



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO



Cassandra Tech

Modellistica agrometeorologica per la gestione del rischio nel breve, nel medio e nel lungo periodo

Gabriele Cola ¹, Roberto Confalonieri ¹²

¹ Università degli Studi di Milano

² Cassandra Tech srl

Sotto l'etichetta **Cambiamento Climatico** vengono oggi giorno racchiusi una serie di fenomeni i cui effetti sul sistema agricolo sono complessi e tutt'altro che univoci.

L'andamento meteorologico, e di conseguenza il **clima**, sono il risultato di complessi e caotici meccanismi, la cui conoscenza è tutt'oggi ancora parziale.

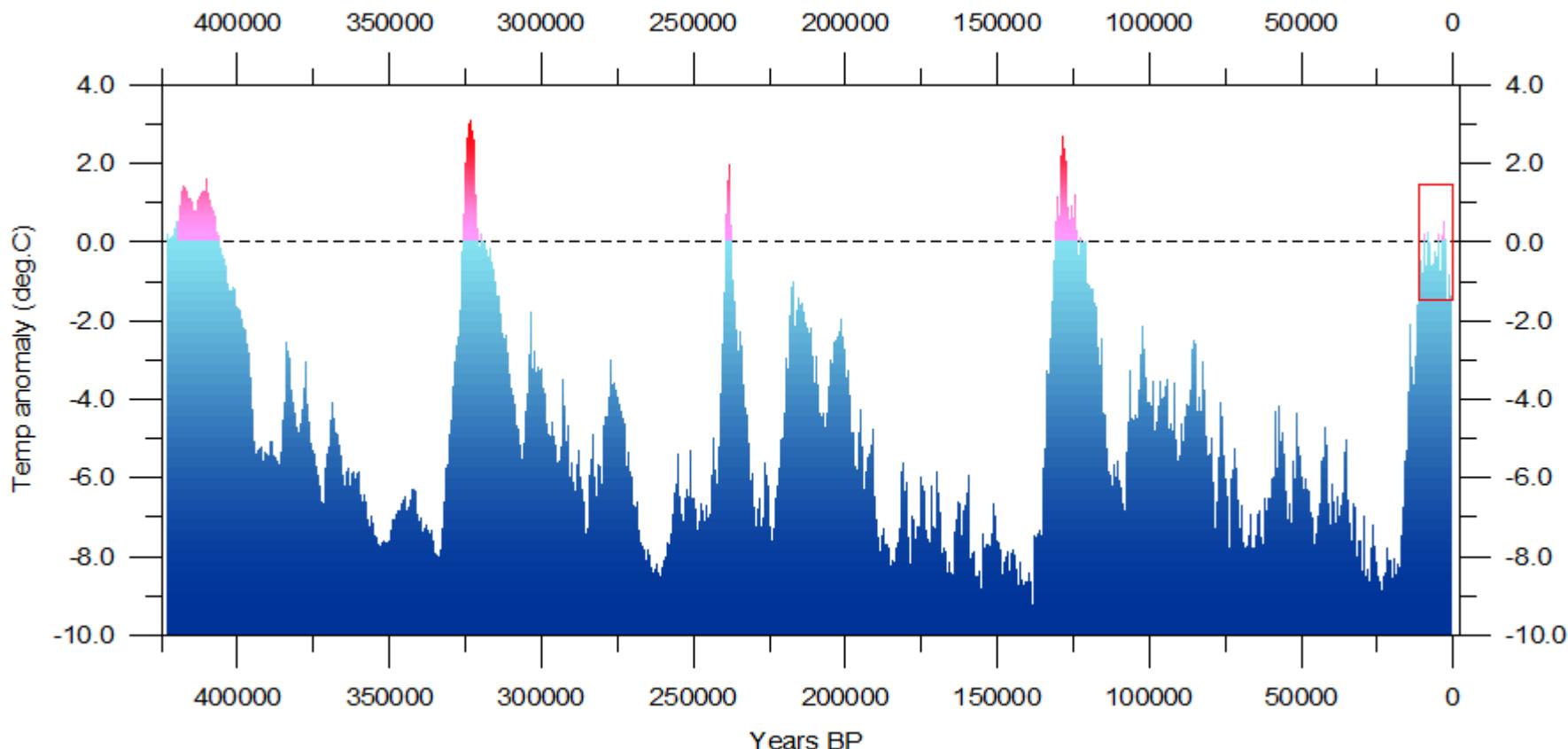
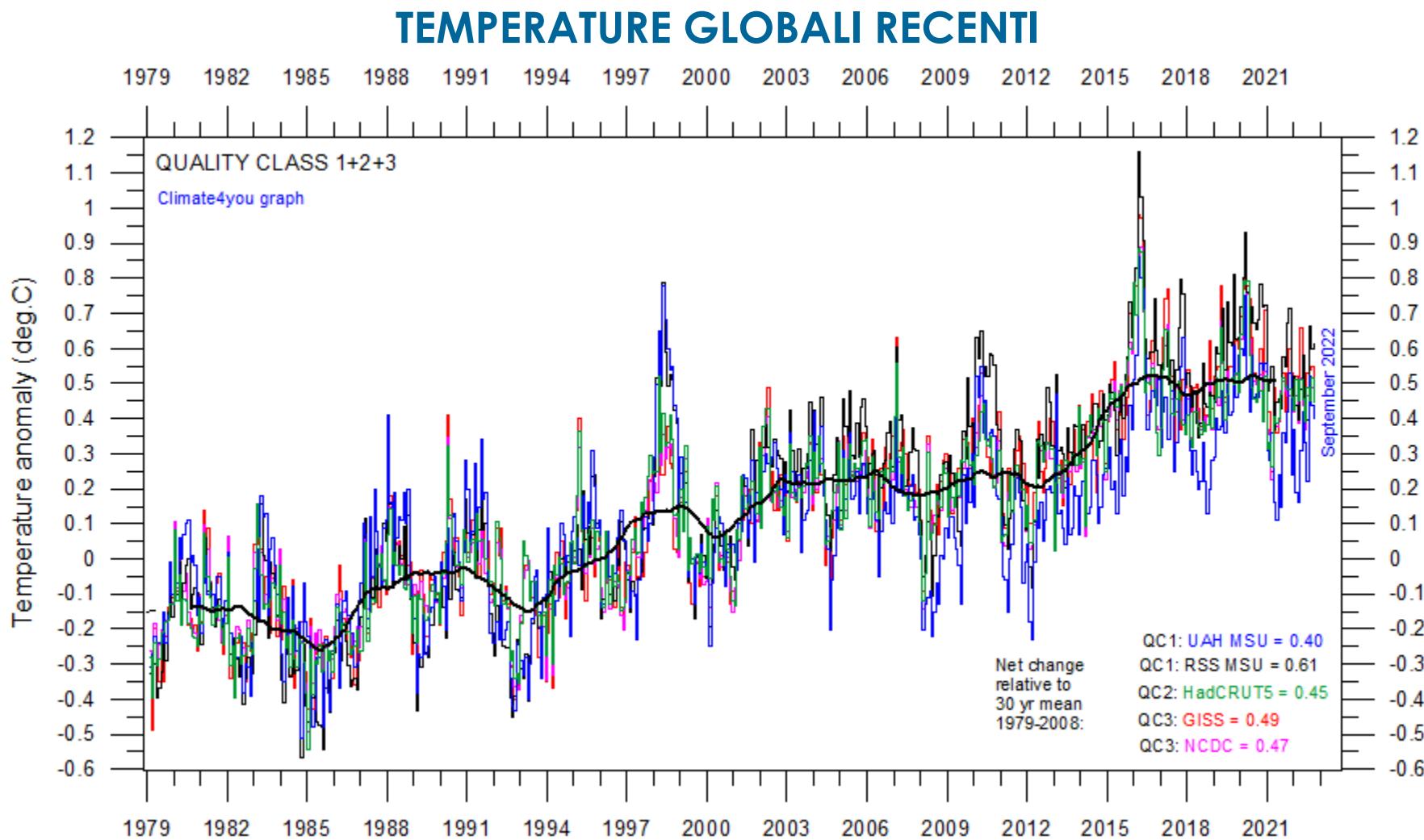


Fig.2. Reconstructed global temperature over the past 420,000 years based on the Vostok ice core from the Antarctica (Petit et al. 2001). The record spans over four glacial periods and five interglacials, including the present. The horizontal line indicates the modern temperature.

