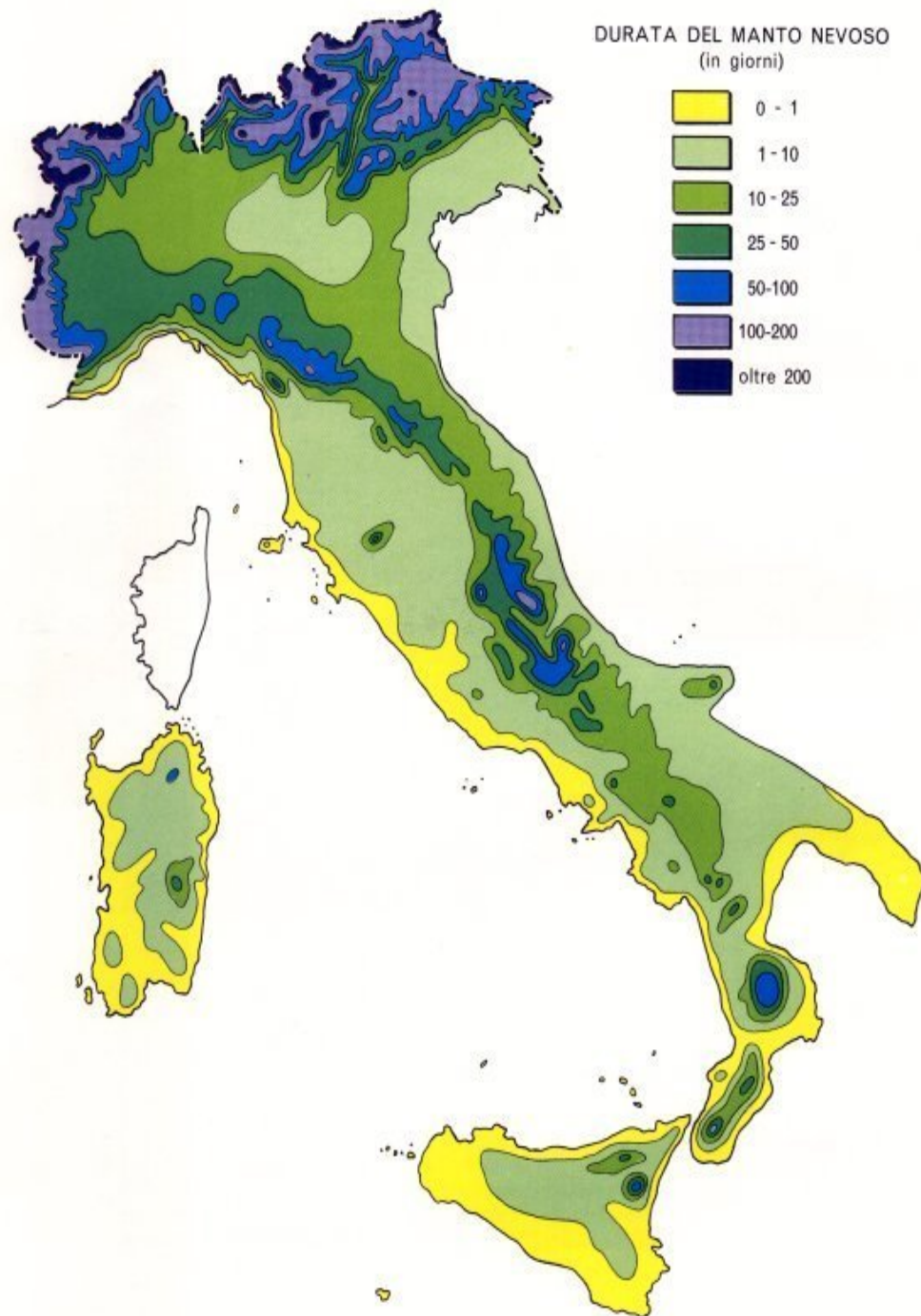




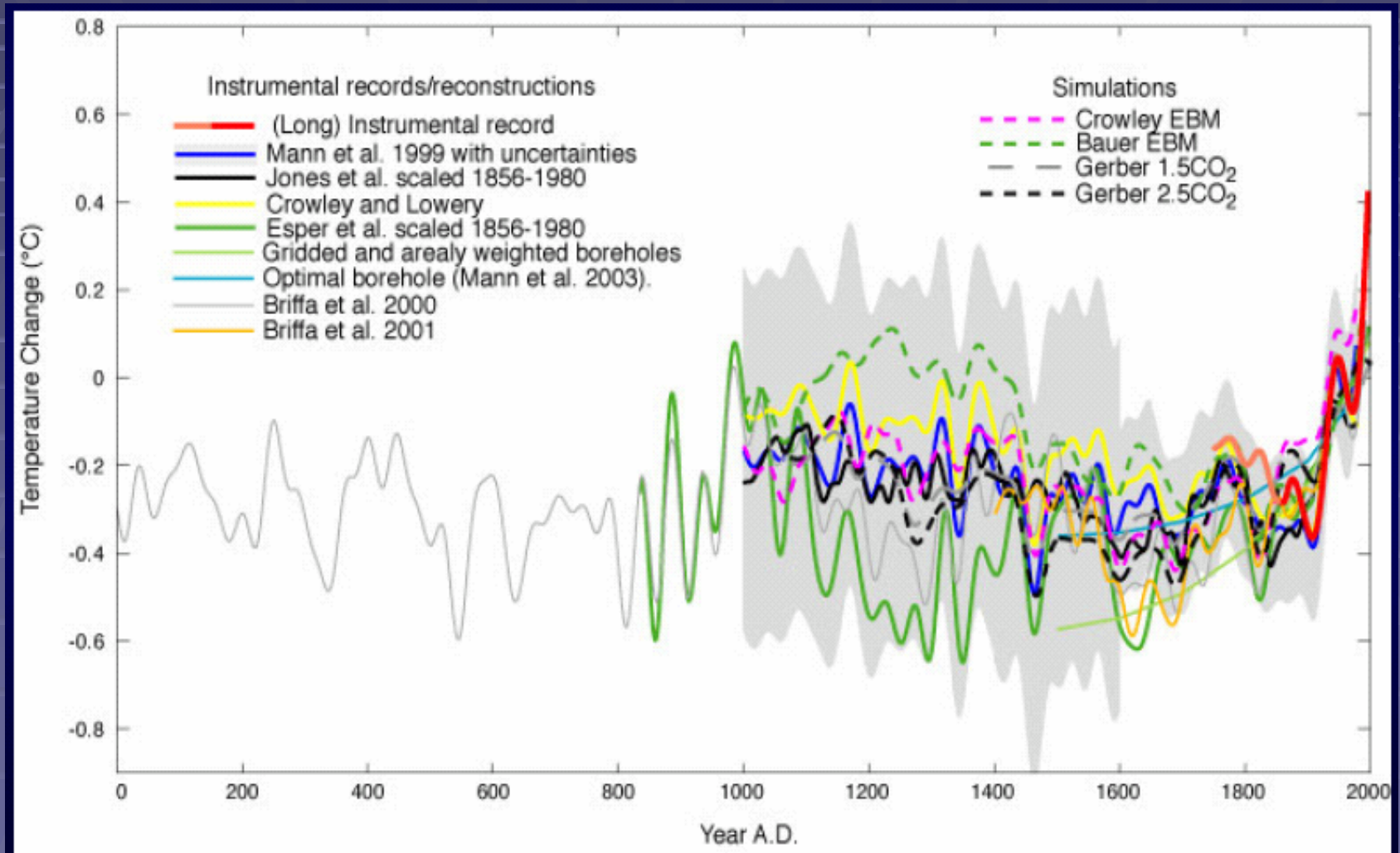
INDICE DI
ARIDITA' DI DE
MARTONNE - 1943

PRECIPITAZIONI NEVOSE MEDIE ANNUE
(in cm)



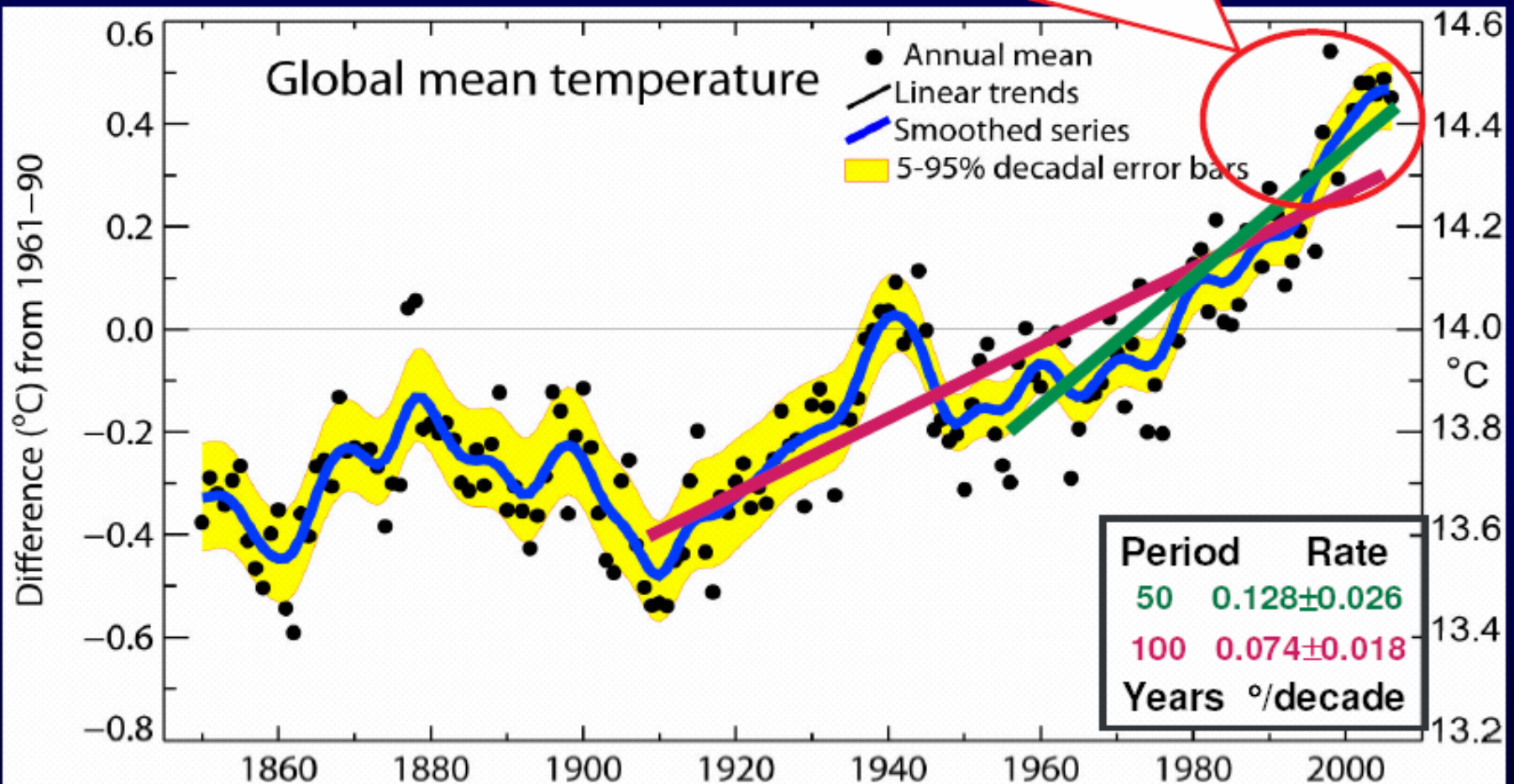


Tendenze climatiche: la normale ciclicità del segnale termico..



Aumento della temperatura globale

Warmest 12 years:
1998, 2005, 2003, 2002, 2004, 2006,
2001, 1997, 1995, 1999, 1990, 2000



Variazione delle precipitazioni

- Le serie storiche italiane più affidabili in questo campo non risalgono al secolo scorso, come nel caso della temperatura, ma sono più recenti e riguardano oltre 500 serie di precipitazioni giornaliere relative al periodo dal 1951-2006 (Fazzini 2005); dall'incrocio delle serie "secolari" (Brunetti et al 2001) con quelle "recenti" si evidenzia che:

Variazione delle precipitazioni - 2

Gli andamenti osservati in Italia sono **solo parzialmente analoghi con gli andamenti osservati a livello globale**. Ciò è dovuto alla particolare climatologia della regione mediterranea.

Gli studi in corso mostrano una **variazione della frequenza e della persistenza dei cicloni extratropicali sul bacino del Mediterraneo** ed una accelerazione della velocità e della intensità del ciclo idrologico complessivo mediterraneo.

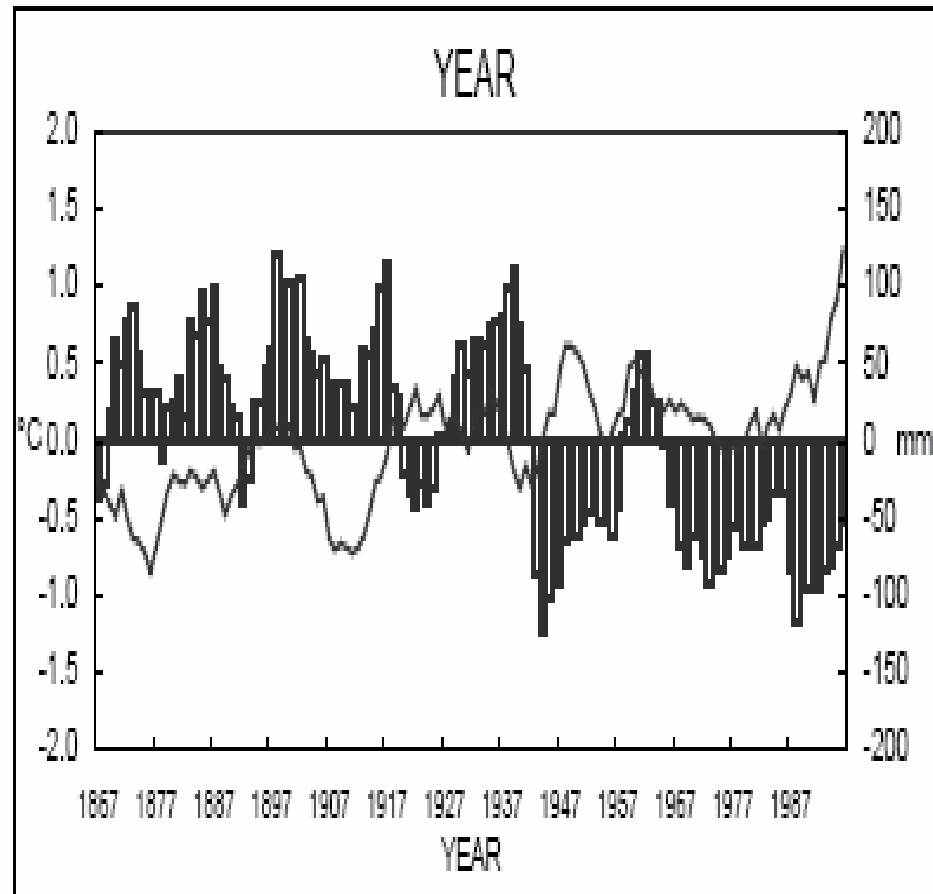
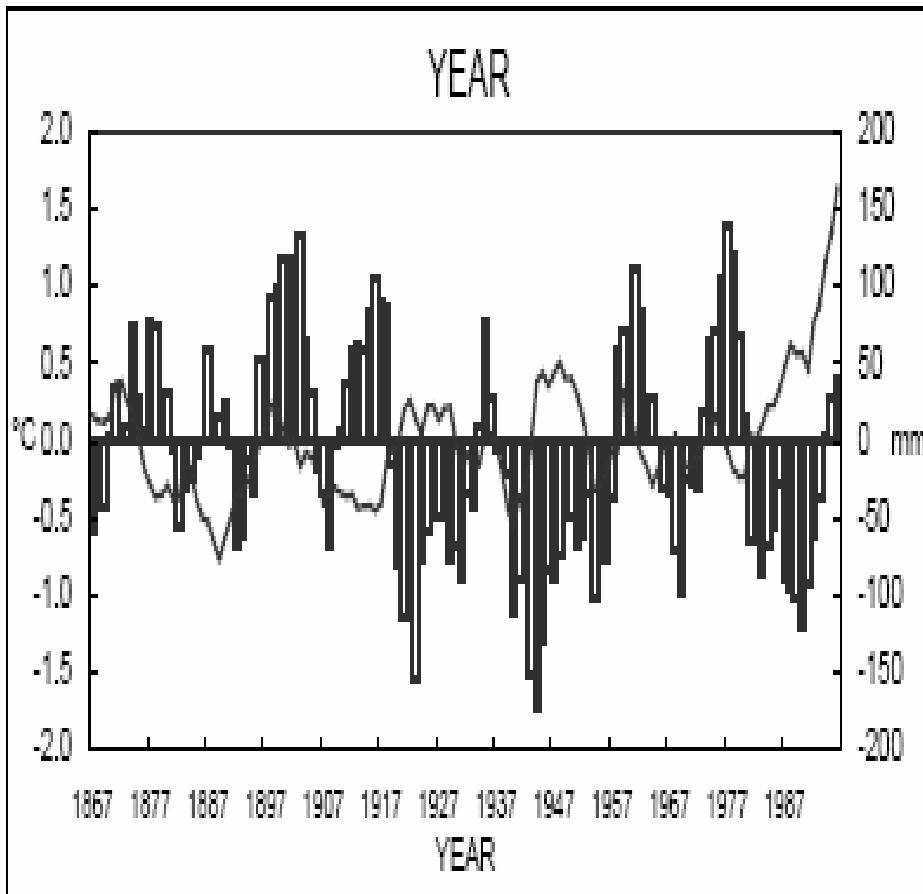
Variazioni delle precipitazioni - 3

- A partire dal secondo dopoguerra, le **precipitazioni totali sono diminuite** in tutto il territorio nazionale con maggiori riduzioni nelle regioni centro-meridionali, rispetto a quelle settentrionali
- **il numero complessivo dei giorni di pioggia** in tutto il territorio nazionale **è diminuito del 15%**, senza significative variazioni fra regioni settentrionali e regioni centro-meridionali,
- a livello stagionale si riscontra, in generale e per tutte le regioni, che la **riduzione dei giorni di pioggia è molto più elevata nella stagione invernale**

Variazione delle precipitazioni - 4

- a livello stagionale si riscontra, inoltre, una **tendenza generale all'aumento dell'intensità delle precipitazioni e ad una diminuzione della loro durata**
- **l'aumento dei fenomeni siccitosi riguarda tutte le regioni italiane**, ma la persistenza dei periodi di siccità è diversamente distribuita: nelle regioni settentrionali essa è maggiore in inverno mentre nelle regioni meridionali è maggiore in estate. **(QUESTO FINO AL 2008)**

I trend TP ultrasecolari annui...



