

«Clima e territori: sfide e strategie per la protezione delle colture, della salute del suolo e delle comunità»

36° Forum di Medicina vegetale, Bari 12 dicembre 2024

I fattori di rischio meteorologico in agricoltura: un'analisi degli ultimi venti anni in Italia

*Antonella Pontrandolfi, Roberta Alilla, Giulia Maria Bellucci, Fausto Carbonari,
Flora De Natale, Chiara Epifani, Eleonora Gerardi, Barbara Parisse
Antonio Gerardo Pepe*

Osservatorio di Agro-Meteo-Climatologia
CREA Agricoltura e Ambiente



La stretta relazione tra agricoltura e condizioni meteo-climatiche determina la necessità di strumenti conoscitivi strategici per competitività e sostenibilità dei sistemi agricoli per

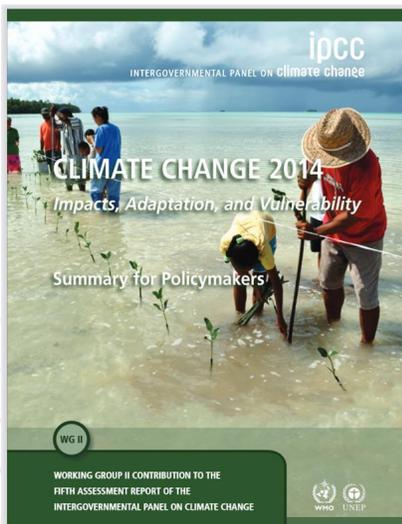
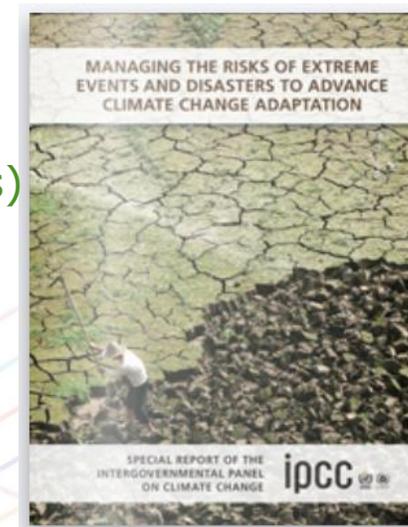
- gestione delle risorse naturali (acqua e suolo)
- difesa fitosanitaria
- gestione del rischio di eventi estremi calamitosi
- ...



Gli eventi meteorologici mettono a rischio l'attività agricola sempre più frequentemente. Con il supporto dell'agrometeorologia è possibile aumentare la resilienza dei sistemi agricoli ai cambiamenti climatici

- valutazione dei cambiamenti nei calendari fenologici delle colture
- monitoraggio della siccità in agricoltura
- analisi della frequenza di eventi meteo estremi
- previsioni a breve termine di condizioni di stress per le colture e/o il bestiame
- valutazione dei potenziali impatti su produzioni, strutture e infrastrutture
- ...

L'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) definisce gli eventi meteorologici estremi (EWE-Extreme Weather Events) **"as rare as or rarer than the 10th or 90th percentile of a probability density function estimated from observations"** (<http://ipcc-wg2.gov/SREX/>)



Il CC influenza l'intensità, la frequenza e l'estensione spazio-temporale degli EWE riducendo la frequenza degli eventi di freddo estremo e aumentando quella degli eventi di caldo estremo e di precipitazioni intense (IPCC, 2014)



<https://agrometeo.crea.gov.it/>

DOI 10.5281/zenodo.13740741

OBIETTIVI:

- monitoraggio agro-meteo-climatico di supporto all'agricoltura italiana (Masaf/RRN)
- produzione in ambito SISTAN di statistiche ufficiali per il **Programma Statistico Nazionale 2023-2025** (PSN-STA: "ItaliaAgrometeo")
- analisi di potenziali criticità nel settore agricolo – rischio meteorologico

STRUMENTI:

- dati programma *Copernicus*, dati delle stazioni della **Rete Agrometeorologica Nazionale (RAN, CREA)**, dati *forecast* (AM); dati fenologici (rete **IPHEN**)
- indici agro-meteo-climatici condivisi dalla comunità scientifica internazionale



- **Estremi termici:** ondate di calore, giorni estremamente caldi, giorni consecutivi estremamente caldi, anomalie termiche stagionali, gelate tardive
- **Estremi pluviometrici e disponibilità idrica:** piogge estreme, giorni consecutivi non piovosi, precipitazione ed evapotraspirazione decadali cumulate, siccità in agricoltura
- **Accumuli termici** per lo sviluppo delle colture
- focus sul **ciclo di sviluppo della vite**
- focus su stress da caldo delle **bovine da latte**



Heat stress



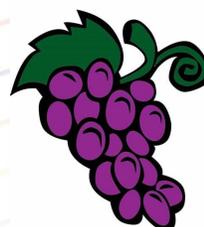
Cold stress



Extreme precipitation

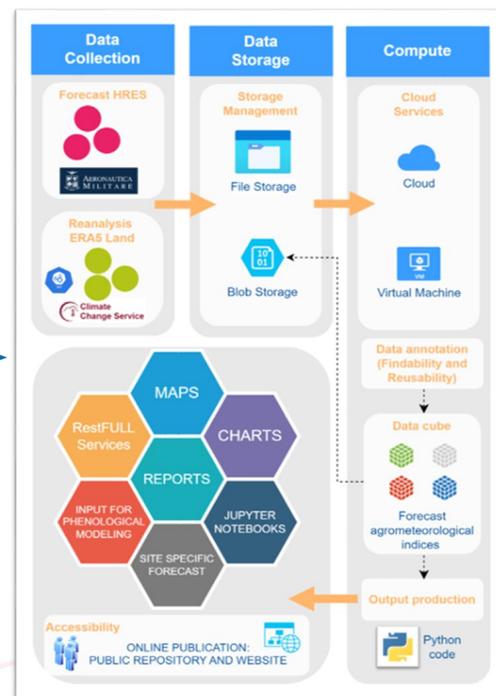


Drought



INPUT

dati giornalieri MADIA* derivati da rianalisi ERA5
(Copernicus Climate Data Store)



CRITERI ADOTTATI

Periodo di analisi: 2003-2022

Indici agro-meteo-climatici

Normali climatiche (clima):
1991-2020 (per calcolo anomalie)

Statistiche di sintesi a livello
territoriale

OUTPUT

UNITÀ TERRITORIALI

- Italia
- 5 ripartizioni geografiche ISTAT (NUTS1)

DIVERSE SCALE TEMPORALI

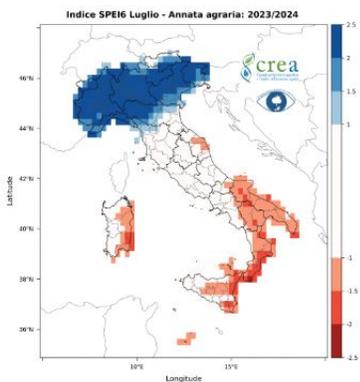
- mensile
- annuale
- annata agraria (1° novembre - 31 ottobre)

* Parisse B., Alilla R, Pepe A.G., De Natale F. (2023b), MADIA - Meteorological variables for agriculture: A dataset for the Italian area. Data in Brief, Vol. 46,108843
<https://doi.org/10.1016/j.dib.2022.108843>



**22 indici di monitoraggio
aggiornati mensilmente
(lavori in corso)**

+ PREVISIONI INDICI!