L'attuale fase climatica si caratterizza per un generalizzato aumento delle temperature che assume valori differenti a seconda dell'areale oggetto di analisi.



State of the Climate in Europe

2021



World Meteorological Organization
2022

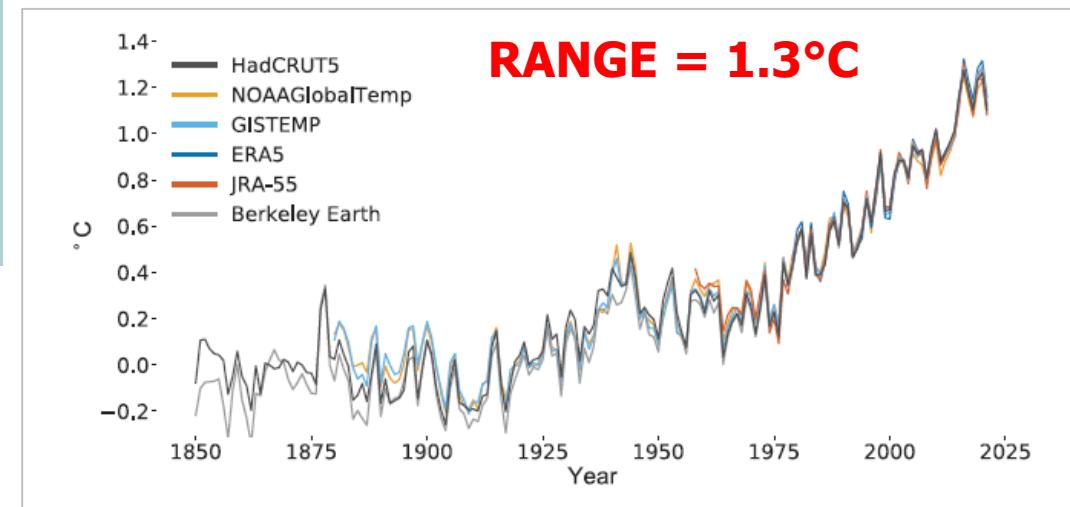


Figure 1. Global annual mean temperature difference from pre-industrial conditions (1850–1900) for six global temperature data sets (in situ datasets: HadCRUT5, NOAA GlobalTemp, GISTEMP, Berkeley Earth; reanalysis: ERA5 and JRA55).
Source: Met Office, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland.

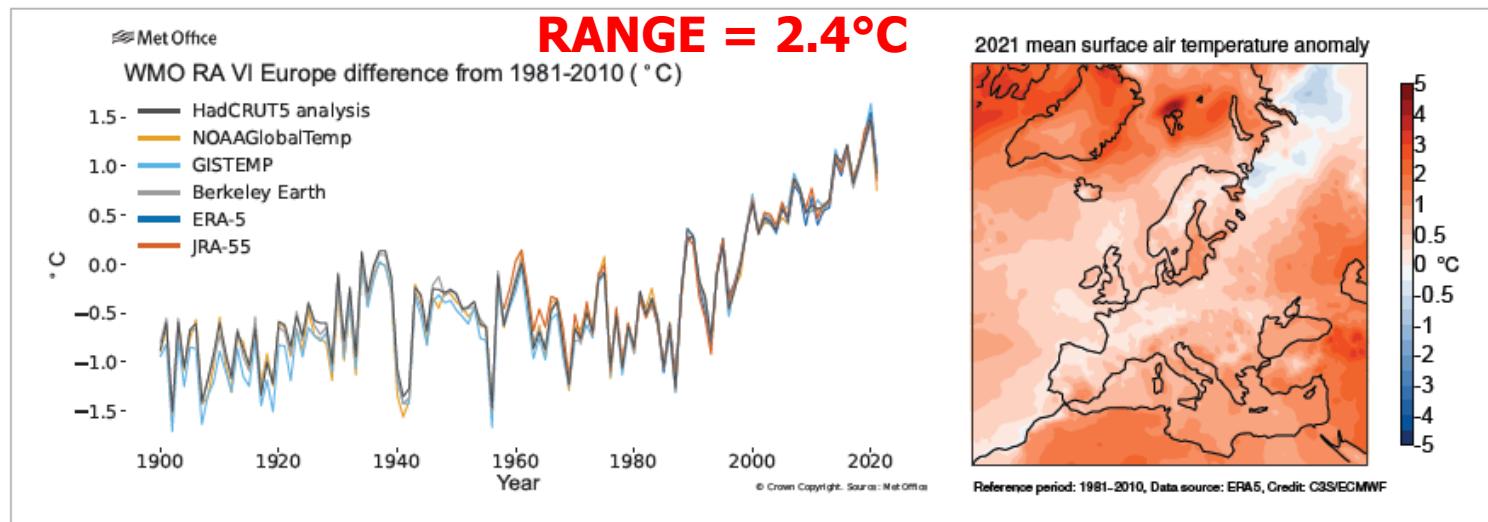
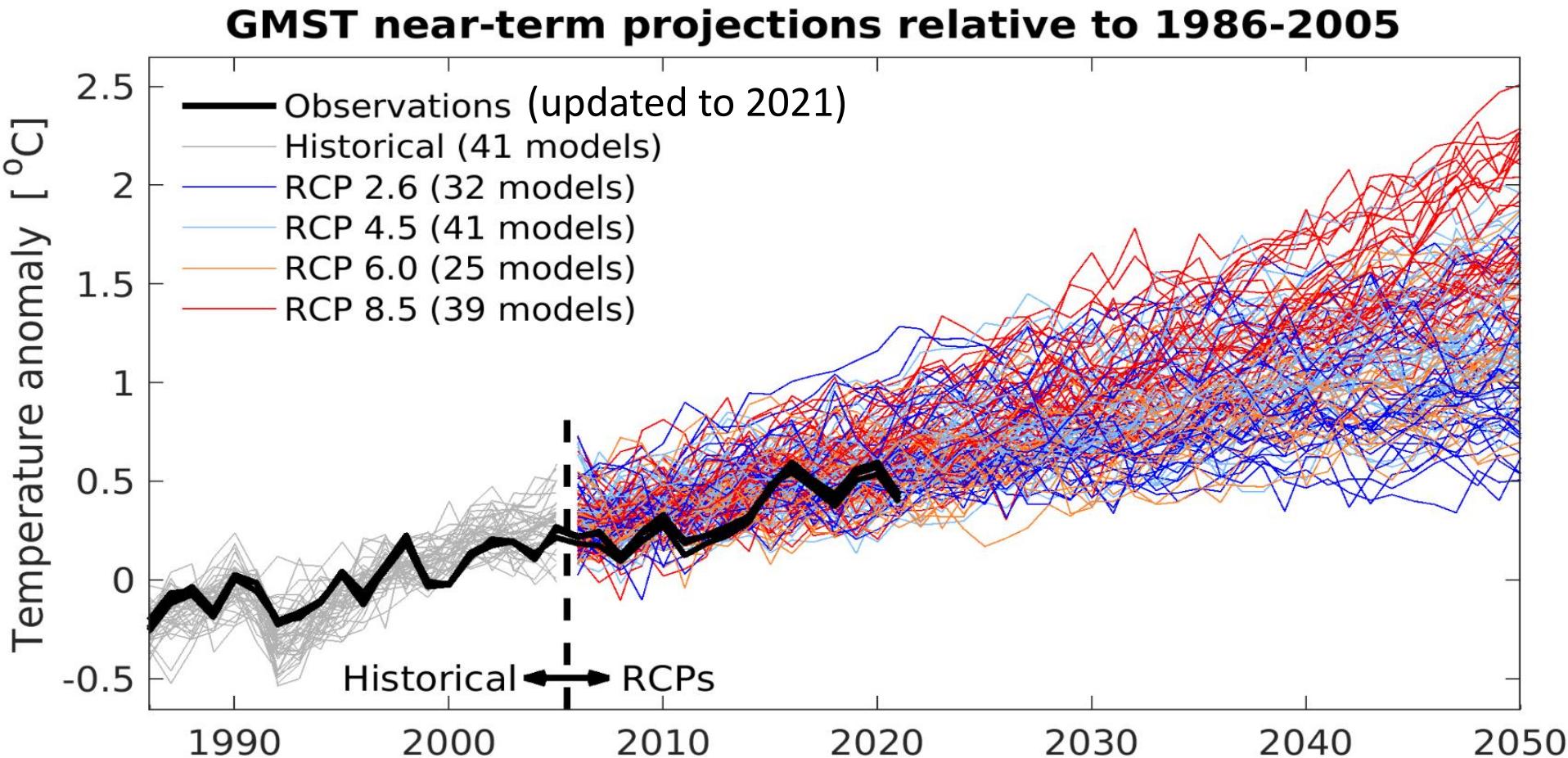