Con T: spezzata e P: istogramma; **a sn Italia centro-settentrionale**, a dx Italia Meridionale ed Insulare

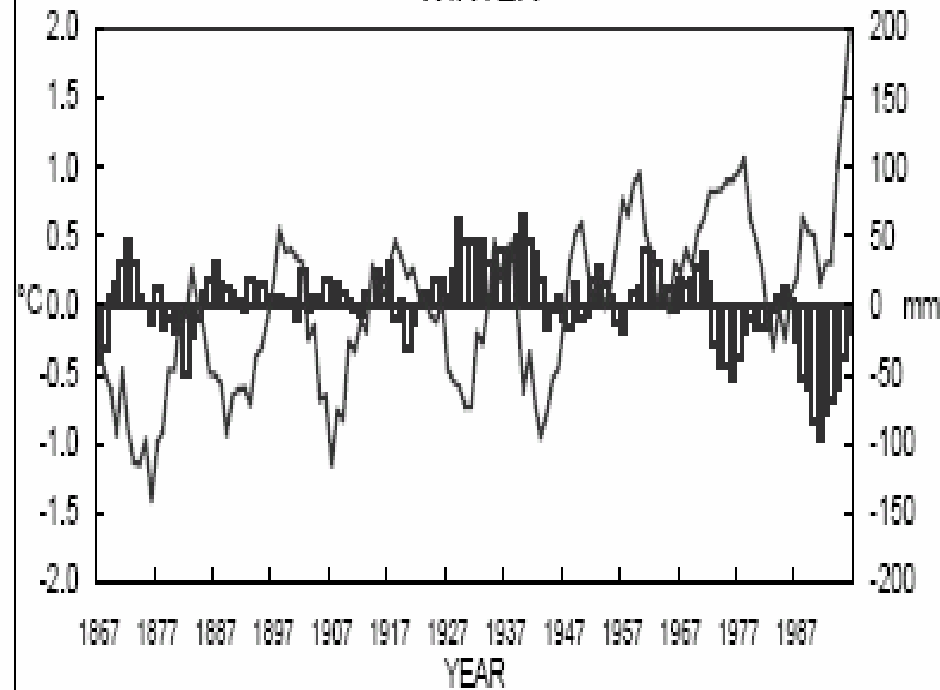
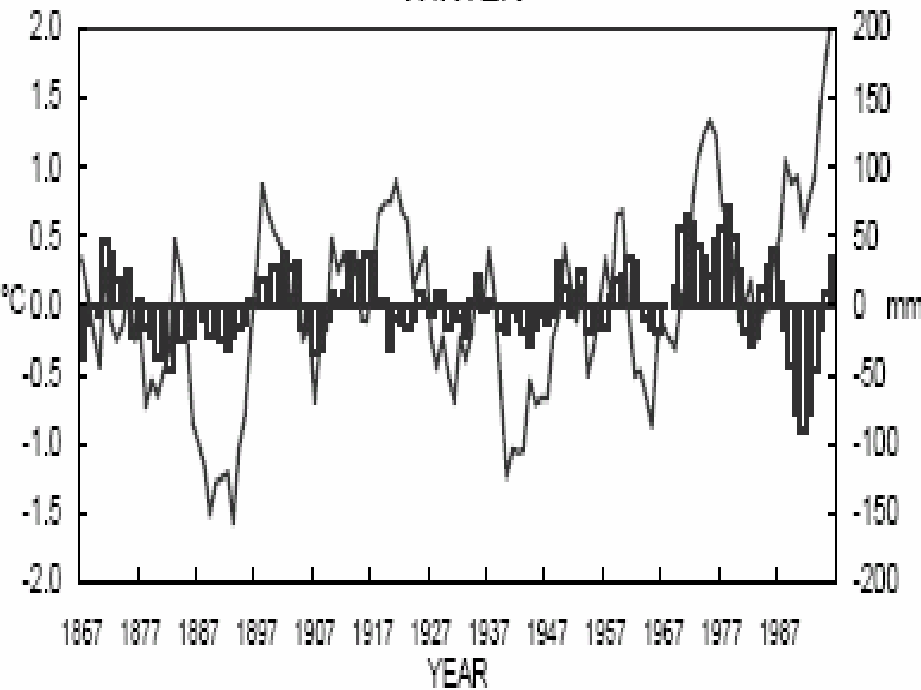
Quelli invernali

NORTH

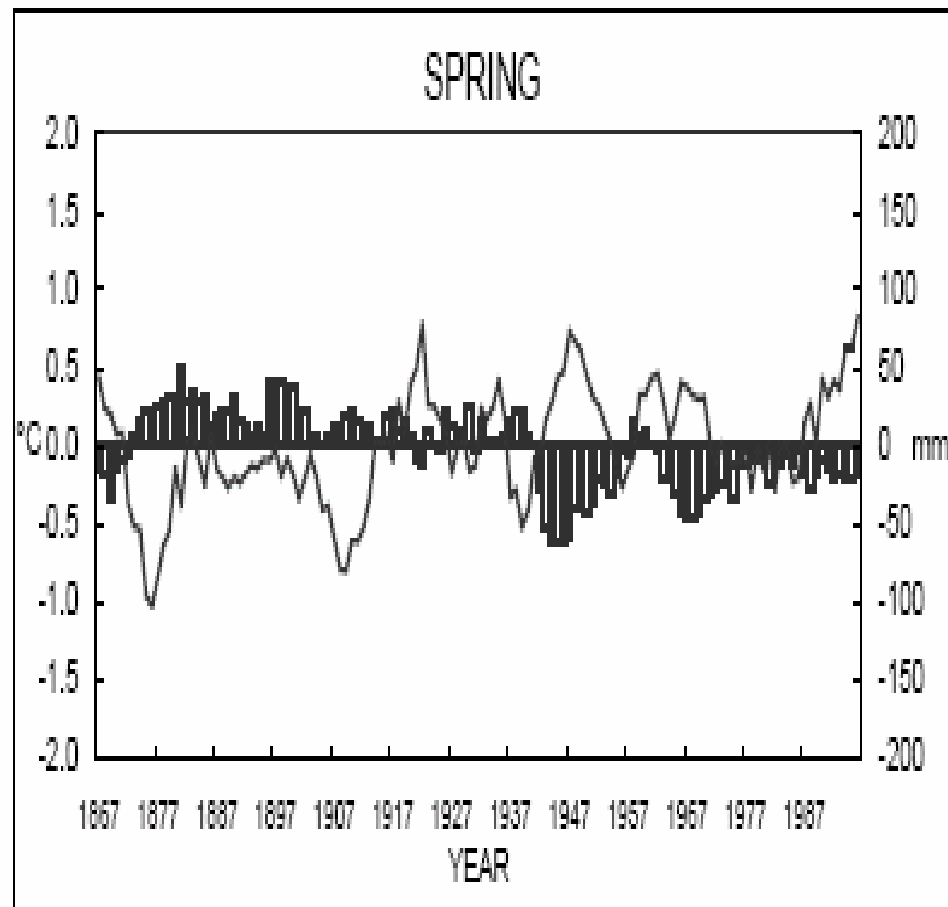
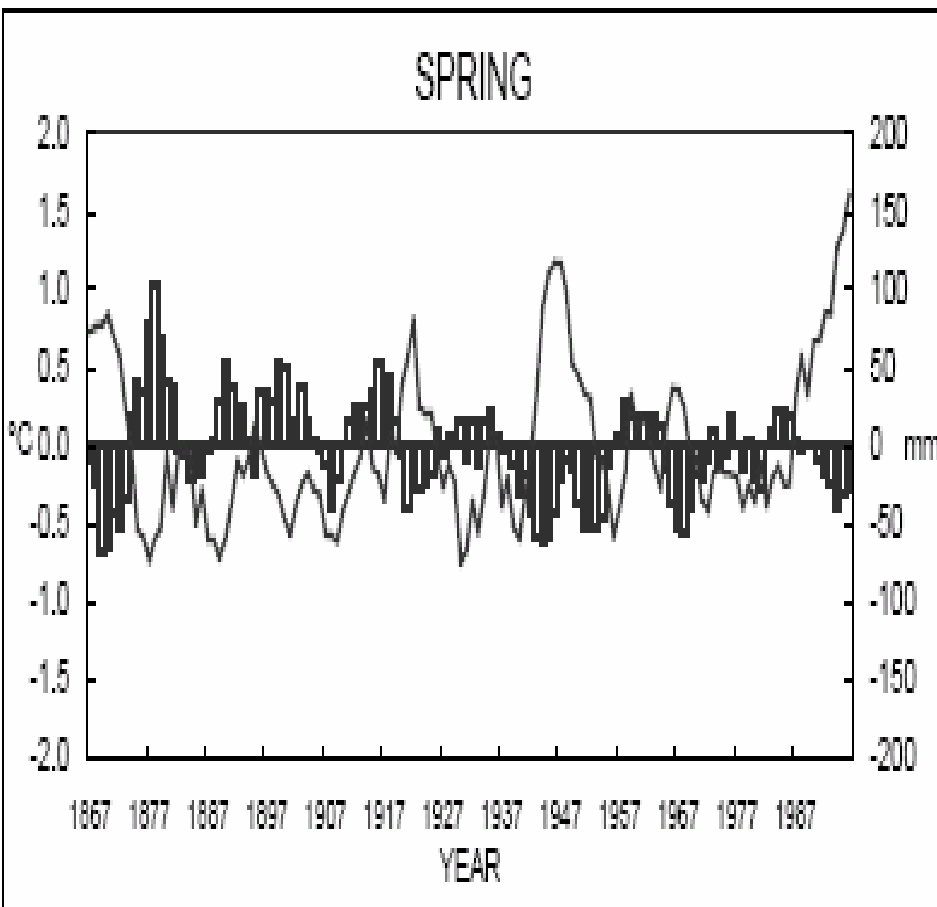
SOUTH

WINTER

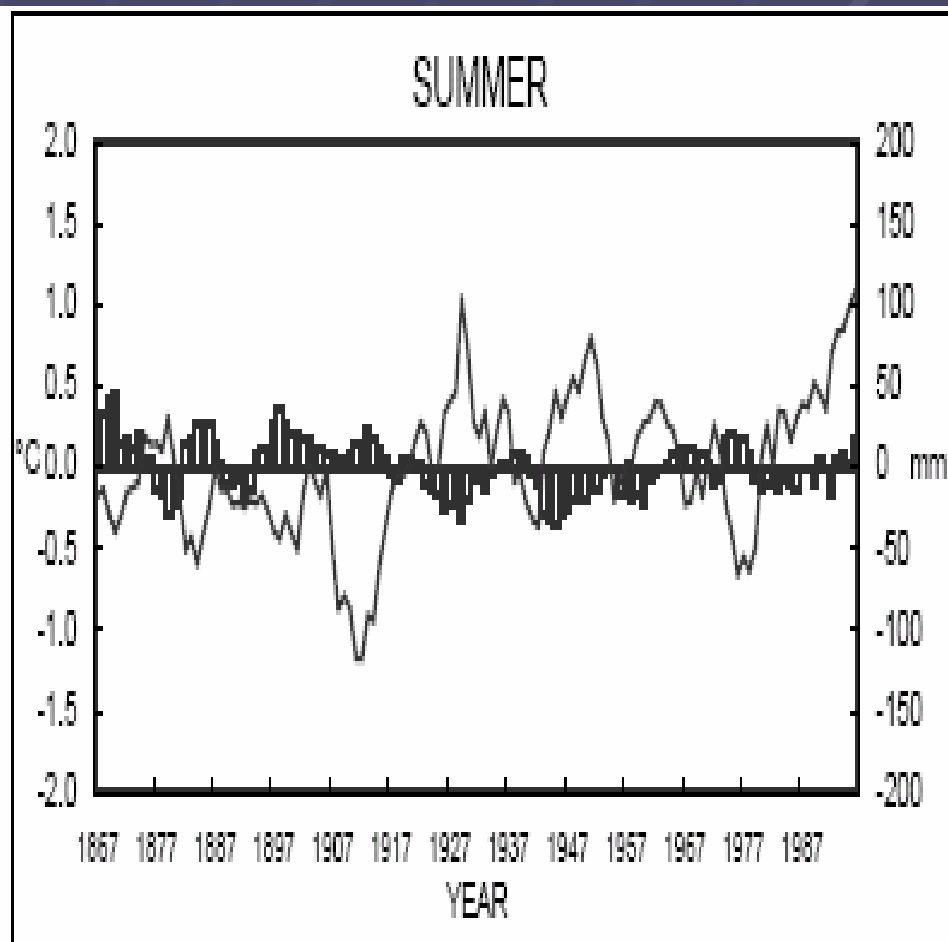
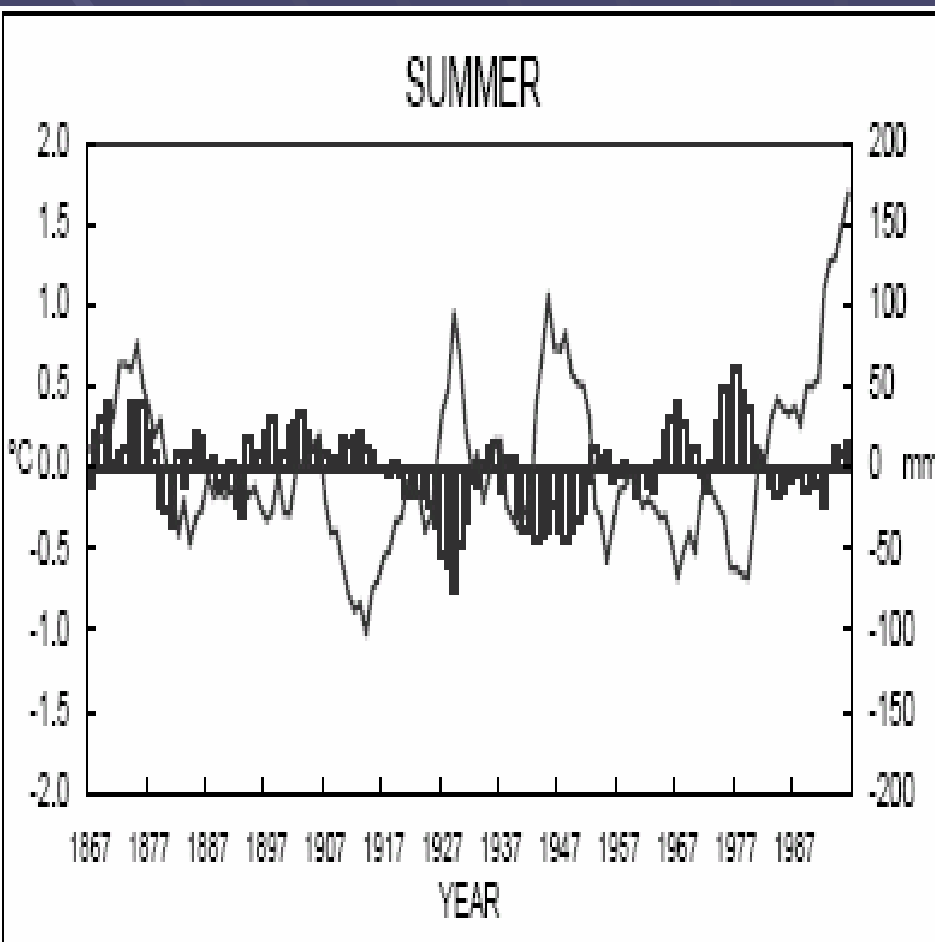
WINTER