L'agricoltura dipende fortemente
vulnerabile alle loro fluttuazioni
pregresse (analisi climatiche) e
nello sviluppo di agrosistemi so

Per valutare l'andamento dei fe
si utilizzano specifici indici agro
meteorologiche a diverse scale
condizioni critiche per il settore

Alcuni indici (bioclimatici) sono
focalizzati su determinati perio

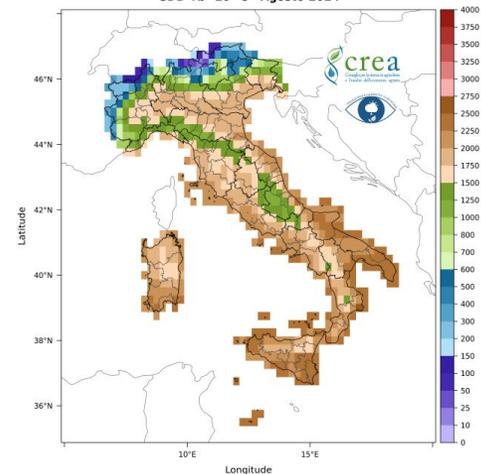
[Clicca qui per la galleria AgroMIND](#)

- Temperature
 - TNa
 - TXa
 - TN90p
 - TX90p
 - GDD0
 - GDD0a
 - GDD10
 - GDD10a
 - LFDD
 - LFDDa
 - HI
 - HIa
 - Rain
 - Evapotranspiration
 - ETo
 - EToa
 - Climatic Water Balance
 - Agricultural Drought
 - SPEI3
 - SPEI6
- DOI 10.5281/zenodo.13740741

Agro-meteorological Monitoring INDices

GDD10:

GDD Tb=10 °C - Agosto 2024

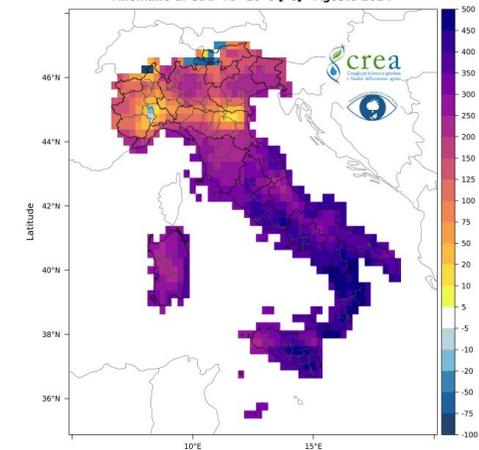


Fonte dati: ERA5 Copernicus Climate Change Service (C3S)

Agro-meteorological Monitoring INDices

GDD10a:

Anomalie di GDD Tb=10°C [°C] - Agosto 2024



Fonte dati: ERA5 Copernicus Climate Change Service (C3S). Periodo di riferimento: 1991-2020

DOI 10.5281/zenodo.13740741

Analisi agro-meteo-climatica dal 2003 ad oggi

I materiali presentati sono estratti da:

❖ [ANNUARIO DELL'AGRICOLTURA ITALIANA 2022 Vol. LXXVI \(Cap. 11\)](#)

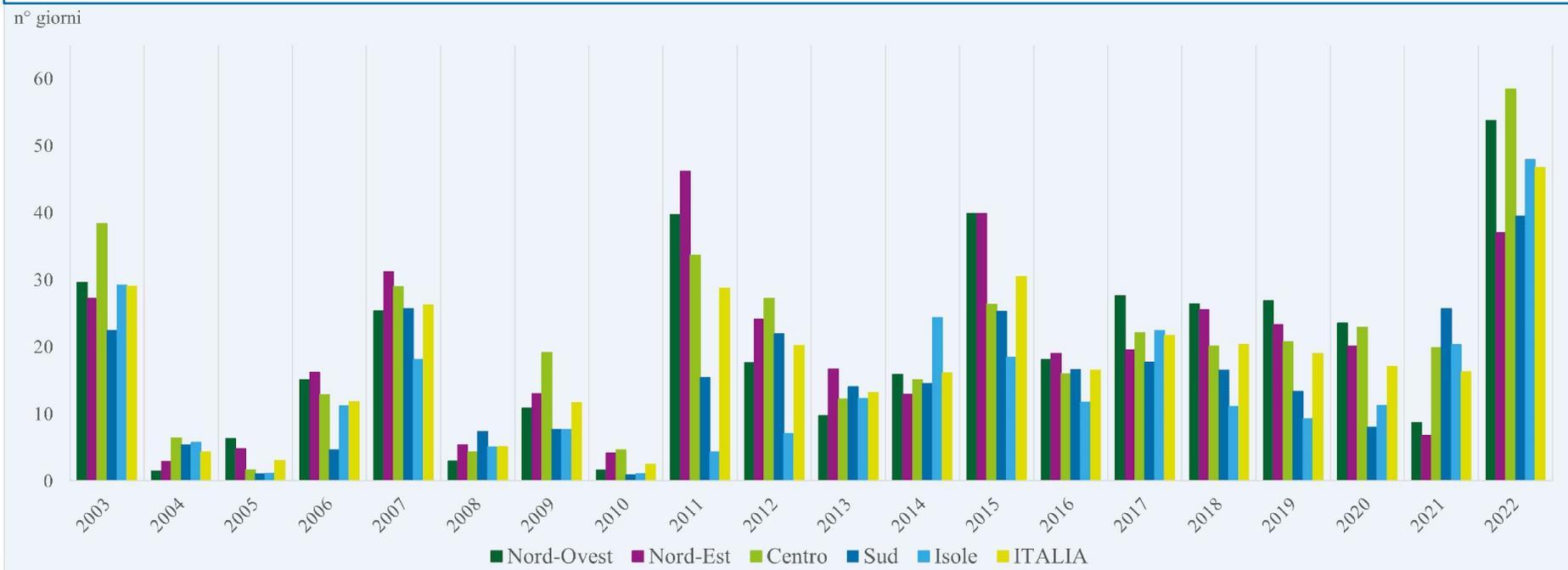


❖ [FOCUS AGROMETEOROLOGICO: L'ANNATA AGRARIA 2022/2023](#)



Temperature persistenti molto superiori alla norma possono danneggiare le colture, soprattutto nelle fasi di sviluppo più sensibili

