



arpav

Clima e Cambiamenti climatici passato presente e futuro

Dr. Adriano Barbi

ARPAV - Servizio Meteorologico

Scuola in Rete

Belluno – Feltre, 7 Aprile 2017

Conferenze sul clima...



arpav

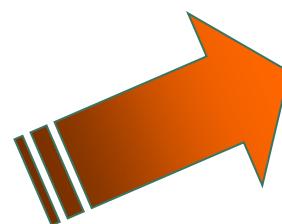
da Rio de Janeiro 1992...

La "convenzione quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici" (UNFCCC) fu stipulata all'Earth Summit di Rio de Janeiro, 1992



Obiettivo "non vincolante" UNFCCC:

raggiungere la stabilizzazione delle concentrazioni dei gas serra in atmosfera a un livello abbastanza basso per prevenire interferenze antropogeniche dannose per il sistema climatico



a Parigi 2015...



“Il cambiamento climatico rappresenta una minaccia urgente e potenzialmente irreversibile per le società umane e per il pianeta”.

Richiede pertanto “la massima cooperazione di tutti i paesi” con l’obiettivo di “accelerare la riduzione delle emissioni dei gas a effetto serra”.



- ☑ **Cos'è il clima**
- ☑ **Cosa sono i Cambiamenti climatici**
- ☑ **Cambiamenti climatici osservati**
- ☑ **Cause dei cambiamenti climatici**
- ☑ **Scenari futuri**
- ☑ **Conclusioni**



Non si può guardare un albero...



E vedere il bosco !

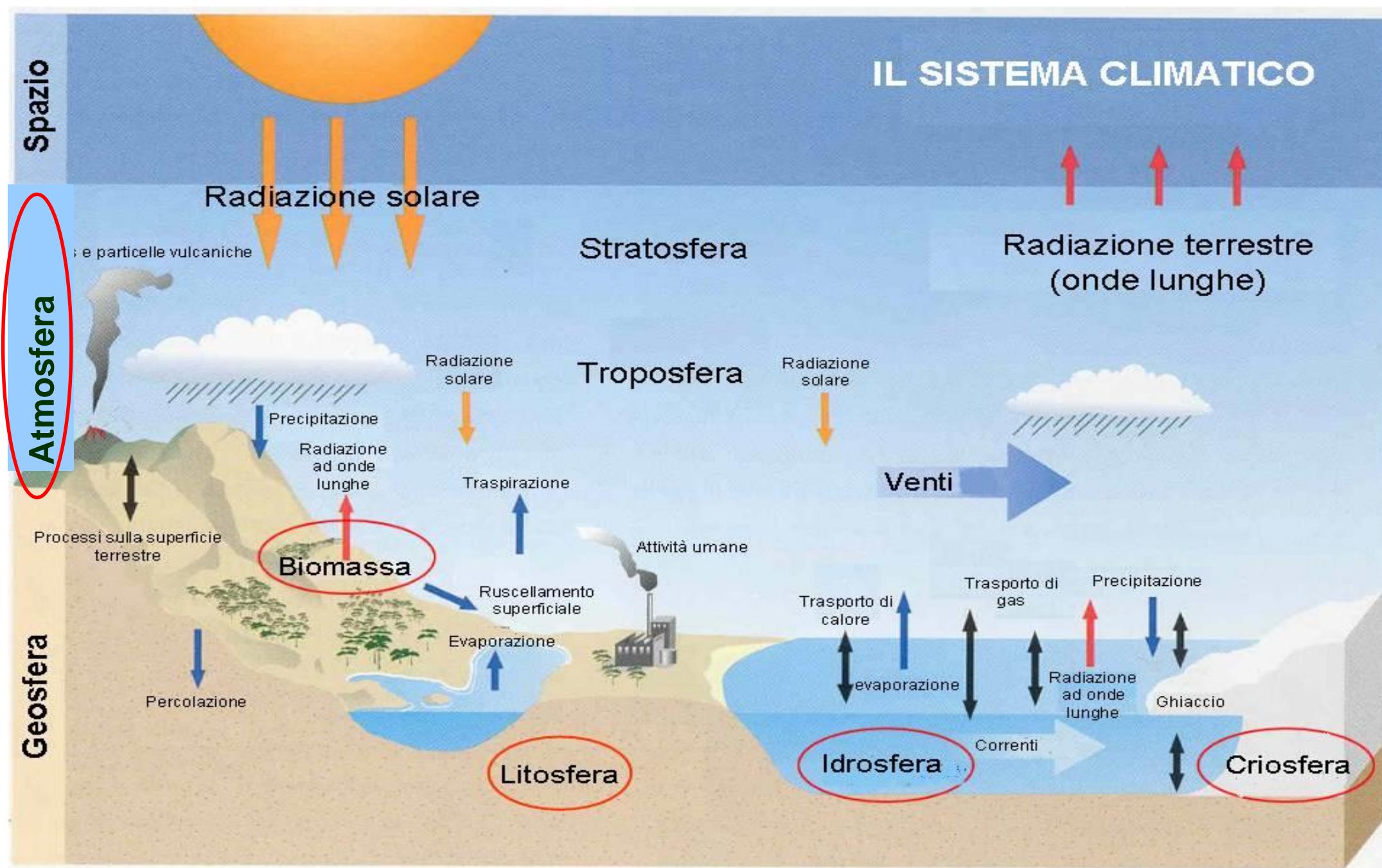


IL SISTEMA CLIMATICO



arpav

un sistema molto complesso, variabile nel tempo ma che tende all'equilibrio...



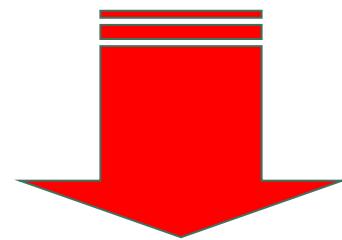


IL CLIMA

è il risultato
di un insieme di **complesse interazioni tra**

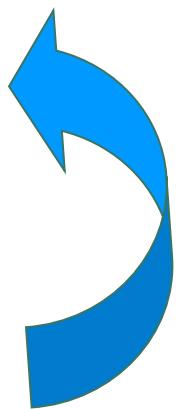
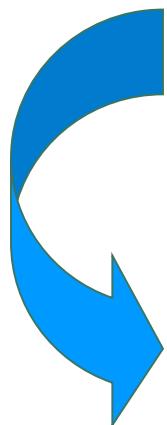
l'energia in arrivo dal Sole

(«motore» di tutti i processi climatici),



l'atmosfera, gli oceani, le nubi, i suoli, la biosfera e la natura della superficie terrestre

(copertura vegetale, presenza ed estensione dei ghiacci, superfici artificiali create dall'uomo, ecc...).



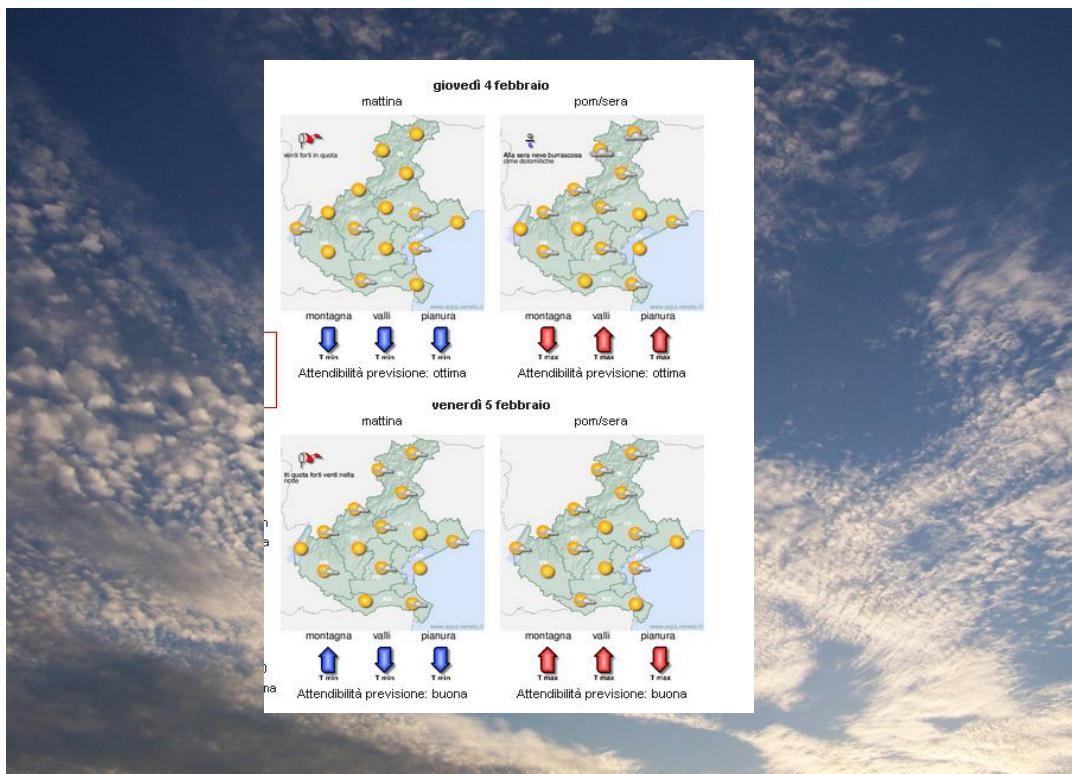
Cos'è il Clima ????



arpav

METEO

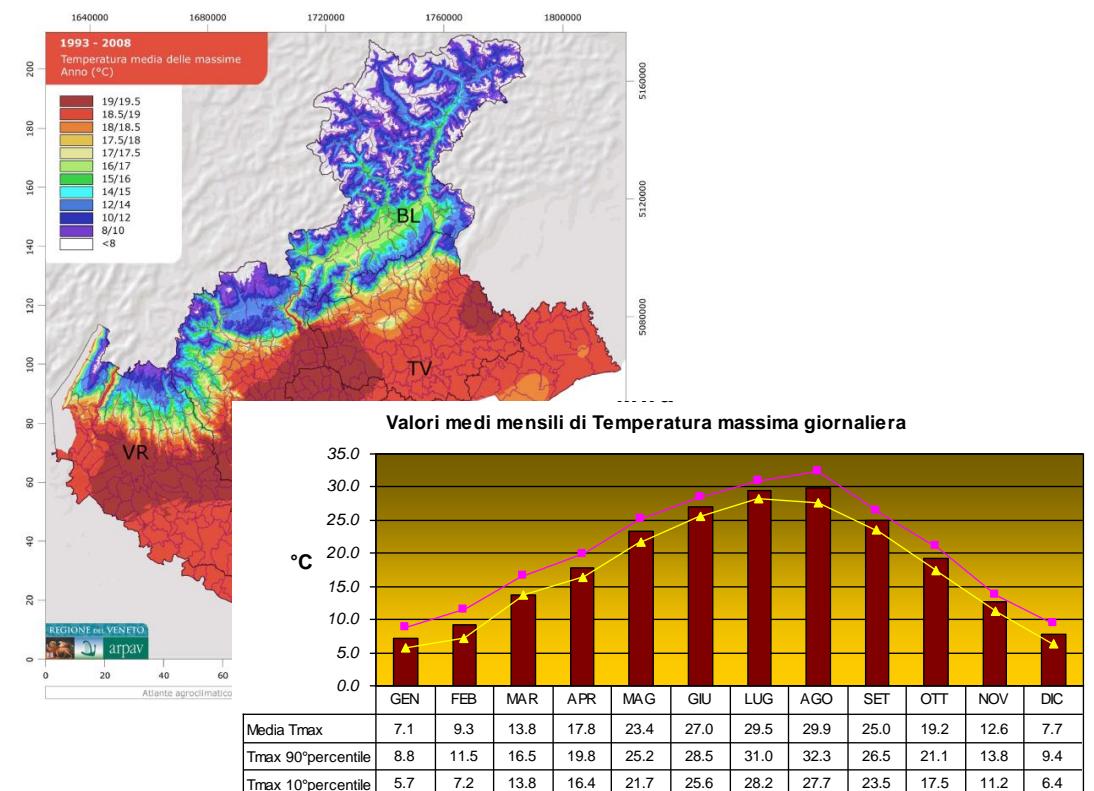
è quello che ti capita..



= condizioni del tempo oggi o in un certo momento

CLIMA

è quello che ti aspetti...



= media delle condizioni meteo (temperatura, precipitazioni, vento, ecc.) e della loro variabilità registrate in lunghi periodi di tempo (es. 30 anni)

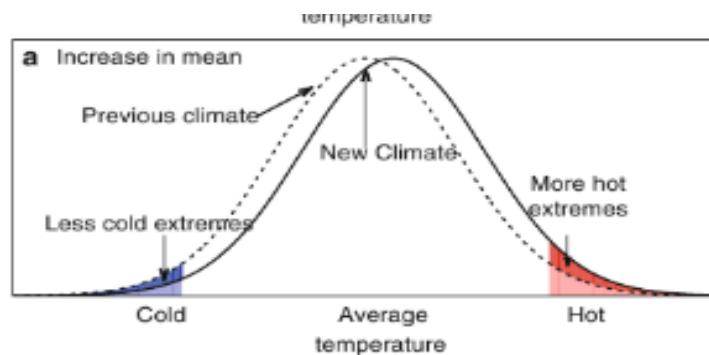


Cosa sono i cambiamenti climatici?

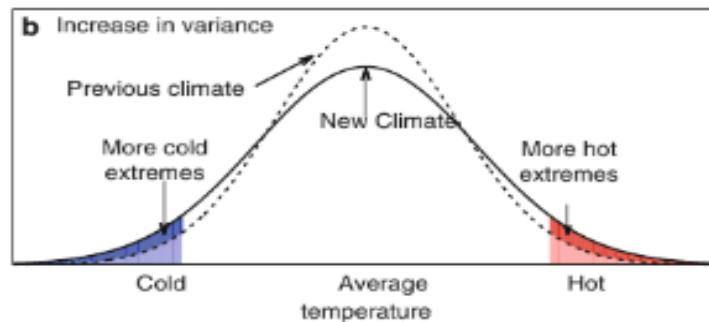
CAMBIAMENTO CLIMATICO si riferisce ad una variazione significativa sia dello "*stato medio*" che della "*variabilità*" del clima che persista per un tempo "lungo" (almeno 30 anni).



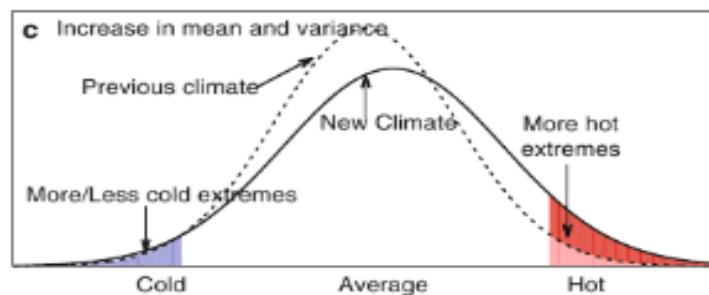
TEMPERATURA



Cambiamenti nella **MEDIA**

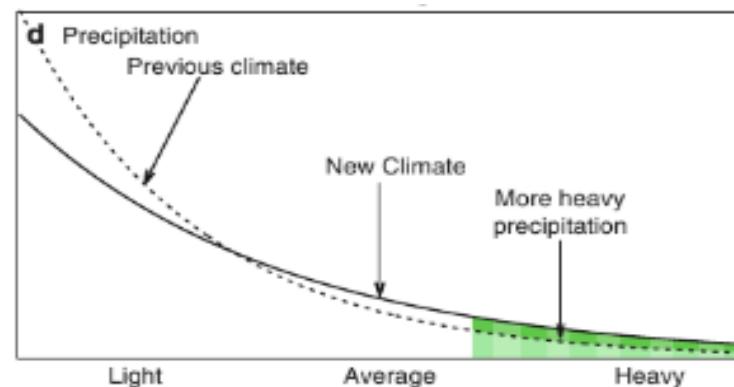


Cambiamenti nella **VARIANZA**



Cambiamenti nella **MEDIA** e **VARIANZA**

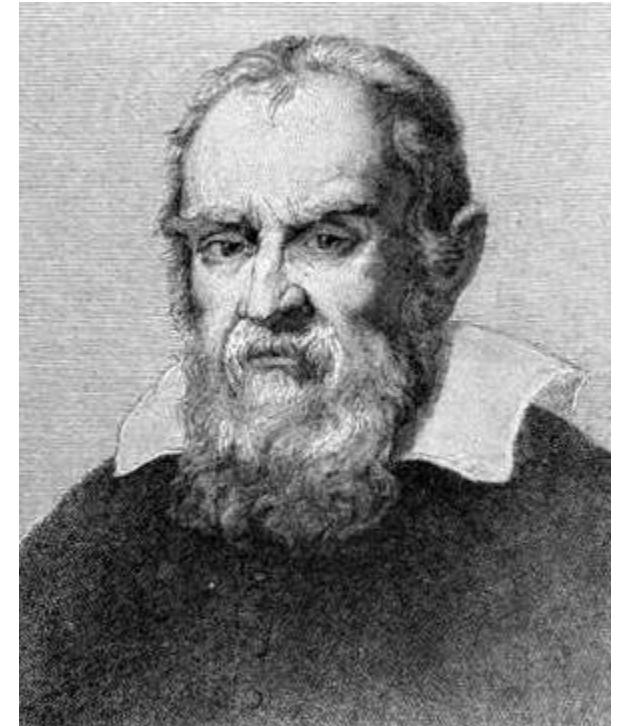
PRECIPITAZIONE





SERIE STORICHE STRUMENTALI

• SI DISPONE AL MASSIMO DI **TRE SECOLI** DI DATI STRUMENTALI: PRIMA RETE METEOROLOGICA FONDATA DA GALILEO NEL 1654



• POSTA A **24 ORE L'ETA' DELLA TERRA**, GLI ULTIMI **300 ANNI** CORRISPONDONO A MENO DI **6 MILLESIMI DI SECONDO**





Ci sono stati CAMBIAMENTI CLIMATICI nel passato?

PROGETTO EPICA (*European Project for Ice Coring in Antarctica*)

Campo EPICA a Dome C, presso la base permanente italo-francese "Stazione Concordia" (3233 m)

$T_{ma} -55\text{ }^{\circ}\text{C}$ $T_{max} \sim -20\text{ }^{\circ}\text{C}$ $T_{min} -84\text{ }^{\circ}\text{C}$

Tenda perforazione



Laboratorio



Laboratorio



Stazione Concordia

Profondità raggiunta:
3270 m circa

Periodo analizzato:
800.000 anni circa

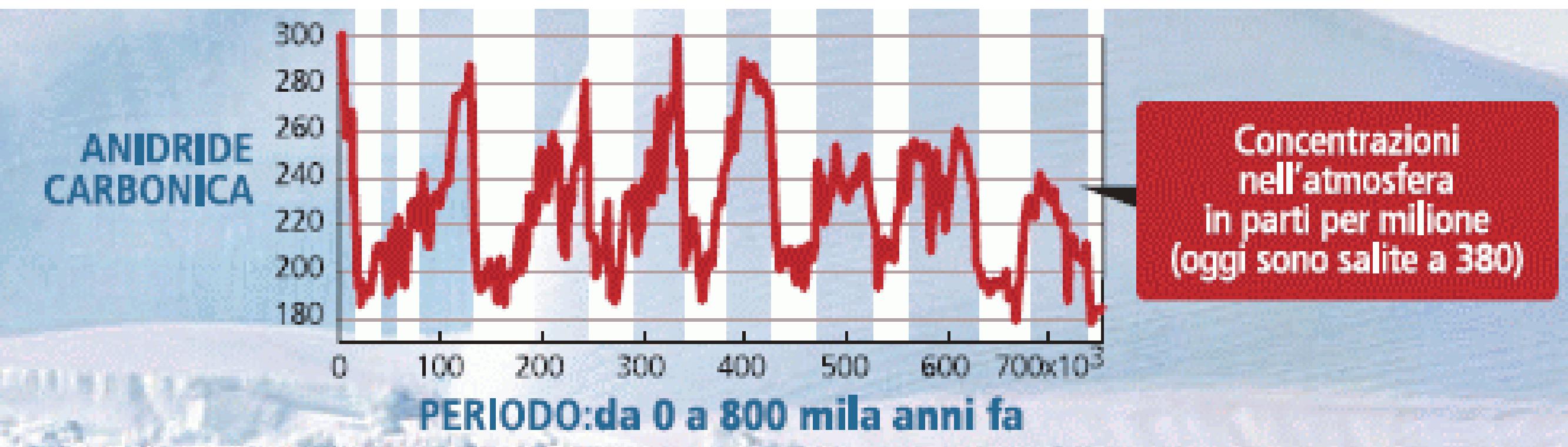
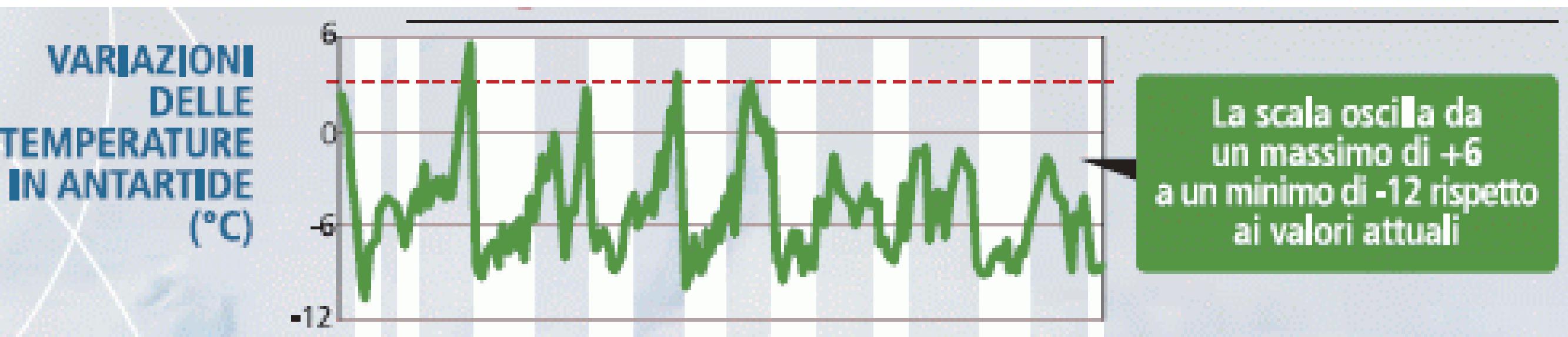