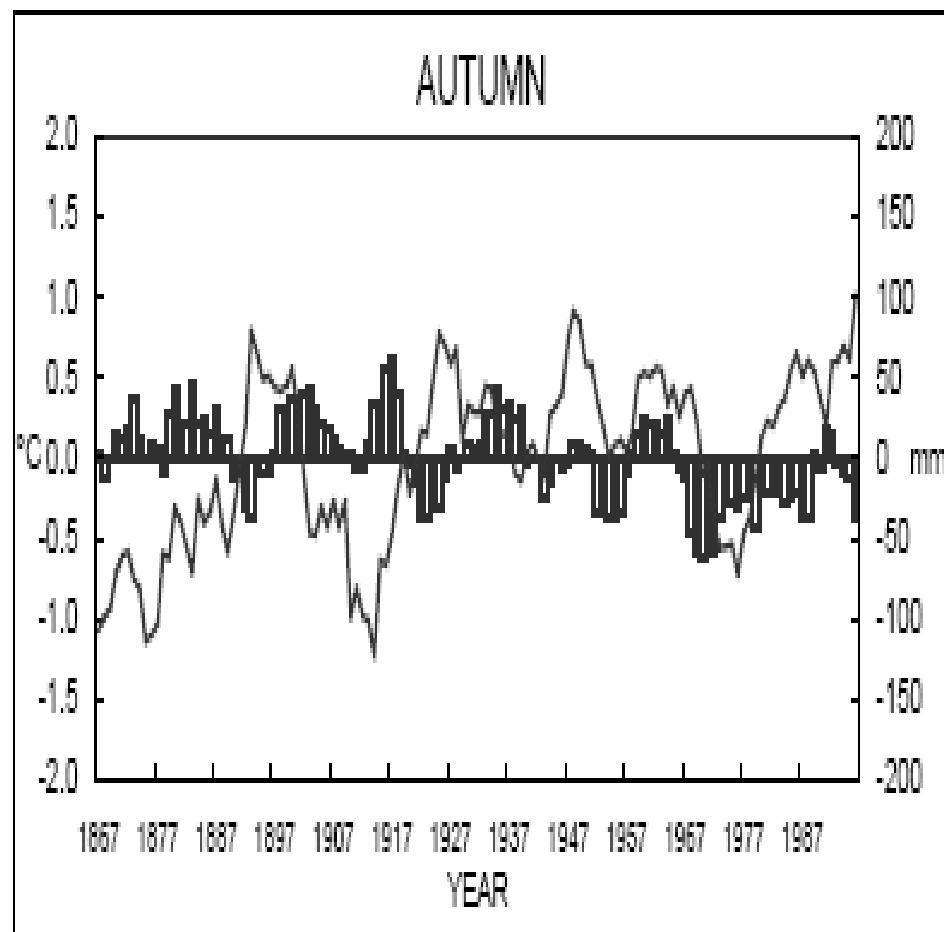
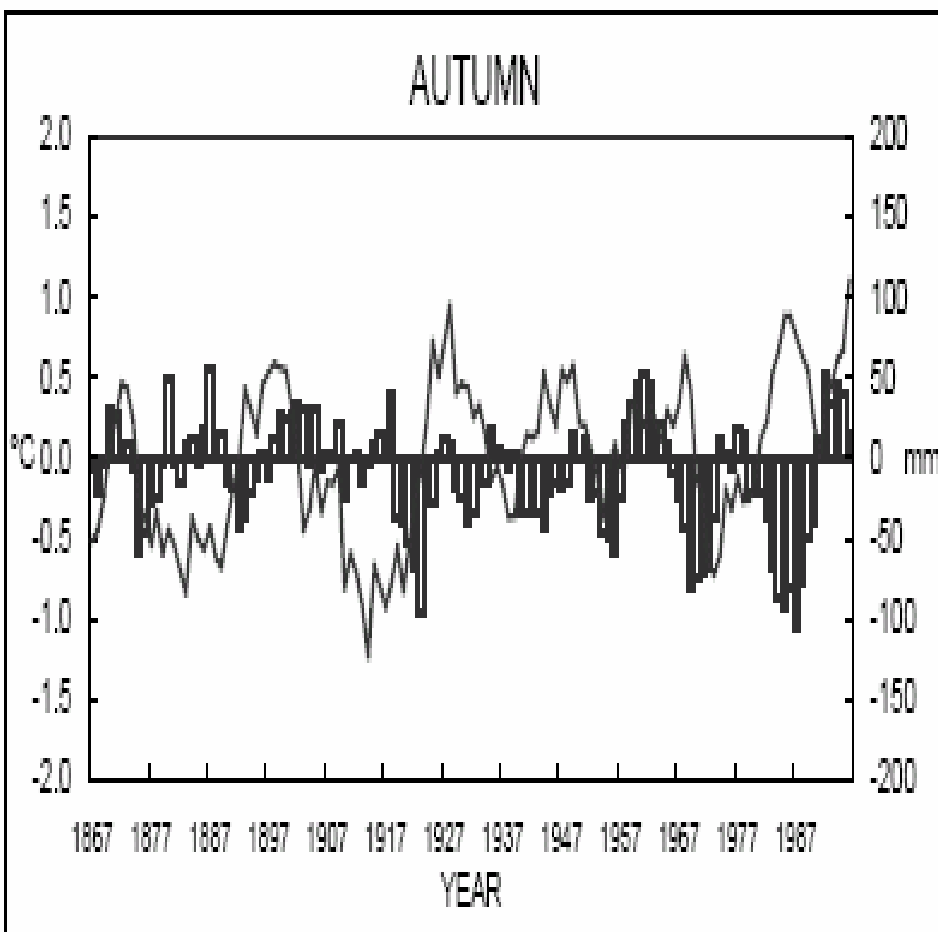
..primaverili



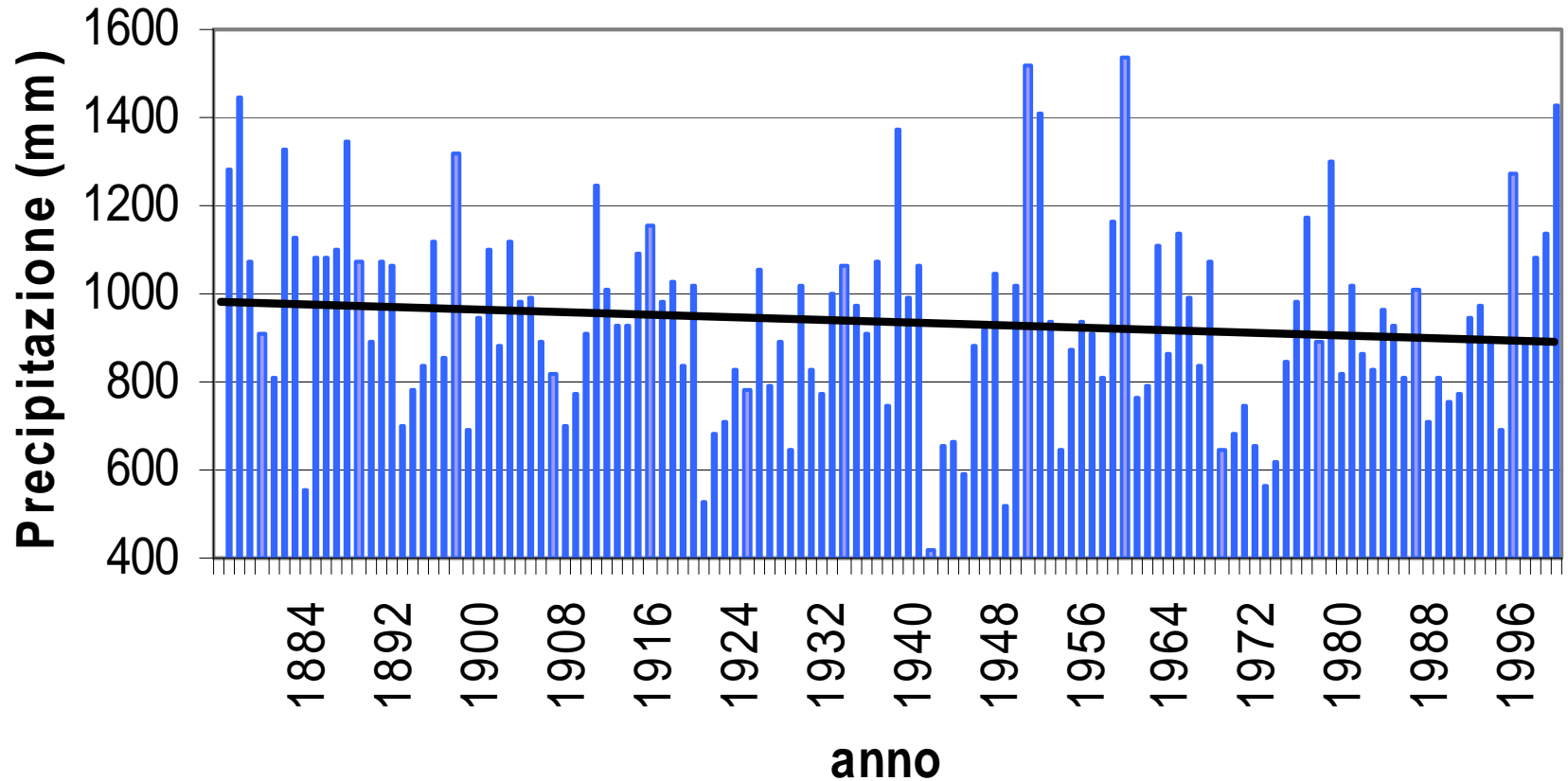
estivi



Ed autunnali



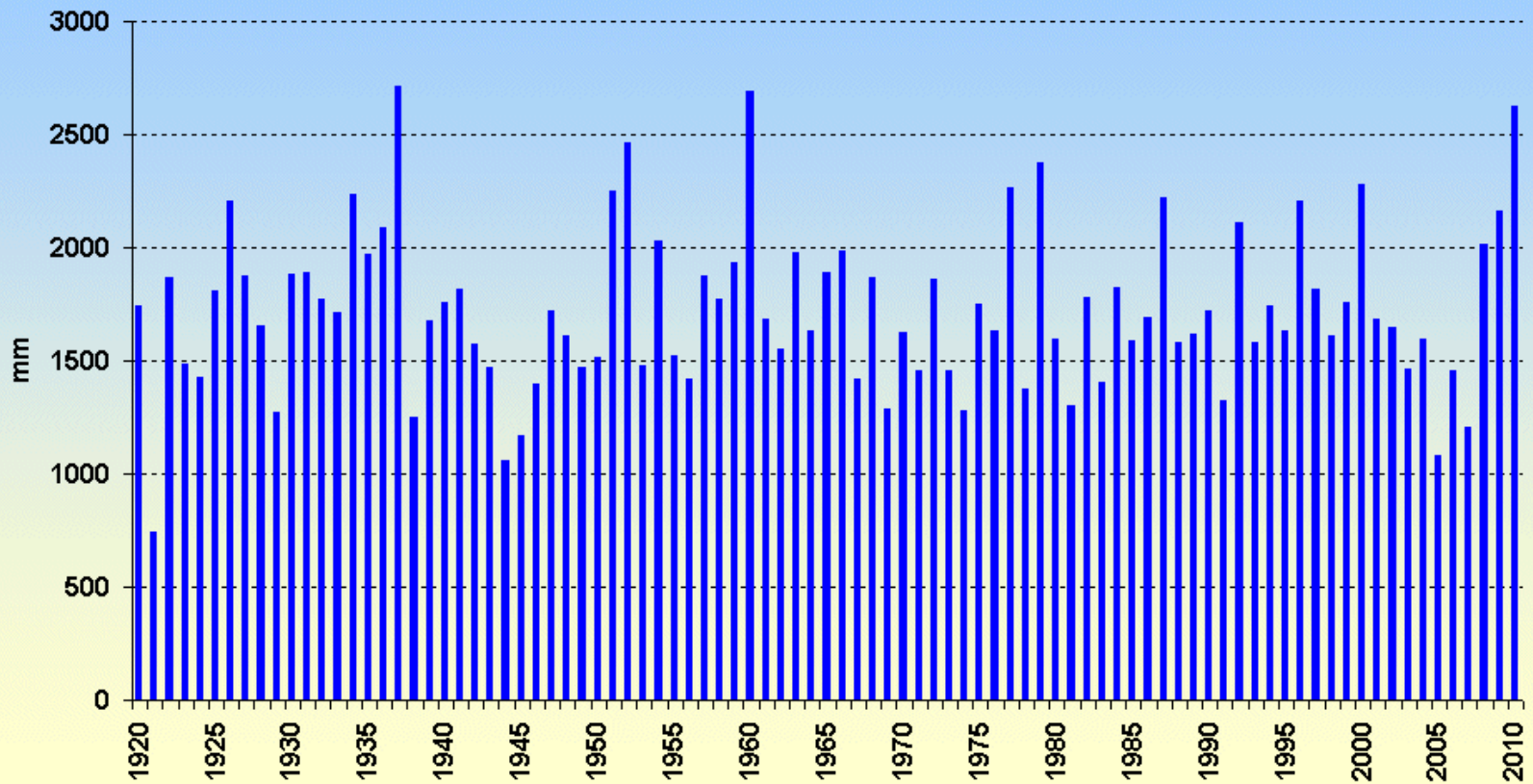
trend annuale di San Michele..



Tendenza: -138 ± 67 mm in 119 anni

E di Pontremoli..

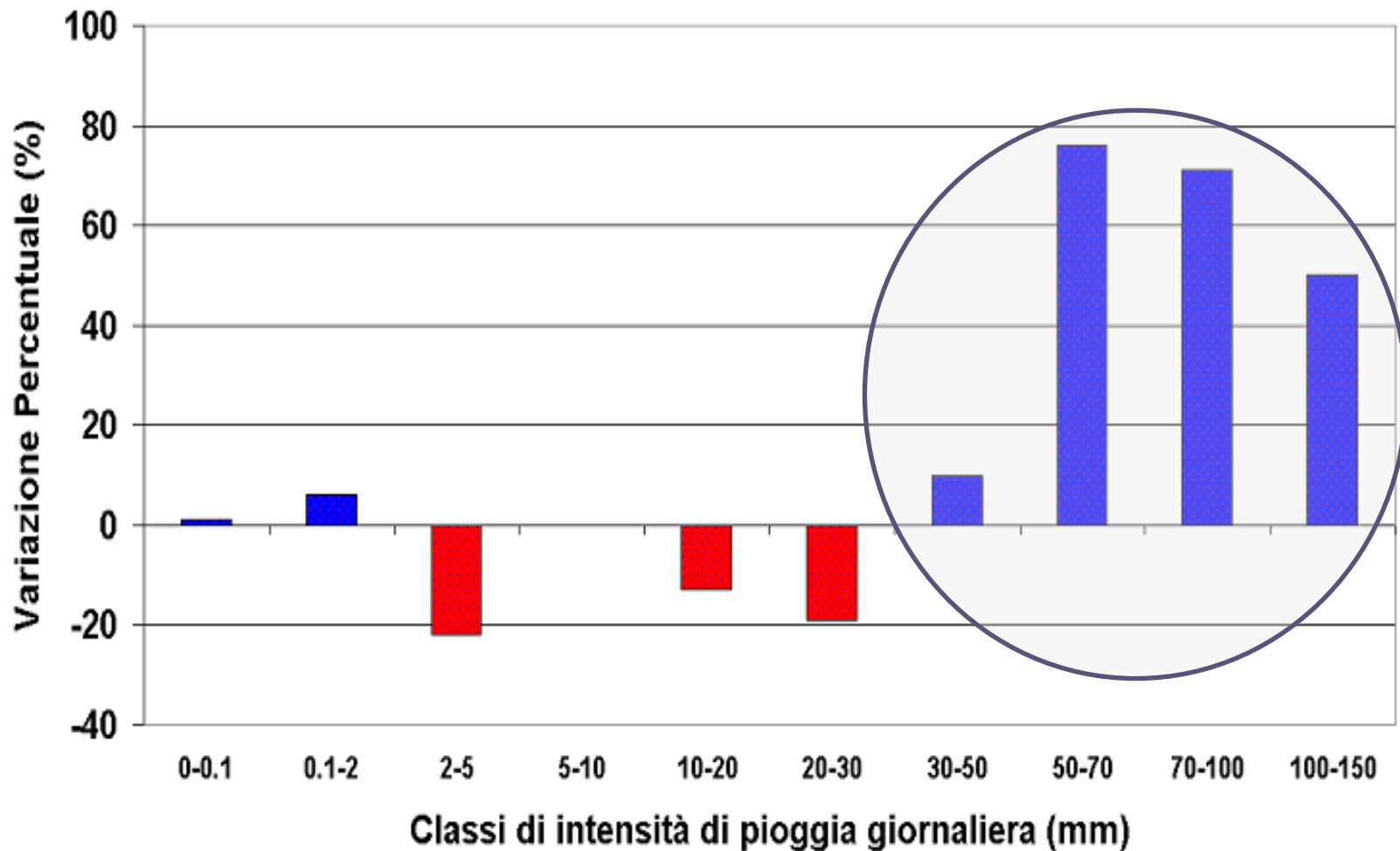
**Pontremoli (251 m) Precipitazioni totali annue
dal 1920 al 2010 (mm di pioggia e neve fusa)**



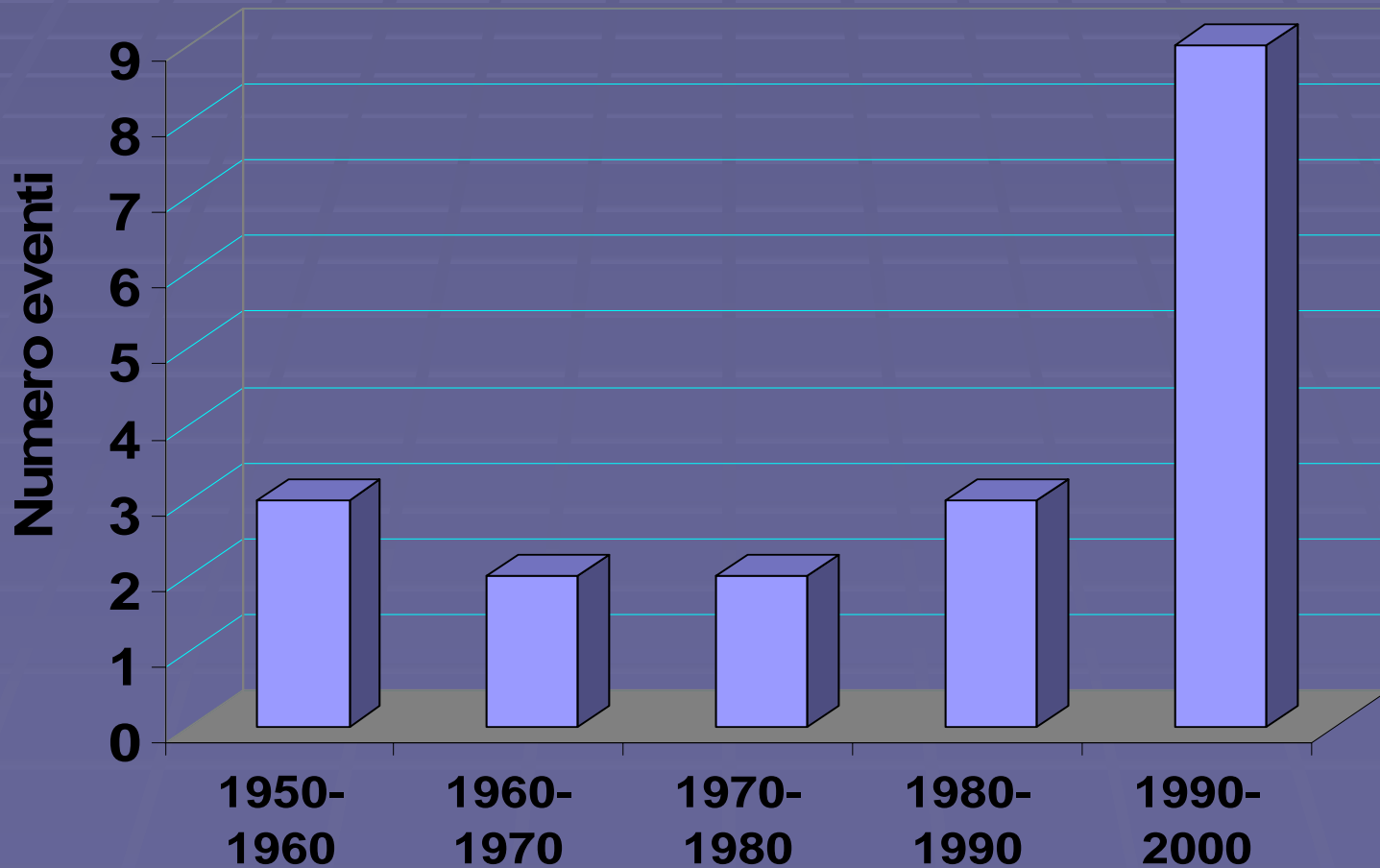
Il quadro riepilogativo

| | | $b \pm \sigma_b$ | | u | |
|------------------|---|------------------|----------------|------------|-------------|
| | | T (°C/100a) | P (mm/100a) | T | P |
| Inverno | N | 0.7±0.1 | 8±7 | 3.9 | <i>1.9</i> |
| | S | 0.9±0.1 | -16±7 | 7.6 | ns |
| Primavera | N | 0.3±0.1 | -20±7 | 2.7 | -2.6 |
| | S | 0.4±0.1 | -39±5 | 4.9 | -7.2 |
| Estate | N | 0.2±0.1 | -7±6 | Ns | -2.2 |
| | S | 0.5±0.1 | -17±4 | 5.3 | -4.2 |
| Autunno | N | 0.5±0.1 | -28±8 | 4.3 | -3.1 |
| | S | 0.8±0.1 | -33±6 | 6.3 | -5.1 |
| Anno | N | 0.4±0.1 | -47±17 | 4.5 | -3.0 |
| | S | 0.7±0.1 | -104±12 | 8.6 | -6.9 |