Figure 2. Left: Annual average temperature anomaly for 1900–2021 compared to the 1981–2010 reference period (for land only) over Europe, as defined by the WMO Region VI (see [Region domain](#) section). Data: In situ datasets: HadCRUT5, NOAA GlobalTemp, GISTEMP, Berkeley Earth; reanalysis: ERA5, JRA-55. Right: Annual average surface air temperature anomaly (°C) for 2021 compared to the 1981–2010 reference period. Data: ERA5 reanalysis.
Source: Met Office, United Kingdom (left); Copernicus Climate Change Service (C3S)/European Centre for Medium-range Weather Forecasts (ECMWF) (right).

SCENARI da GCM e confronto con le misure

Si noti che le misure termiche sono all'estremità inferiore dell'ensemble di CMIP5. In tali condizioni solo i modelli con sensibilità più bassa (es: INM-CM5) descrivono in modo più efficace i dati di temperatura.



Dati osservativi aggiornati al 2021

(<https://www.climate-lab-book.ac.uk/comparing-cmip5-observations/>)

PRECIPITAZIONI ESTREME

Dal punto di vista delle **precipitazioni** la situazione è assai meno chiara.

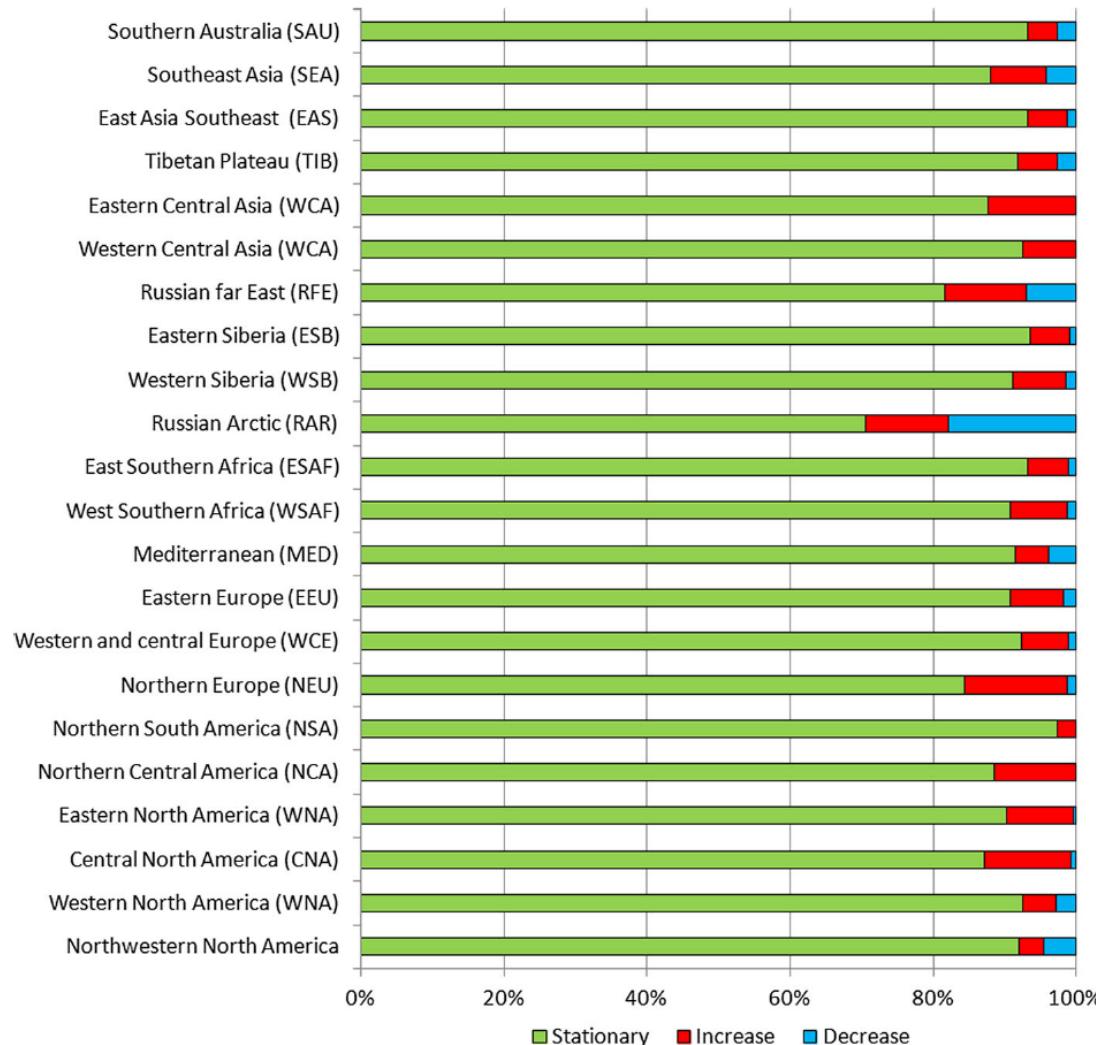
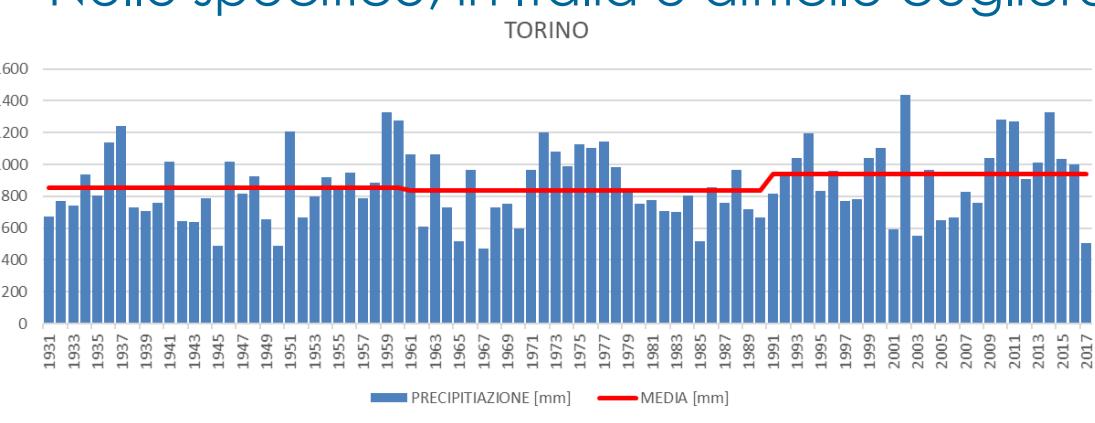