Cambiamenti climatici osservati...



arpav

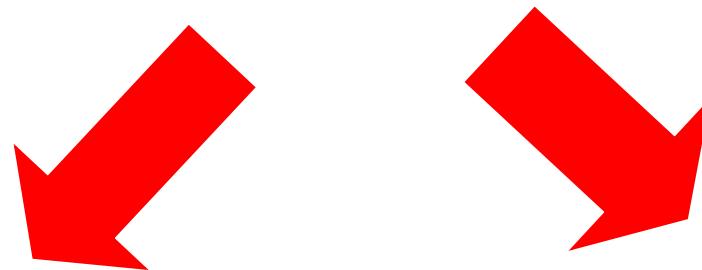
... il passato lontano (ultimi 800.000 anni)





Negli ultimi 800.000 anni:

- 1. Il clima ha oscillato parecchio tra periodi freddi e caldi**
- 2. Il minimo è stato raggiunto circa 20.000 anni fa (10-12°C in meno di oggi) – *glaciazione di Würm***
- 3. Il massimo è ancora rappresentato da quello di 120.000 anni fa circa (4-6°C più di oggi)**
- 4. Nei periodi freddi la CO₂ cala, nei periodi caldi (interglaciali) la CO₂ aumenta.**



**Effetto serra antropogenico
(emissioni dell'uomo)**

**Effetto serra naturale
(cicli naturali)**



CAMBIAMENTI CLIMATICI NEL LONTANO PASSATO

CAUSE ASTRONOMICHE

-Variazione dell'eccentricità
dell'eclittica terrestre

-Variazioni dell'inclinazione
dell'asse terrestre

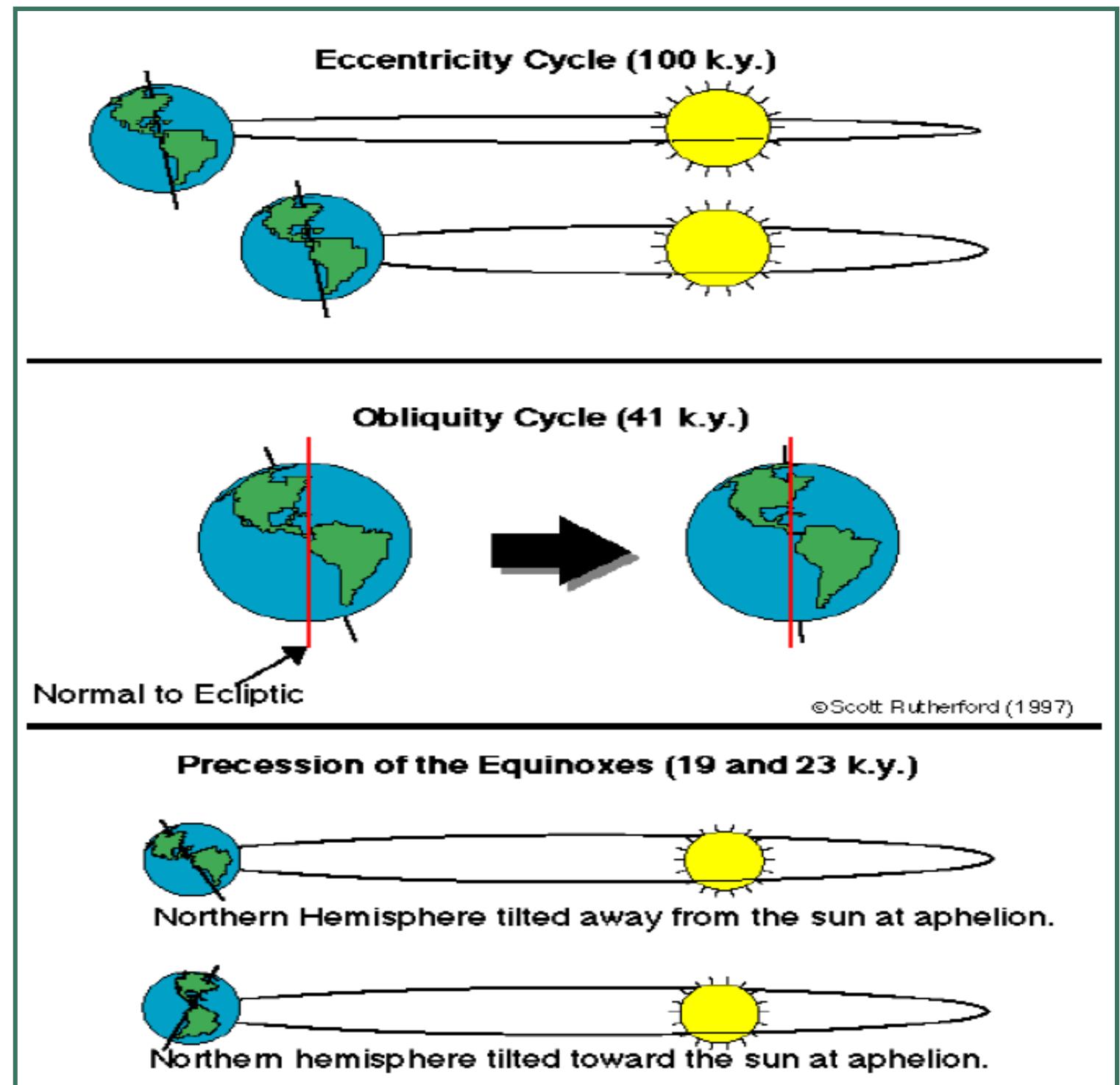
-Precessione degli equinozi

-VARIAZIONI ATTIVITA'
SOLARE

- VARIAZIONE CONTINENTI

- VARIAZIONI
COMPOSIZIONE ATMOSFERA

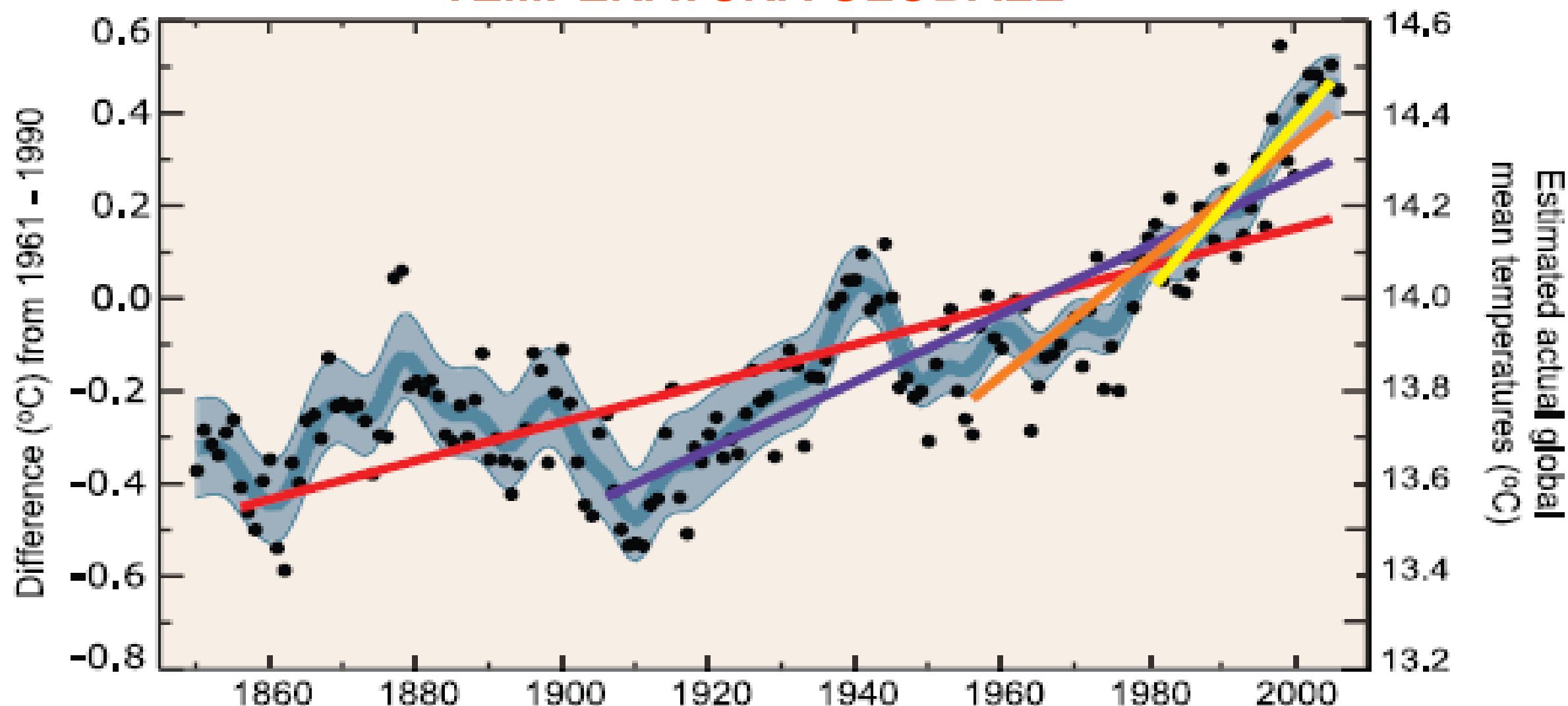
Cicli di Milanković





... il passato recente (ultimi 150 anni)

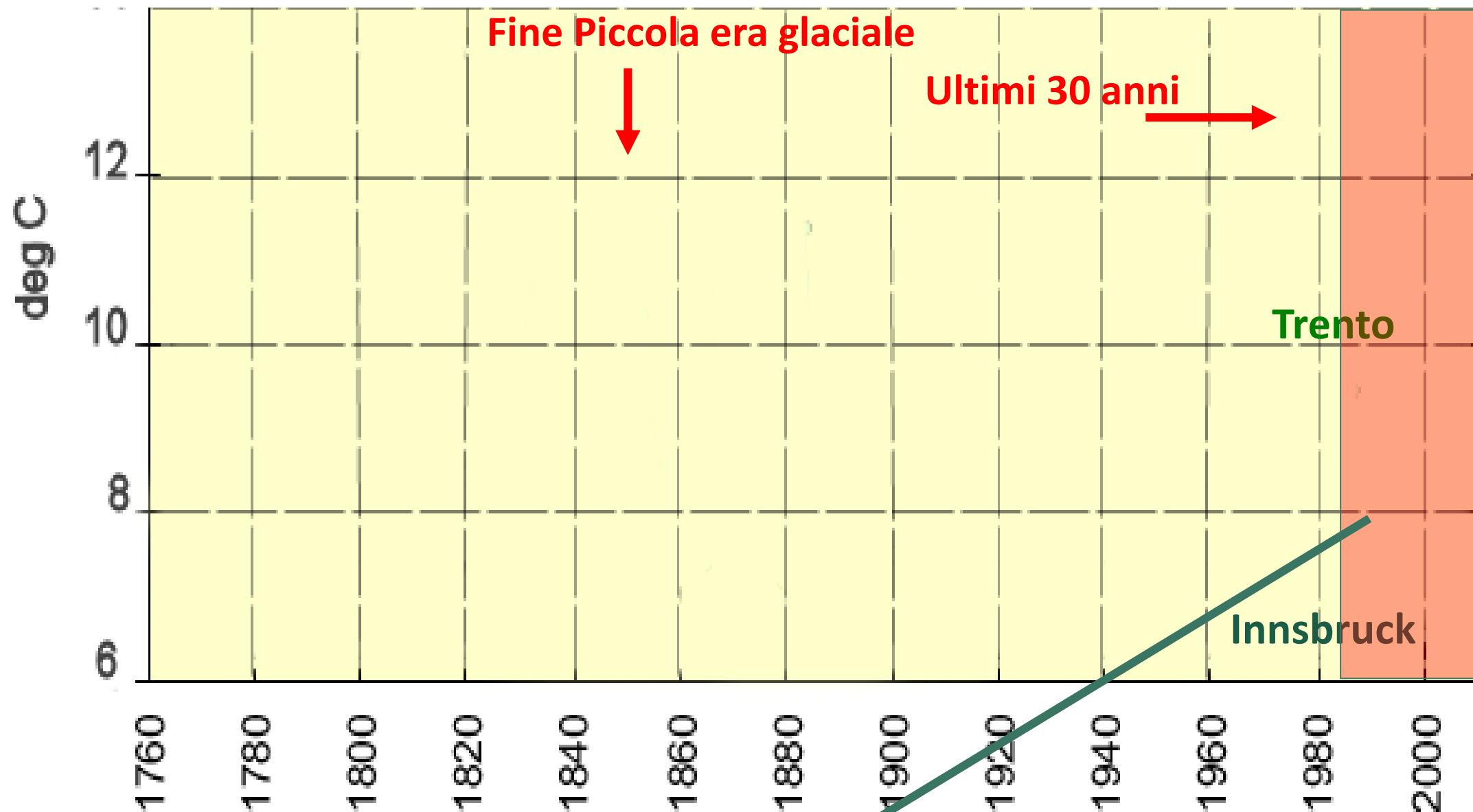
TEMPERATURA GLOBALE



	Period Years	Rate °C per decade
● Annual mean		
— Smoothed series		
■ 5-95% decadal error bars		
	25	0.177±0.052
	50	0.128±0.026
	100	0.074±0.018
	150	0.045±0.012



Serie storiche alpine secolari - Temperatura (media mobile di ordine 10, da Progetto ALP IMP)

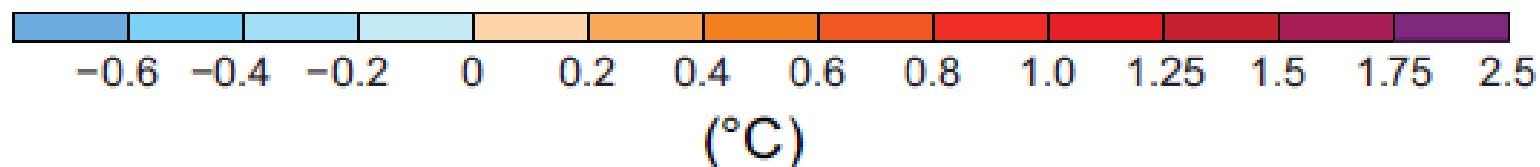
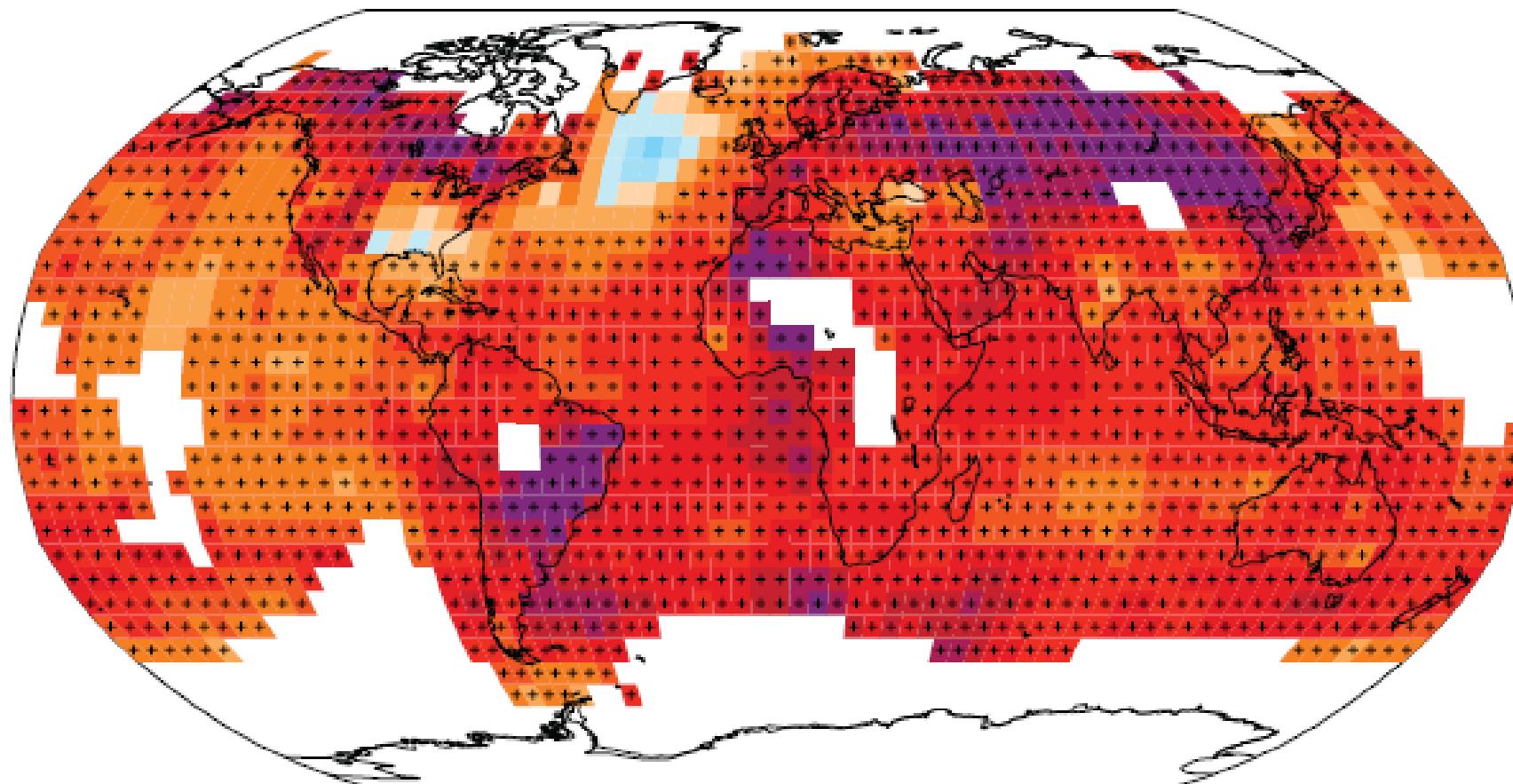


La discontinuità climatica fra gli anni '80 e '90 del secolo scorso



TEMPERATURA GLOBALE

Observed change in surface temperature 1901–2012



*ni sono stati i
quando sono
rmetriche a
imo decennio è*

*2012
l trentennio più
100 anni
”).”*

*el pianeta la
di calore
umentata in
pa, Asia e*

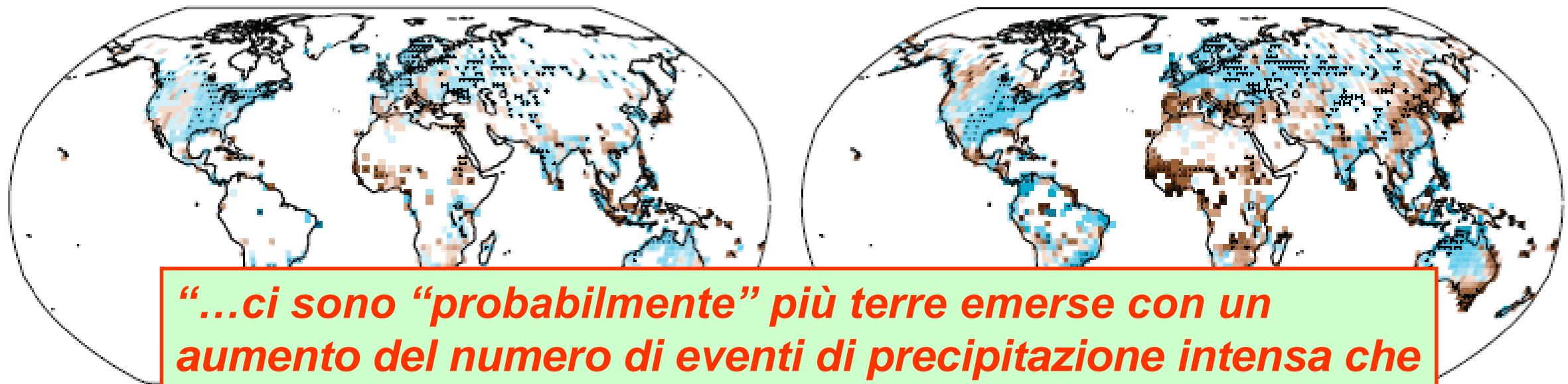


PRECIPITAZIONI ANNUALI

Observed change in annual precipitation over land

1901–2010

1951–2010



“...ci sono “probabilmente” più terre emerse con un aumento del numero di eventi di precipitazione intensa che con una diminuzione del loro numero.”