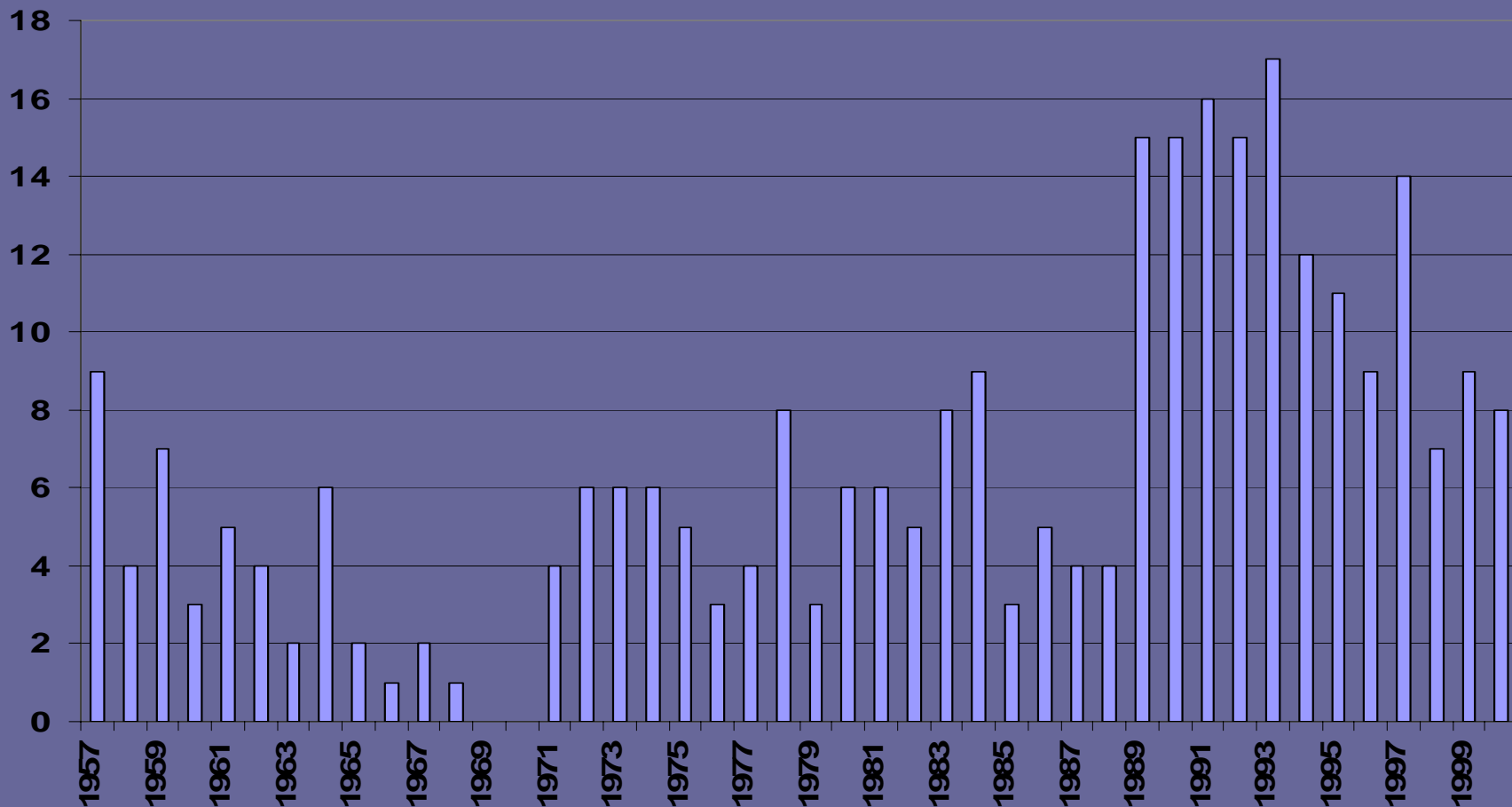
Variazione % della precipitazione giornaliera nel medio versante adriatico per classi di intensità (1981/2000 – 1961/1980)



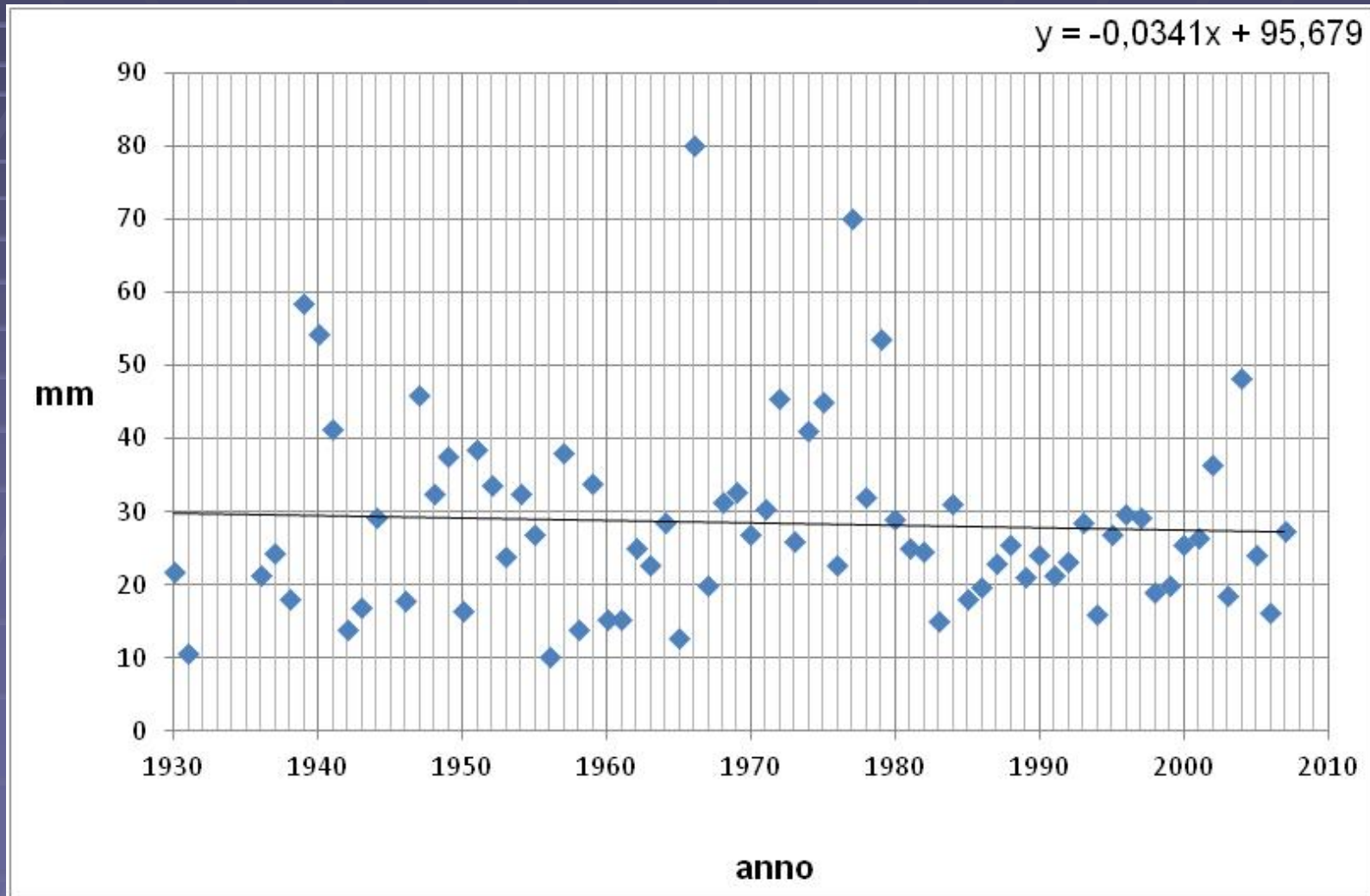
Aumento eventi estremi sul medio versante adriatico



Aumento della frequenza cicloni extratropicali



Il segnale climatico è però mediamente controcorrente in pianura padana



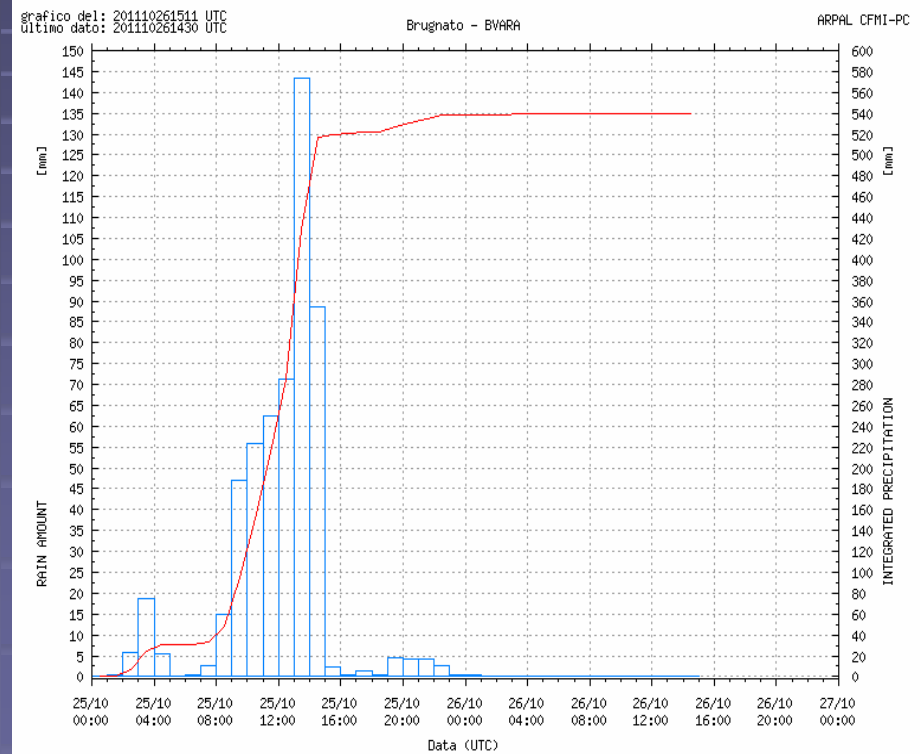
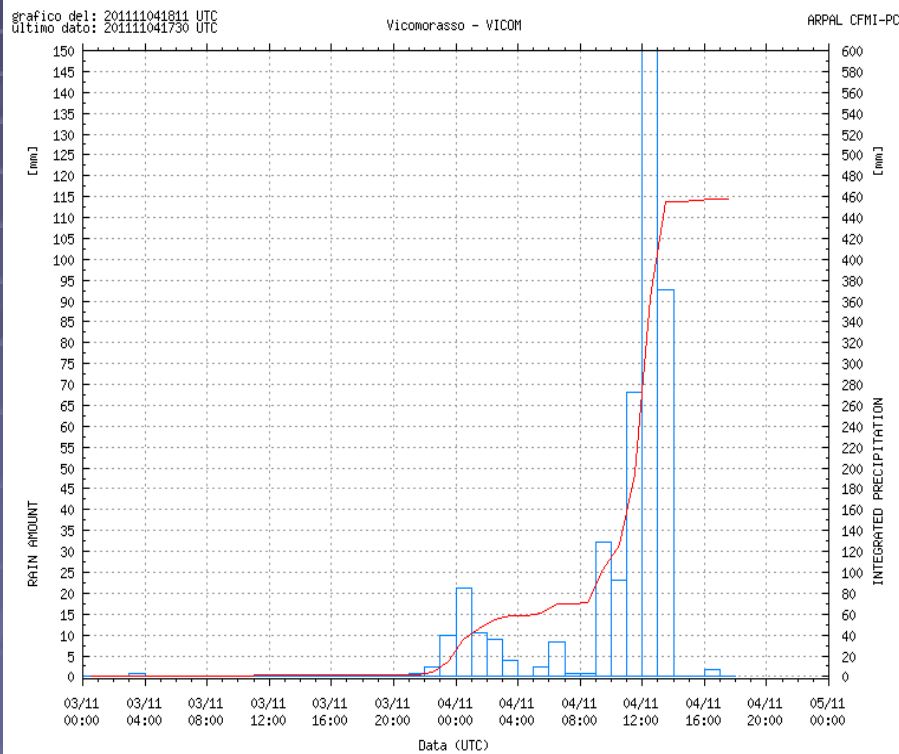
Ma le recenti alluvioni in Liguria..



Dimostrano che gli eventi estremi sono sempre più ricorrenti

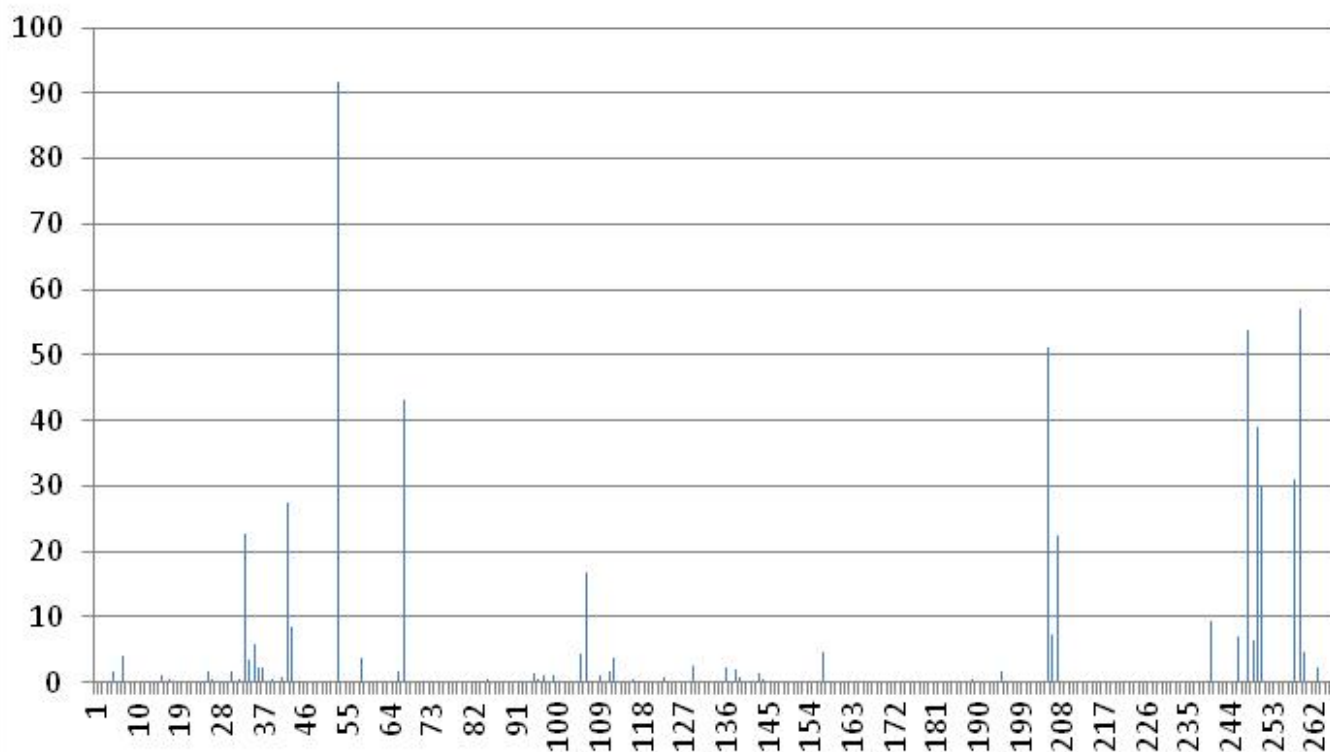


..e le precipitazioni di tipo "tropicale"



Ed anche il segnale del 2012..