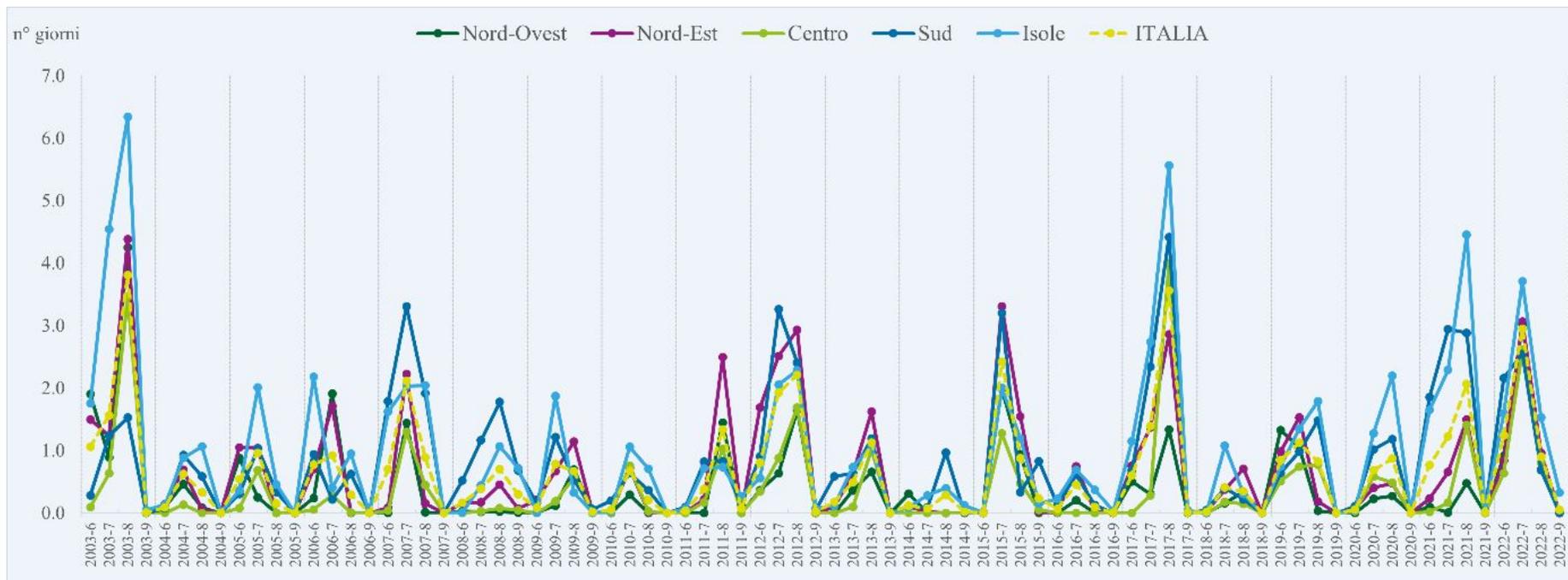
ONDATE DI CALORE - medie territoriali



WSDI* : numero di giorni all'anno appartenenti a periodi di almeno 6 giorni consecutivi in cui la temperatura massima giornaliera supera il 90° percentile della distribuzione climatica (*ETCCDI)

- ❖ Fino al **2010**, valori più bassi, ad eccezione di 2 annate straordinarie (2003 e 2007)
- ❖ Dal **2011**, la media nazionale è stata sempre maggiore di 13 giorni
- ❖ Media nazionale record di **47 giorni nel 2022**

Temperature superiori alla soglia critica di 35 °C possono danneggiare le colture e comprometterne le funzioni fisiologiche

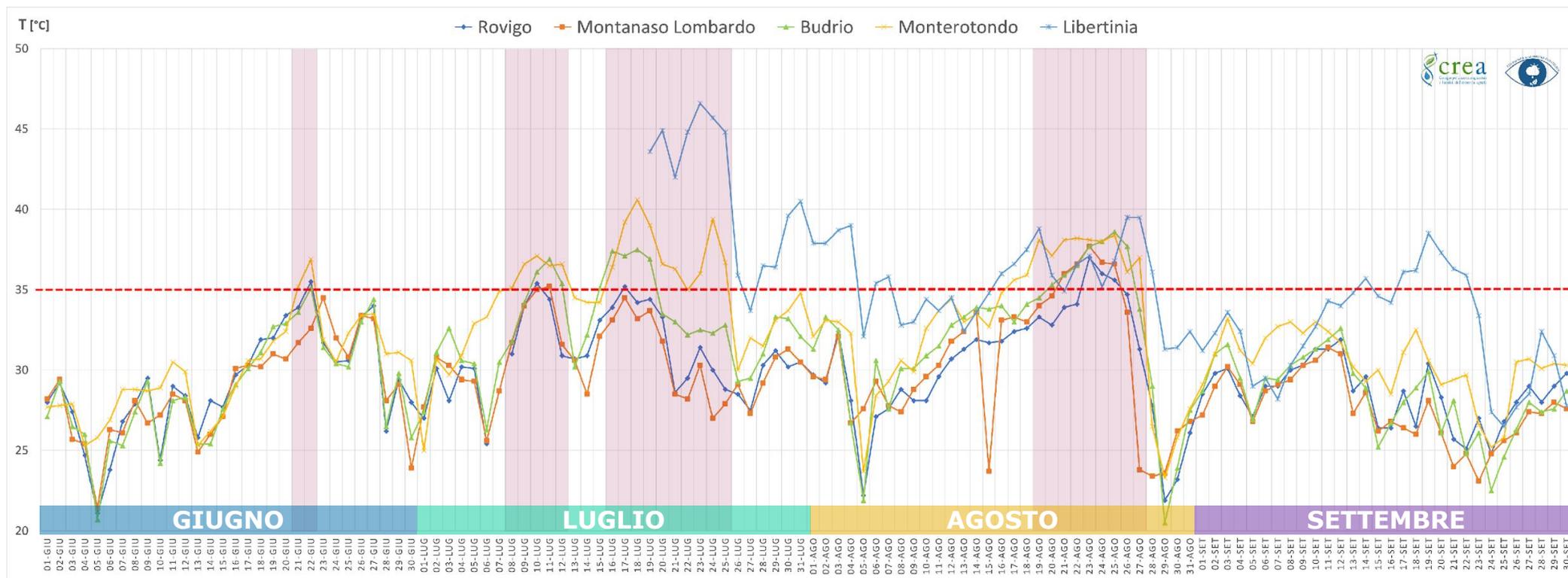


CALDO ESTREMO*: totale mensile di giorni con temperatura massima superiore a 35 °C (*Bois et al. 2014)

da giugno a settembre, nel pieno della stagione vegetativa

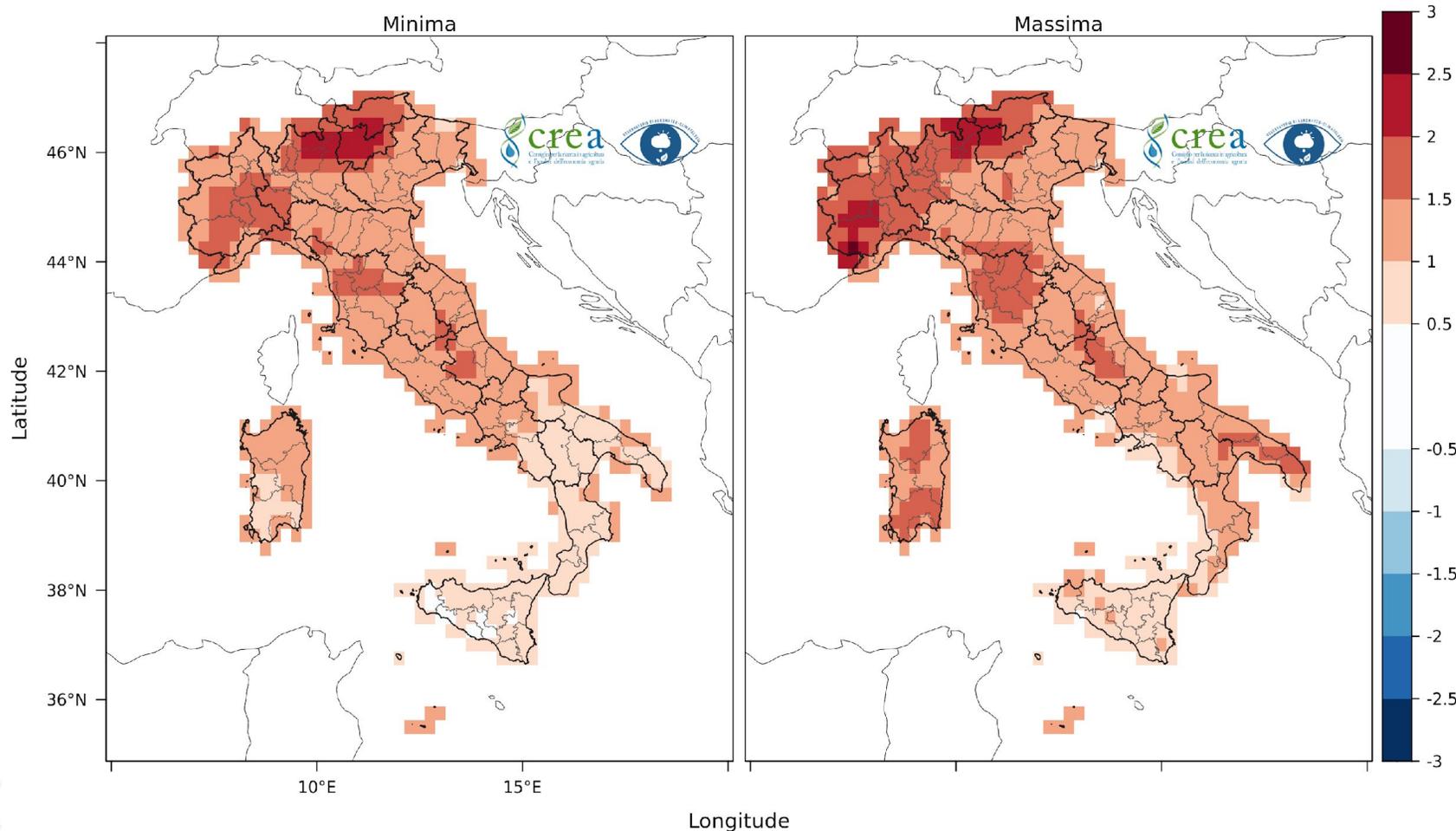
- ❖ Superamento frequente e diffuso della soglia critica in tutto il periodo
- ❖ Annate straordinarie a scala nazionale: **2003, 2017 e 2022**
- ❖ Frequenze maggiori ad agosto
- ❖ Nel **2022** fenomeno generalizzato e quasi uniforme, superata già a **giugno**