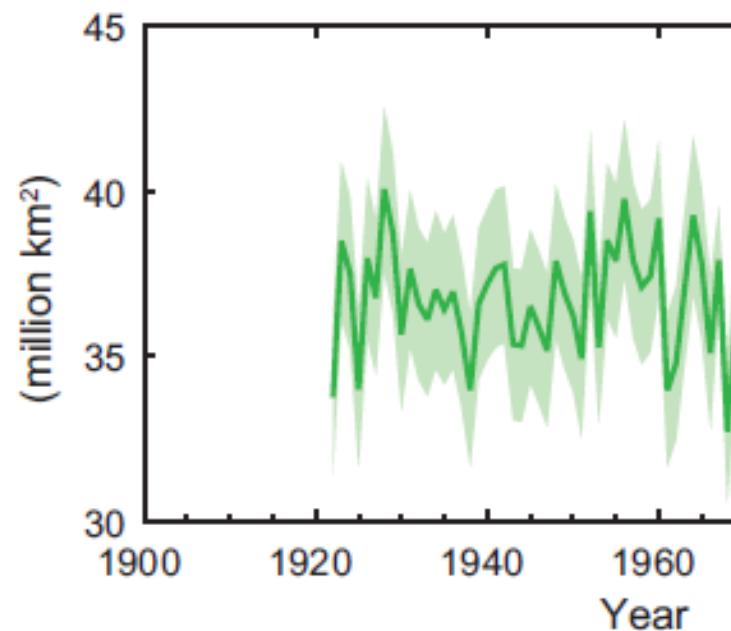
“... in Europa e Nord America la frequenza o l'intensità di precipitazioni intense (o estreme) è “probabilmente” aumentata.”

100

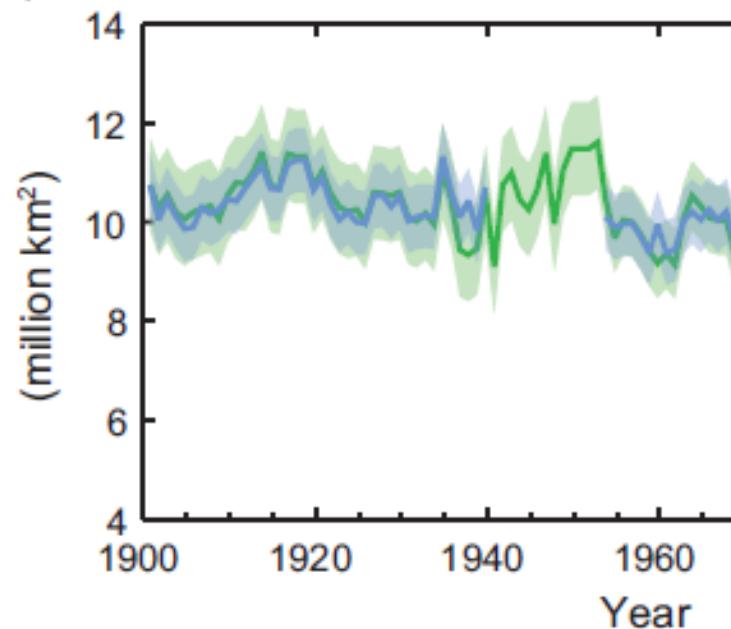


NEVE E GHIACCIO ARTICO

(a) Northern Hemisphere spring snow cover



(b) Arctic summer sea ice

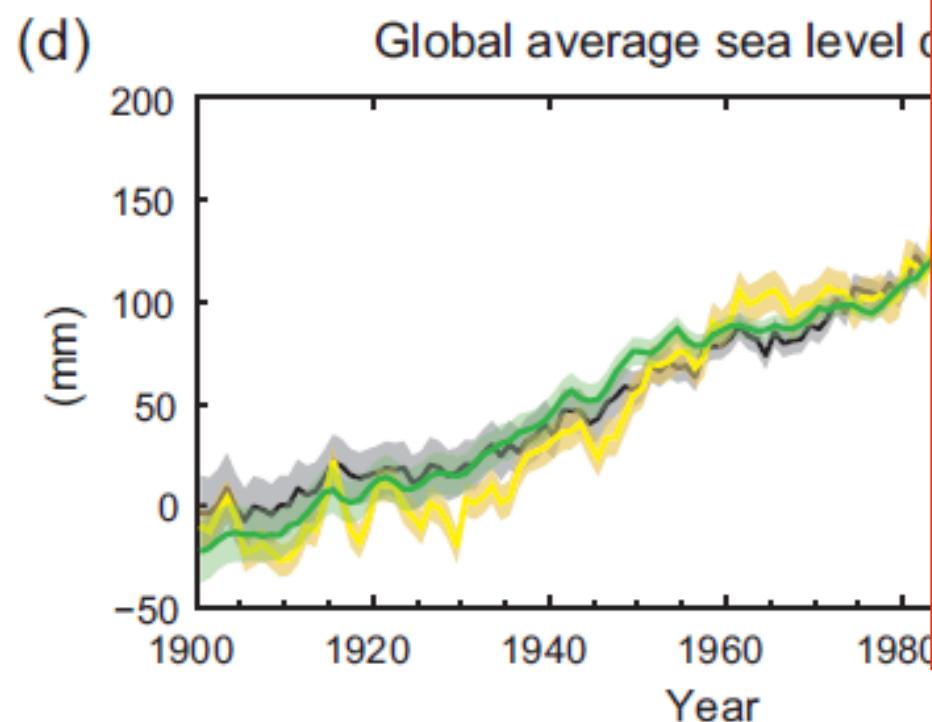
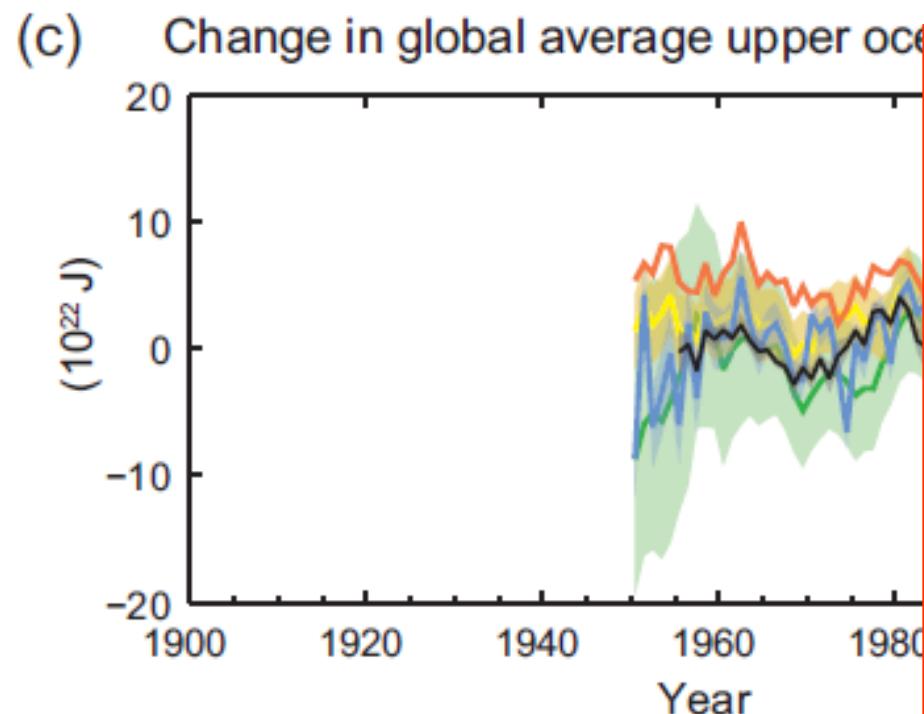


“Le calotte glaciali in Groenlandia e Antartide hanno perso massa negli ultimi due decenni. I ghiacciai si sono ridotti quasi in tutto il pianeta e la diminuzione stagionale estiva della banchisa artica sta aumentando.”

“La calotta glaciale in Groenlandia ha perso massa in maniera più veloce negli ultimi anni: “molto probabilmente“ il tasso medio di diminuzione è aumentato da 34 Gt/anno nel 1992-2001 a 215 Gt/anno nel 2002-2011.”



TEMPERATURE DEGLI OCEANI E LIVELLO DEL MARE



“È “virtualmente certo” che il tasso di innalzamento del livello globale medio marino ha accelerato negli ultimi due secoli.

E’ “molto probabile” che il tasso medio di innalzamento del livello globale medio marino è stato di 1.7mm/anno nel periodo 1901-2010 e di 3.2mm/anno nel periodo 1993-2010”.



... e sulla nostra regione cosa è cambiato ?

Analizziamo

ALCUNI EFFETTI

DATI METEO



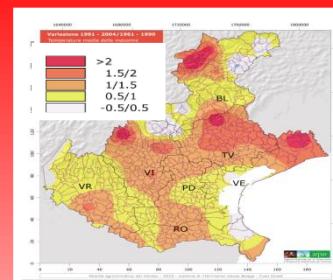
Ghiacciai Dolomiti



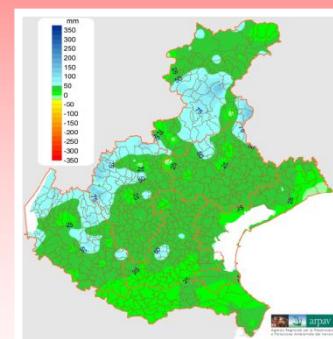
Livello del mare



Fasi fenologiche



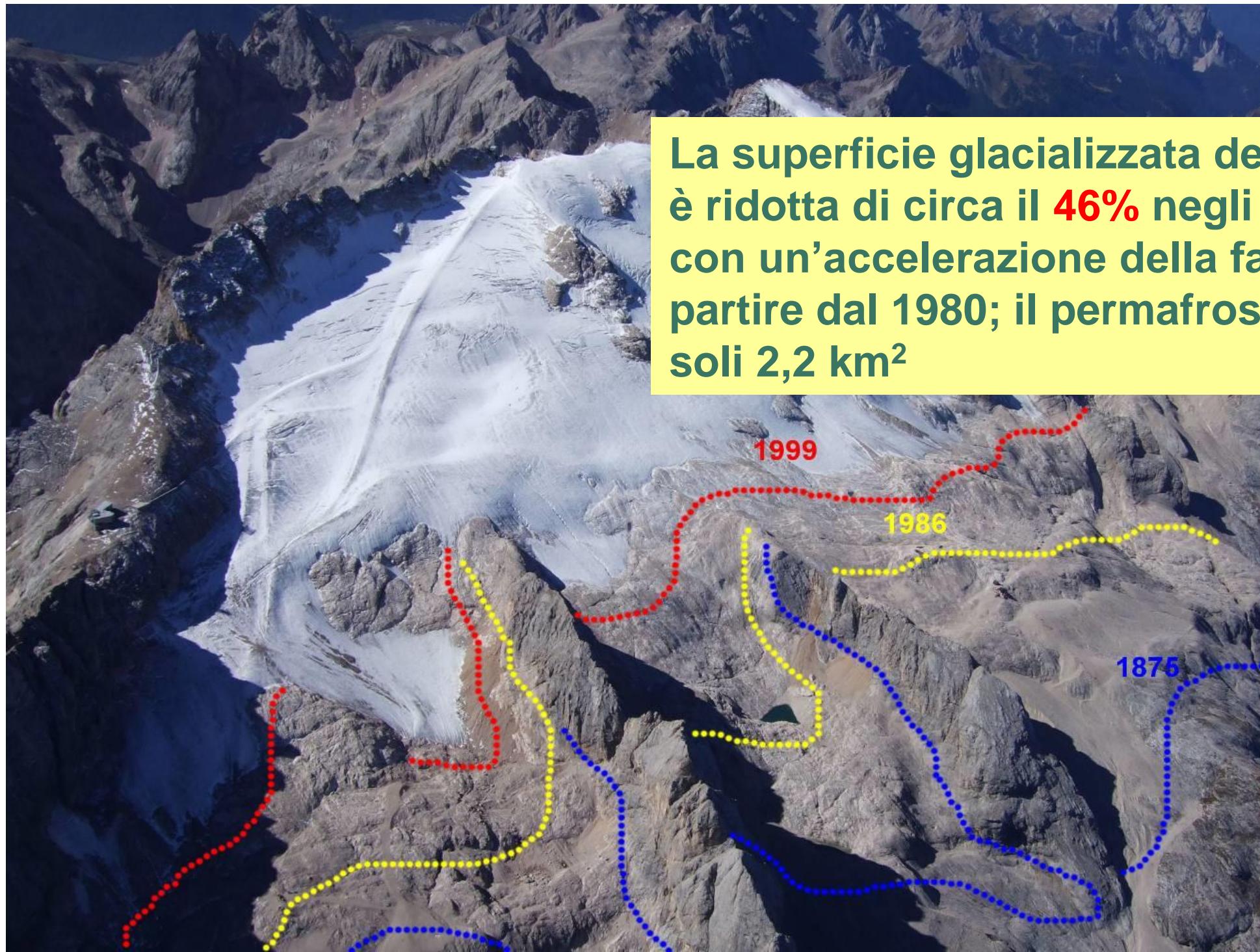
Temperature



Precipitazioni



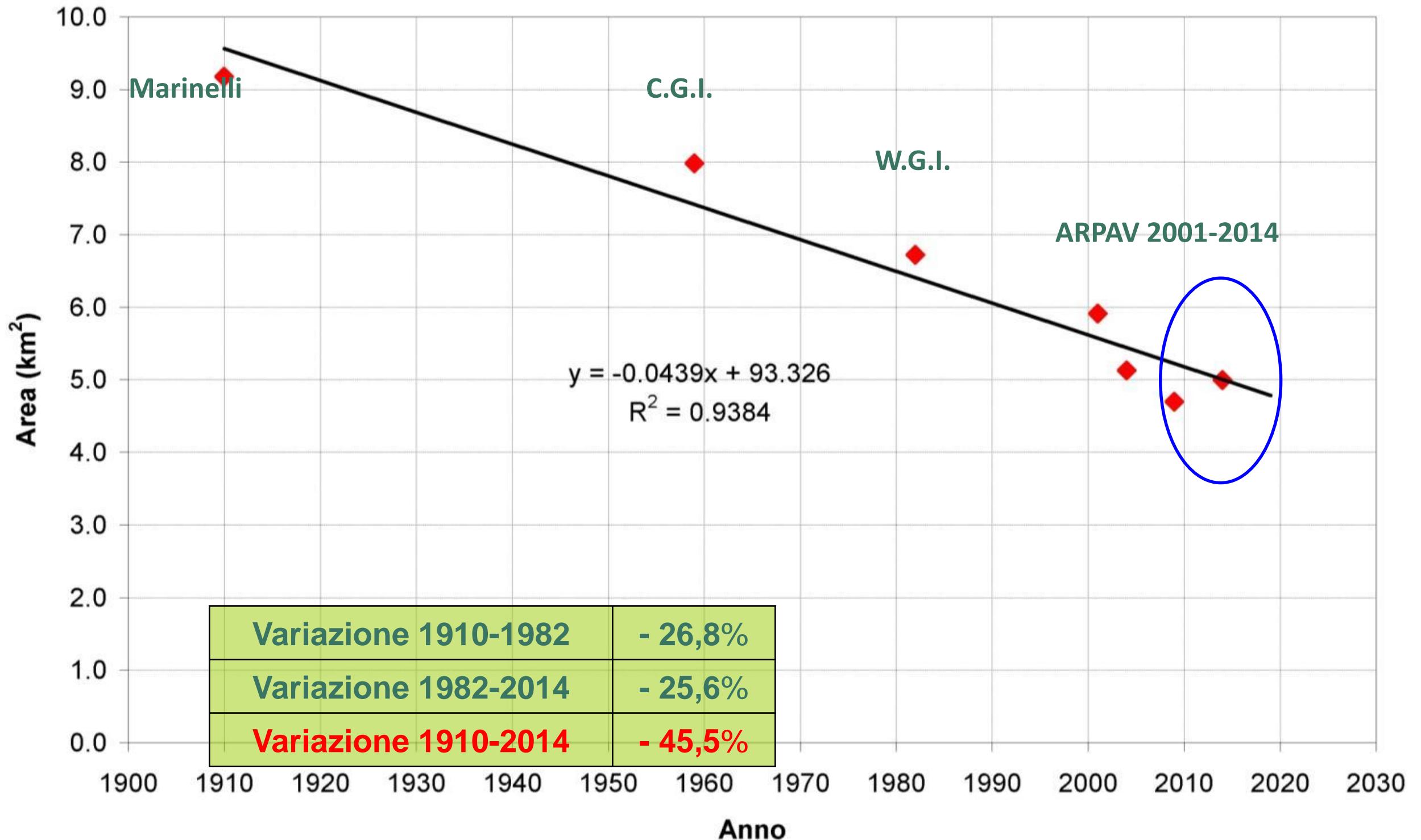
RIDUZIONE DELLA SUPERFICIE GLACIALIZZATA E DEGRADAZIONE DEL PERMAFROST



La superficie glacializzata delle Dolomiti si è ridotta di circa il **46%** negli ultimi 100 anni con un'accelerazione della fase di ritiro a partire dal 1980; il permafrost si è ridotto a soli 2,2 km²



Variazioni areali dei ghiacciai delle Dolomiti



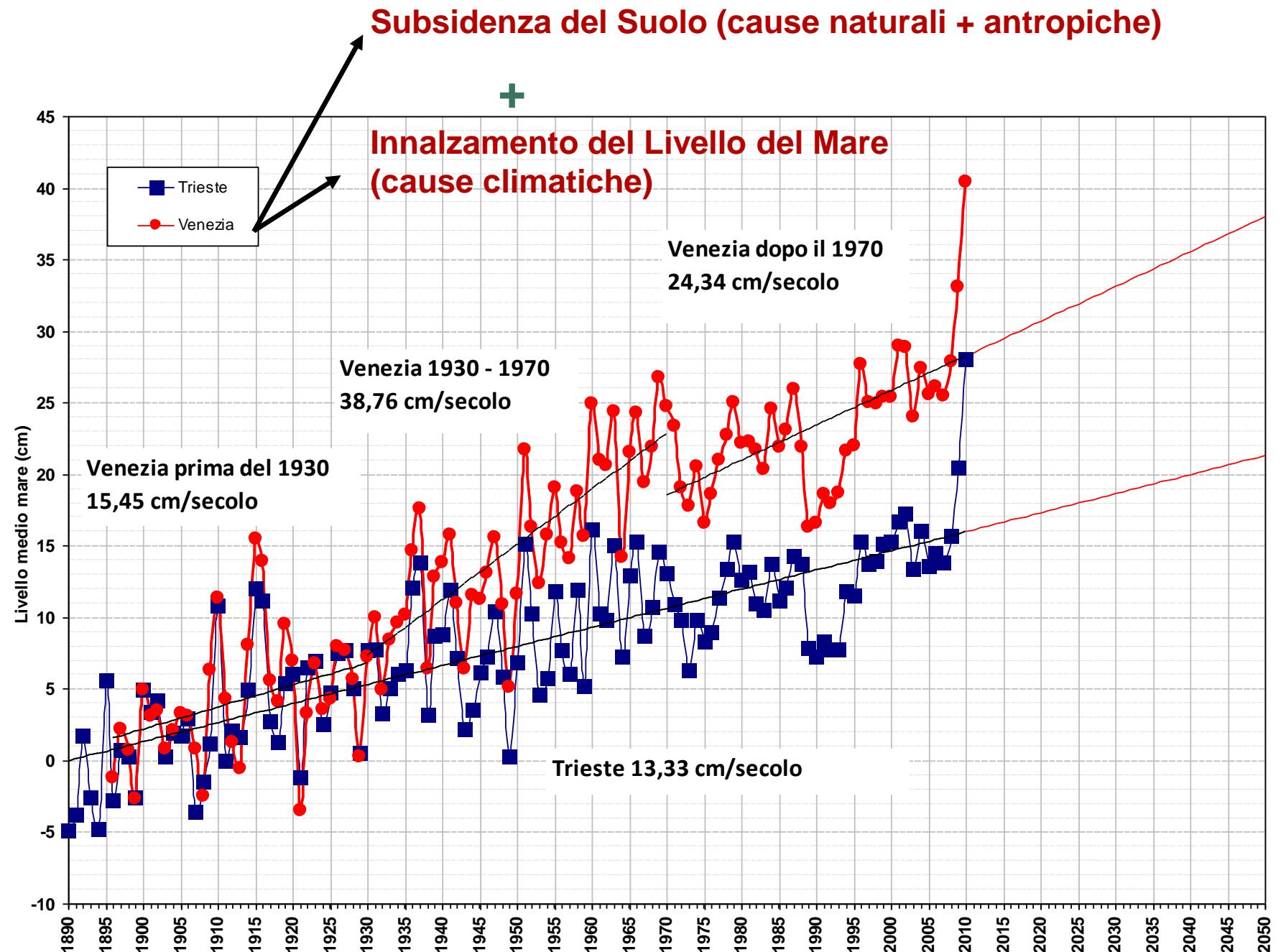


ALCUNI DATI SUL LIVELLO MEDIO DEL MARE IN ALTO ADRIATICO (con possibili trend futuri) E SULLA SUBSIDENZA DEL DELTA DEL PO