Fig. 5 Percentage of stations with stationary, statistically significant increasing and statistically significant decreasing trends in annual maxima of 1-day precipitation based on the Mann–Kendall test during the 1950–2018 period. Processing carried out on data from [32]

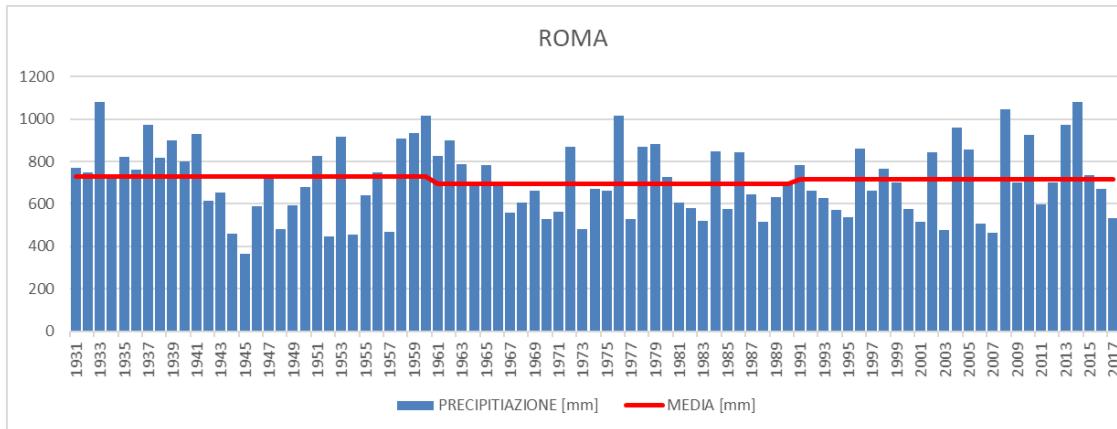
PRECIPITAZIONI ESTREME

Nello specifico, in Italia è difficile cogliere alcun tipo di trend.

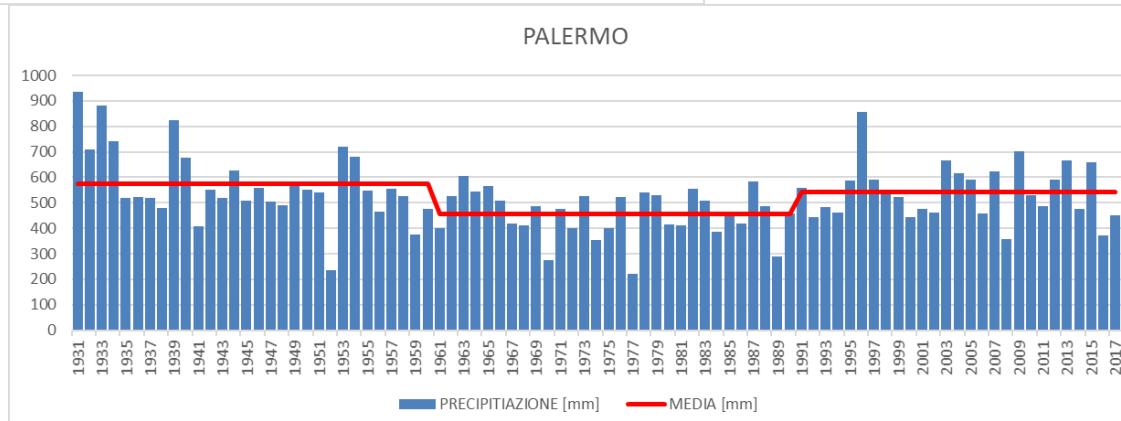
TORINO



ROMA



PALERMO



PRECIPITAZIONI ESTREME IN ITALIA (Libertino et al., 2019)

AGU100 ADVANCE EARTH AND SPACE SCIENCE



Geophysical Research Letters

RESEARCH LETTER
10.1029/2019GL083371

Key Points:
• A record-breaking analysis suggests that in the last decade the frequency of extremes is slowly, but not significantly, increasing.
• Intensity of extremes displays only local significant trend patterns, compatible with previous studies

Supporting Information:
• Supporting Information SI

Correspondence to:
A. Libertino,
andrea.libertino@polito.it

Citation:
Libertino, A., Ganora, D., & Claps, P. (2019). Evidence for increasing rainfall extremes remains elusive at large spatial scales: The Case of Italy. *Geophysical Research Letters*, 46, 1029. doi:10.1029/2019GL083371

Evidence for Increasing Rainfall Extremes Remains Elusive at Large Spatial Scales: The Case of Italy

A. Libertino¹, D. Ganora¹, and P. Claps¹

¹Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture, Politecnico di Torino, Torino, Italy

Abstract. The widespread perception of an increase in the severity of extreme rainstorms has not found yet clear confirmation in the scientific literature, often showing vastly different results. Especially for short-duration extremes, spatial heterogeneities can affect the outcomes of large-scale trend analyses, providing misleading results dependent on the adopted spatial domain. Based on the availability of a renewed and comprehensive database, the present work assesses the presence of regional trends in the magnitude and frequency of annual rainfall maxima for subdaily durations in Italy. Versions of the Mann-Kendall test and a record-breaking analysis, which considers the spatial correlation, have been adopted for the scope. Significant trends do not appear at the whole-country scale, but distinct patterns of change emerge in smaller domains having homogeneous geographical characteristics. Results of the study underline the importance of a multiscale approach to regional trend analysis and the need of more advanced explanations of localized trends.

1. Introduction

"Per quanto riguarda la frequenza, i risultati mostrano la non significatività dei trend, il che è compatibile con l'ipotesi di clima stazionario. [...]. Per quanto riguarda l'intensità degli eventi, non è possibile rilevare una chiara tendenza all'aumento delle precipitazioni estreme su scala nazionale".

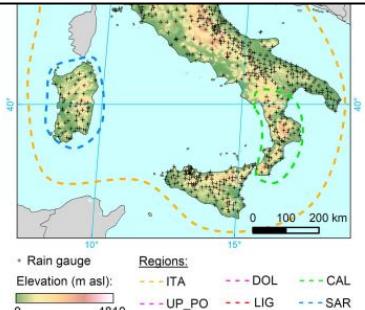


Figure 1. Rain gauges and regions considered in the analysis.

2. Data and Methods

The possible trends in annual extreme precipitation have been examined with two different approaches, with methods that do not require any prior assumptions on the statistical properties of the data other than the independence of the recorded observations in time. The first approach is more focused on the stability of the frequency of the higher extremes while the second one allows at exploring the presence of nonstationarities in the extreme annual maxima of rainfall records.

The *I-RED* database (Libertino et al., 2018) includes the annual maximum rainfall depths for 1-, 3-, 6-, 12-, and 24-hr durations recorded from 1915 to 2015 in a network of about 5,000 rain gauges distributed across Italy. The station density is of about 1 gauge per 70 km². In this work, only time series with at least 30 years of either continuous or noncontinuous data have been selected, resulting in 1,346 stations with records having median length of 47 years (Figure 1). Considering series with less than 30 years of data records has proven not to produce significant changes in the outcomes of the study. To ensure the spatial representativeness of the evaluated statistics, the analysis has been further limited to the period 1928–2014, where at least 50 stations are simultaneously active each year (see Figure S1). Consequently, all the data related to years out

the scope of this study have been removed to give a comprehensive overview of the evolution of the extreme rainfall regime.