Temperature > 35 °C registrate da alcune stazioni RAN (annata agraria 2022/2023)



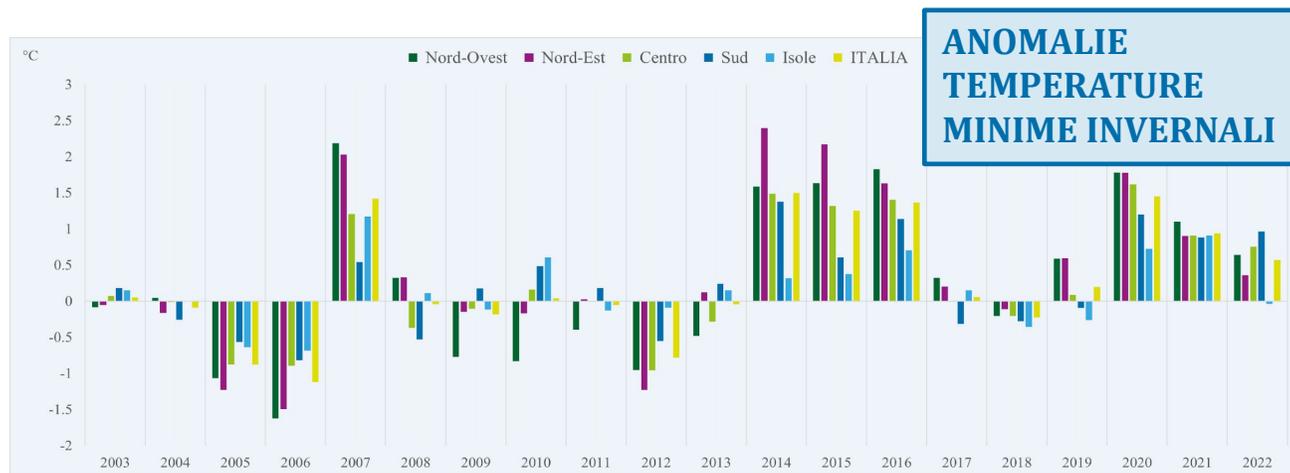
- ❖ Numerosi eventi hanno colpito le aree agricole a luglio e agosto (e talvolta anche a giugno/settembre)
- ❖ Soglia superata **16** volte a Budrio (BO), **31** a Monterotondo (RM) e **41** a Libertinia (CT)
- ❖ giorni consecutivi con $T > 35^{\circ}\text{C}$: **8 - 12 luglio**, **15 - 25 luglio** (Monterotondo), **19 - 27 agosto**
- ❖ Valore massimo di **46,6 °C** registrato a **Libertinia** il 23 luglio

Anomalie di temperatura [°C] - Annata agraria 2022/2023



- ❖ Temperature ovunque superiori alla norma (1991-2020) sia per le minime che per le massime
- ❖ Al Nord le anomalie più elevate (+2 °C)
- ❖ Anomalie positive più intense da luglio ad ottobre 2023

Fabbisogni in freddo e accumuli termici nella stagione agraria



Dal 2014, le temperature minime sono quasi sempre sopra la norma



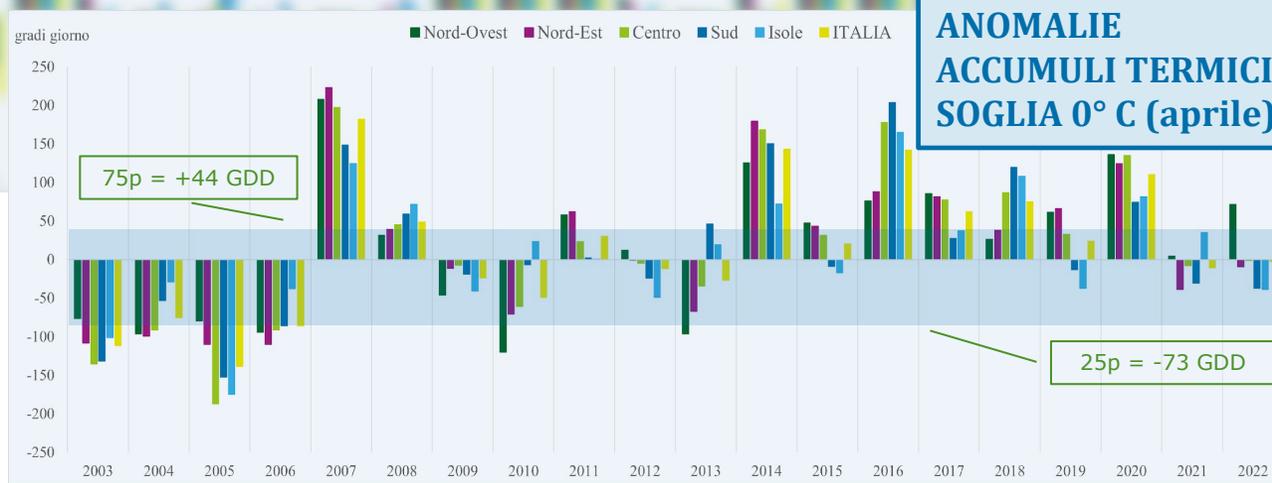
inverni miti: fabbisogni in freddo non soddisfatti, minore resistenza delle colture alle gelate, maggiore vulnerabilità agli attacchi (es. fitopatie)