L'innalzamento del livello del mare nell'Adriatico nell'ultimo secolo è stimato in circa 13 cm (riferito a Trieste) ed è inferiore a quello stimato su scala globale per il XX secolo pari a 17 cm

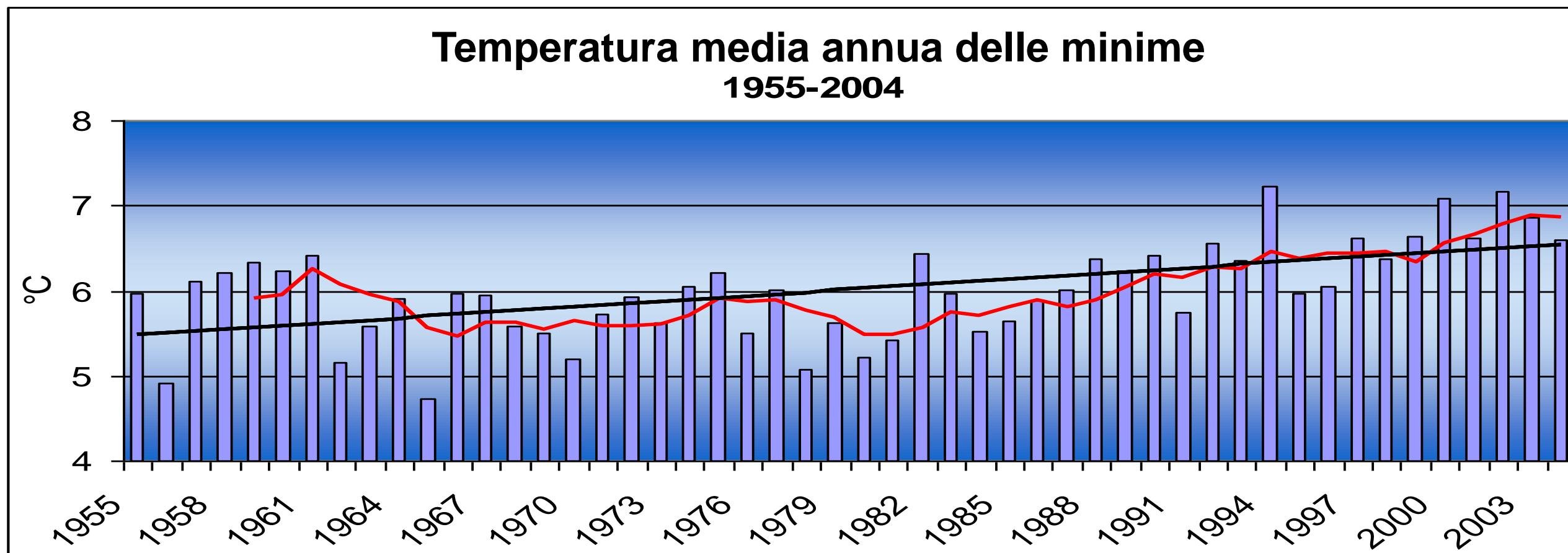
La subsidenza naturale nel Delta del Po è stimata in circa 4 mm/anno

Dal 1950 al 1970 l'abbassamento medio del territorio del Delta del Po è stato di 200 cm, con punte di 300 cm





TEMPERATURE MINIME ANNUE



TREND - media su 48 stazioni

Tmin anno: +1.1 °C/50 anni

Tmin primavera: +1.0 °C/50 anni

Tmin estate: +1.6 °C/50 anni

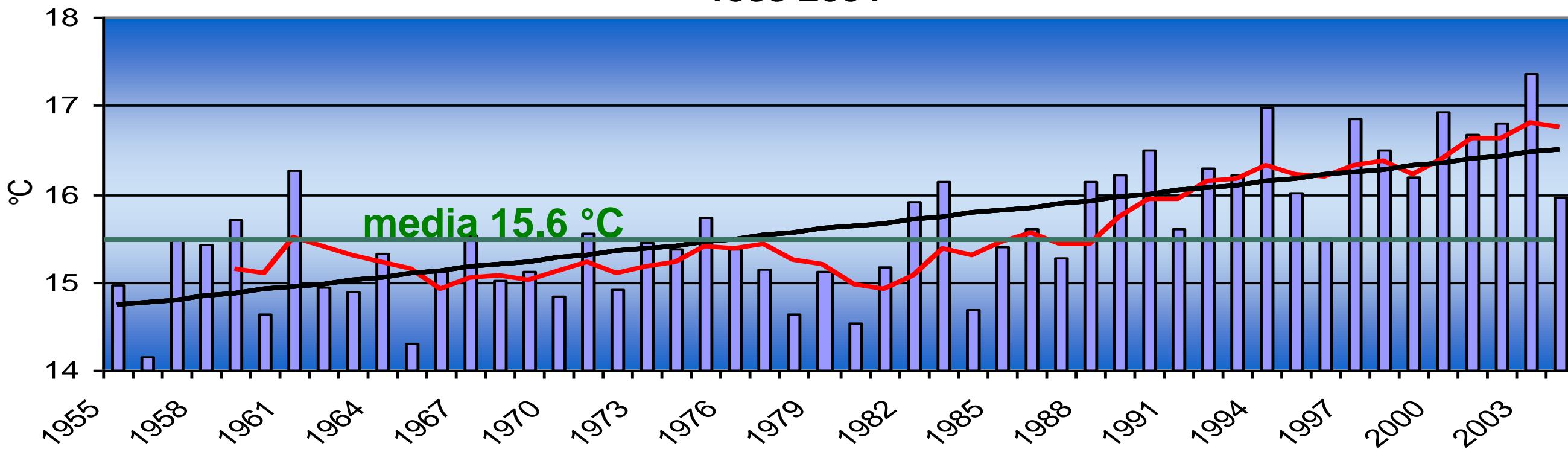
Tmin autunno: +0.7 °C/50 anni

Tmin inverno: +1.2 °C/50 anni



TEMPERATURE MASSIME ANNUE

Temperatura media annua delle massime
1955-2004



TREND - media su 48 stazioni

Tmax anno: +1.8 °C/50 anni

Tmax primavera: +1.9 °C/50 anni

Tmax estate: +2.3 °C/50 anni

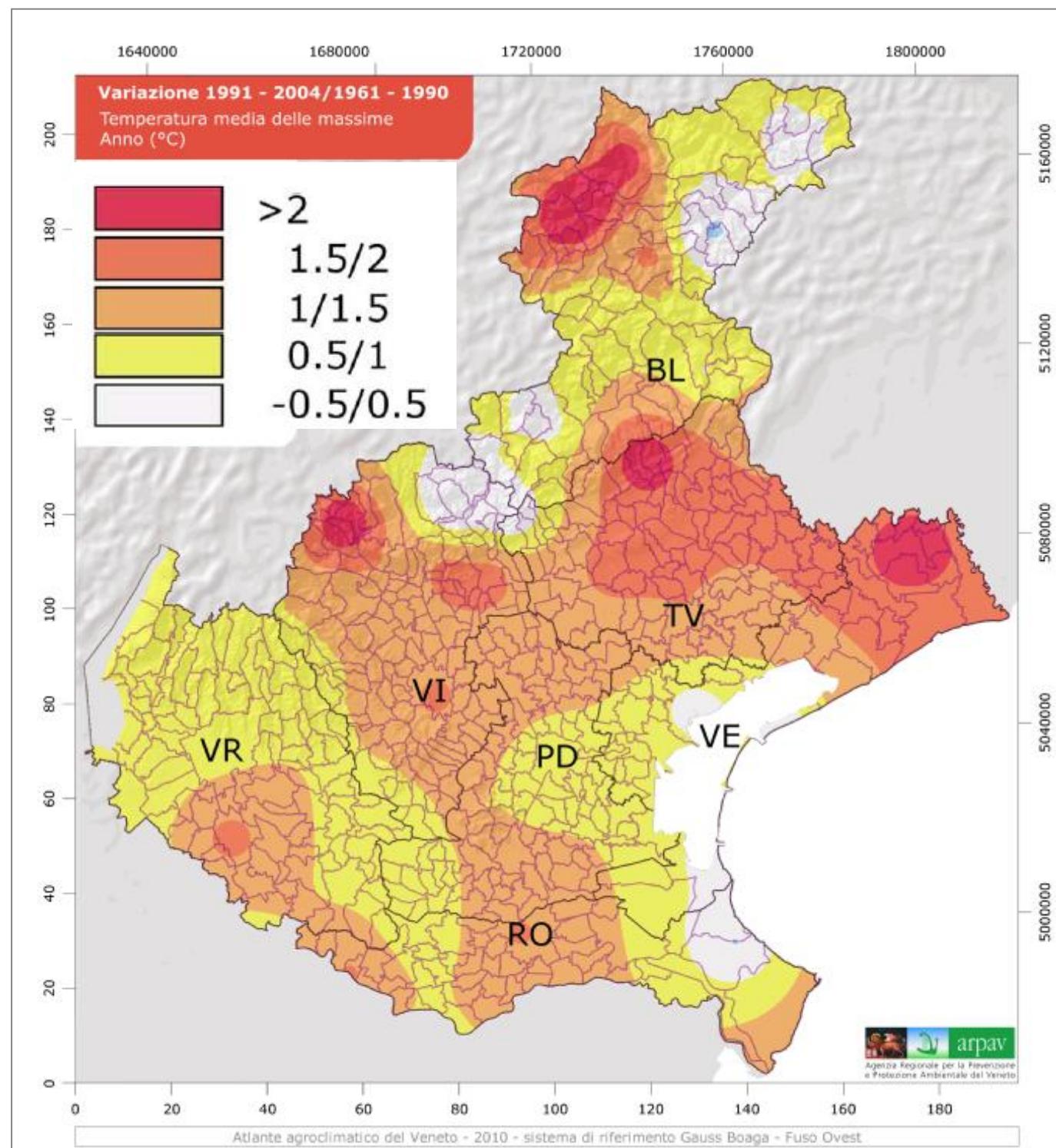
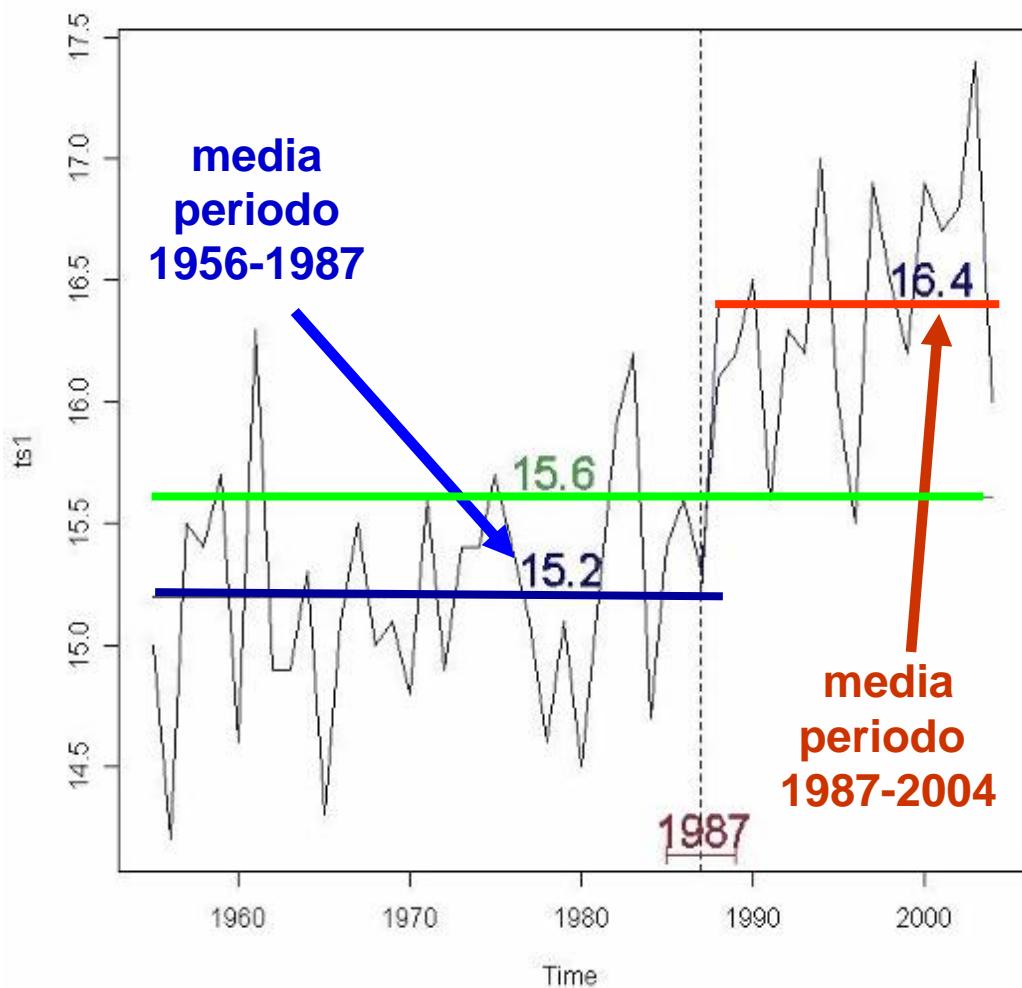
Tmax autunno: +0.7 °C/50 anni

Tmax inverno: +2.3 °C/50 anni



TEMPERATURA MASSIMA

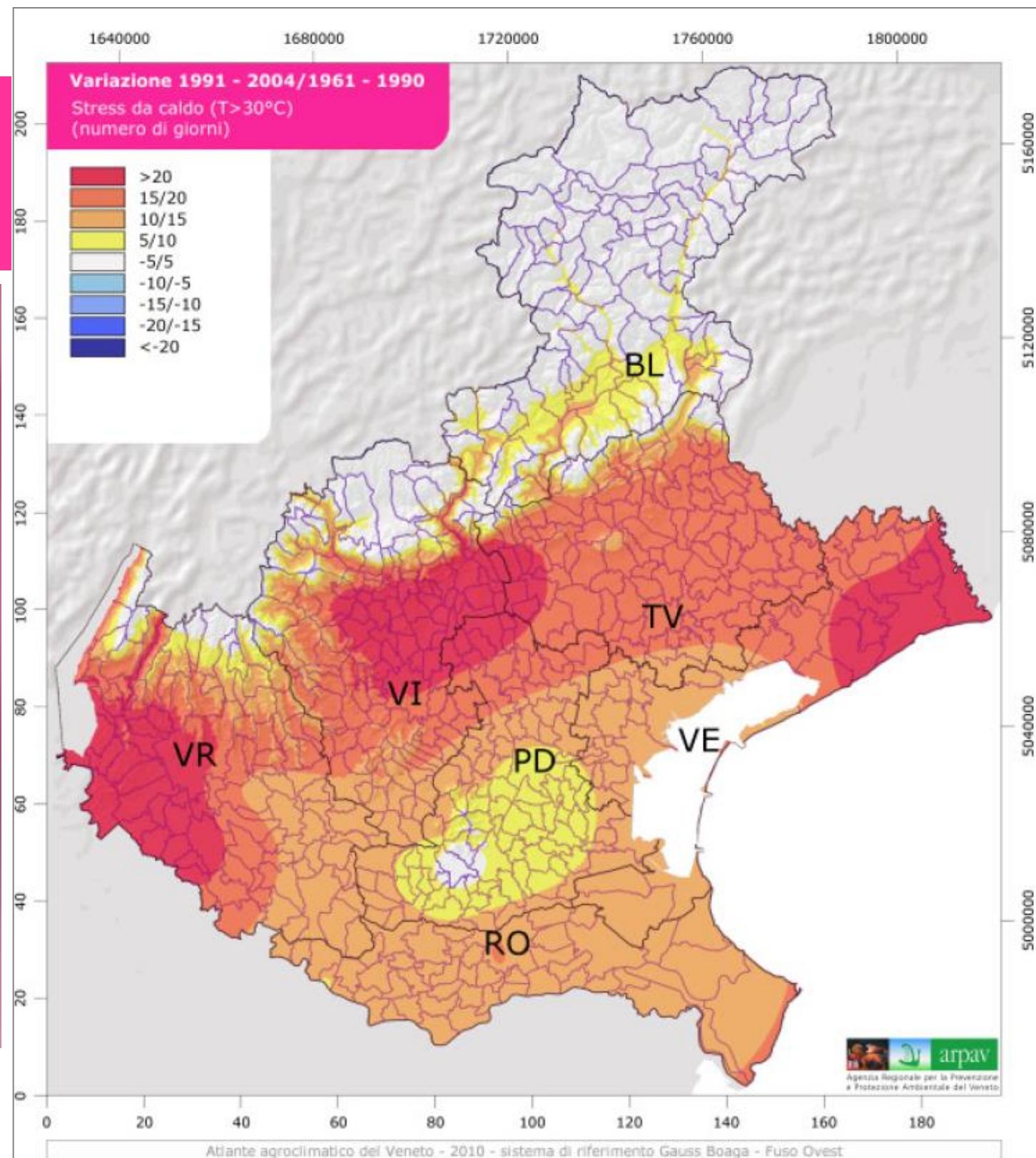
**VARIAZIONE DELLA T MAX (°C)
1991 - 2004/1961 - 1990
MEDIA ANNUA**