Precipitazioni 2012 (mm)
San Benedetto del Tronto

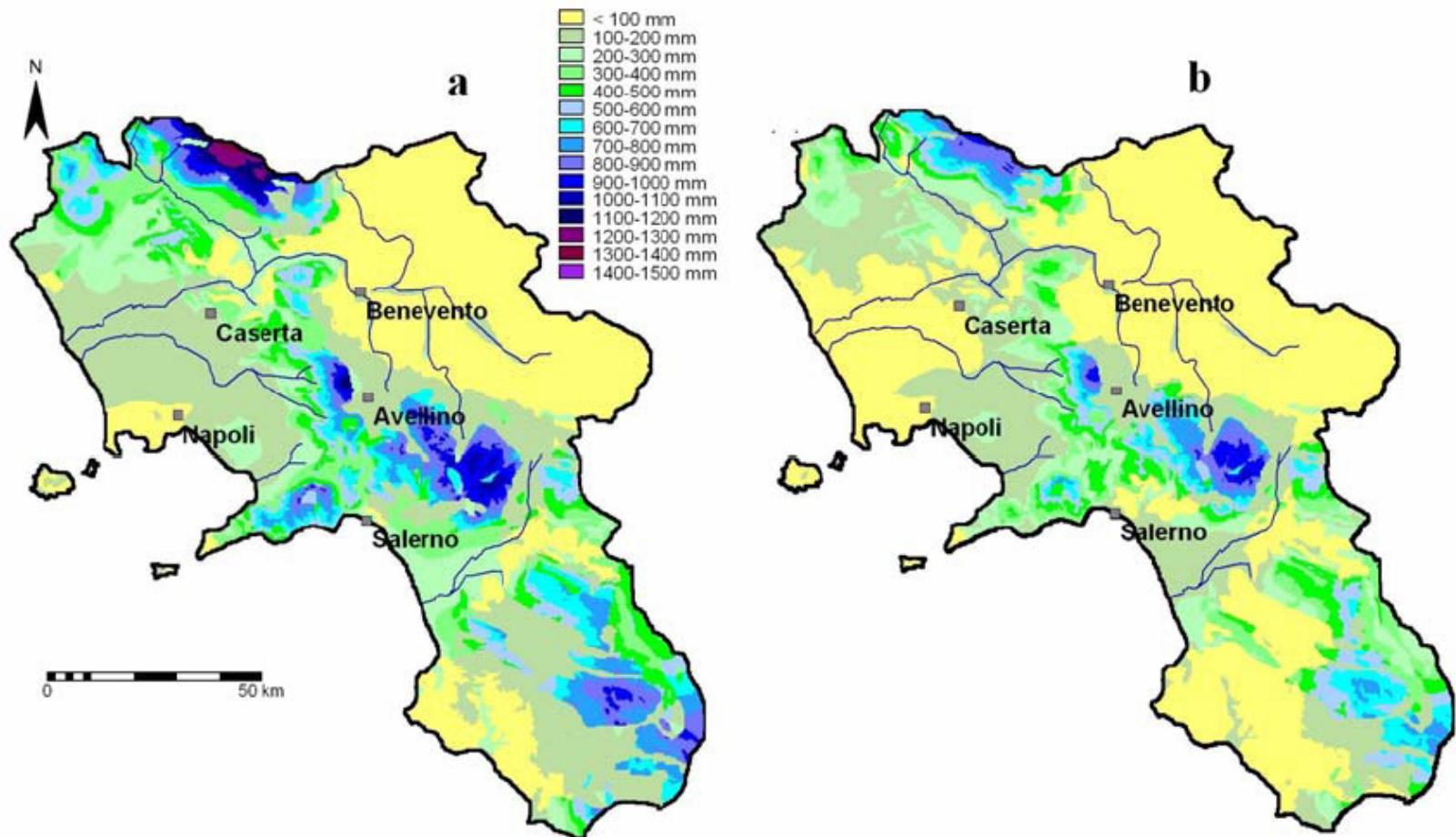


Media annua
1935-2012:
578 mm in
83 giorni

Sommatoria
al 25/9 576
mm in 34
giorni – **503**
mm in 14
giorni!!

Ed ecco le prime ripercussioni

DUCCI D., TRANFAGLIA G. (2005) - *L'impatto dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche sotterranee in Campania.*
Geologi (Boll. Ordine Geologi Della Campania). 1-4, 13-21.



Si dice che oramai non nevica più...



Variazione della nevosità

- **La frequenza degli eventi nevosi tende a diminuire omogeneamente in tutta l'area pedemontana alpina, nelle grandi valli alpine ed in genere nella pianura padano-veneta.**
- **Nella catena appenninica e nelle aree collinari e litoranee si osserva invece una lieve ma generale crescita, specie nella regione pugliese-lucana, mentre nell'Appennino centrale e nella Sicilia si osserva un segnale caratterizzato da tendenze contrastanti**

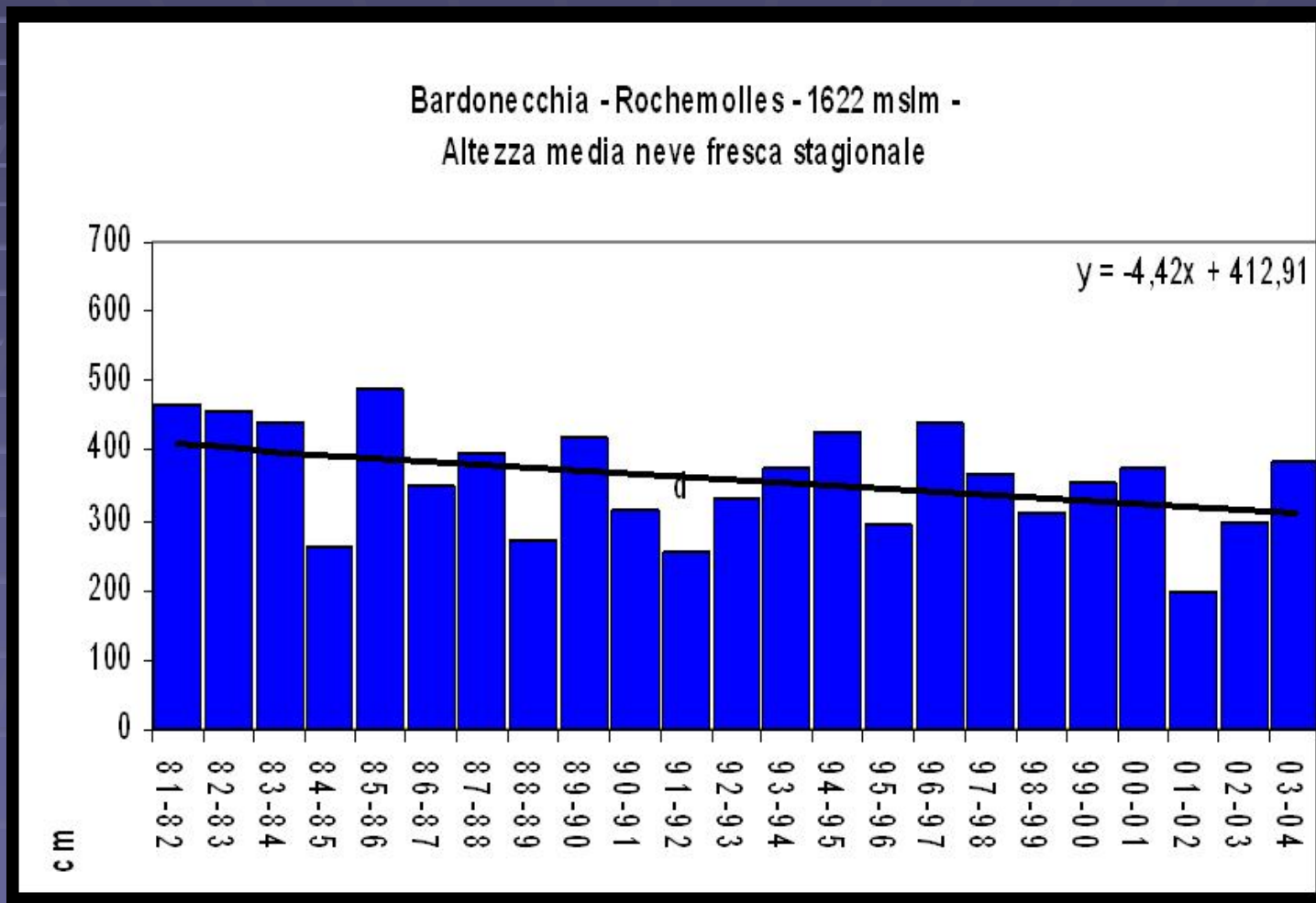
Variazione della nevosità

- **L'altezza totale della neve fresca tende a diminuire in maniera piuttosto generalizzata nell'area alpina ed appenninica settentrionale mentre si osservano segnali contrastanti nell'area appenninica centro-meridionale ed insulare.**
- **Solamente nella regione climatica del basso Adriatico (dall'Abruzzo alla Lucania) i totali tendono a crescere, localmente in maniera significativa (Fazzini 2008, Fazzini 2011, 2012).**

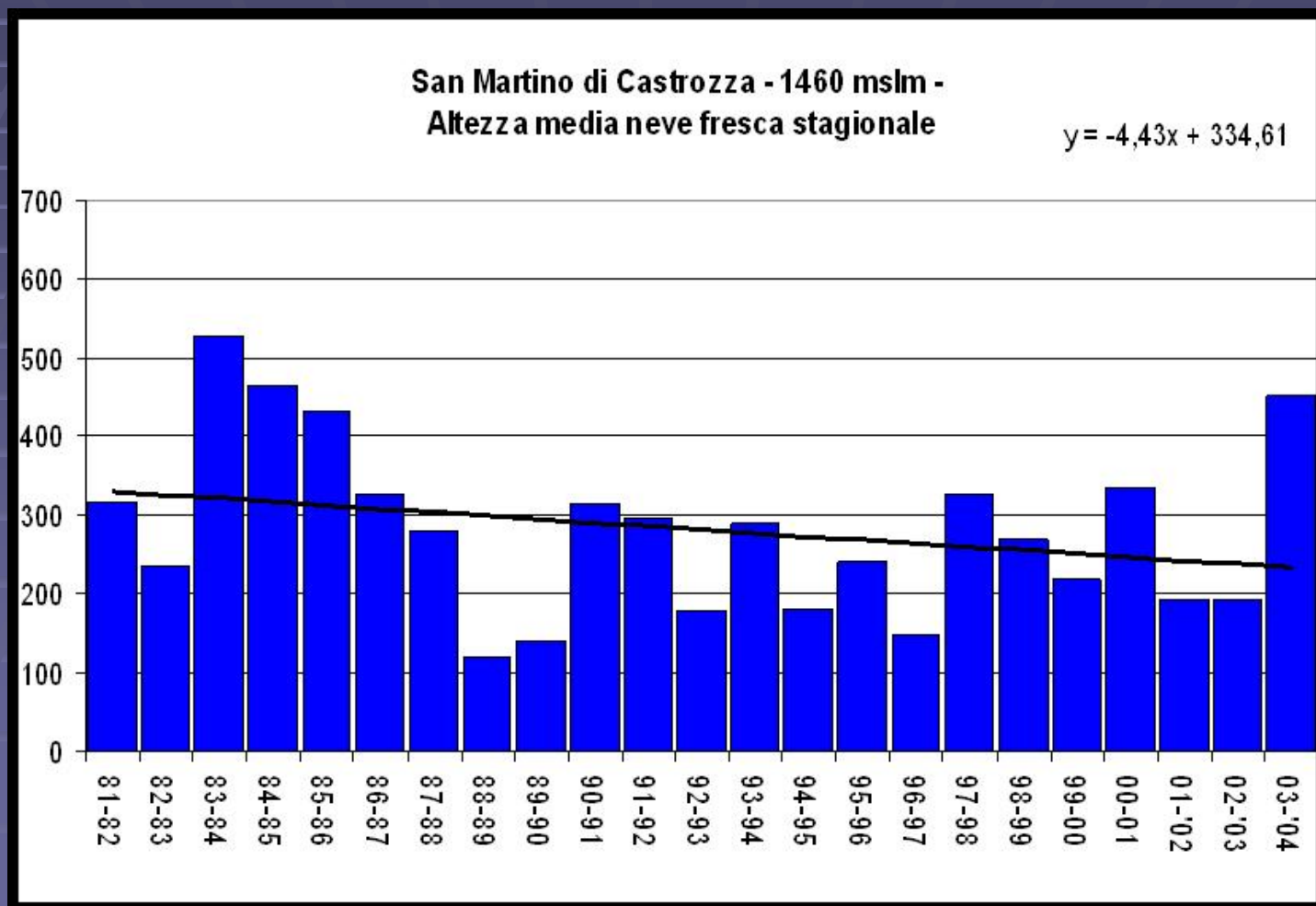
Variazioni della nevosità

- Relativamente alla **permanenza della neve al suolo**, pur evidenziando gli stessi segnali relativi alle due precedenti variabili nivologiche analizzate, risulta evidente come nei trend recenti non vi siano aumenti significativi della variabile neppure sul versante adriatico mentre siano netti i cali relativi alle stazioni dell'Italia settentrionale

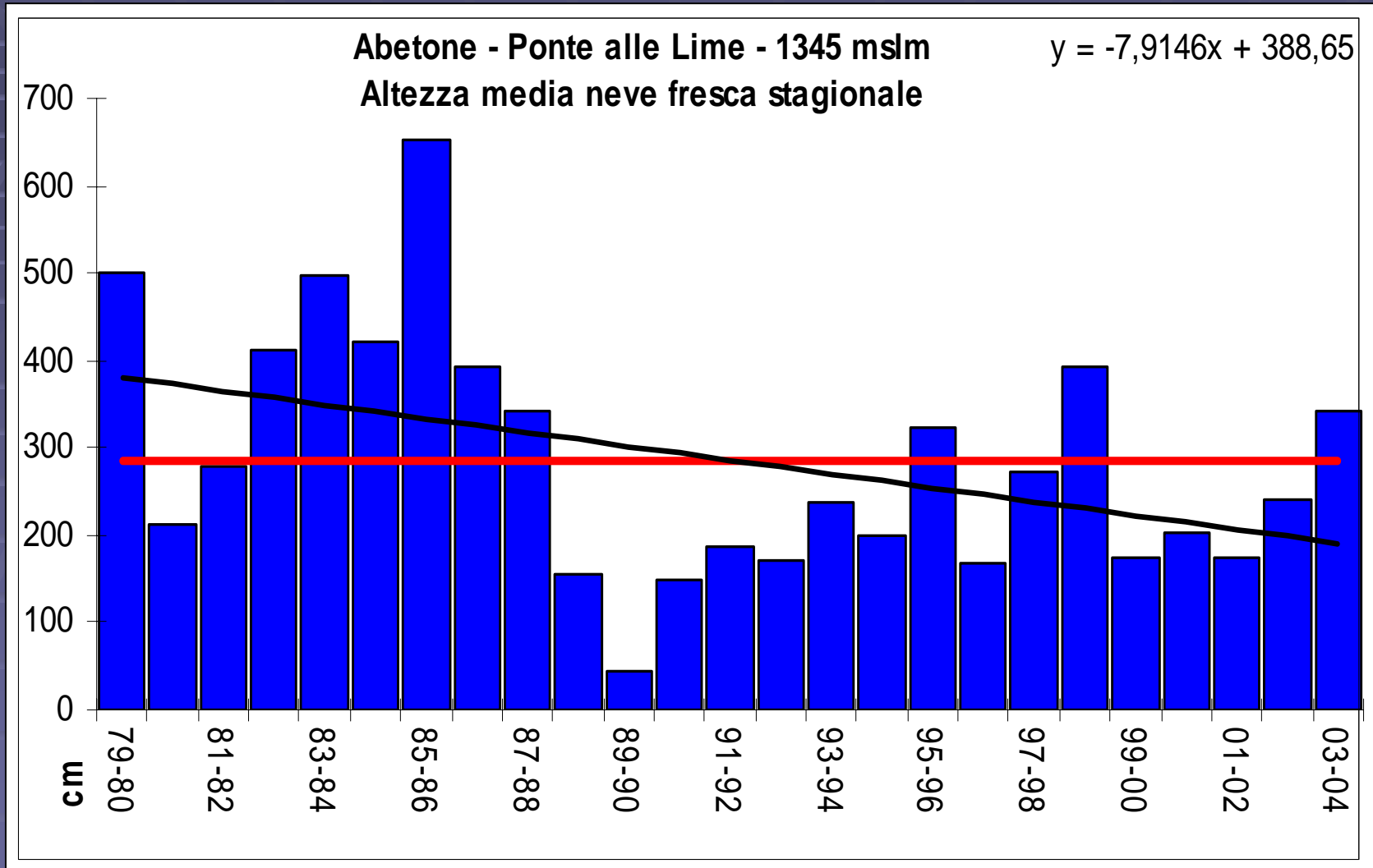
Qualche esempio di trend recente sulle Alpi occidentali..



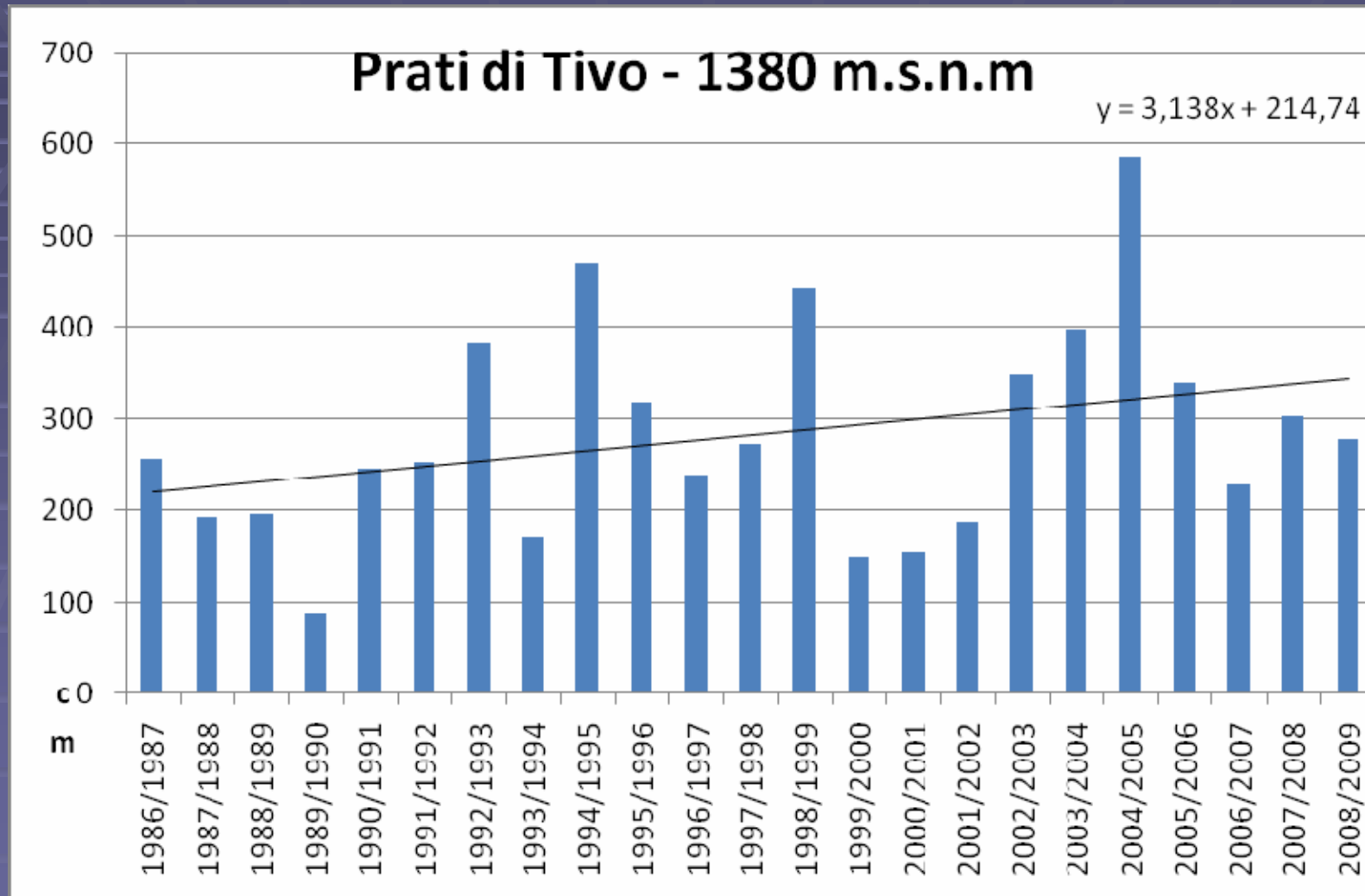
E sulle Dolomiti..