Fabbisogni in freddo e accumuli termici nella stagione agraria

**ANOMALIE
TEMPERATURE
MINIME INVERNALI**



**ANOMALIE
ACCUMULI TERMICI A
SOGLIA 0° C (aprile)**

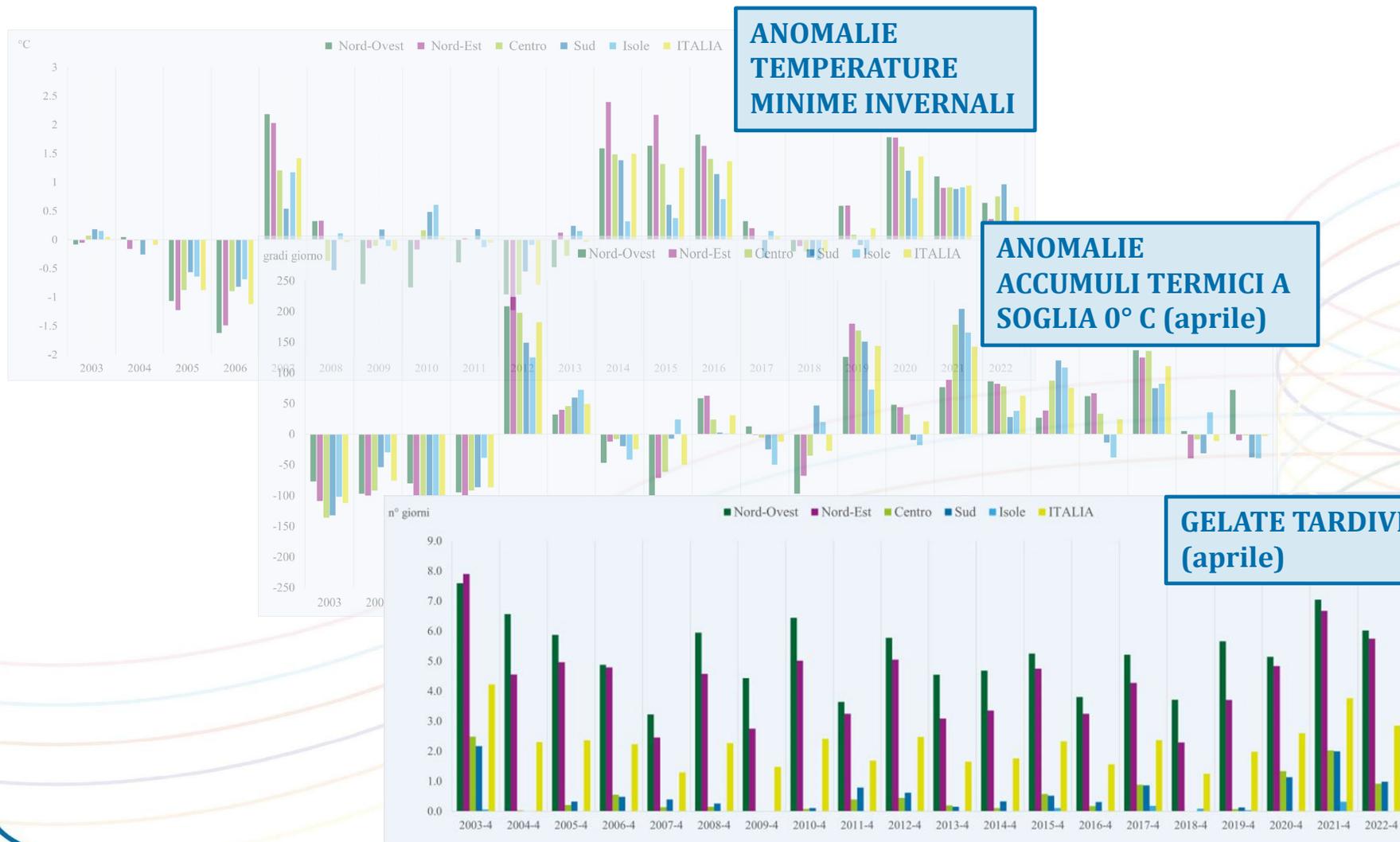


Dal 2014, le anomalie di accumuli termici tendono ad assumere valori positivi



Risvegli vegetativi anticipati
(fasi fenologiche più sensibili al gelo)

Fabbisogni in freddo e accumuli termici nella stagione agraria

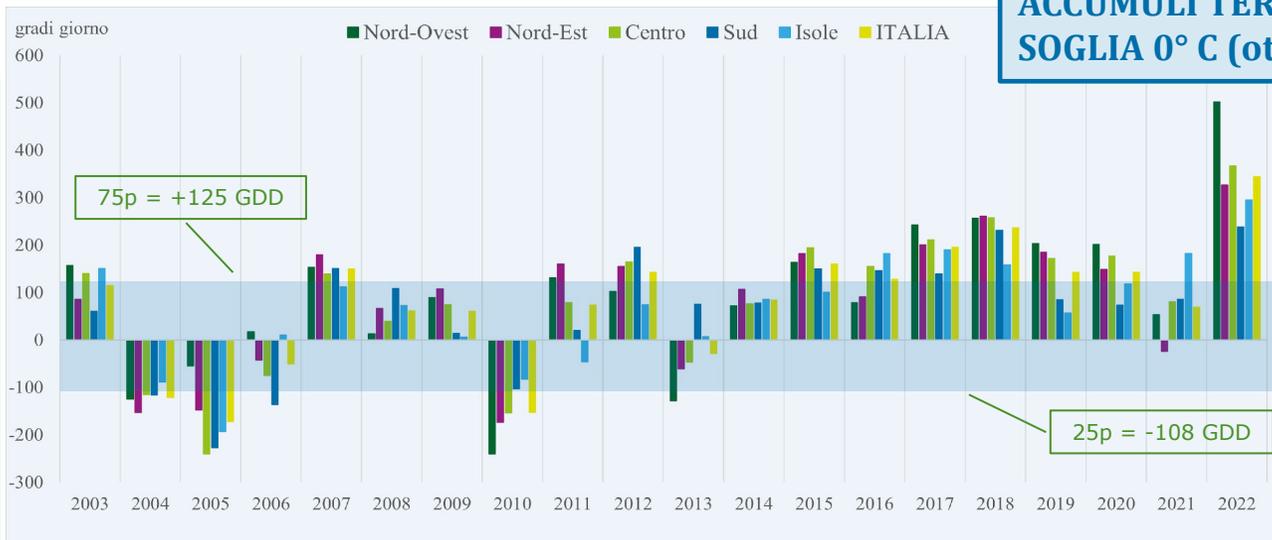


Le gelate tardive non mostrano trend

↓

Le colture sono più esposte

Accumuli termici record ad ottobre 2022



**ANOMALIE
ACCUMULI TERMICI A
SOGLIA 0° C (ottobre)**

In tutto il Paese nel 2022 sono stati raggiunti i picchi più elevati dei venti anni di analisi