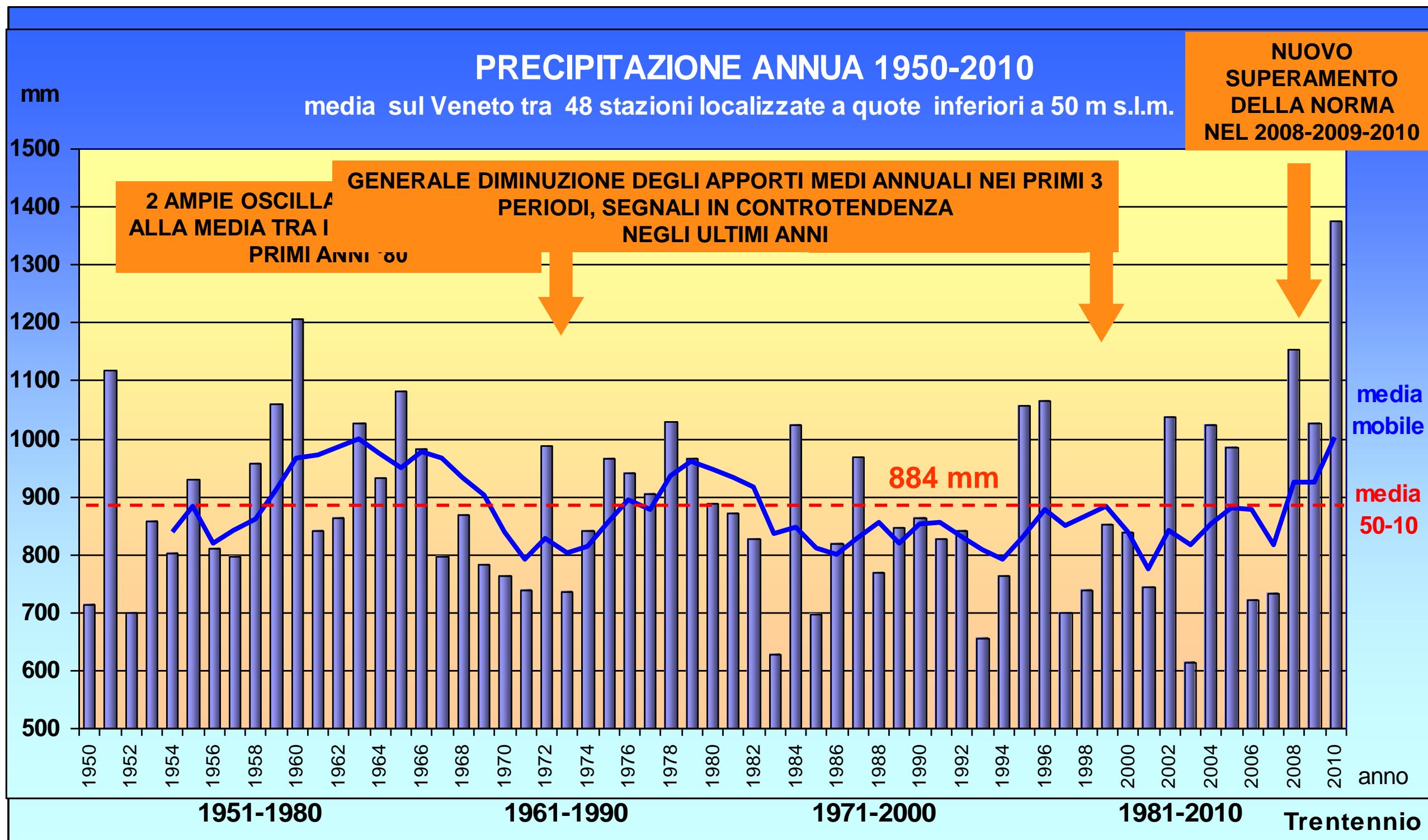
STRESS DA CALDO

($T > 30^{\circ}\text{C}$)
VARIAZIONE (numero di giorni)
1991 - 2004/1961 - 1990





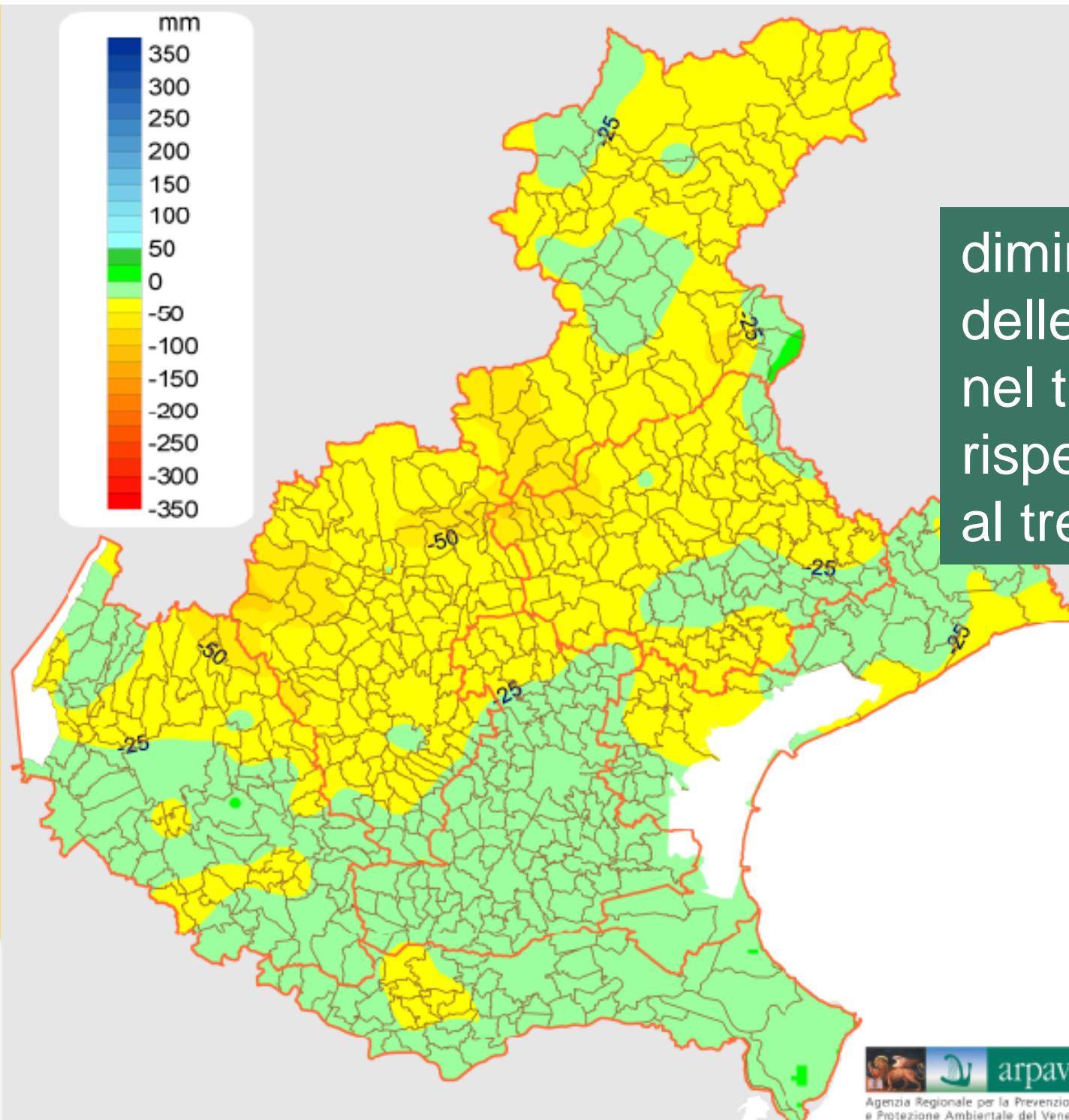
PRECIPITAZIONE - CUMULATA ANNUA





PRECIPITAZIONE - CUMULATA INVERNALE

VARIAZIONE 1981-2010/1961-1990
PRECIPITAZIONE MEDIA
INVERNO

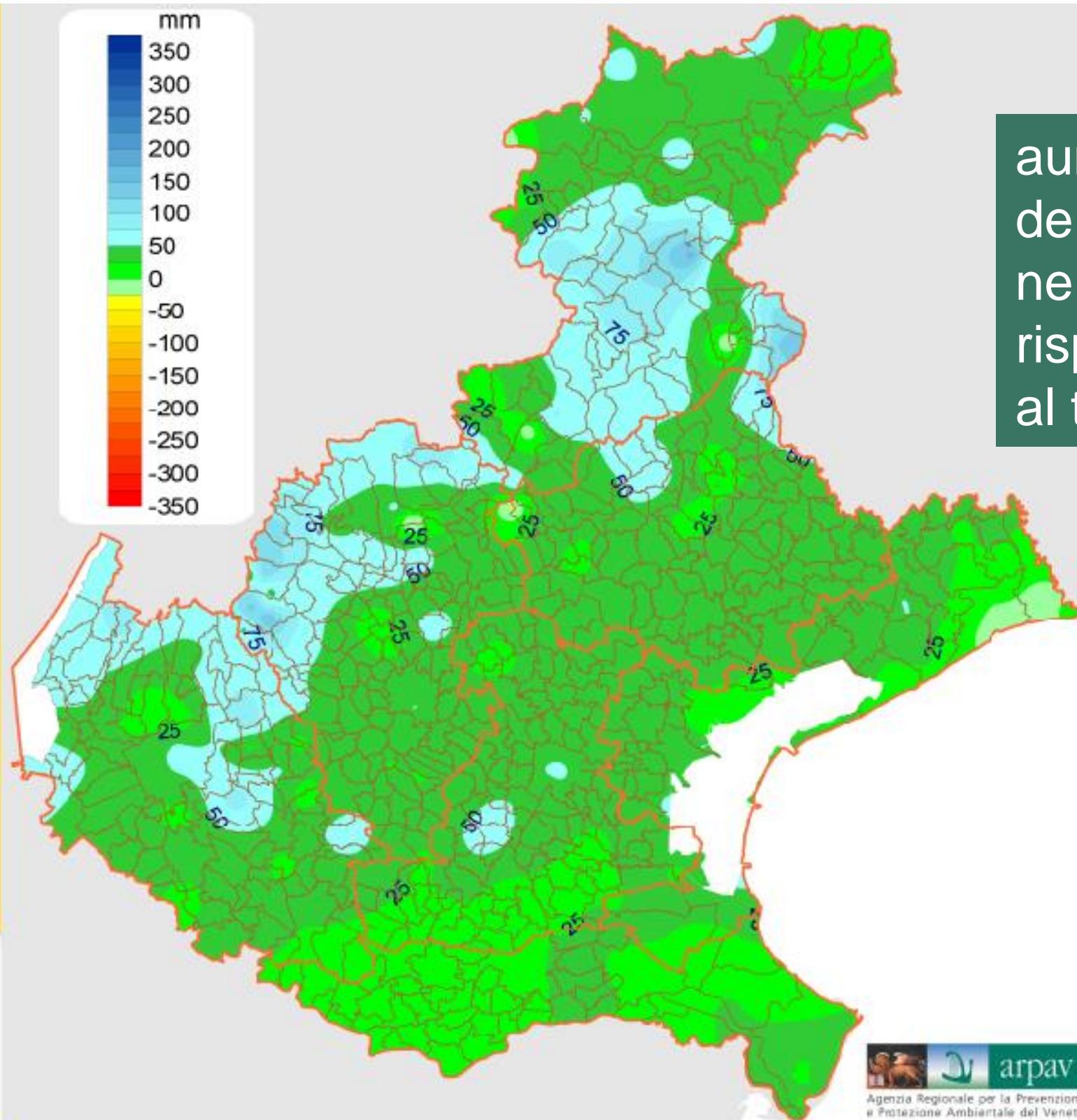


diminuzione
delle precipitazioni invernali
nel trentennio 1981-2010
rispetto
al trentennio 1961-1990



PRECIPITAZIONE - CUMULATA AUTUNNALE

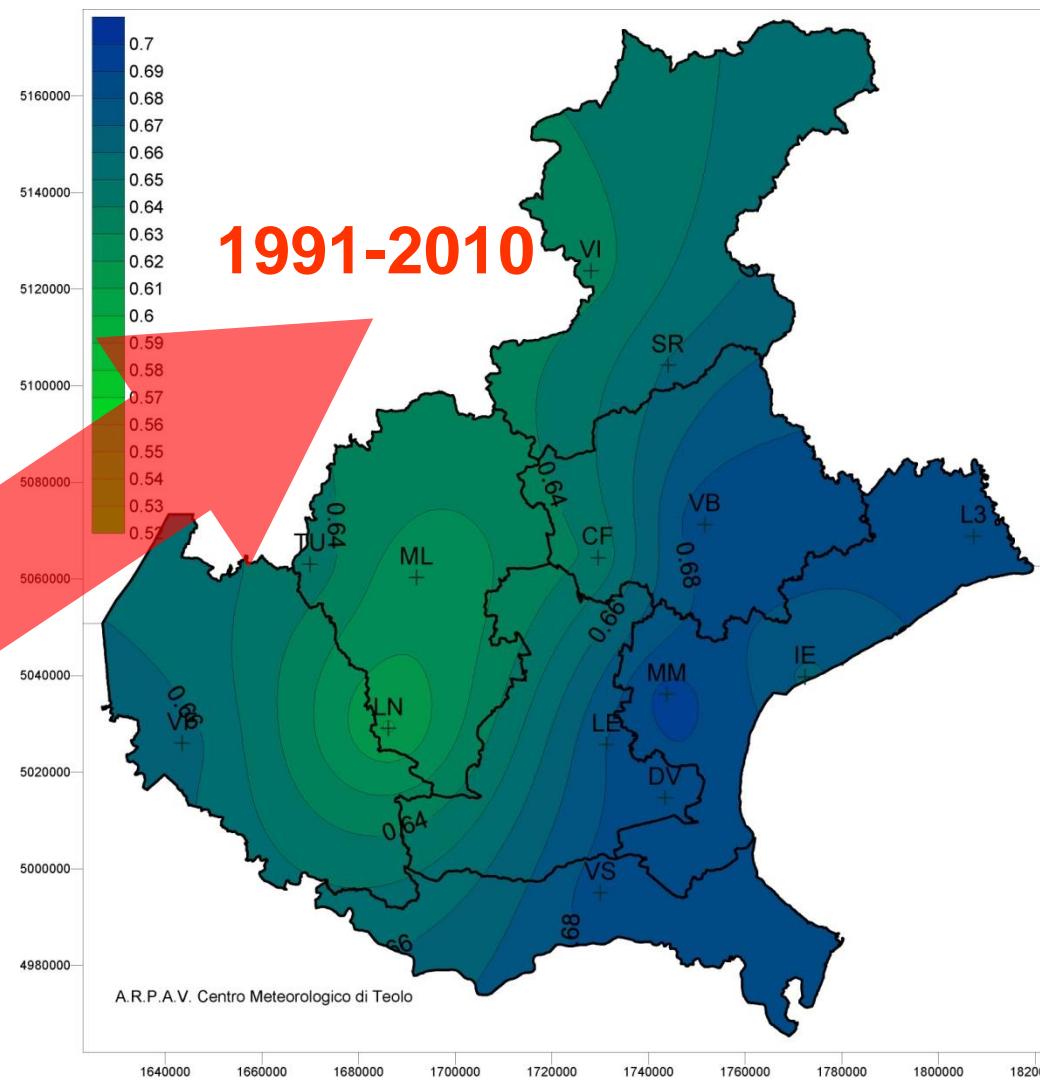
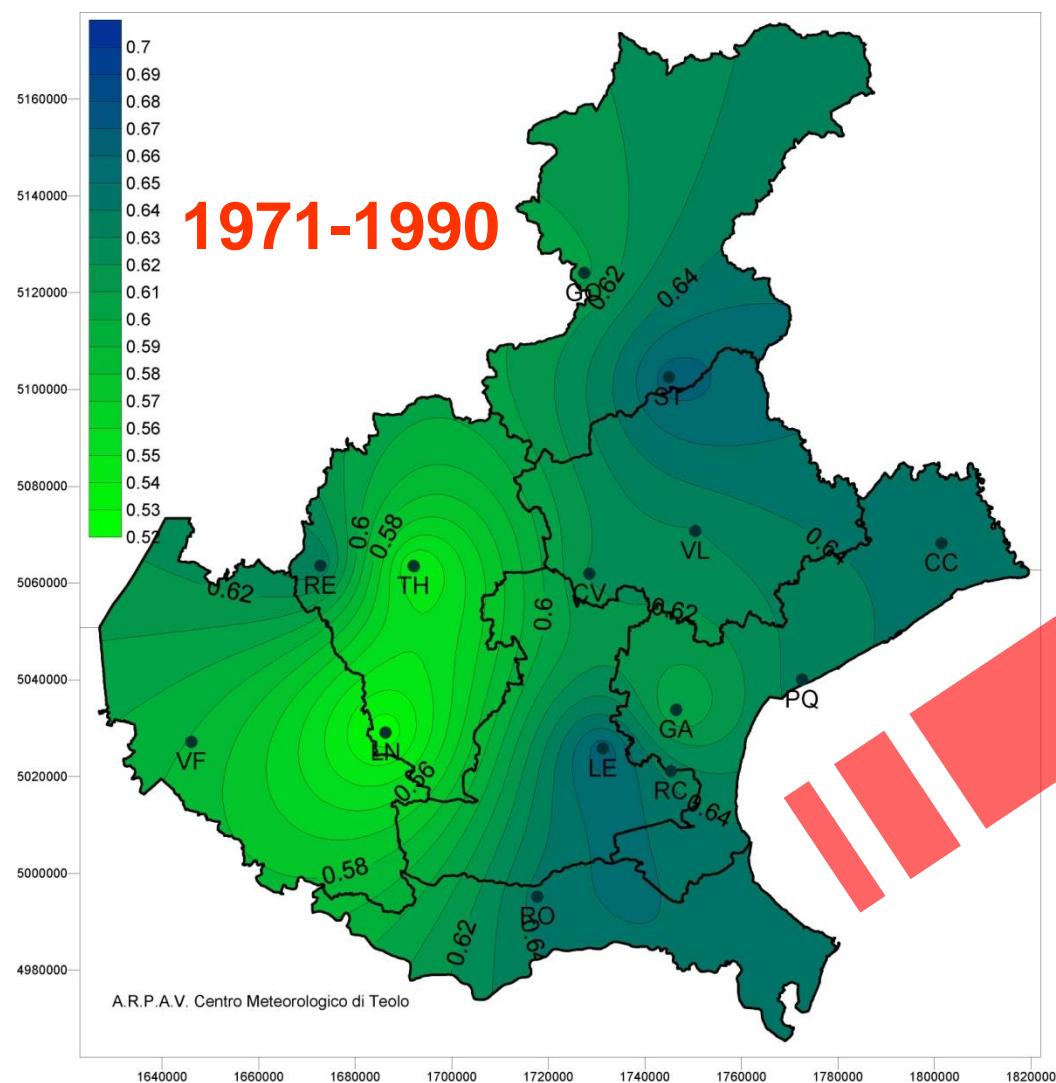
VARIAZIONE 1981-2010/1961-1990
PRECIPITAZIONE MEDIA
AUTUNNO



aumento
delle precipitazioni autunnali
nel trentennio 1981-2010
rispetto
al trentennio 1961-1990



CONCENTRAZIONE DELLE PRECIPITAZIONI - C INDEX



CI → 1 Precipitazioni annue molto concentrate in pochi giorni piovosi

CI → 0 Precipitazioni uniformemente distribuite nel corso dell'anno

Indice di concentrazione delle precipitazioni giornaliere C Index
- in aumento su pianura e costa -



EVENTI ESTREMI – ALCUNI ESEMPI RECENTI



**Temporali violenti,
trombe d'aria**



- Novembre 2010
- Gennaio-Febbraio 2014
- Riva del Garda 2009
- Mestre 2007
- Venezia 2012
- Riviera del Brenta 2015



RIASSUMENDO...

- ✓ **AUMENTO DELLA TEMPERATURA E QUINDI DELLA EVAPOTRASPIRAZIONE E DELLE ONDATE DI CALORE**
- ✓ **DIMINUZIONE DEI NEVAI E DEI GHIACCIAI, AUMENTO DEL LIVELLO DEL MARE**
- ✓ **DIMINUZIONE SEPPUR LIEVE DELLE PRECIPITAZIONI TOTALI**
- ✓ **MAGGIOR CONCENTRAZIONE DELLE PIOGGE CON MINORE FRUIBILITA'**



- **MINORE DISPONIBILITA' D'ACQUA**
 - **AUMENTO STRESS DA CALDO**
 - **ESIGENZA CRESCENTE DI ACQUA**





PERO' negli ultimi anni.....

- ✓ **PRESENZA DI STAGIONI PARTICOLARMENTE PIOVOSE/NEVOSE**
- ✓ **PRESENZA DI STAGIONI SICCILOSE**
- ✓ **SUCCESSIONE DI FENOMENI ALLUVIONALI/INTENSI**
- ✓ **ANOMALO COMPORTAMENTO DELLE FALDE E DEL MANTO NEVOSO**



VULNERABILITA' DI UN TERRITORIO COMPLESSO DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO, PRODUTTIVO E ANTROPICO



CAMBIAMENTI CLIMATICI - CAUSE

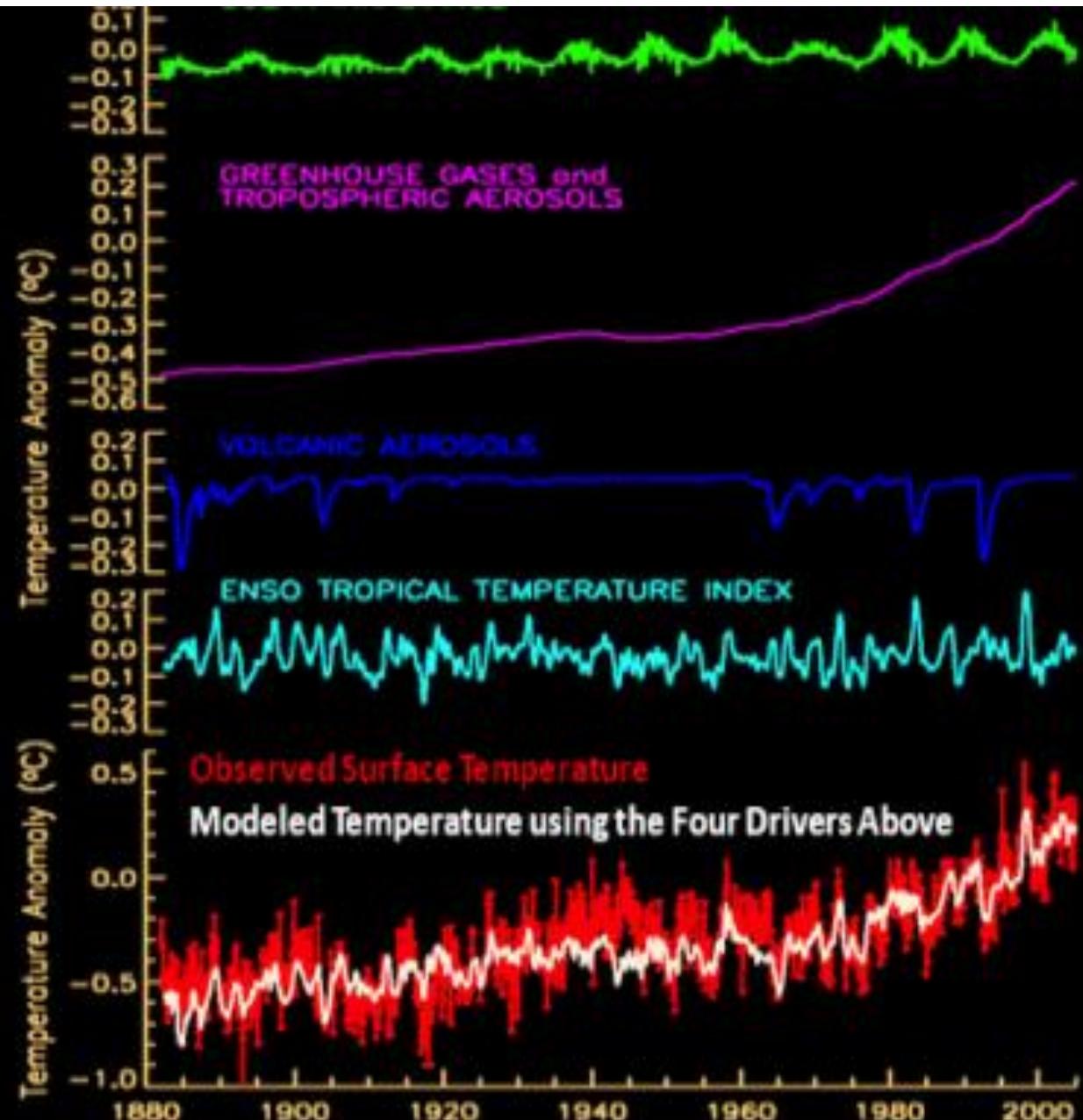


arpav

What Drives Modern Climate?