Anche sull'Appennino settentrionale la tendenza non cambia..

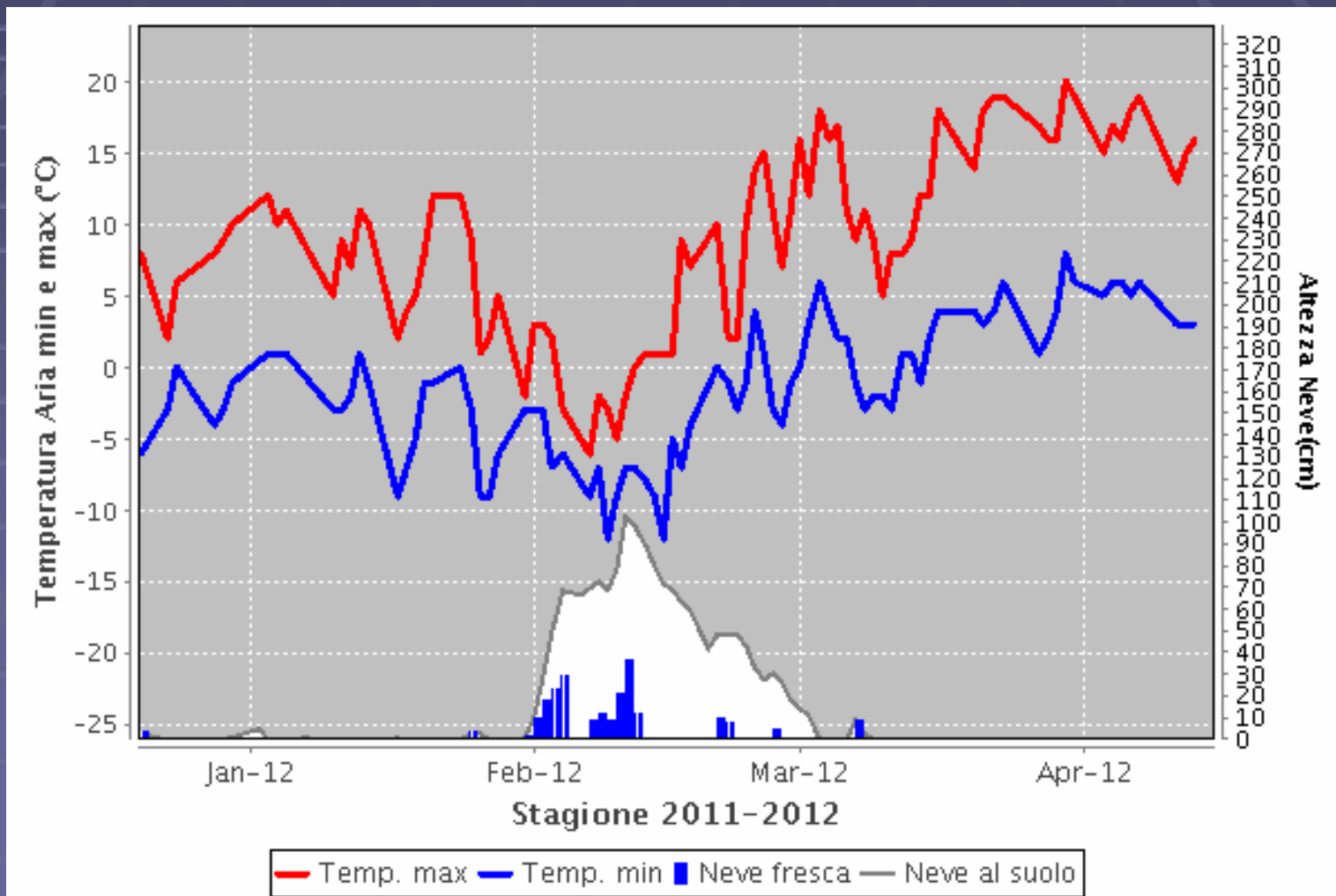


Mentre al centro-sud, pur con forti oscillazioni intrastagionali
nevica di piu

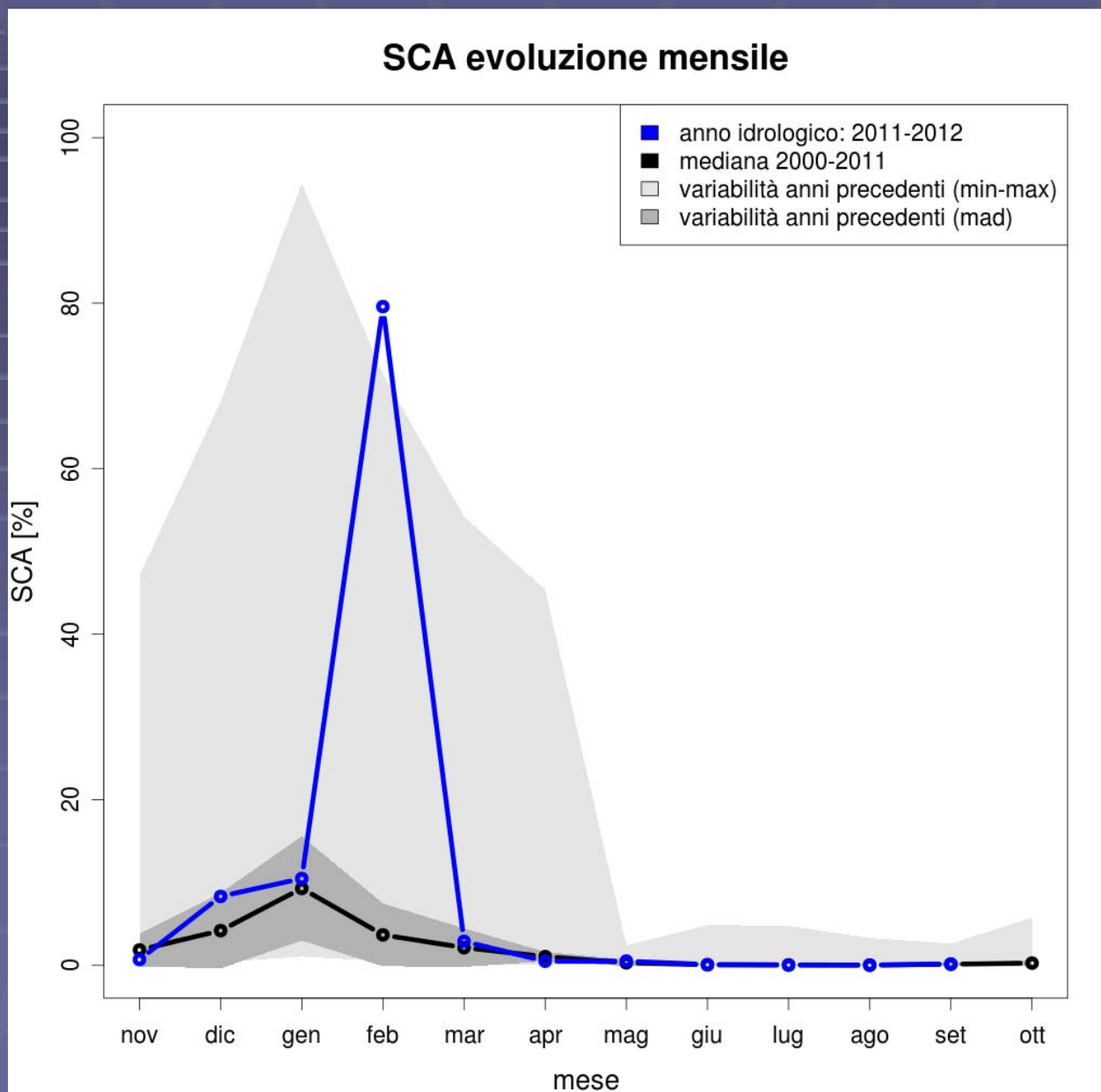


SEGNALE MOLTO POSITIVO MA...

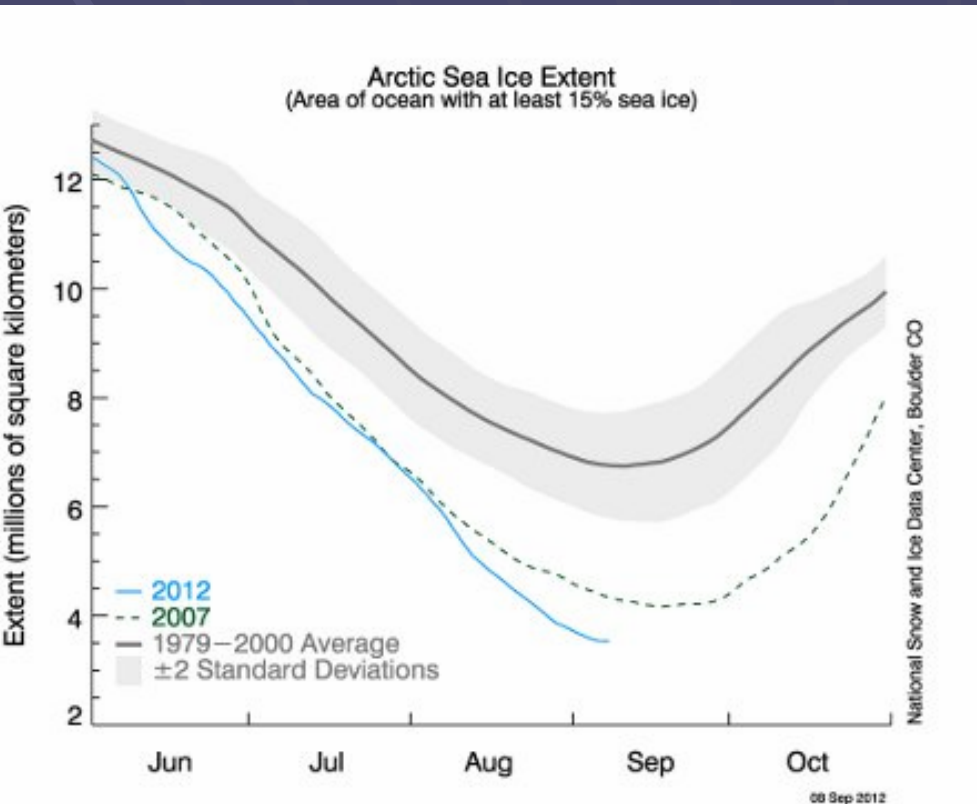
La stagione 2011-12..un esempio dell'irregolarità del segnale – Montemonaco



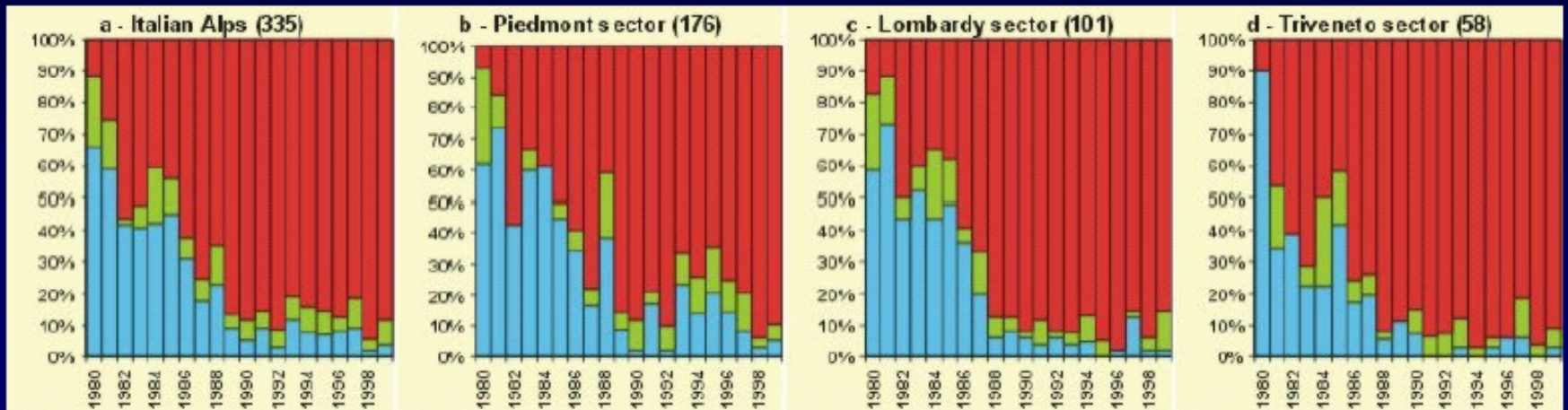
Il conforto delle immagini MODIS – regione Molise



L'anno nero per il pack artico..

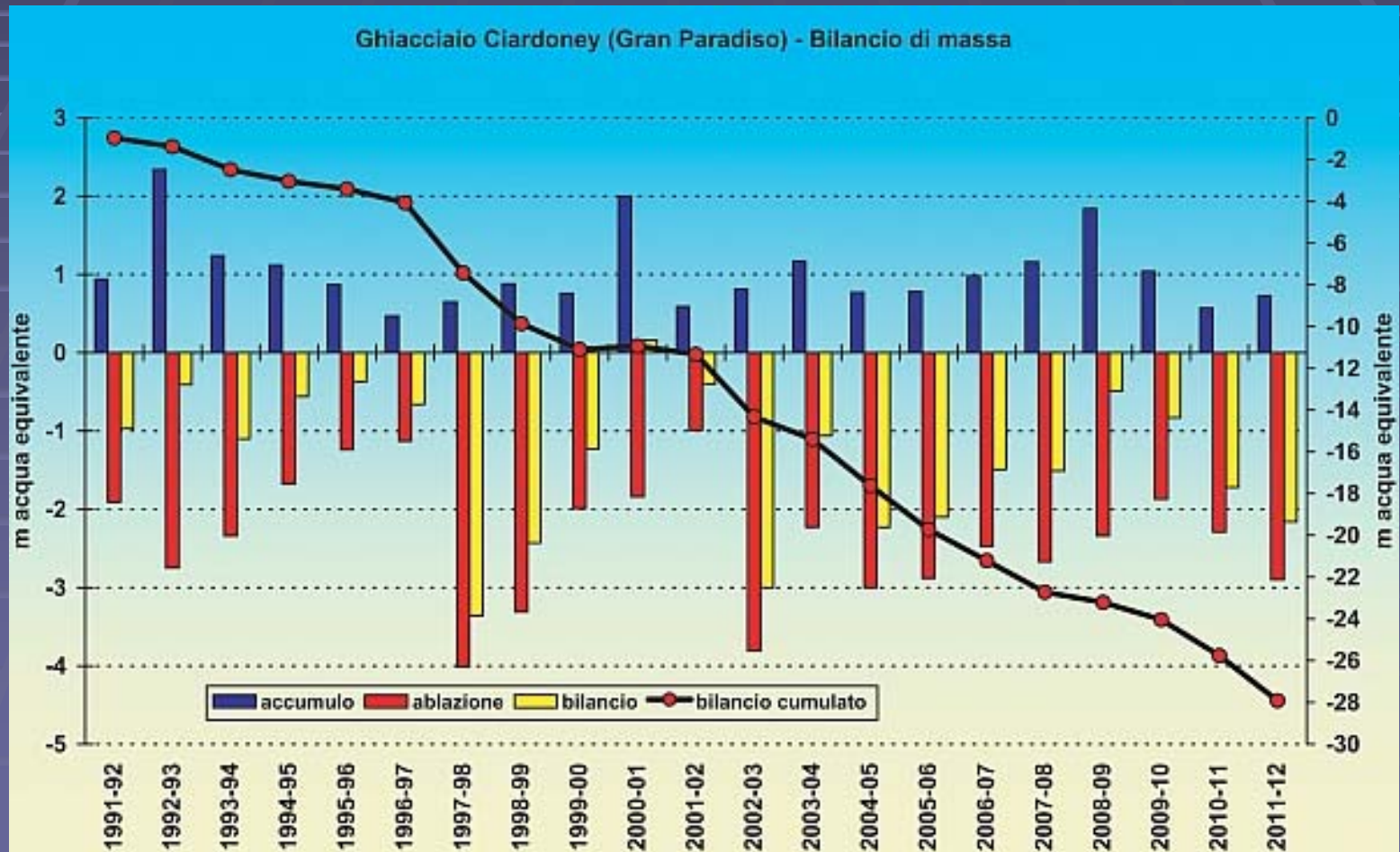


Variazione dei ghiacciai delle Alpi Italiane



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).

Un segnale impietoso



L'evoluzione in pochi anni...