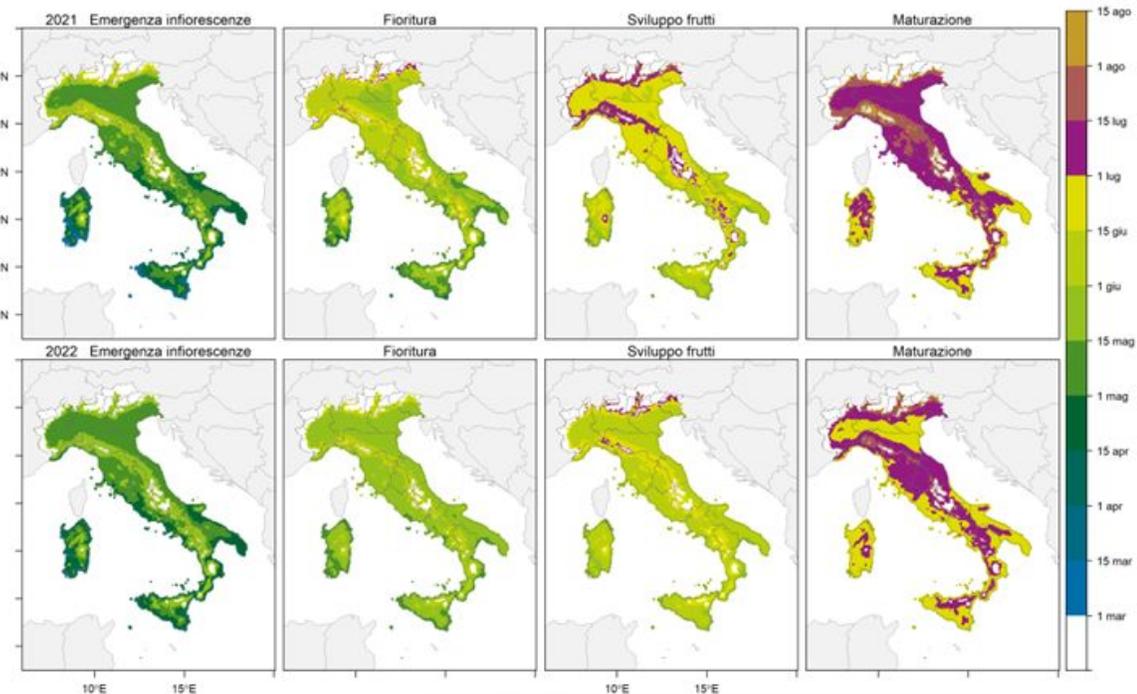


... portando ad anticipi delle fasi fenologiche estive (soprattutto maturazione)

Ad esempio per la vite (*Chardonnay*) fino a 15 giorni di anticipo nel 2022 rispetto al 2021



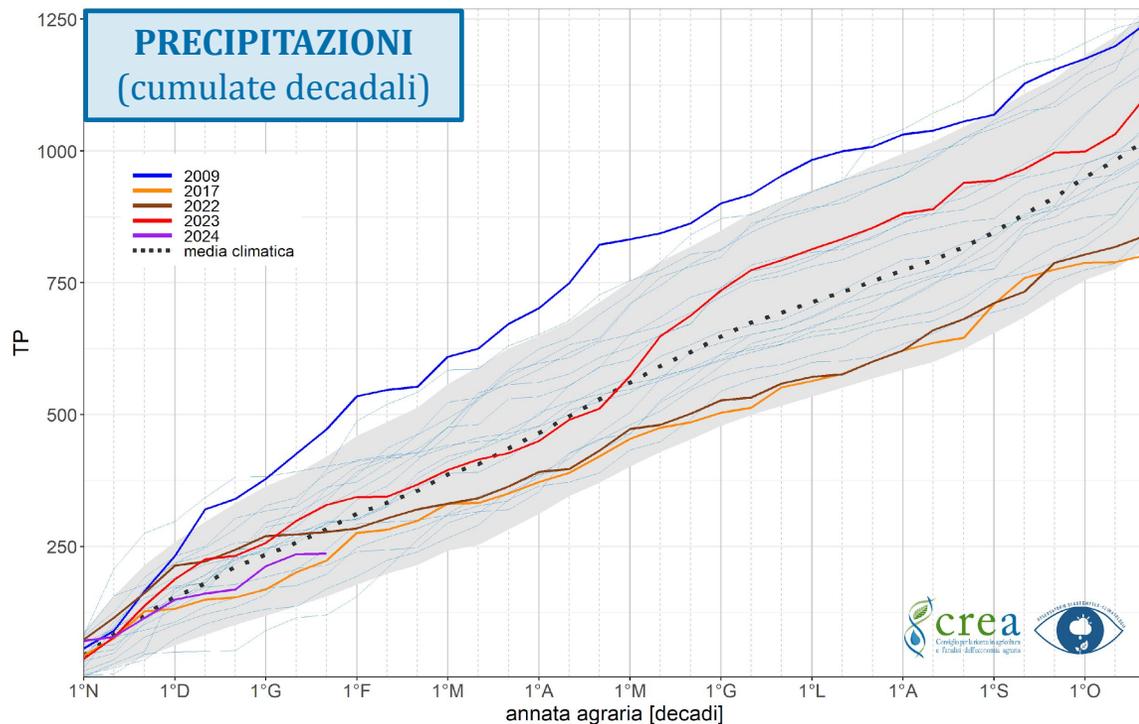
- ◆ Gli anticipi si sono confermati anche per il
- ◆ **2023** con anomalie di +348 GDD0 in Italia (+ 408 al Nord)
- ◆ **2024 (agosto)** con anomalie di +407 GDD0 in Italia e di circa + 500 al Centro e al Mezzogiorno, con il massimo regionale di + 619 GDD0 raggiunto in Basilicata



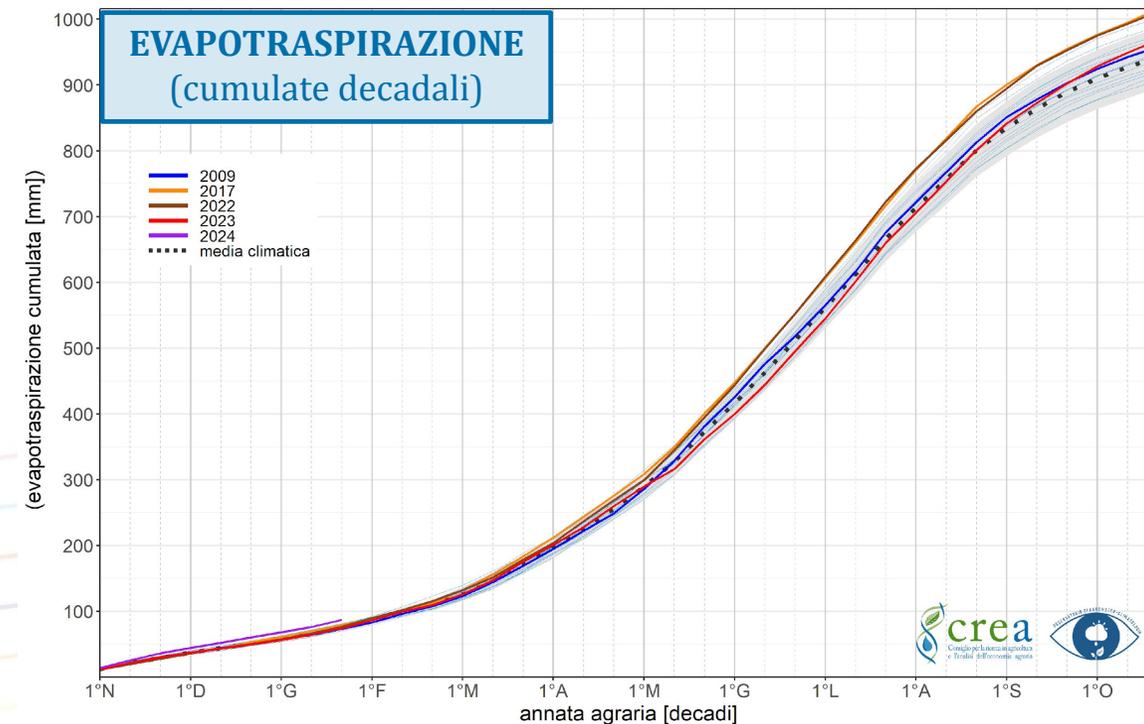
**DATE DI INIZIO DELLE FASI
PRINCIPALI:** simulazioni ottenute con il modello IPHEN (Mariani et al., 2013)