There are four major contributions to climate change. The sun is one of them

1. Solar Irradiance
2. Greenhouse Gasses
3. Volcanoes
4. ENSO (The El Niño Southern Oscillation)



SOLE

GAS SERRA

VULCANI

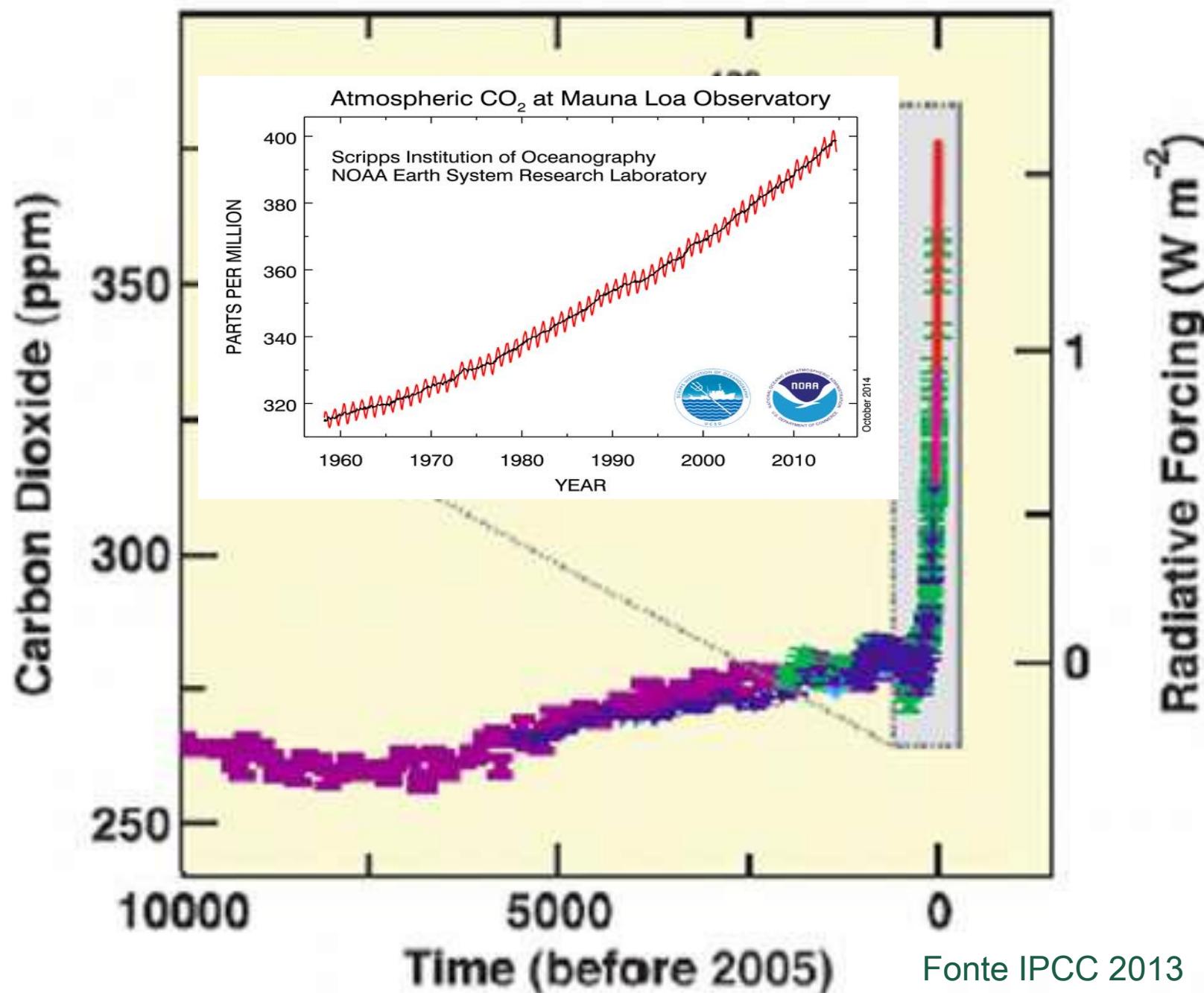
EL NINO

TEMPERATURA

<http://www.swpc.noaa.gov/impacts/space-weather-impacts-climate>



CONCENTRAZIONE ATMOSFERICA DELL'ANIDRIDE CARBONICA



Concentrazione CO₂
≈ 280 ppm preindustriale

Oggi > 400 ppm

≈ + 40%

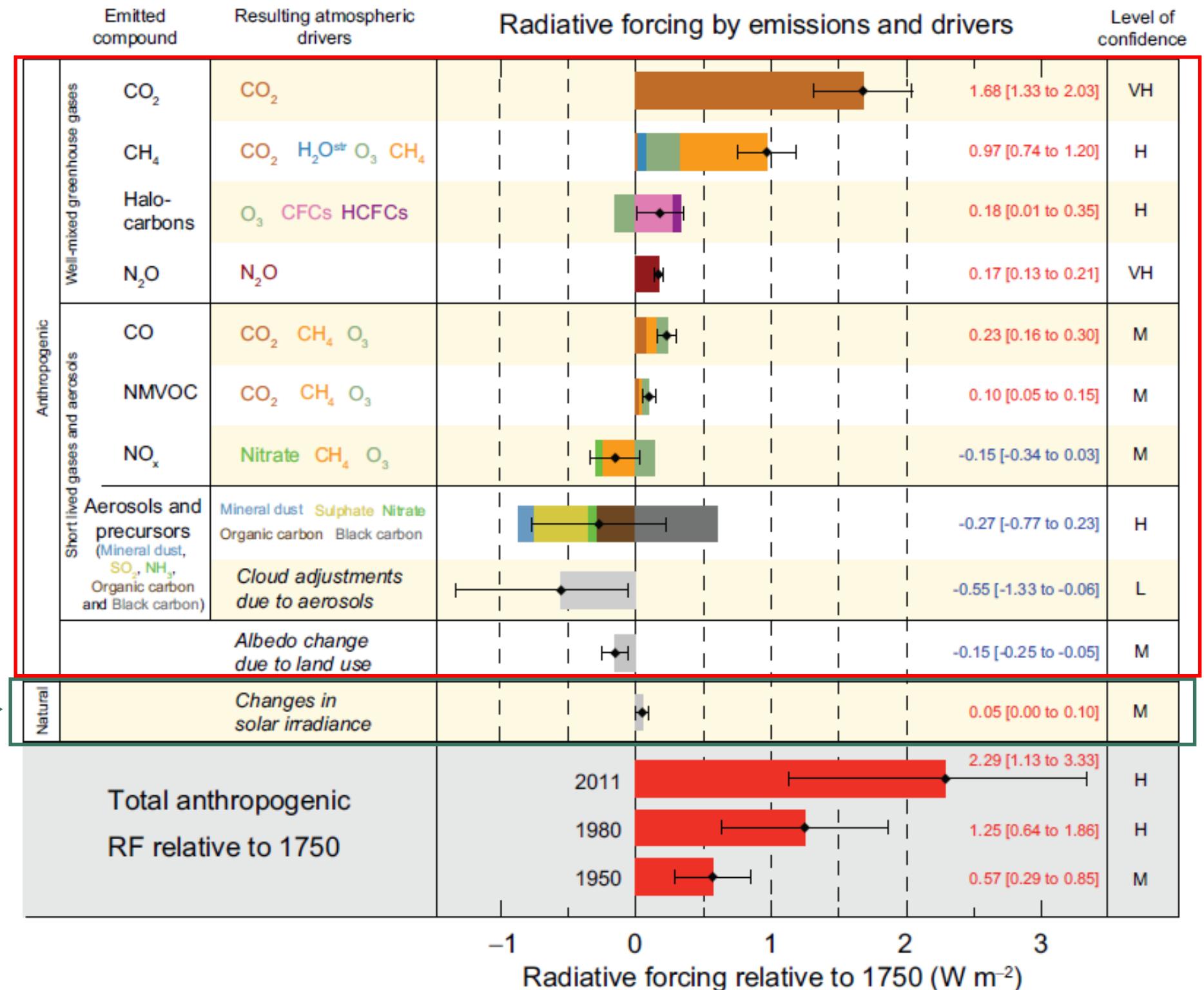
CAMBIAMENTI CLIMATICI - CAUSE



arpav

LE FORZANTI RADIATIVE...

Forzanti antropogeniche



Radiazione solare



1366 W/m²

Costante solare



150/200 W/m²
(netta al suolo)



CONFRONTO TRA ANDAMENTO CLIMATICO

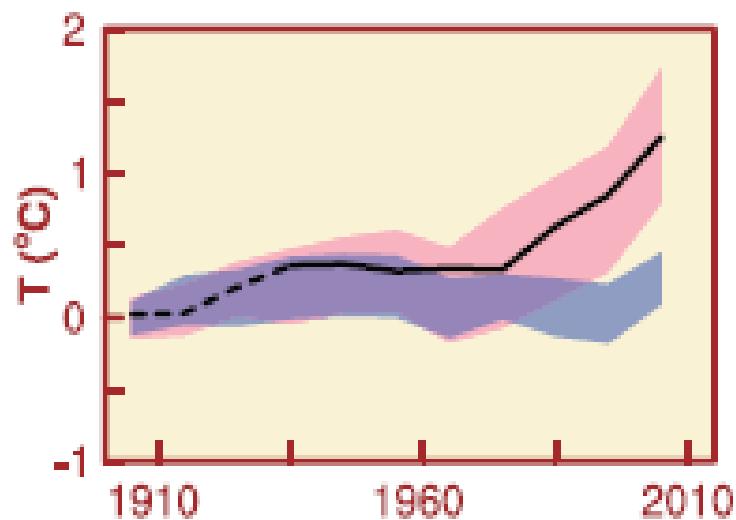
1. OSSERVATO

2. MODELLATO CON FORZANTI NATURALI

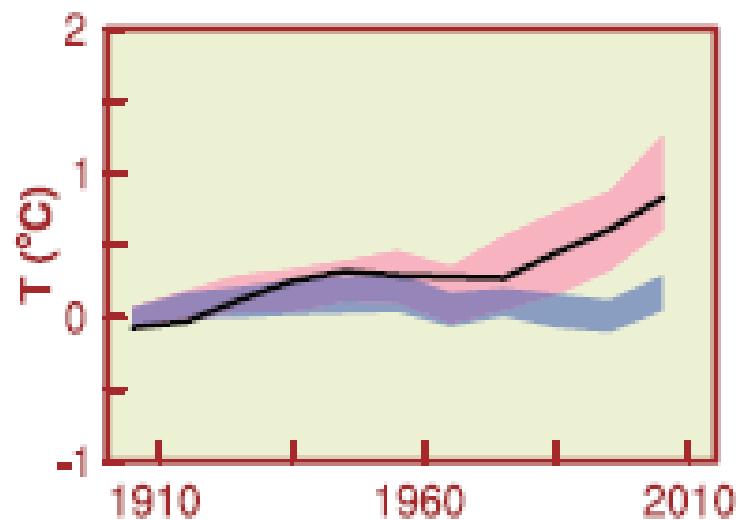
3. MODELLATO CON FORZANTI NATURALI+ANTROPOGENICHE

Global averages

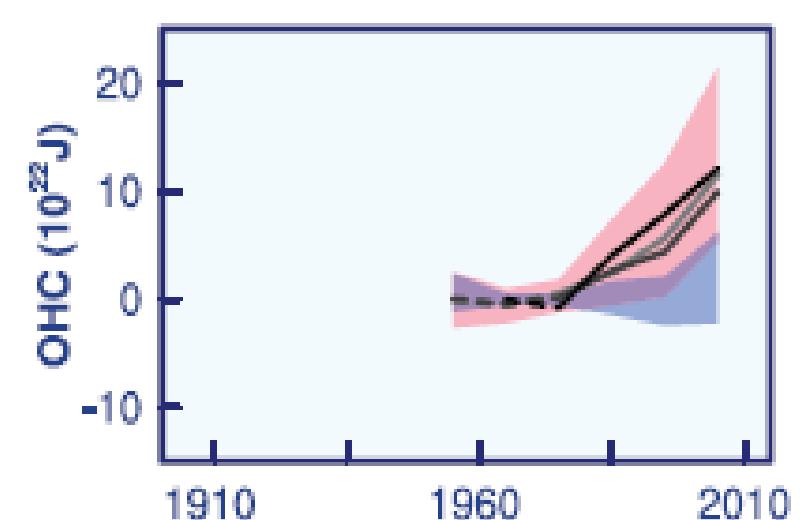
Land surface



Land and ocean surface



Ocean heat content



≡ Observations

■ Models using only natural forcings

■ Models using both natural and anthropogenic forcings



“E’ “estremamente probabile” (al 95-100%) che più della metà dell’aumento osservato della temperatura superficiale dal 1951 al 2010 è stato provocato dall’effetto antropogenico sul clima (emissioni di gas-serra, aerosol e cambi di uso del suolo). Questo ha provocato il riscaldamento degli oceani, la fusione dei ghiacci e la riduzione della copertura nevosa, l’innalzamento del livello medio globale marino e ha modificato alcuni estremi climatici nella seconda metà del XX secolo (“confidenza alta”).”

“Le emissioni continue di gas ad effetto serra causeranno un ulteriore riscaldamento e cambiamenti in tutte le componenti del sistema climatico. Limitare il cambiamento climatico richiederà una sostanziale riduzione delle emissioni di gas a effetto serra.”

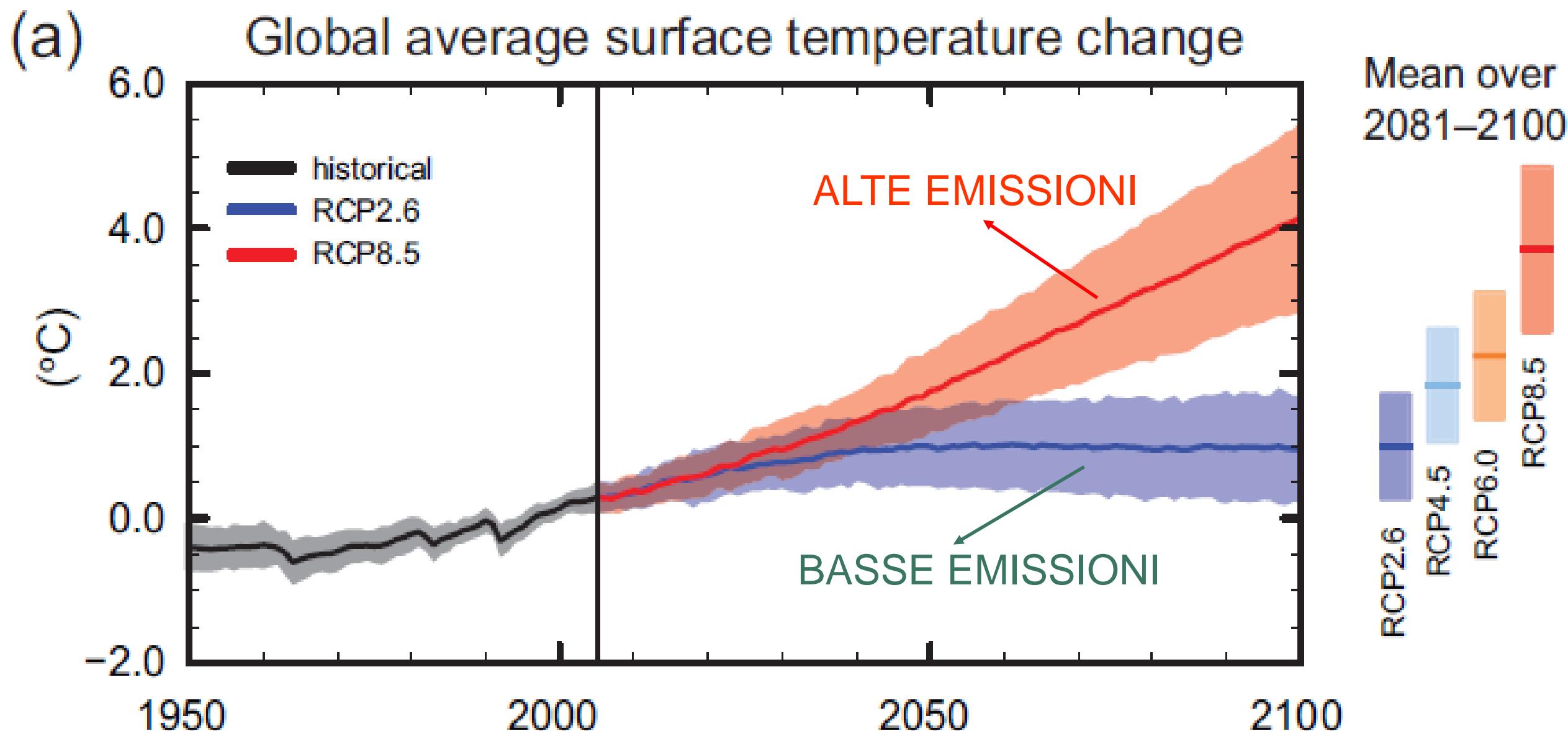
“Le proiezioni per i prossimi decenni mostrano una entità dei cambiamenti notevolmente influenzata dalla scelta di scenario di emissioni.”

Come sarà il Clima del futuro????



arpav

Temperatura media globale



V^ Rapporto IPCC sui cambiamenti climatici 2013

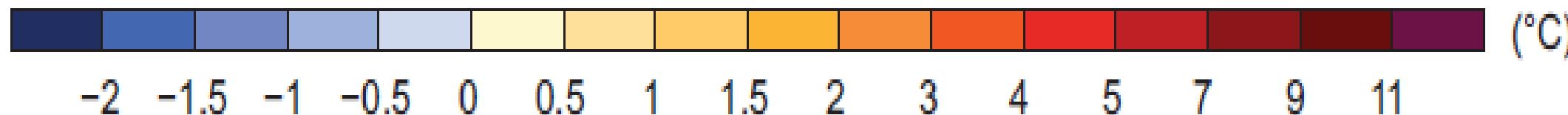
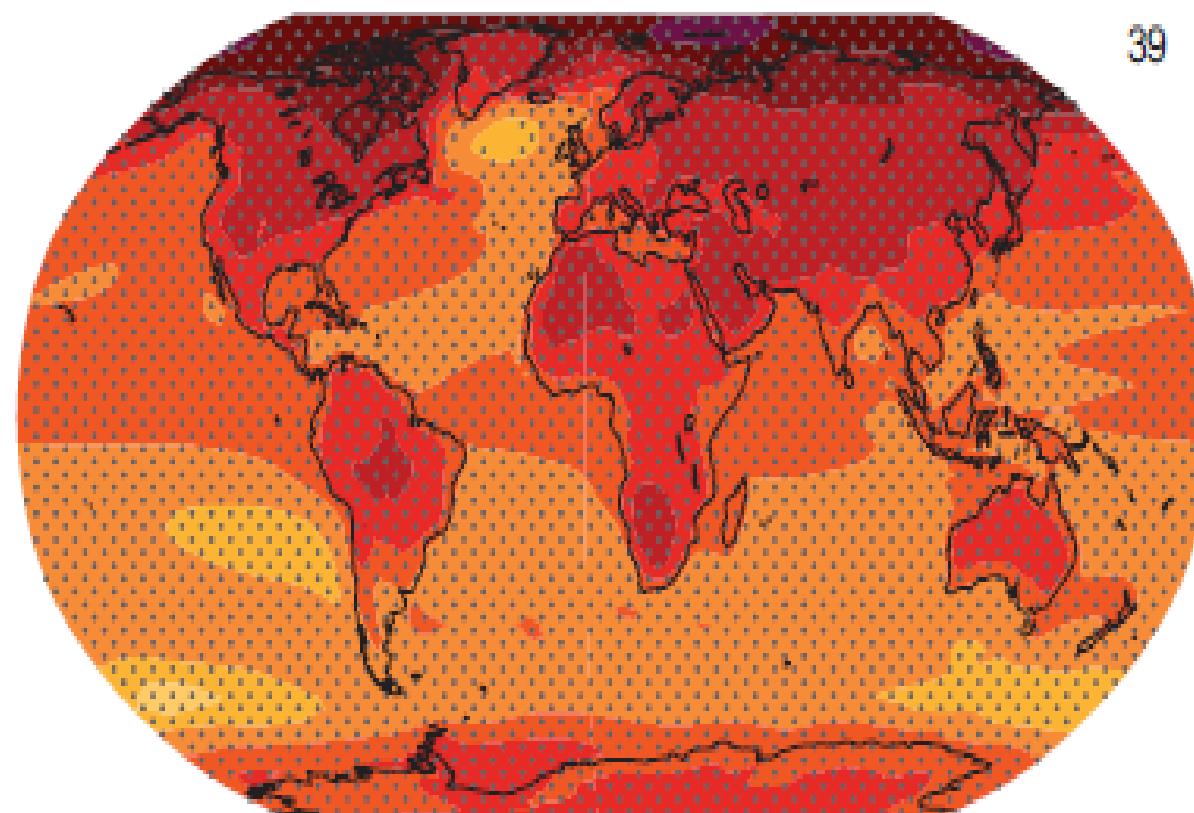
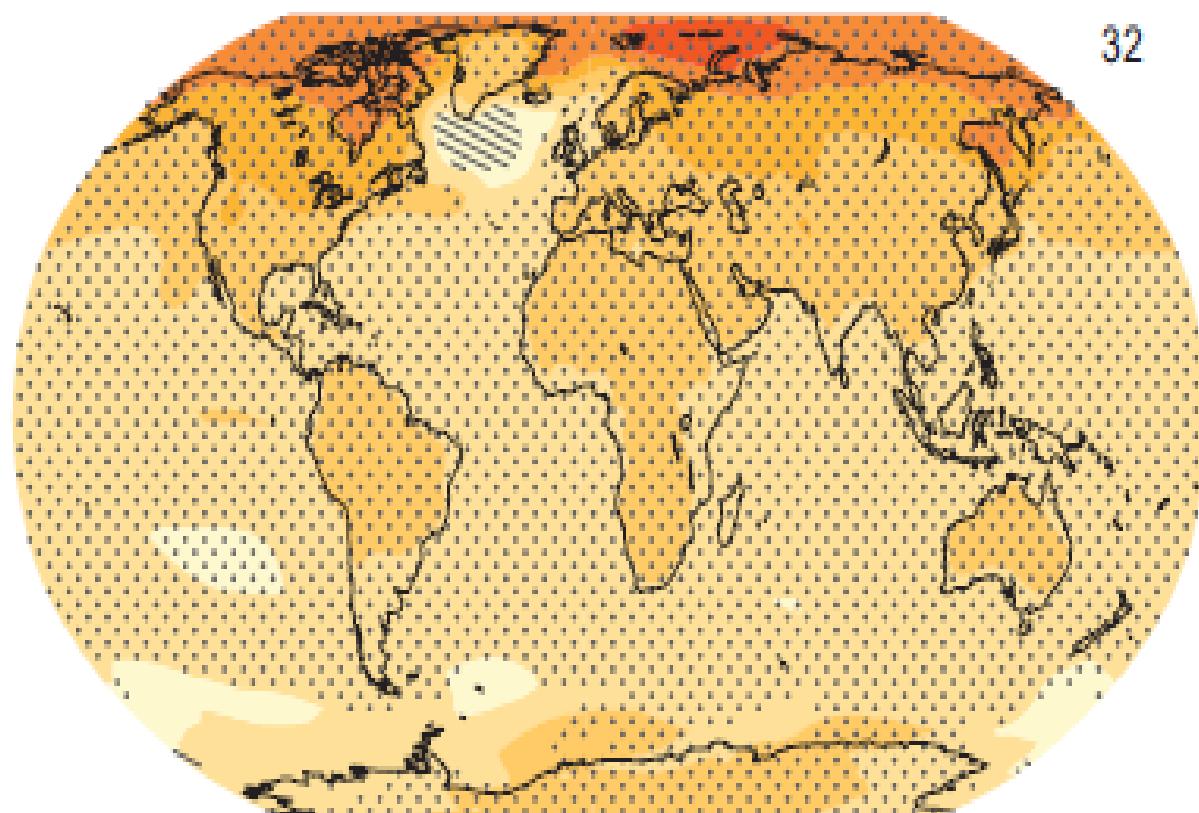