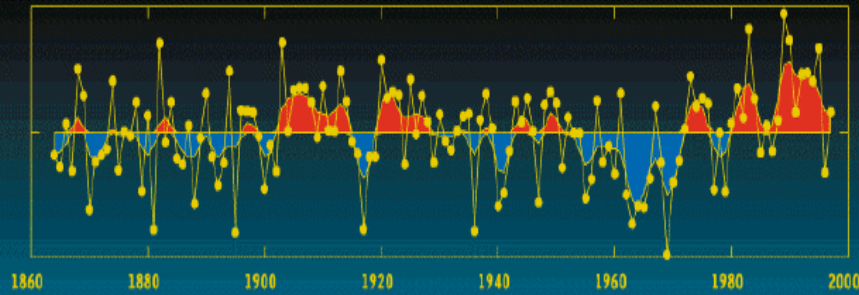
Ma in aree extratropicali..



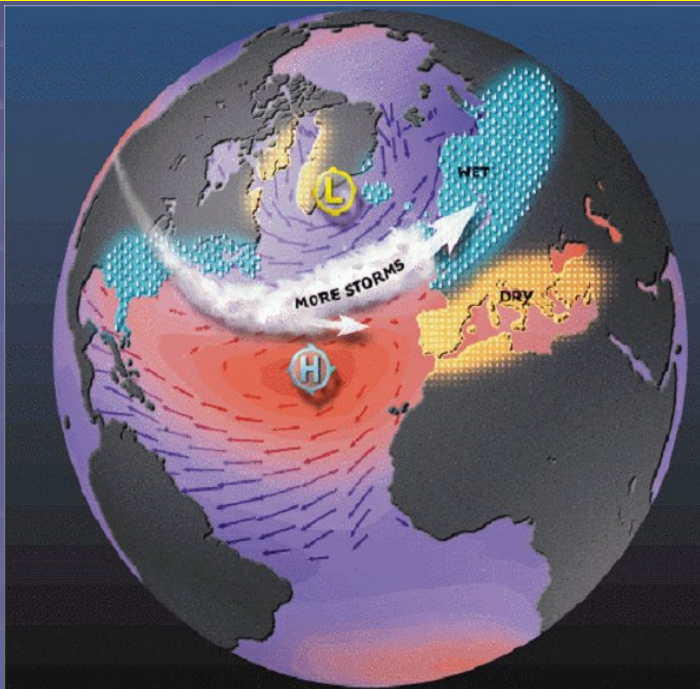
- **Ghiacciai del Karakorum in controtendenza** - E' ben noto che la quasi totalità dei ghiacciai presenti sul pianeta è in fase di ritiro: un trend che ha avuto inizio circa 150 anni fa con la fine della "Piccola Era Glaciale" e che nell'ultimo trentennio è stato particolarmente accentuato. Questo comportamento è indubbiamente imputabile al concomitante aumento della temperatura globale del pianeta. C'è però un'eccezione: si tratta dei ghiacciai del Karakorum, appartenenti alla catena dell'Himalaya, che nell'ultimo decennio hanno visto globalmente un aumento del loro volume.

IN TUTTO QUESTO C'E' LO ZAMPINO DELLA NAO....

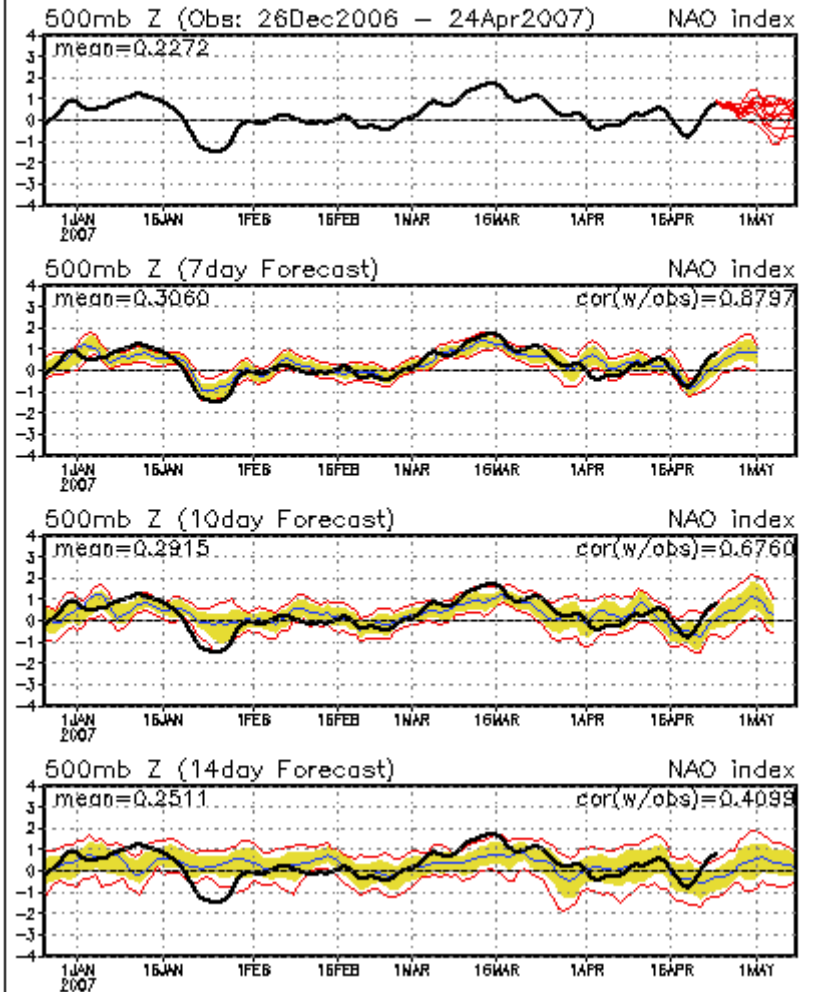
NAO Index



Indice NAO positivo



NAO: Observed & ENSM forecasts



Variazione qualità dei suoli, dell'acque e rischio desertificazione.

- Nel territorio nazionale, le aree aride, semi-aride e sub-umide secche, che si vanno lentamente trasformando in aree degradate, interessano attualmente il 47% della Sicilia, il 31.2% della Sardegna, il 60% della Puglia, ed il 54% della Basilicata.



CARTA DELLE AREE SENSIBILI ALLA DESERTIFICAZIONE

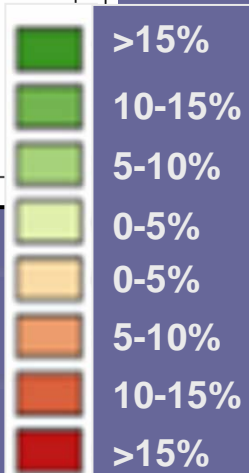
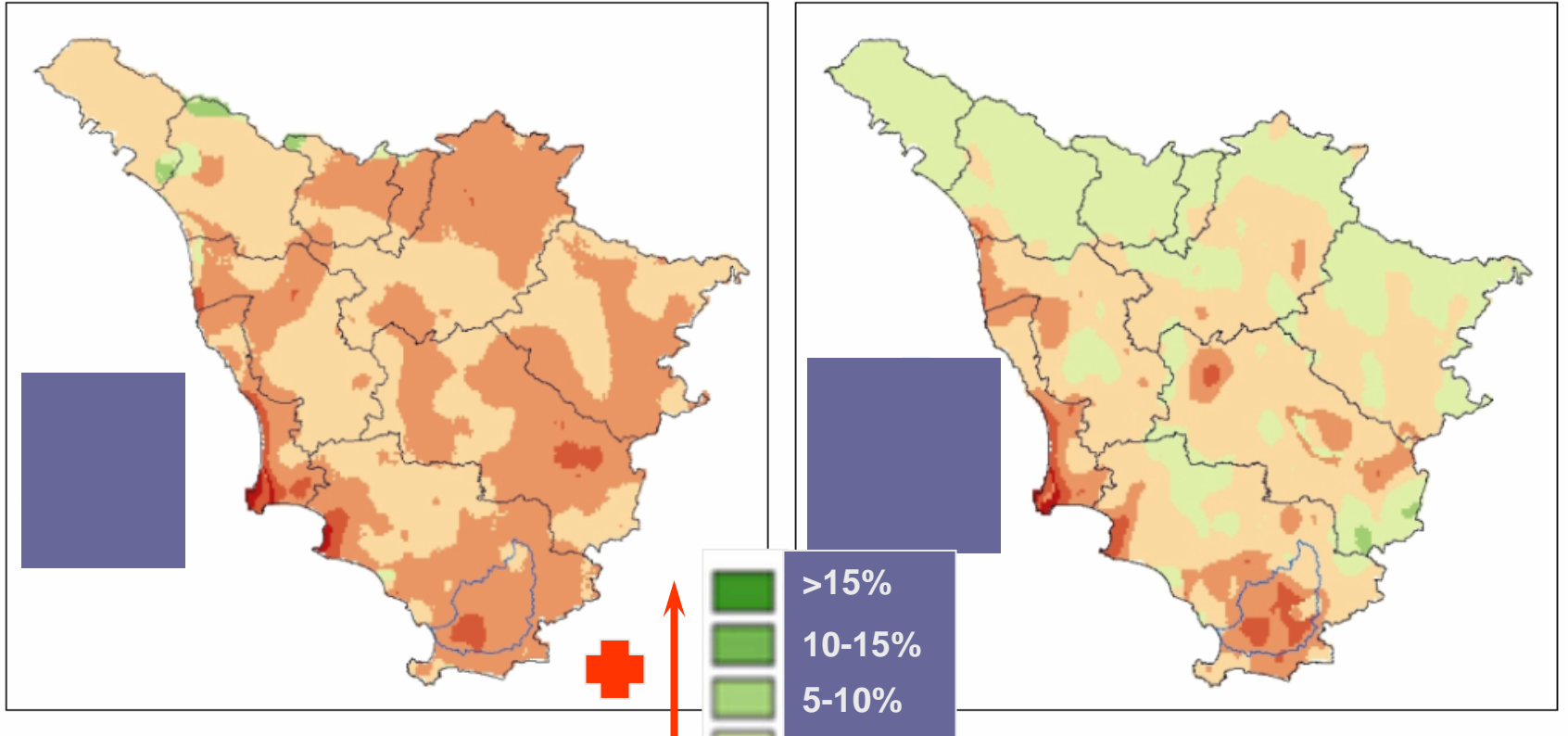


Aumento della siccità

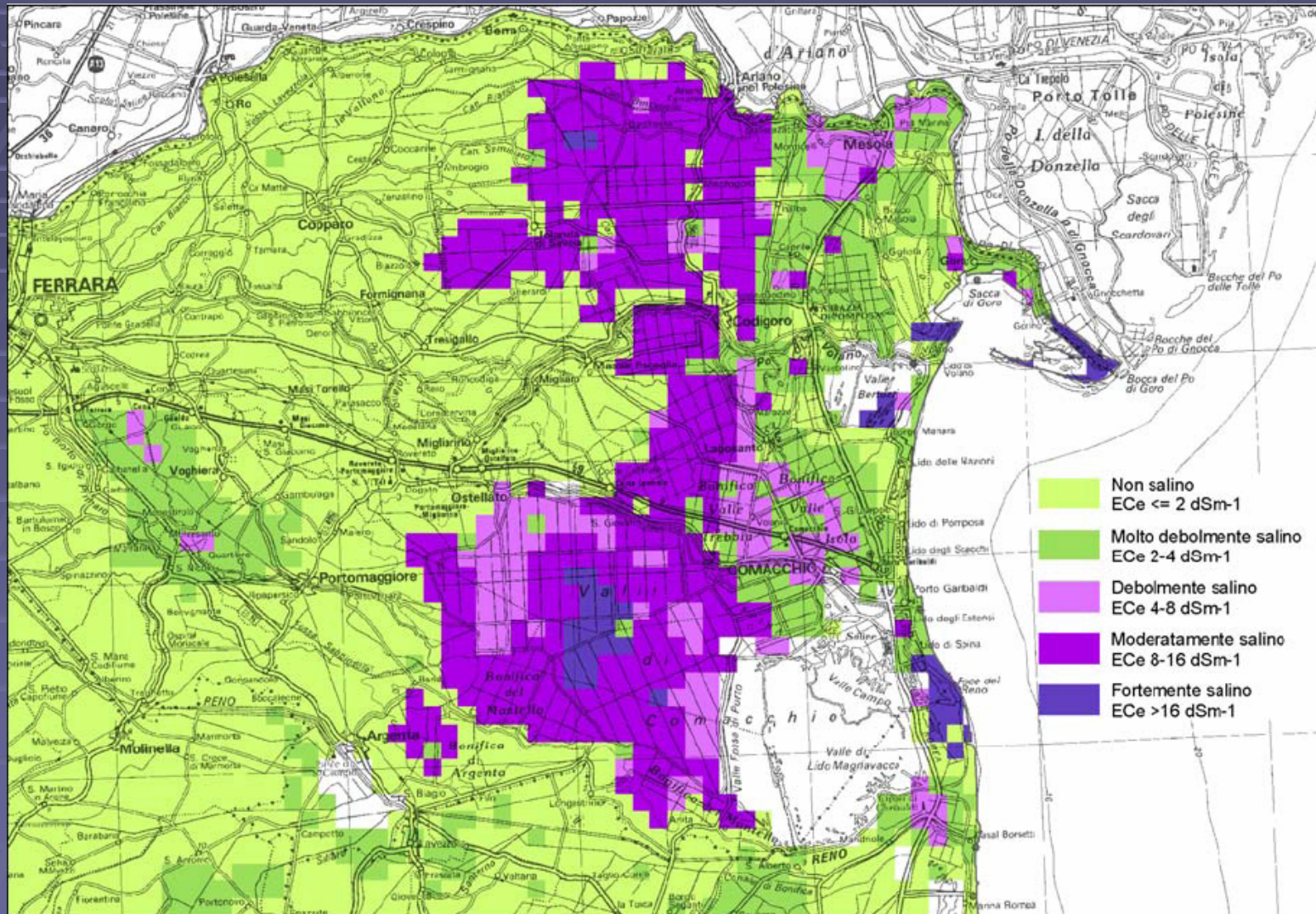
Variazione NDVI (1986-2003)

ESTATE

PRIMAVERA



Carta della salinità provincia di Ferrara



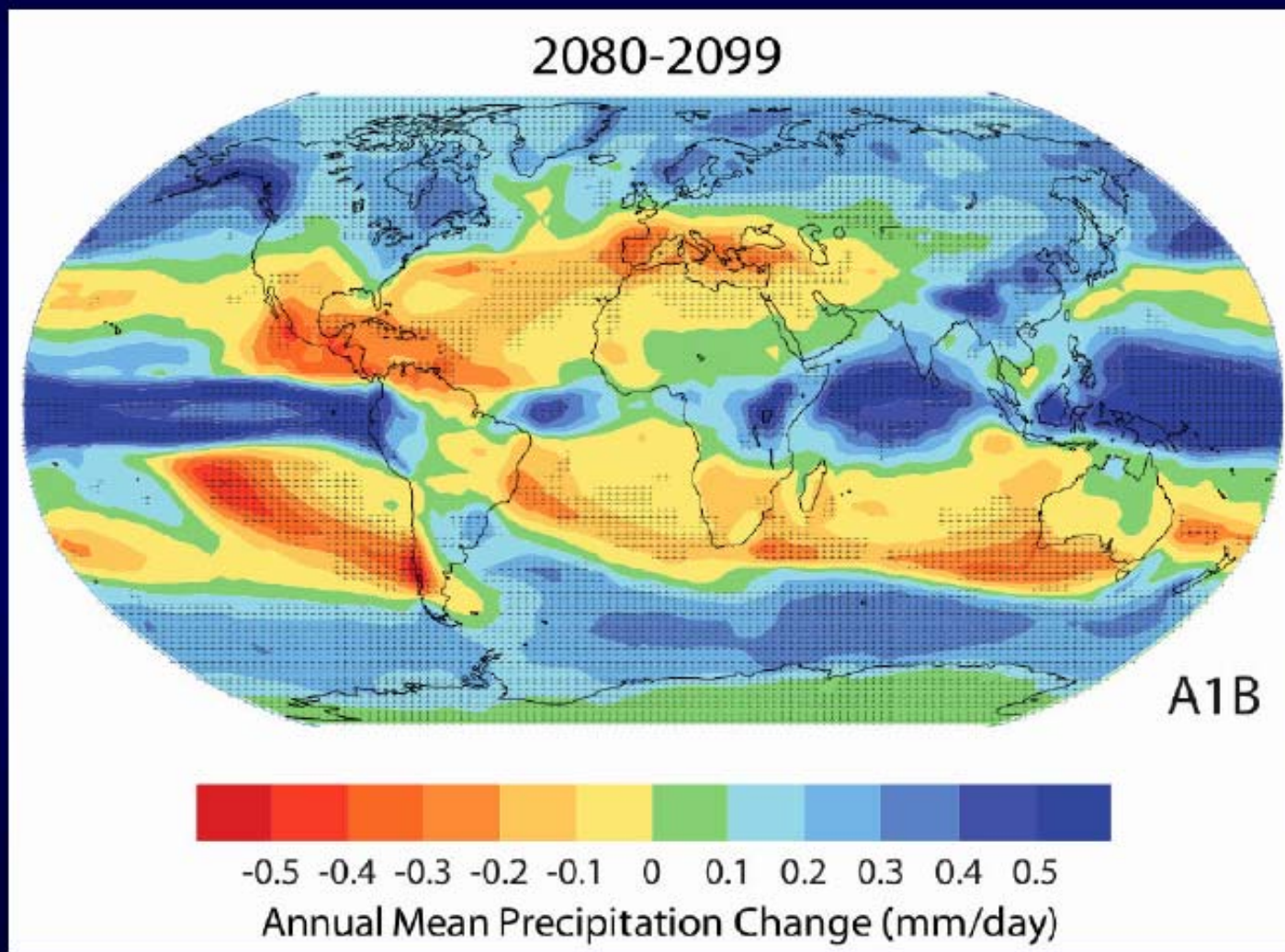
GLI SCENARI FUTURI PER L'ITALIA ED IL MEDITERRANEO

- Le valutazioni degli scenari di cambiamento climatico nell'area mediterranea **non sono allo stato attuale delle conoscenze, abbastanza dettagliate da renderle affidabili**, essendo affette da errori che dipendono sia dai **modelli** e dalle **metodologie utilizzate** sia dagli scenari di evoluzione dello sviluppo socio economico e delle emissioni antropiche di gas di serra