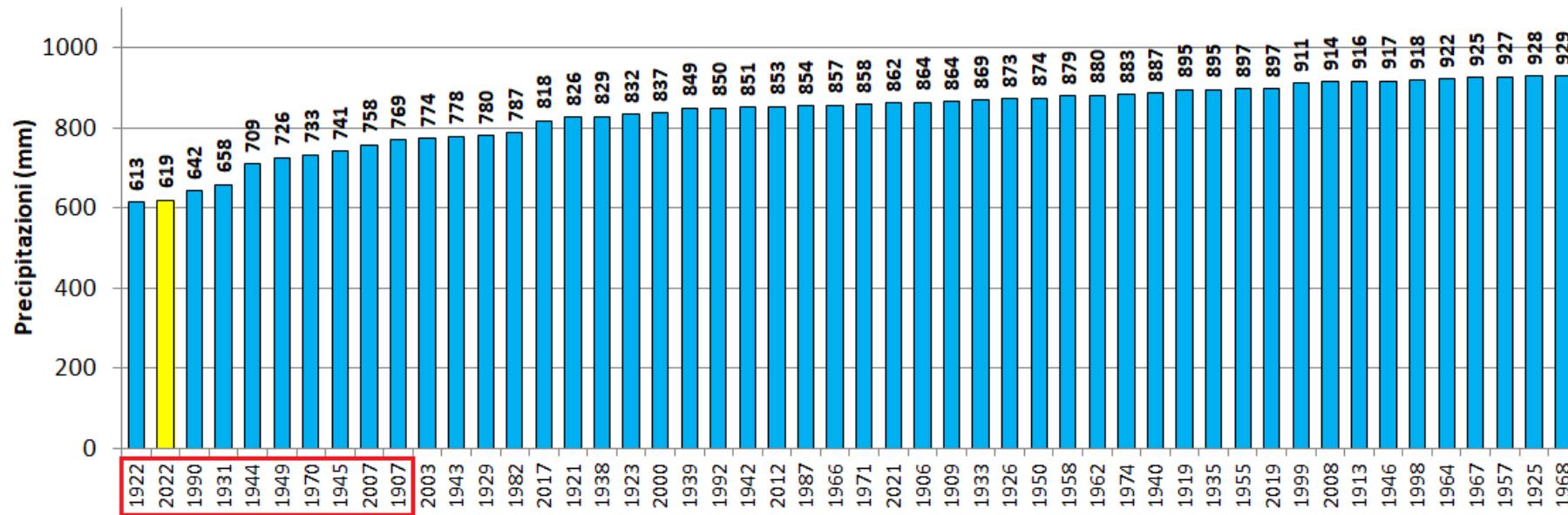
Concerning the frequency, the outcomes show that all the observed trends are nonsignificant, that is, are compatible with the hypothesis of stationary climate. Despite this, a continuous increase in the positive RB anomalies in the last decade emerges. This outcome stresses the importance of deepening the analysis of the “extremes of the extremes” component, to assess if the increased RB anomaly is the hint of a real variation in the extreme rainfall regime or if the test result are partially biased by other external factors (e.g., increases in the accuracy of the measurements).

With regard to the intensities of the events, a clear trend in extreme rainfall magnitude can not be detected at the country-scale. However, local trends in some specific areas are significant for certain durations. These spatial-dependent outcomes underline the importance of exploring different spatiotemporal scales when

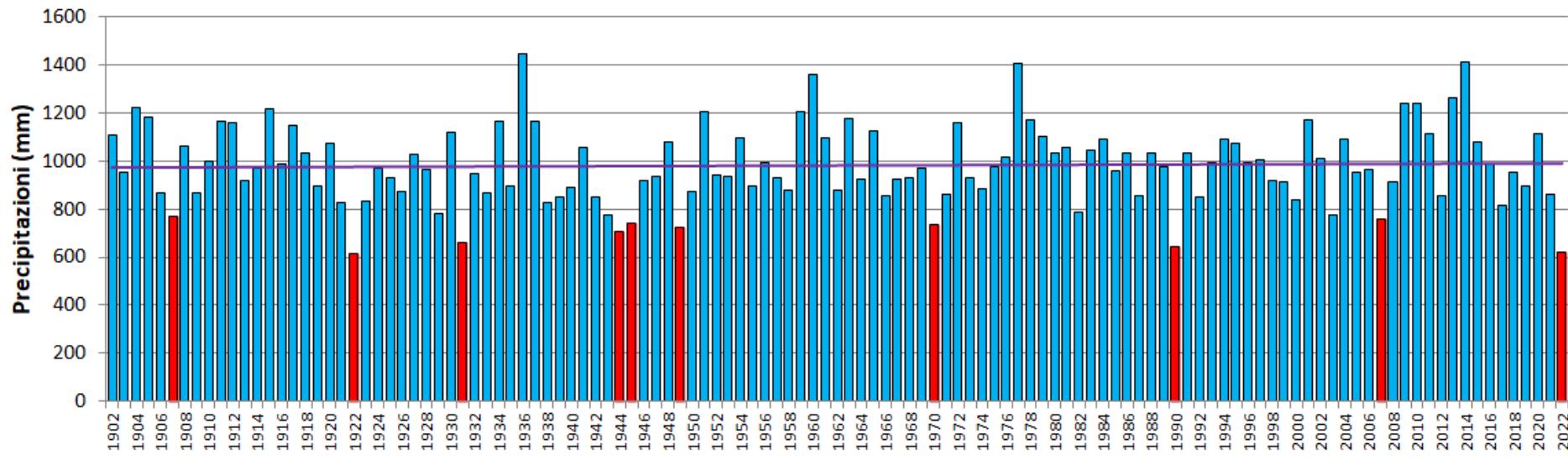
L'86 - 91% dei siti non mostra alcuna tendenza, il 4-7% un trend positivo significativo, il 5-7% negativo.

SICCITÀ

I 50 anni meno piovosi nel Nord Italia - media di 13 stazioni storiche* (1902-2022)



(*) Media per l'anno idrologico (da 1 ottobre dell'anno precedente a quello riportato al 30 settembre dell'anno riportato) per 13 stazioni storiche del Nord Italia (Belluno, Bologna, Casale Monferrato, Cuneo, Genova, Mantova, Milano, Padova, Rovigo, Ferrara, Torino, Udine e Venezia) Ad esempio valore del 1922 indica la somma delle precipitazioni dall'1 ottobre 1921 al 30 settembre 1922)



Dal punto di vista agricolo le conseguenze più importanti della attuale fase climatica sono:

- Maggiore precocità in primavera
 - ▶ opportunità per il calendario colturale
 - ▶ maggiore suscettibilità alle gelate primaverili
- Accresciuta lunghezza della «stagione vegetativa» (partenza più precoce in primavera e fine della stagione più tardi in autunno)
 - ▶ produzioni potenziali maggiori
- Aumento dei livelli evapotraspirativi a fronte della stazionarietà precipitativa
 - ▶ produzioni potenziali maggiori per le colture irrigue
 - ▶ maggiore rischio di stress idrico per le colture in asciutta
- Aumento delle ondate di calore e delle condizioni di eccesso termico in estate
 - ▶ spesso in concomitanza con periodi siccitosi
 - ▶ diverse tipologie di danno sulle produzioni

Soluzioni per AgroInsurance

Il settore agricolo è il più esposto all'**instabilità climatica**.

Diversi studi indicano un aumento nella frequenza e nell'intensità di alcuni **eventi estremi** in diverse aree del pianeta.

→ C'è una crescente domanda di **approcci per la gestione del rischio**.