Ultime annate agrarie: sintesi nazionale

ITALIA



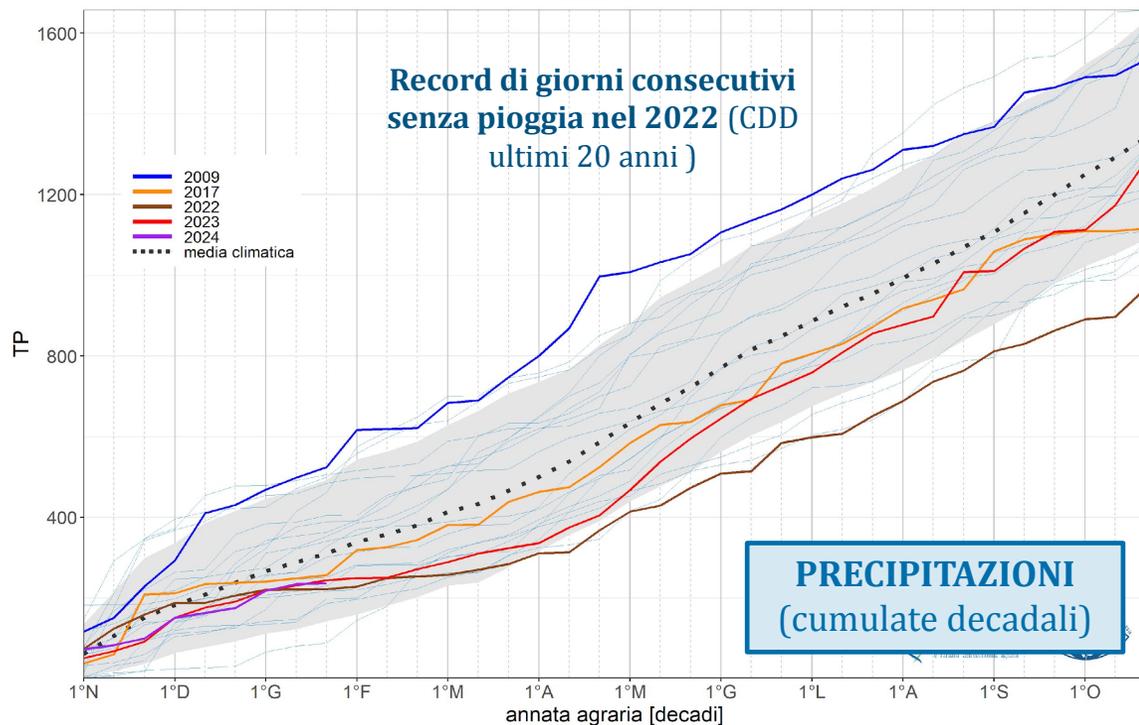
ITALIA



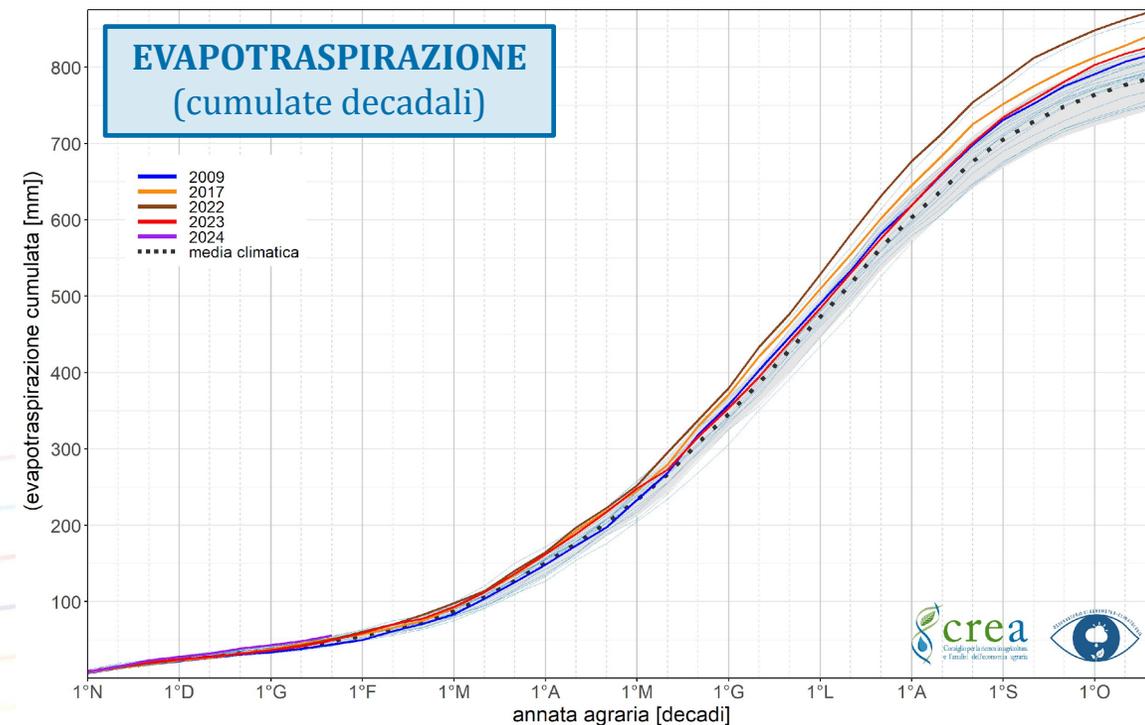
- ❖ 2021/2022 precipitazioni cumulate costantemente sotto media (1991-2020) già da febbraio, ed ETo sopra il 90p per gran parte dell'annata
- ❖ 2022/2023 brusco aumento delle precipitazioni cumulate tra maggio e giugno (eventi alluvionali Emilia-Romagna e Marche)
- ❖ 2023/2024 precipitazioni sotto media già a dicembre ed ETo fortemente sopra la norma

Ultime annate agrarie nel Nord-Ovest

Nord-Ovest



Nord-Ovest



- ◆ **2021/2022** disponibilità idrica ai minimi storici: precipitazioni cumulate costantemente sotto il 10° percentile climatico da aprile) ed evapotraspirazione cumulata (favorita da condizioni termiche eccezionali) sempre superiore al 90° percentile
- ◆ **2022/2023** precipitazioni sotto media ed evapotraspirazione molto sopra la media per tutto il periodo

Estremi di disponibilità idrica: **siccità** ed **eccesso di umidità**

INDICE DI SICCA' (SPEI6)*: bilancio mensile tra precipitazione ed evapotraspirazione cumulate nei 6 mesi più recenti al momento dell'analisi
(*Vicente-Serrano et al., 2010)