Variazione della Temperatura

RCP 2.6

RCP 8.5

(a) Change in average surface temperature (1986–2005 to 2081–2100)





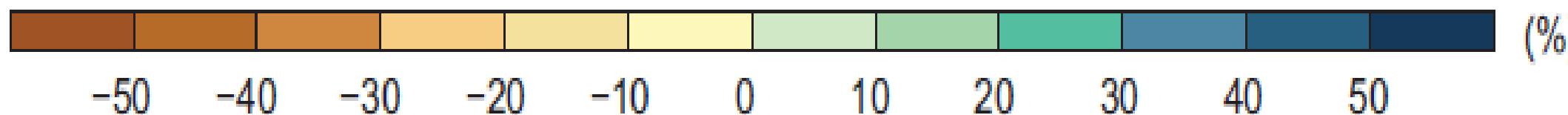
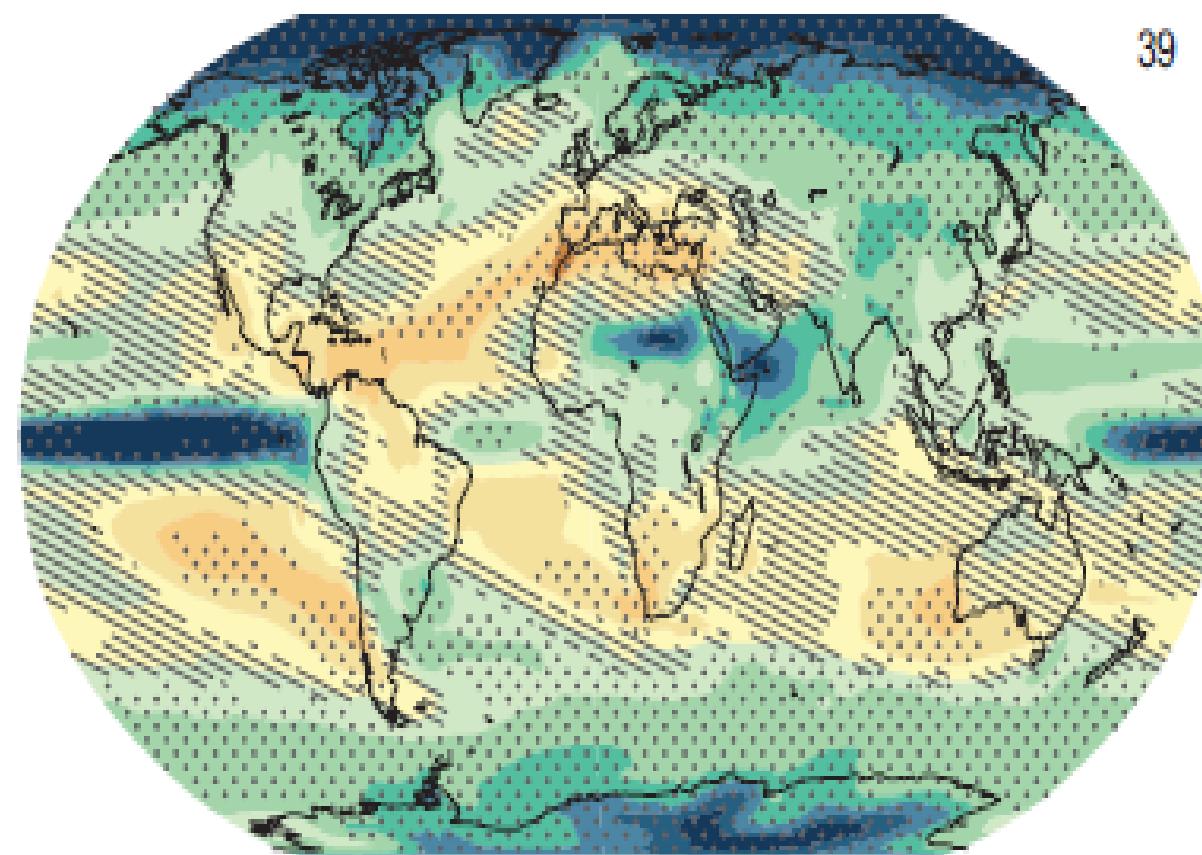
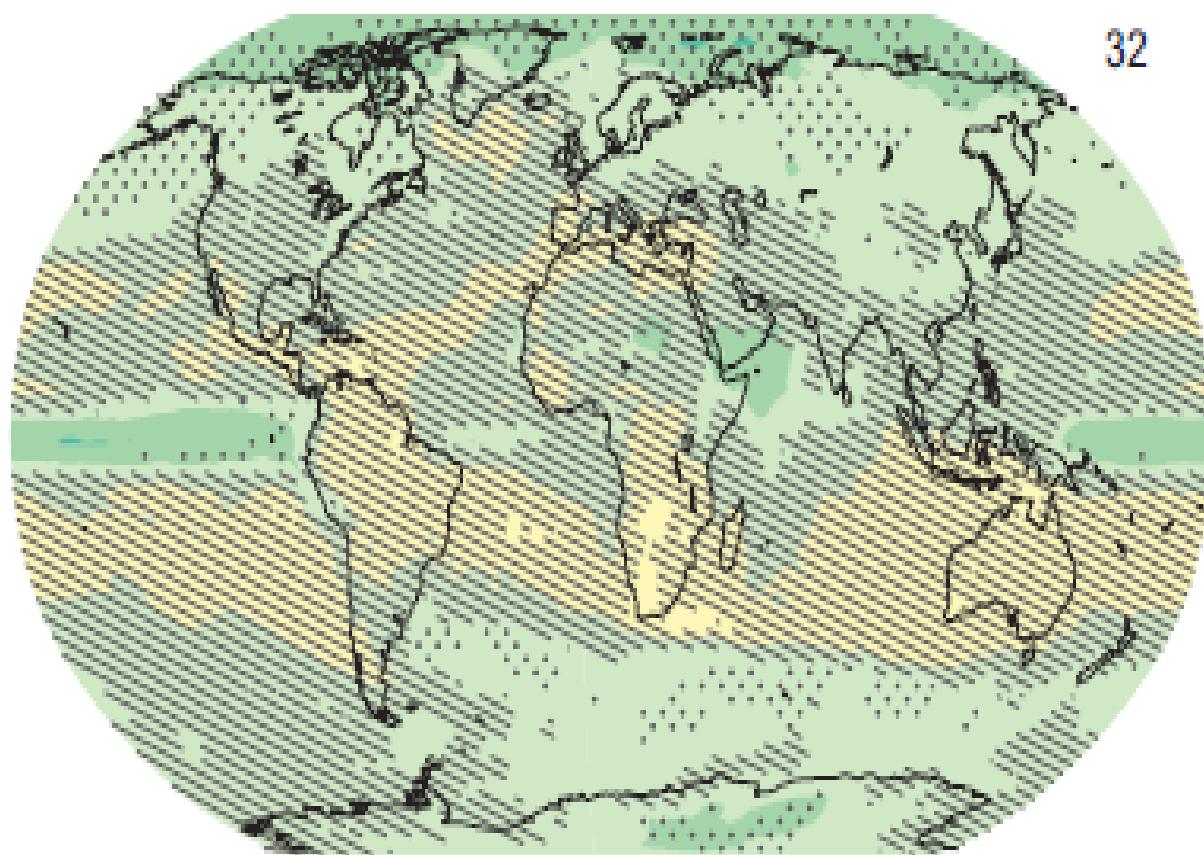
Variazione della Precipitazione

RCP 2.6

RCP 8.5

(b)

Change in average precipitation (1986-2005 to 2081-2100)



Come sarà il Clima del futuro????



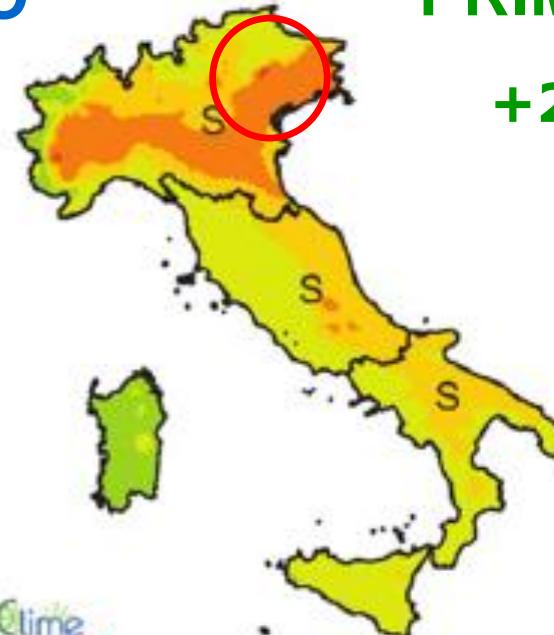
arpav

SIMULAZIONI SULL'ITALIA PER IL 2071-2100...

TEMPERATURA - PROIEZIONI CON COSMO-LAMI (Scenario **RCP 4.5**)

INVERNO

+3°C



PRIMAVERA

+2/3°C



ESTATE

+3/4°C

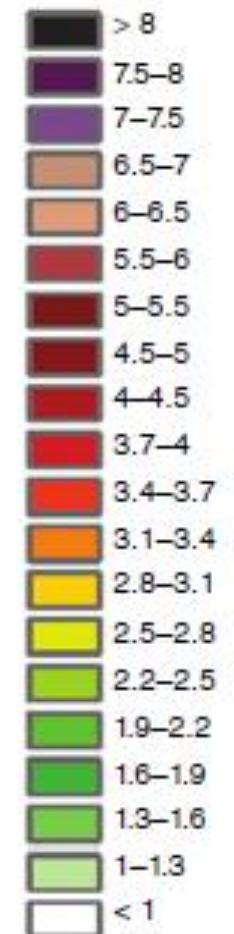


AUTUNNO

+3/4°C



°C



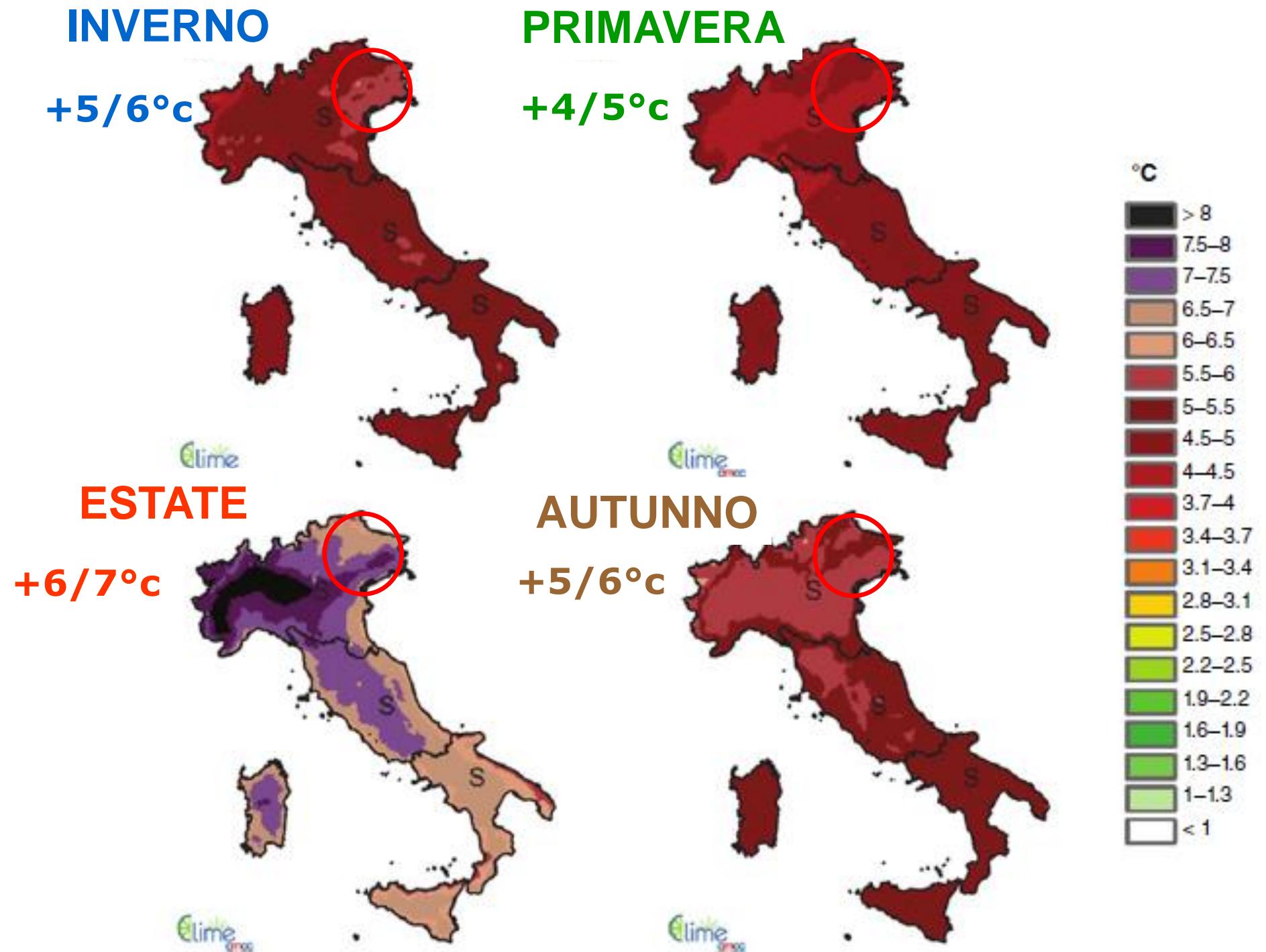
Come sarà il Clima del futuro???



arpav

SIMULAZIONI SULL'ITALIA PER IL 2071-2100...

TEMPERATURA - PROIEZIONI CON COSMO-LAMI (Scenario **RCP 8.5**)



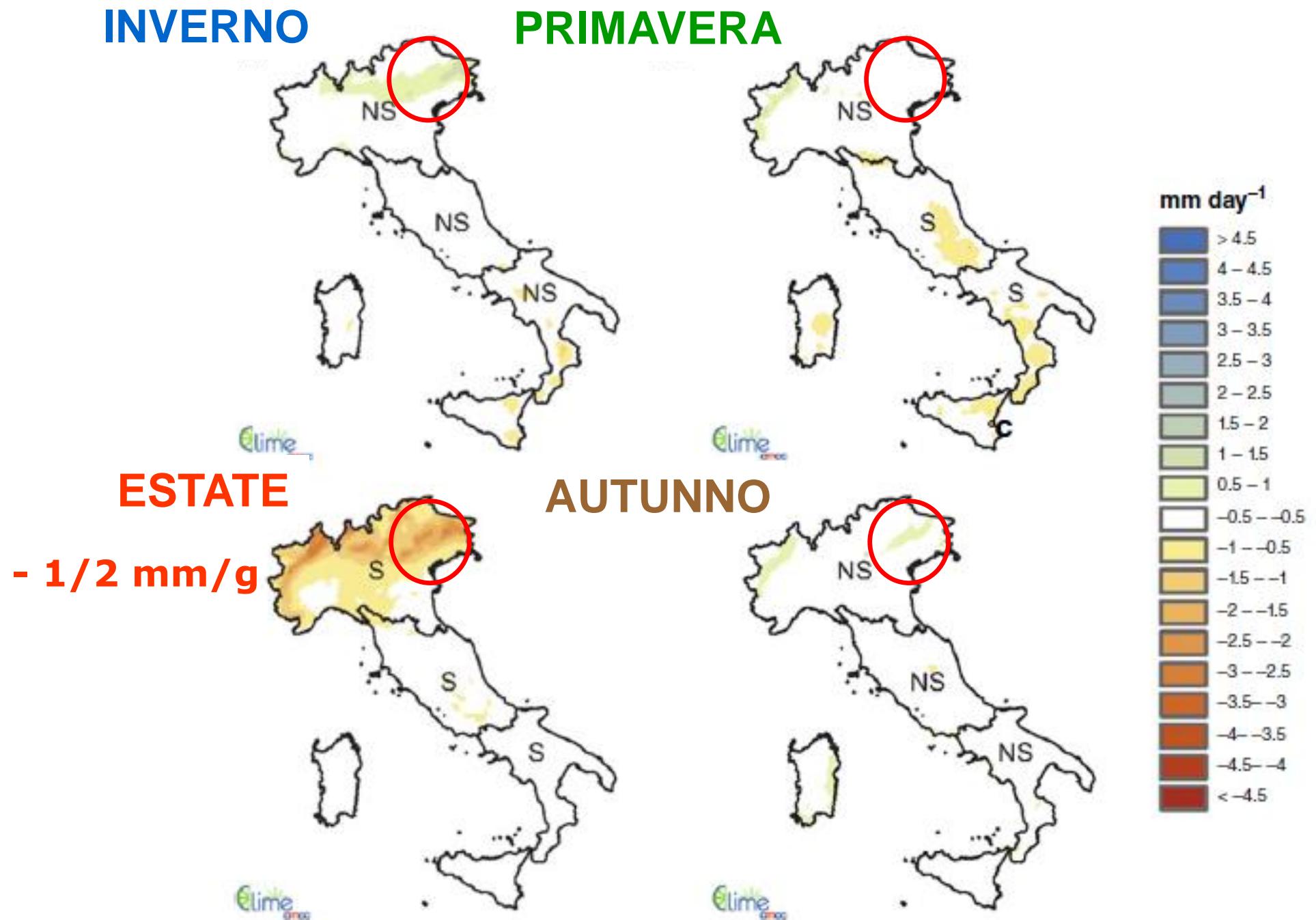
Come sarà il Clima del futuro???



arpav

SIMULAZIONI SULL'ITALIA PER IL 2071-2100...