Soluzioni (derivanti da esperienze con compagnie di assicurazione) per:

- Prodotti assicurativi basati su indici (assicurazioni parametriche)
- Quantificazione delle componenti del deficit di resa
- Ottimizzare la gestione delle colture (colture gestite meglio sono più resistenti)

Assicurazioni basate su indici

Nonostante i **potenziali vantaggi** delle assicurazioni agricole, le **reali dimensioni del mercato** sono **limitate** da una serie di fattori

- Relazioni a volte **sfavorevoli** tra il **valore delle colture** e i **costi delle assicurazioni**

Tra le soluzioni proposte, un ruolo chiave è affidato a **prodotti assicurativi basati su indici**

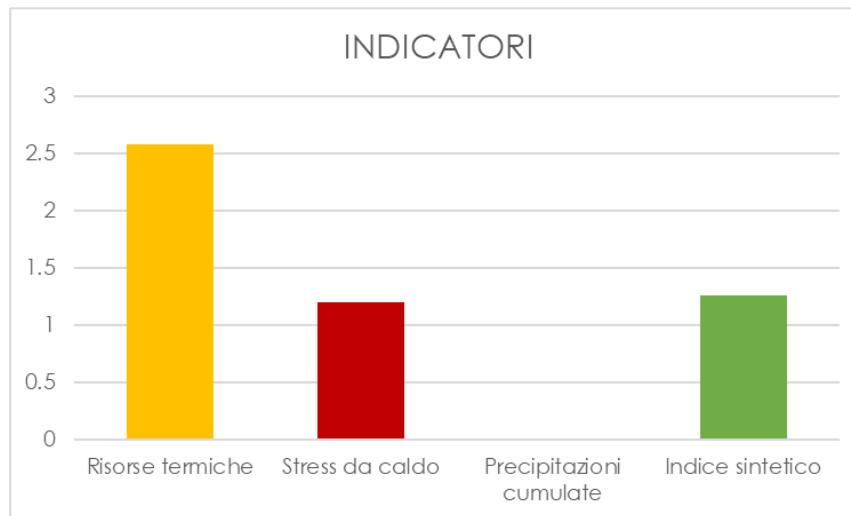
- Sono utilizzati indici come **stimatori per le perdite di resa**
- **Non è richiesta la quantificazione** diretta del **danno** (perizia)
 - ✓ **Minori costi**
 - ✓ **Minore soggettività**
 - **Minor rischio di controversie** dovute ad una diversa percezione del danno da parte di assicurato e assicuratore

Assicurazioni basate su indici

Approccio per **mais** basato su **anomalie giornaliere** di indici **agrometeorologici**:

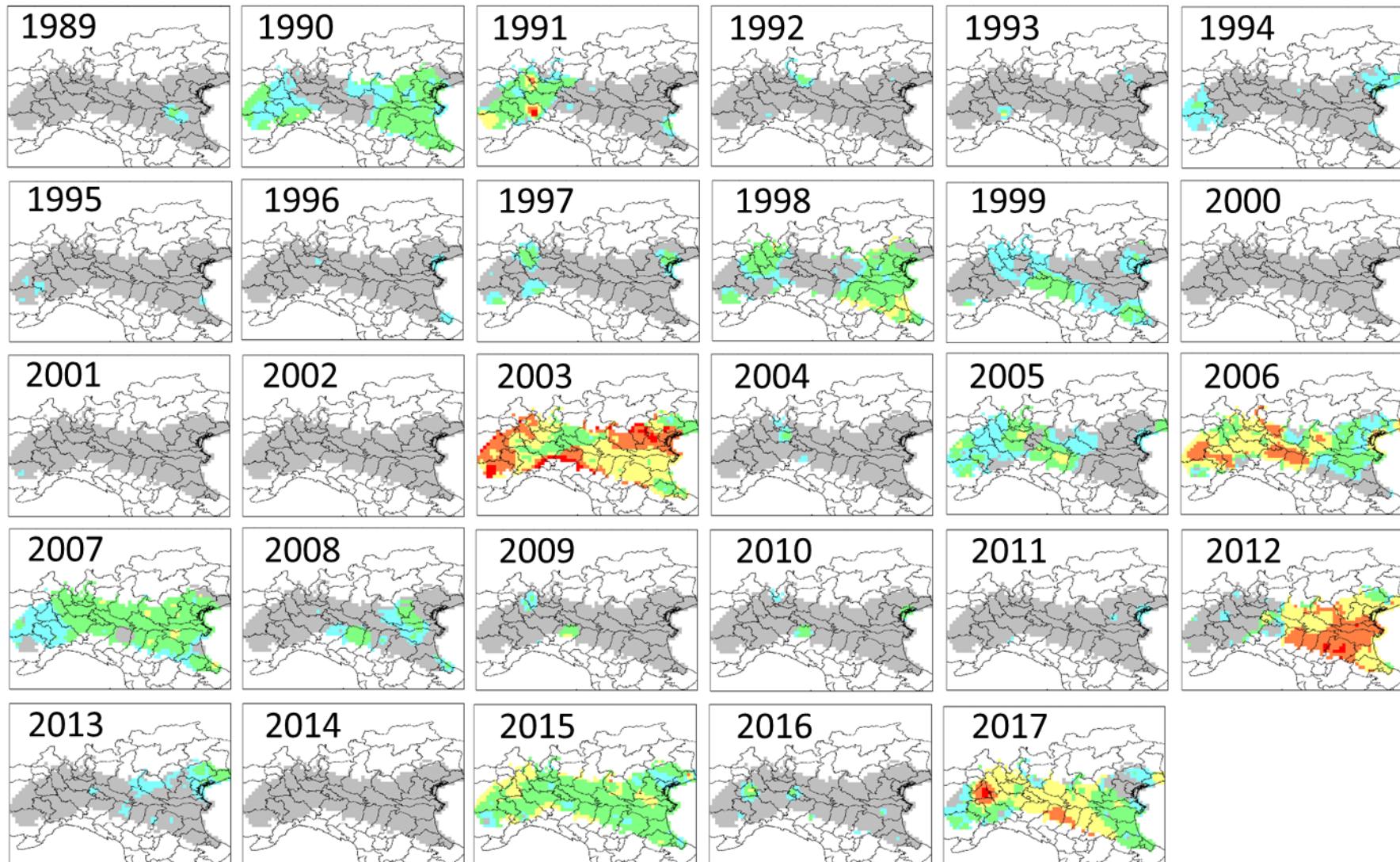
- Risorse termiche utili allo sviluppo della coltura
- Stress da alte temperature
- Disponibilità di acqua (precipitazioni)

I tre indici vengono **aggregati** e **tradotti** in **calo produttivo potenziale**, che viene riconosciuto all'assicurato.



L'indice sintetico totalizza un punteggio pari a **1.26**, corrispondente ad un calo produttivo rispetto alle potenzialità dell'areale pari al **34.4 %**.

Assicurazioni basate su indici



Assicurazioni basate su indici

L'**aspetto negativo** delle assicurazioni parametriche è rappresentato dal **basis risk**, ovvero un basso grado di correlazione tra il valore dell'indice e le effettive perdite di resa.

Ci sono **tre** principali **fattori** aumentano il **basis risk**:

- **Eterogeneità spaziale** nei valori assunti dalle **variabili meteorologiche**, specialmente per eventi estremi
- Effetto della **specifica stagione meteorologica** sulle **finestre temporali** nelle quali l'indice deve essere calcolato
- **Inadeguatezza algoritmica** dell'indice
 - ✓ Gli **indici** possono essere **troppo semplici** per riprodurre i **processi biologici** alla base del danno.

Assicurazioni basate su indici

Per i casi in cui è **impossibile** trovare **relazioni** affidabili tra **semplici indici meteorologici** e **perdite di resa**, abbiamo sviluppato una nuova metodologia per progettare assicurazioni basate su indici.

Idea:

- Usare un **modello biofisico complesso** per simulare le complesse relazioni biologiche tra piante e ambiente
- Usare tecniche di **meta-modellizzazione** per convertire la **struttura input-output** del modello biofisico in un algoritmo
 - ✓ capace di spiegare **la maggior parte della variabilità** nelle perdite di resa
 - ✓ **facilmente comprensibile** (e **applicabile**) da parte degli assicurati

Assicurazioni basate su indici

WARM 2

W



RECLASSIFIED LAND USE
Source: CORINE Land Cover.