Tendenze meteoriche

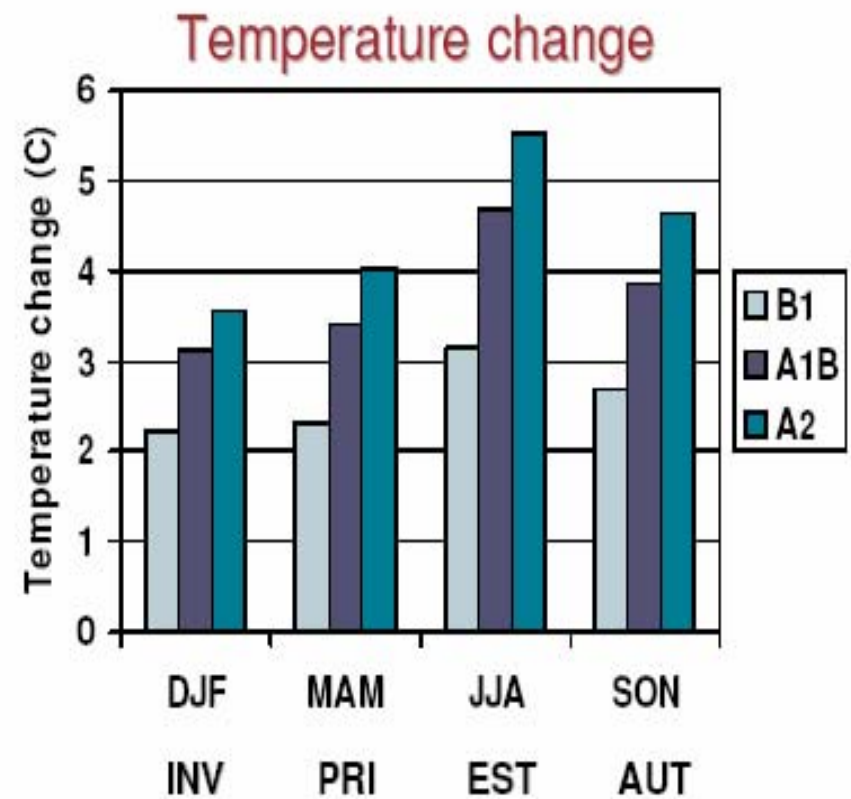
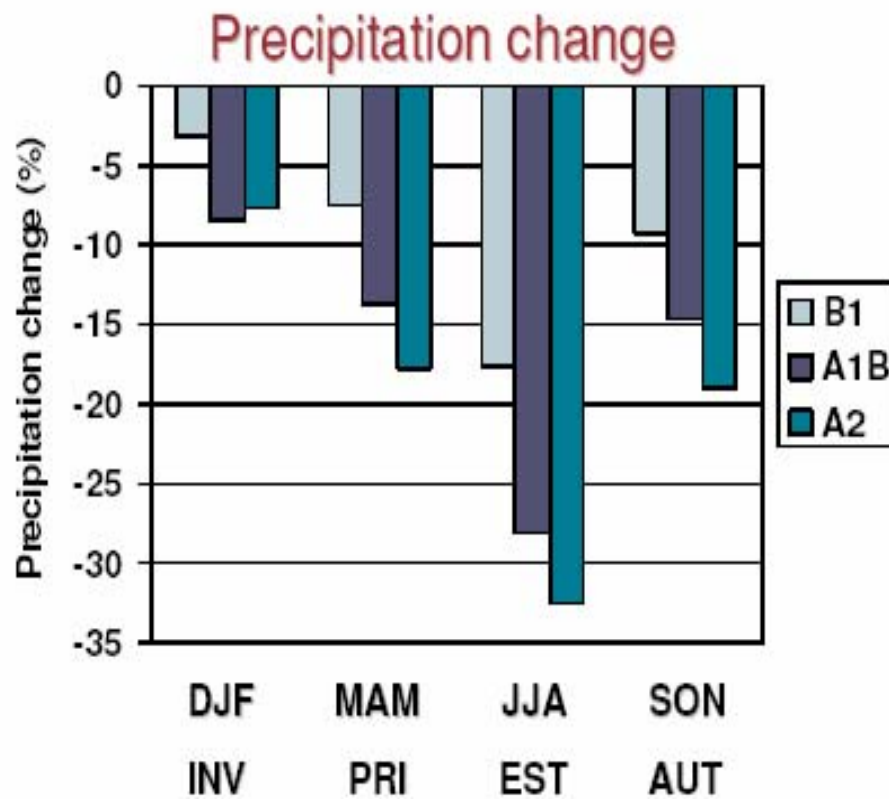
- L'andamento generale previsto per le precipitazioni annue future mostra:
- **Un calo generale** dei quantitativi con particolare riferimento alla **stagione** estiva (specie al sud e sulle isole maggiori) ed a quella **autunnale** (al centro-nord) In inverno, le precipitazioni totali potrebbero invece localmente aumentare sulla catena alpina

Proiezioni di cambiamenti di precipitazione



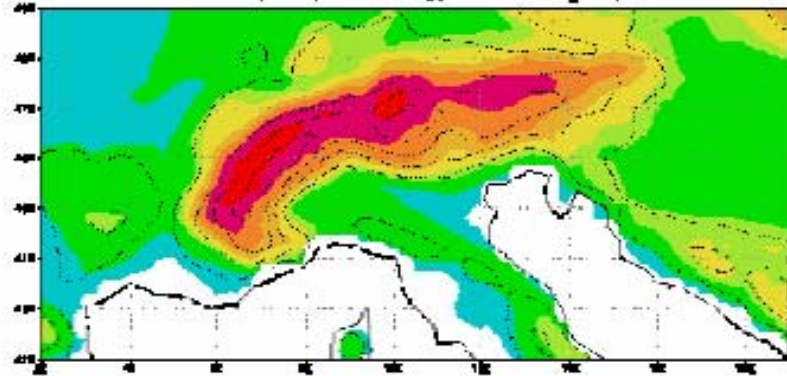
Cambiamento di precipitazione e temperatura sull'area del Mediterraneo per diversi scenari

20 Modelli, (2081-2100) – (1961-1980)

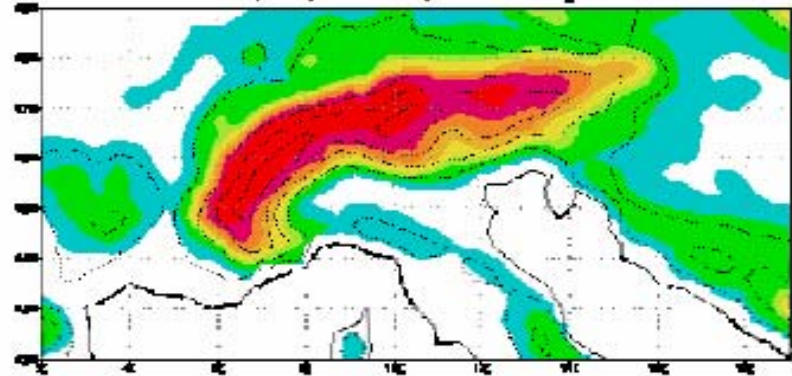


Simulazione di copertura nevosa 1961-1990

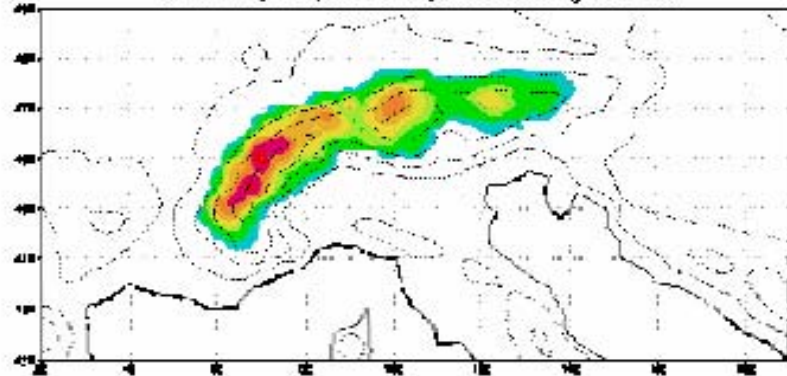
Snow depth (mm H₂O), 20km RegCM, DJF



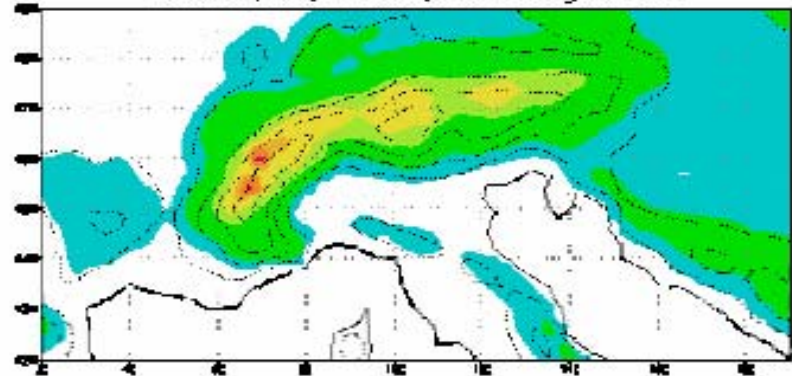
Snow depth (mm H₂O), 20km RegCM, MAM



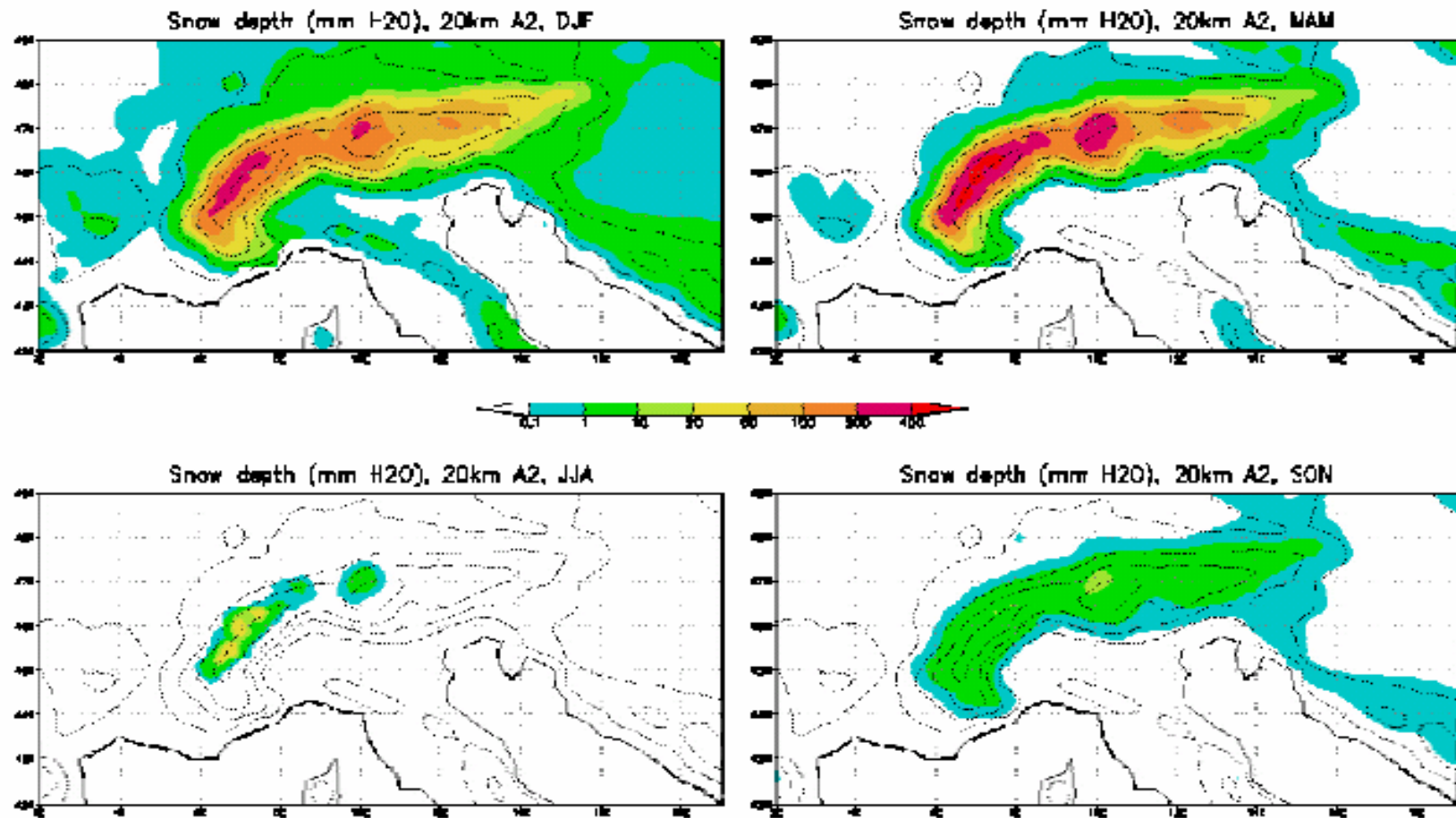
Snow depth (mm H₂O), 20km RegCM, JJA



Snow depth (mm H₂O), 20km RegCM, SON



Simulazione di copertura nevosa 2071-2100, Scenario A2



Tendenze eventi estremi

- Quasi sicuramente si potrà assistere ad un **aumento della frequenza e dell'intensità di molti fenomeni estremi** ed in particolare:
 - delle onde di calore in estate su tutta l'Italia;
 - **delle precipitazioni estreme (alluvioni) soprattutto in inverno**, alternate però a periodi siccitosi sulla Piana del Po
 - della mancanza prolungata di precipitazioni (siccità) sull'Italia meridionale e soprattutto d'estate. **(??)**

PROBLEMI DI MAGGIORE CRITICITA' PER L'ITALIA

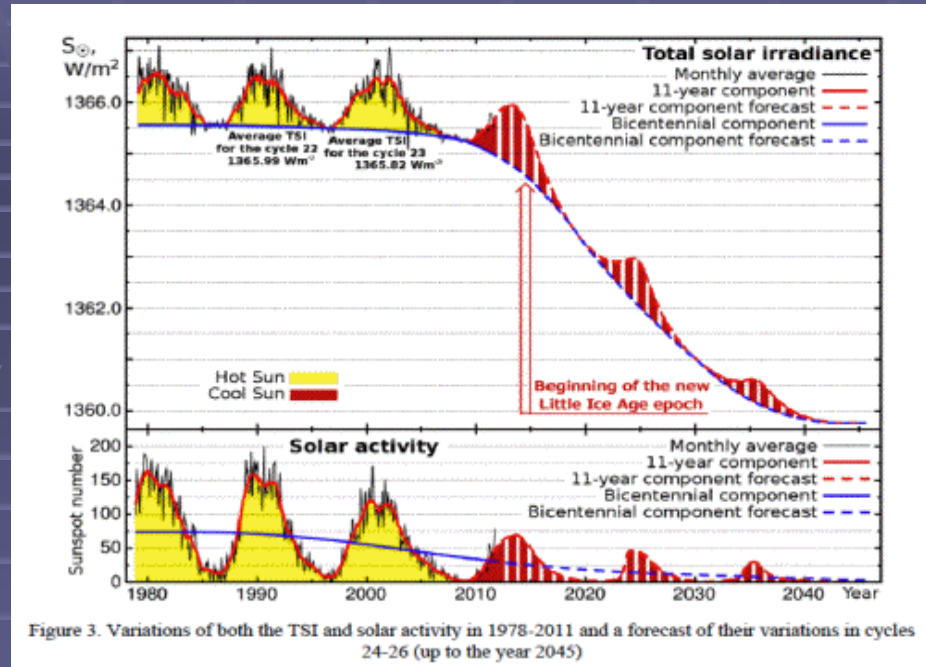
- Gli scenari futuri di cambiamento climatico per l'Europa ed il Mediterraneo, contengono le indicazioni sui possibili impatti di differente tipologia ed inerenti principalmente:
 - *Innalzamento del livello del mare (?)*
 - *Disponibilità della risorsa idrica di qualità*
 - *Suolo e agricoltura*
 - *Eventi estremi*

Innalzamento l.m.m - conseguenze

- Assumendo come riferimento le valutazioni IPCC e senza tener conto dei movimenti verticali del suolo (di origini geologiche ed antropiche), risulterebbero a rischio inondazione circa 4500 kmq di aree costiere e pianure distribuite nel modo seguente:
- 25.4% nel nord dell'Italia (soprattutto alto Adriatico tra Monfalcone e Riccione)
- 5.4% nell'Italia centrale (soprattutto medio Adriatico tra Porto Recanati e Vasto) ed alcune zone del medio Tirreno (Versilia, foci dei principali fiumi, Maremma):
- 62.6% nell'Italia meridionale (soprattutto Golfo di Manfredonia e zone del Golfo di Taranto);
- 6.6% in Sardegna (soprattutto stagni di Cagliari e Cabras, costa Oristanese)

Conseguenze “idriche ed idrologiche”

- Minore progressiva ricarica degli acquiferi medi e profondi soprattutto nelle aree carbonatiche e cristalline
- Minore durata della ricarica autunnale ed invernale negli acquiferi più superficiali
- Accelerazione dell'erosione delle coste, aumento della salinità negli estuari e nei delta a causa dell'ingresso del cuneo salino, con forte infiltrazione di acqua salata negli acquiferi della fascia litorale e di fondovalle sino ai 30-50 km dalla costa.
- Maggiore esposizione alle inondazioni delle coste basse in caso di eventi meteorologici estremi accompagnati da forti mareggiate, che, tra l'altro impediscono il deflusso dei fiumi nel mare, causando maggiori probabilità di straripamenti e di alluvioni.



- *Ora, nel 2011, abbiamo appena concluso un periodo di minimo e il prossimo massimo è previsto per il tardo 2013 o addirittura nel 2014. Ma gli scienziati che studiano il sole pensano che il prossimo picco solare, nel 2022 o giù di lì, possa essere ritardato o non accadere affatto*

Habibullo Abdussamato - Accademia delle Scienze Russa di Pulkovo