PRECIPITAZIONE - PROIEZIONI CON COSMO-LAMI (Scenario **RCP 4.5**)



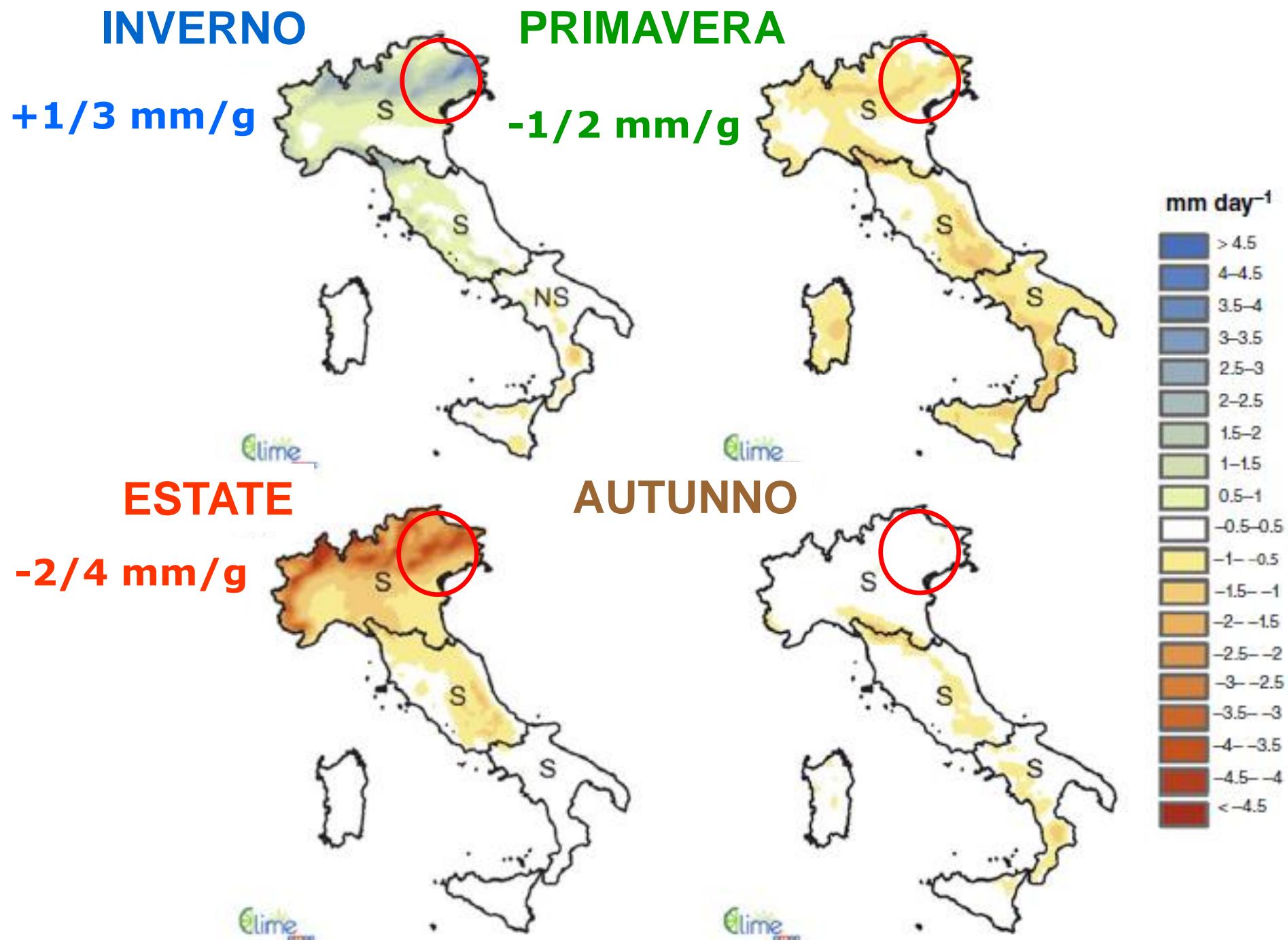
Come sarà il Clima del futuro????



arpav

SIMULAZIONI SULL'ITALIA PER IL 2071-2100...

PRECIPITAZIONE - PROIEZIONI CON COSMO-LAMI (Scenario **RCP 8.5**)





I recenti cambiamenti climatici hanno avuto e avranno

impatti diffusi sui sistemi umani e naturali



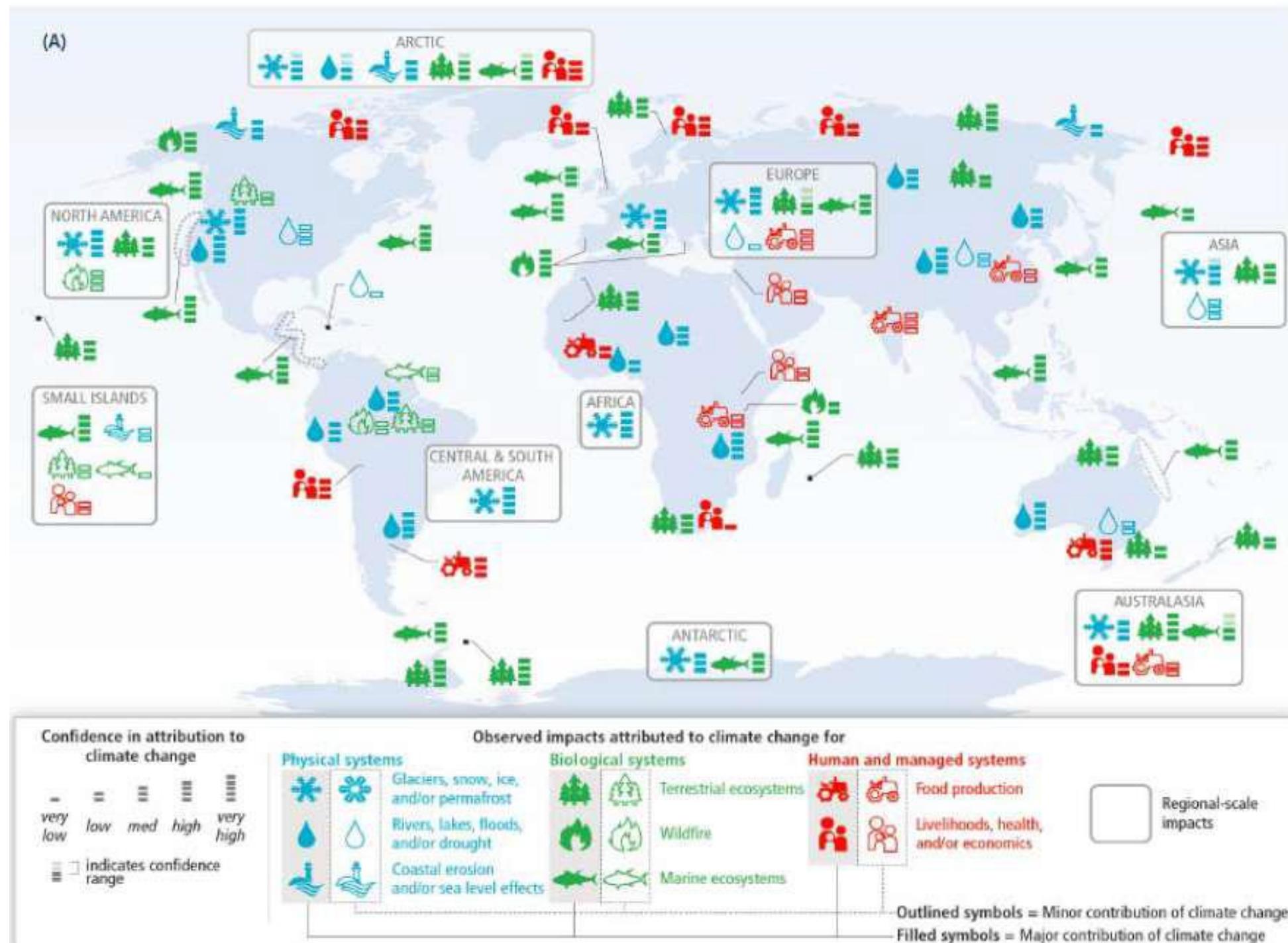
*continue
emissioni
di gas serra*

*ulteriore
riscaldamento e
cambiamenti duraturi
del sistema climatico*

*aumenta la probabilità di
effetti gravi, diffusi e
irreversibili
per le persone e gli ecosistemi*



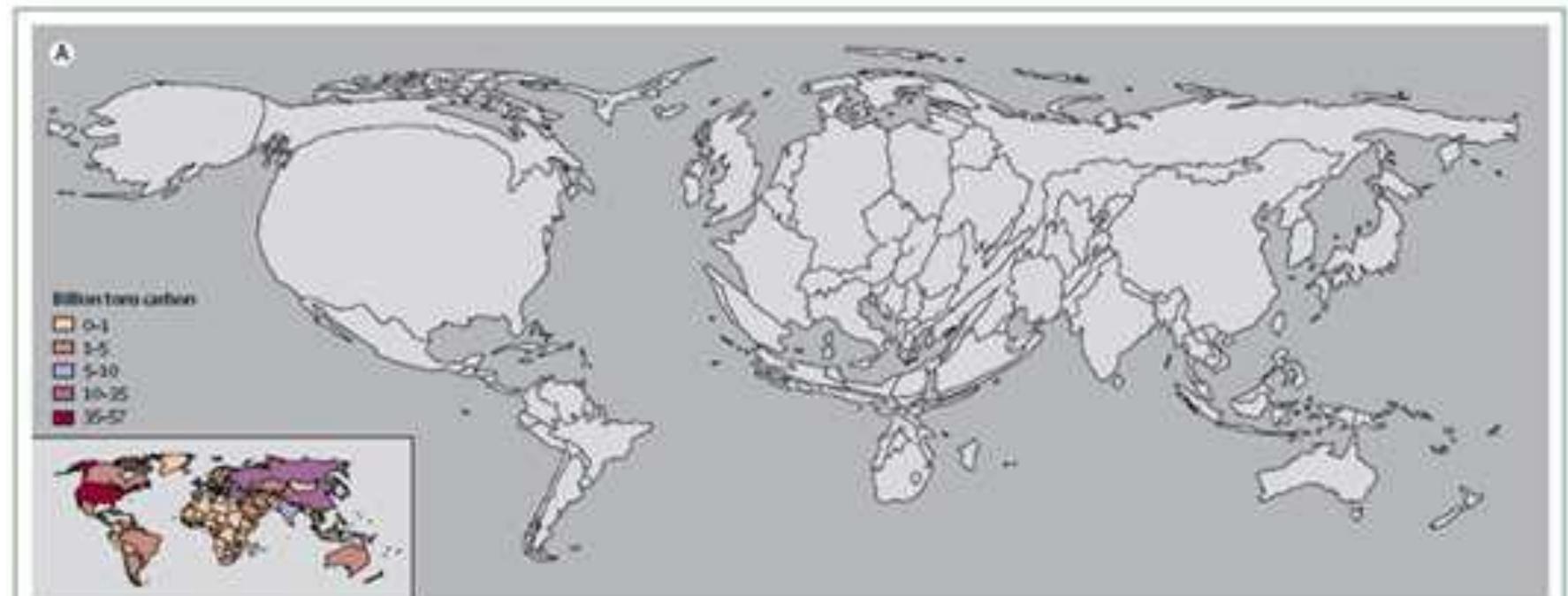
Impatti globali e regionali dei cambiamenti climatici



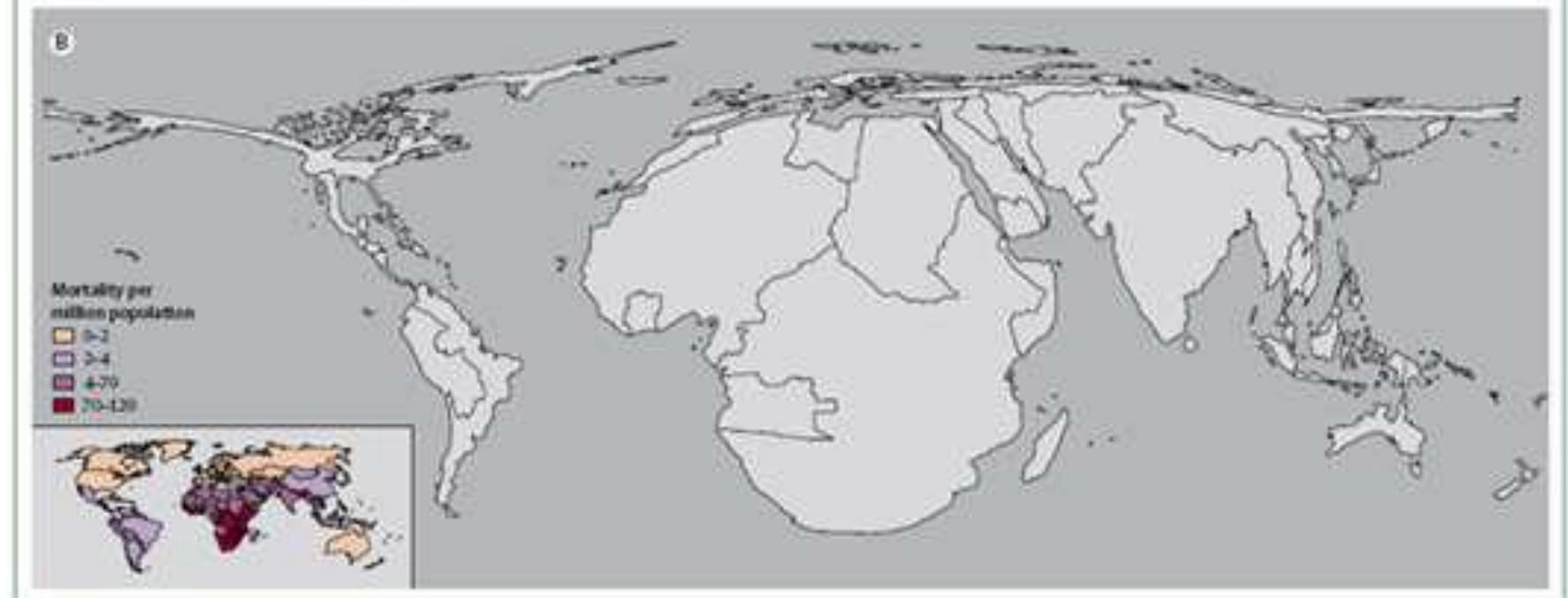


Responsabilità e impatti dei cambiamenti climatici

**emissioni
di CO2
(1950-2000)**



mortalità
collegata a 4 impatti
dei cambiamenti
climatici sulla salute
(malaria,
malnutrizione,
dissenteria, vittime
di alluvioni)





CAMBIAMENTI CLIMATICI in

Map ES.1 Key observed and projected climate change and impacts for the main biogeographical

Regioni Mediterranee:

- Temperature in aumento maggiore rispetto alla media europea
- **Diminuzione delle precipitazioni annue**
- Diminuzione della portata annua dei fiumi
- **Aumento del rischio di perdita di biodiversità**
- Aumento del rischio di desertificazione
- **Aumento del fabbisogno idrico in agricoltura**
- Diminuzione dei raccolti
- **Aumento del rischio di incendi boschivi**
- Aumento della mortalità per ondate di calore
- **Espansione degli habitat dei vettori di malattie tipiche di aree più meridionali**
- Diminuzione del turismo estivo e potenziale aumento in altre stagioni

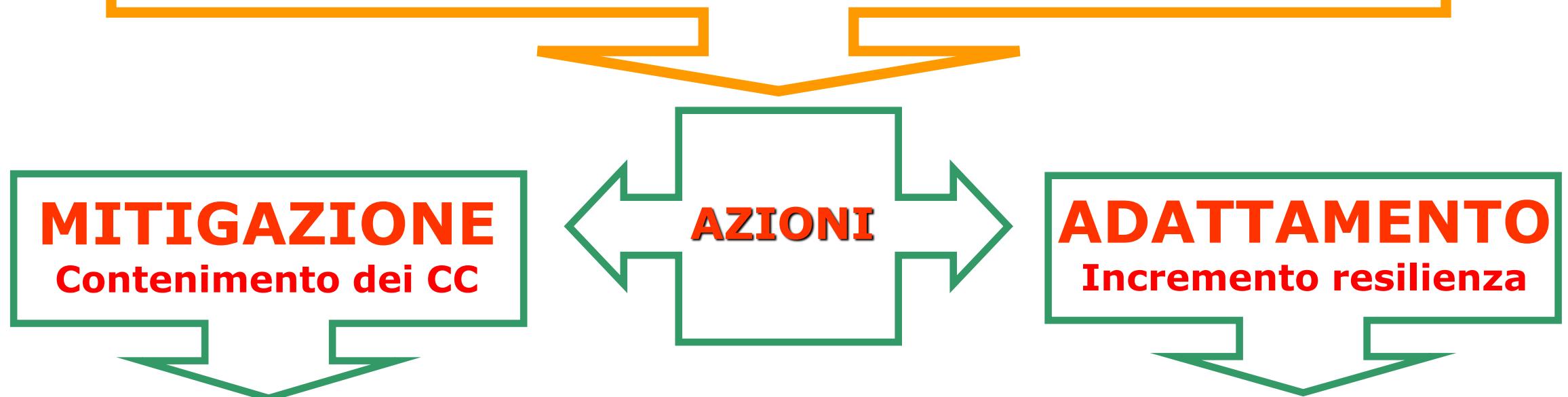


Fonte: Agenzia



Cambiamenti Climatici

- ✓ **IMPATTI SUL TERRITORIO**
- ✓ **VULNERABILITA' DEL TERRITORIO (E DELL'UOMO)**
- ✓ **RISCHI NATURALI E ANTROPICI**



Accordi internazionali (Parigi 2015)

➤ **Riduzione Gas Serra**

Strategie UE di adattamento

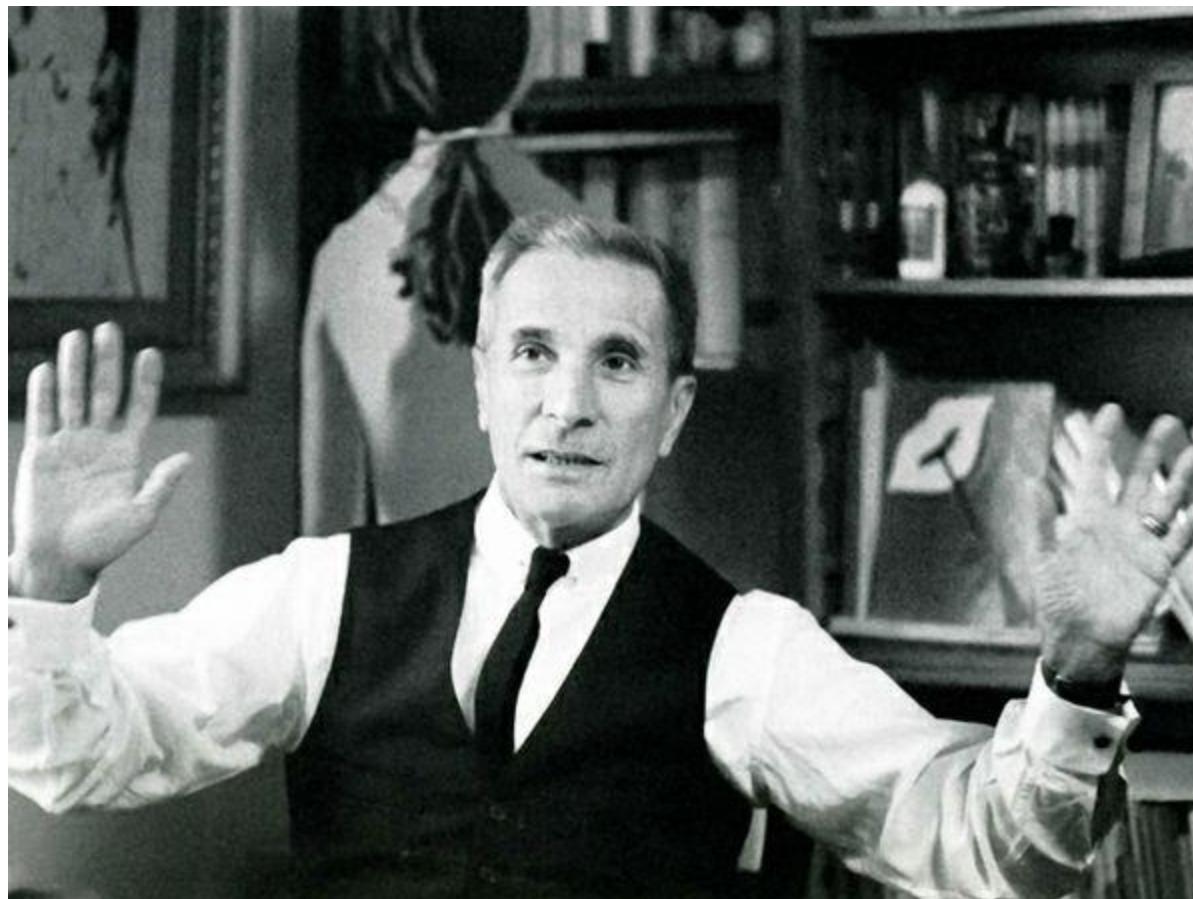
Piano Nazionale PNACC

➤ **Interventi nei sistemi
Terra, Acqua, Uomo**



arpav

“...Con i valloni deserti, con le gole tenebrose, con i crolli improvvisi di sassi, con le mille antichissime storie e tutte le altre cose che nessuno potrà dire mai” (da Bàrnabo delle montagne, Dino Buzzati)



GRAZIE