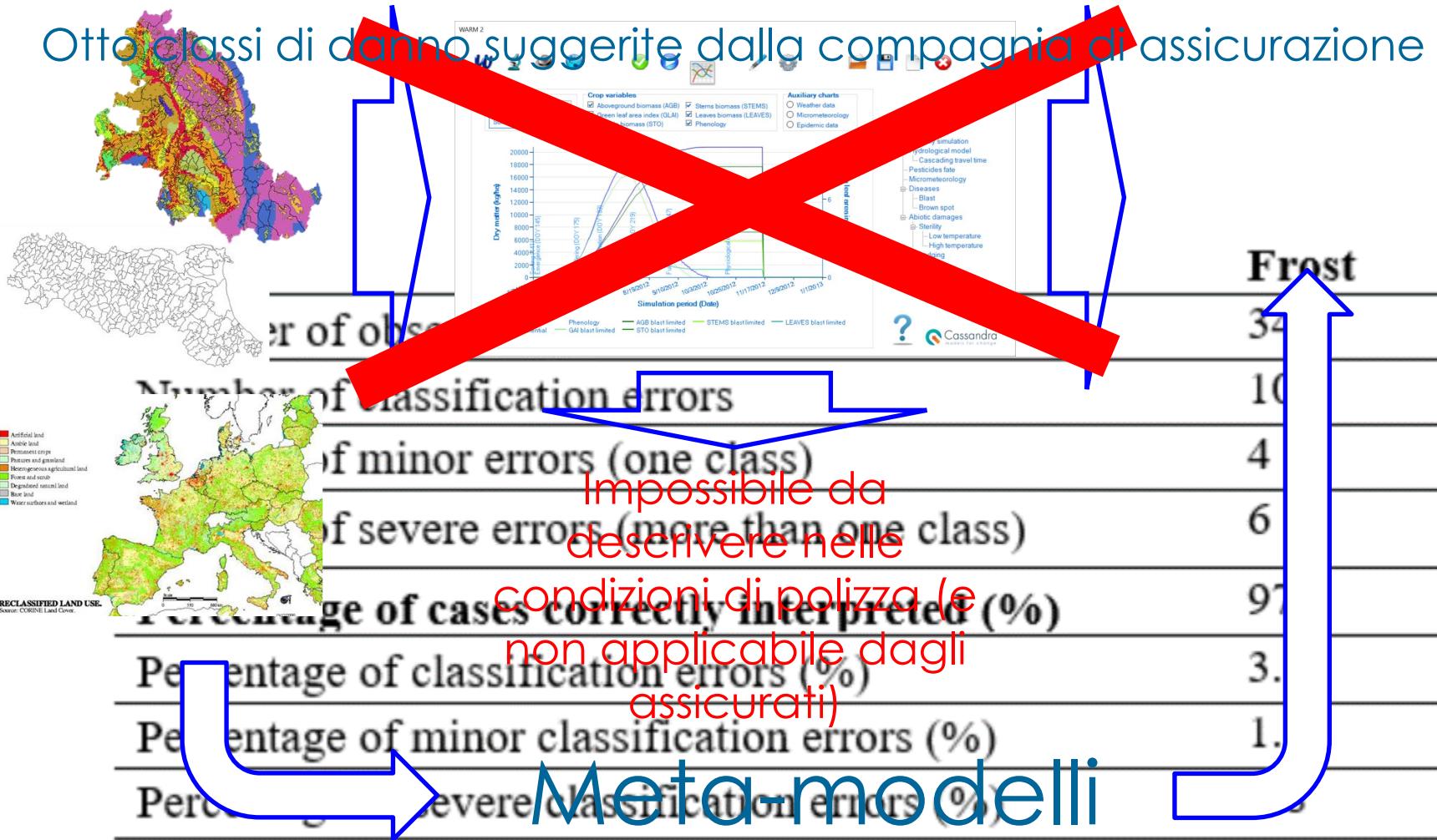
Metodi:

- Sviluppato modello biofisico per simulare i processi di interesse
- Dati meteo gridded
- Dati su proprietà idrauliche dei suoli da database WISE
- Maschere colturali da CORINE land cover ('non irrigated arable')
- Serie storiche di danno da perizie

Superficie (s) mq	Distanza tra file (x) m	Distanza sulla fila (y) m	Fallanze (k) %	N° piante/mq (a) $a = \frac{1}{x \cdot y} \cdot \frac{100-k}{100} = 47 = 1,32$	
Piante/mq (a) N°	N° frutti/pianta (b) Presenti e asportati	Peso medio frutto (c) Tabellare / Stimato	Kg pianta (w) g = b + c	Prod. Pot/Ha teorica a * w * 100	Produz. POTENZIALE/Ha (e) Q.li/Ha
Produz. ASSICURATA/Ha (d) Q.li/Ha	Produz. POTENZIALE/Ha (e) Q.li/Ha	Danni da eventi non risarcibili (n) Q.li/Ha	Produz. RISARCIBILE/Ha (R) Minore tra (d) e (e-n) Q.li/Ha		
860	100			860	
Camp	Piante n°	mq	Kg	Frutti commerc. n°	Frutti non comm. n°
1	4	1,32	6,58		
2	4		7,35		
3	4		7,85		
4	4		8,05		
5	4		8,15		
6					
7		6,6	37,93	→ 575	= 575
8					
9				PERDITA = 858 - 575 = 283	858 - 325 = 533
10					MEDIA
					337

Assicurazioni basate su indici

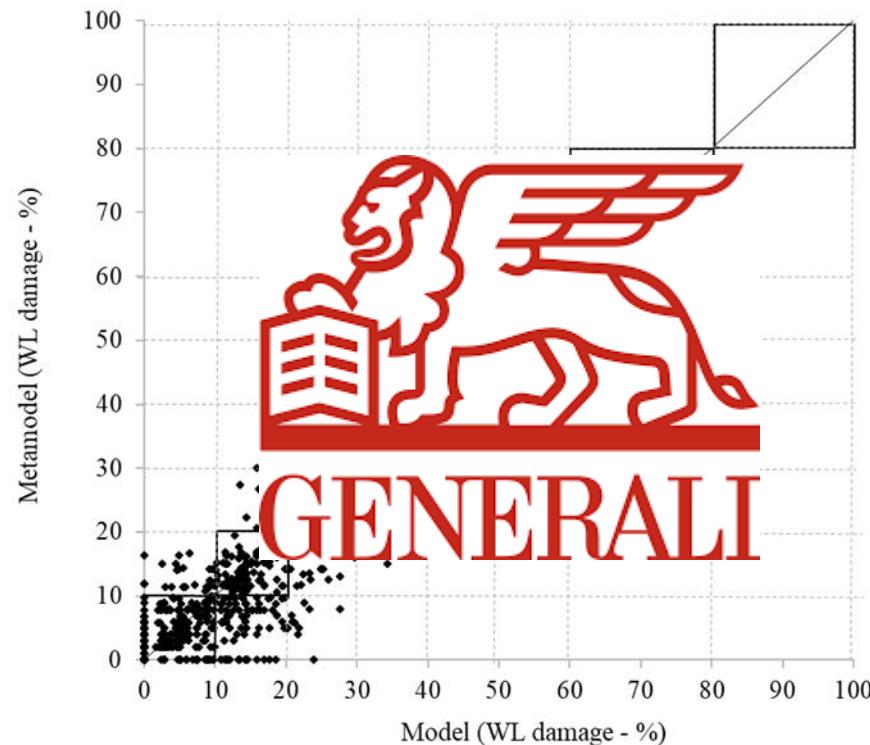
Otto classi di danno suggerite dalla compagnia di assicurazione



Assicurazioni basate su indici

I nostri meta-modelli sono **sets di regole** che mimano il comportamento del **modello di simulazione biofisico**

- **Semplici da spiegare** nelle condizioni di polizza (e da applicare)
 - Capaci di spiegare **la maggior parte della variabilità** catturata dal modello biofisico
- 
- **Basis risk limitato a** valori accettabili
 - Altri prodotti assicurativi basati su indici sviluppati per altre culture e regioni



Soluzioni per AgroInsurance

Il settore agricolo è il più esposto all'instabilità climatica.

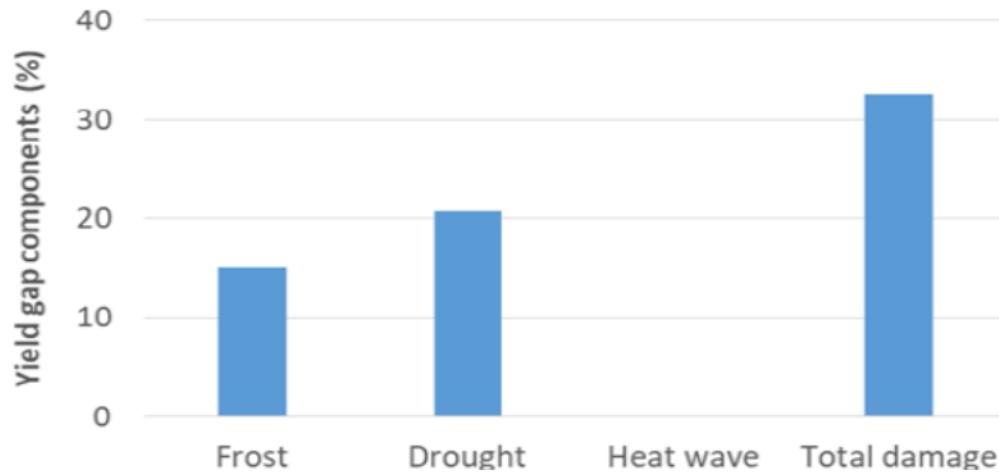
Diversi studi indicano un aumento nella frequenza e nell'intensità di alcuni **eventi estremi** in diverse aree del pianeta.

→ C'è una crescente domanda di **approcci per la gestione del rischio**.

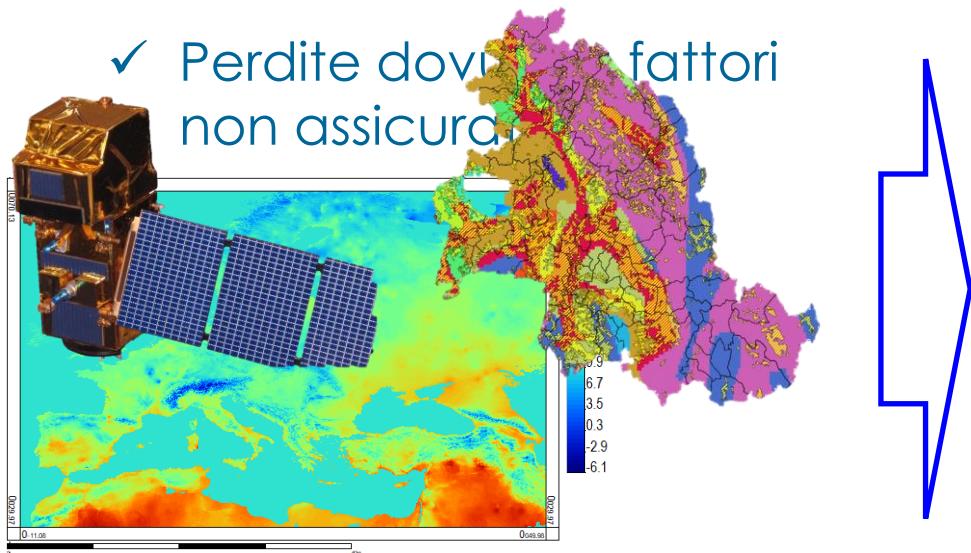
Soluzioni (derivanti da esperienze con compagnie di assicurazione) per:

- Prodotti assicurativi basati su indici (assicurazioni parametriche)
- Quantificazione delle componenti del deficit di resa
- Ottimizzare la gestione delle colture (colture gestite meglio sono colture più resistenti)

Componenti del deficit di resa



- ✓ Perdite dovute a fattori non assicurati



Previsioni di resa Campagna riso 2017

Distretto Lombardo-Piemontese
Lomellina e provincia di Vercelli

Bollettino n. 2 stagione 2017

L'analisi relativa all'ultima parte della stagione rispecchia quasi per intero quanto riportato nel precedente bollettino (post-fioritura). La stagione si è confermata buona, nonostante precipitazioni inferiori alla norma e isolati problemi che potrebbero essersi verificati per via della grandine in alcune aree (tra cui Vercellese e Biellese). Nella maggior parte dei casi, le temperature favorevoli hanno permesso di recuperare interamente il leggero ritardo segnalato nella prima parte della stagione per via di ritardi nelle semine. Tranne che in alcuni giorni in post-fioritura, l'andamento meteorologico ha continuato a generare condizioni sfavorevoli per i patogeni fungini.

CATEGORIE MERCEOLOGICHE Lungo B e Tondo

Resa Lungo B (t ha⁻¹)

Resa Tondo (t ha⁻¹)

ARM 2

The figure displays a software interface for rice yield prediction. It includes a legend at the bottom left:

- Gu potential (blue line)
- AGB potential (green line)
- Pheno (yellow line)
- AGB blast limited (red line)
- STO blast limited (purple line)

The main chart shows 'Dry matter (kg/ha)' on the y-axis (0 to 22000) and 'Era period (DOY 145)' to 'Simulation period (Date)' on the x-axis (05/12/2012 to 11/12/2012). The chart shows a peak in yield potential around DOY 175, followed by a decline and then a rise towards DOY 238. The 'Gu potential' and 'AGB potential' lines are the highest, while 'Pheno' and 'STO blast limited' are the lowest.

The sidebar on the right is titled 'WARM configuration' and lists various parameters and models used in the simulation:

- Crop model
- Daily simulation
- Hydrological model
- Cascading travel time
- Pesticides fate
- Micrometeorology
- Diseases
- Blast
- Brown spot
- Abiotic damages
- Stenot
- Low temperature
- High temperature
- Lodging

Soluzioni per AgroInsurance

Il settore agricolo è il più esposto all'instabilità climatica.

Diversi studi indicano un aumento nella frequenza e nell'intensità di alcuni **eventi estremi** in diverse aree del pianeta.

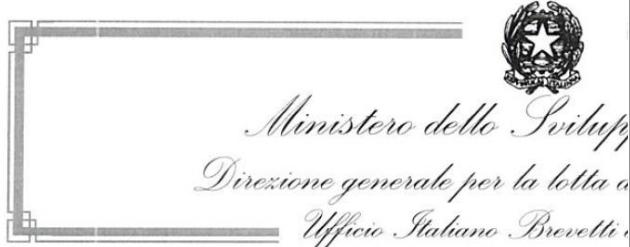
→ C'è una crescente domanda di **approcci per la gestione del rischio**.

Soluzioni (derivanti da esperienze con compagnie di assicurazione) per:

- Prodotti assicurativi basati su indici (assicurazioni parametriche)
- **Quantificazione delle componenti del deficit di resa**
- Ottimizzare la gestione delle colture (colture gestite meglio sono più resistenti)

Ottimizzare la gestione

- Modelli di simulazione
- Telerilevamento satellitare
- Tecnologie smart
- Servizio meteo (anche previsionale)



ATTESTATO DI BREVETTO PER INV

In conclusione, i modelli agro meteorologici e di produzione costituiscono un utilissimo strumento per la valutazione del rischio in agricoltura. In tal senso appare particolarmente importante poter disporre di:

DATI METEOROLOGICI

- ▶ qualità del dato
- ▶ serie lunghe per la valutazione degli eventi estremi
- ▶ scenari affidabili per le specificità del settore agricolo
- ▶ facile accesso ai dati a livello nazionale (**ITALIAMETEO**)

DATI CULTURALI/AGRONOMICI

- ▶ da attività sperimentali
- ▶ da gestione ordinaria (SIAN, quaderni di campagna, database assicurativi, ecc.)

RICERCA

- ▶ ricerca e sviluppo di nuovi modelli di simulazione
- ▶ continua evoluzione consente una migliore aderenza alla realtà

GRAZIE PER L'ATTENZIONE