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
NORD-OVEST												
2003	1.2	0.7	0.2	0.4	-1.6	-2.0	-2.1	-2.2	-2.2	-2.0	-1.2	-0.4
2004	-0.2	0.6	0.9	1.0	0.8	0.0	-0.3	-0.9	-1.2	-1.0	-0.9	-0.7
2005	-0.9	-0.9	-0.5	-0.7	-1.2	-1.4	-1.2	-0.8	-0.3	-0.4	-0.4	-0.2
2006	0.0	-0.1	-0.5	-0.9	-0.8	-1.3	-1.6	-1.5	-0.9	-0.9	-1.0	-0.4
2007	-0.3	-0.7	-1.2	-1.8	-0.9	-0.7	-1.1	-0.5	-0.7	-0.5	-0.7	-1.3
2008	-0.6	-1.2	-1.0	-0.3	0.3	0.8	0.5	0.5	0.9	0.4	0.6	1.1
2009	1.1	1.4	1.4	1.9	1.3	0.6	0.3	-0.2	-0.5	-1.5	-0.7	-0.2
2010	-0.1	0.5	0.8	0.9	1.0	1.1	0.8	1.0	0.8	1.2	1.2	1.2
2011	1.4	1.2	1.4	0.8	-0.4	-0.4	0.1	-0.4	-0.9	-0.5	0.3	-0.3
2012	-0.7	-0.8	-0.8	0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	0.3	-0.2	0.3	0.4
2013	0.5	0.7	1.1	1.4	1.6	1.7	1.8	1.8	0.8	0.4	-0.1	0.4
2014	1.1	1.6	1.7	1.6	1.5	1.4	1.4	1.1	0.8	0.6	1.7	1.5
2015	1.1	1.2	1.4	1.4	0.2	0.2	-0.2	-0.6	-0.3	0.1	-0.5	-0.9
2016	-0.7	-0.2	-0.3	-0.7	0.3	1.0	0.9	0.1	-0.2	0.0	0.2	-0.4
2017	-0.8	-0.6	-0.2	-0.5	-1.1	-0.7	-0.6	-0.9	-0.9	-1.2	-1.2	-1.1
2018	-0.5	-0.2	0.2	0.9	1.3	1.3	1.2	1.2	0.2	0.7	0.4	0.3
2019	-0.1	-0.2	-0.2	-0.7	-0.8	-0.7	-0.3	-0.2	0.2	0.2	1.2	1.5
2020	1.3	1.1	1.2	0.7	-0.8	-0.7	-0.5	0.2	-0.1	0.7	0.1	0.2
2021	0.6	0.4	0.3	-0.2	0.4	-0.7	-0.5	-0.5	-0.3	-0.3	-0.1	0.0
2022	-0.9	-1.1	-1.4	-1.4	-1.9	-1.8	-1.8	-1.6	-1.5	-1.3	-1.1	-0.8

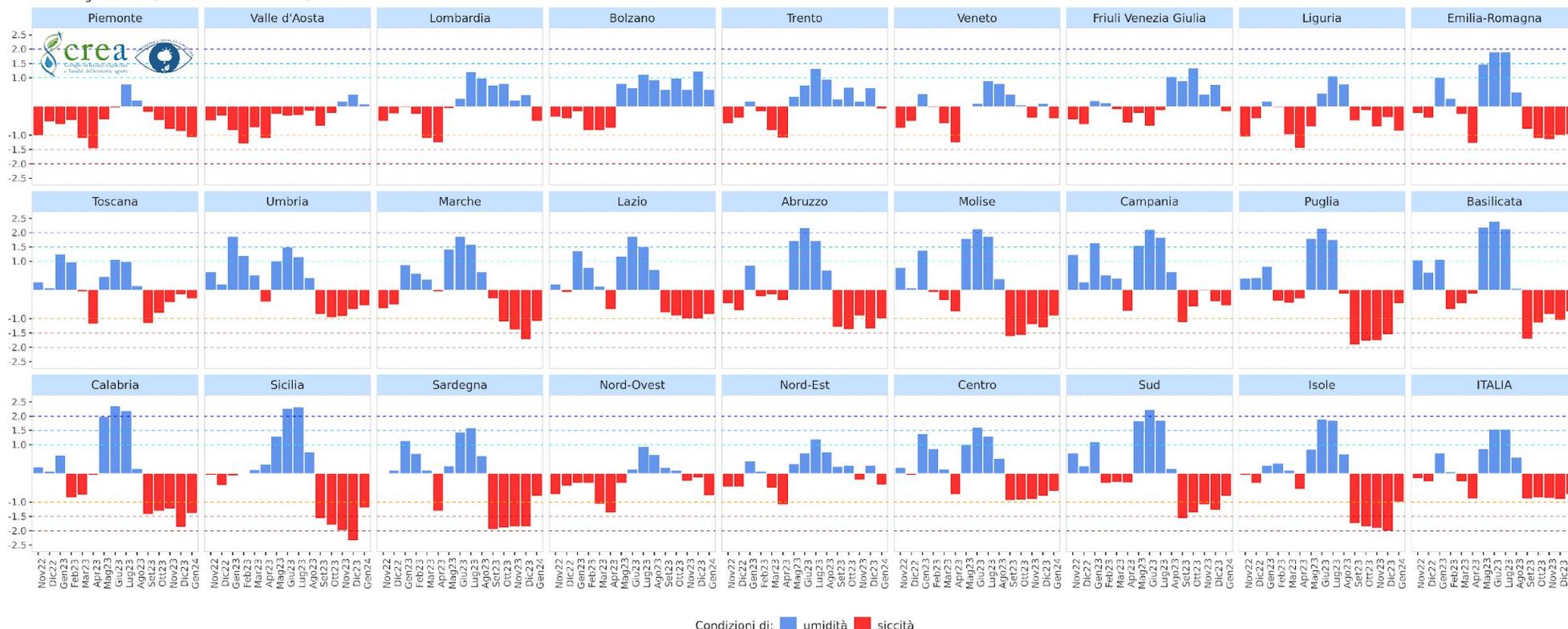
	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
SUD												
2003	1.5	1.1	0.3	0.6	0.7	-0.1	-1.3	-1.2	-0.7	0.1	0.0	0.7
2004	0.8	0.5	0.4	0.5	1.0	1.0	1.1	1.2	1.3	0.6	0.5	0.5
2005	0.5	0.8	0.7	0.9	0.5	0.1	0.0	-0.2	0.3	0.4	0.9	1.3
2006	1.3	1.2	1.1	1.1	0.7	0.3	0.6	0.4	0.4	0.0	-0.2	-0.3
2007	-0.8	-0.9	-1.0	-0.5	0.2	0.2	0.1	-0.4	-0.9	-0.3	-0.4	-0.6
2008	-0.5	-0.6	-0.3	-0.6	-0.8	-0.9	-0.9	-0.7	-0.4	-0.7	-0.1	0.5
2009	1.5	1.6	1.7	2.1	1.9	1.8	0.9	1.0	0.9	0.8	0.7	0.3
2010	0.8	1.2	1.0	0.7	1.1	1.2	0.9	0.5	0.9	1.6	1.6	1.4
2011	1.1	1.3	1.3	0.7	0.3	0.6	0.7	0.4	-0.3	-0.4	-1.3	-1.4
2012	-1.6	-0.9	-1.2	-0.6	-0.2	-0.6	-0.3	-1.5	-1.0	-1.1	-0.9	-0.1
2013	-0.1	0.6	0.5	0.3	0.2	0.3	0.5	0.3	-0.2	0.0	0.4	0.5
2014	0.4	0.7	0.9	1.3	1.1	1.1	1.3	0.9	1.1	0.5	-0.1	-0.5
2015	-0.5	0.1	0.4	0.5	0.4	0.7	0.1	-0.1	-1.0	0.6	0.7	-0.2
2016	0.0	-0.2	0.4	-0.8	-0.2	0.5	0.8	1.0	1.3	1.6	1.4	0.8
2017	1.1	0.8	-0.8	-1.1	-1.0	-1.0	-1.7	-1.9	-1.4	-1.7	-1.3	-1.0
2018	-0.8	0.3	0.6	0.7	0.8	1.5	1.8	1.6	0.8	1.8	1.6	1.0
2019	1.1	0.2	0.1	-0.4	0.2	0.1	0.0	0.2	0.8	0.2	0.2	0.3
2020	-0.4	-0.8	-0.5	-0.1	-1.3	-0.9	-0.5	0.1	0.0	0.1	0.3	0.5
2021	0.7	0.4	0.6	0.9	0.0	-0.5	-1.0	-1.2	-1.5	-1.5	-0.1	0.1
2022	0.0	0.0	0.0	-0.3	-1.1	-1.5	-1.3	-1.0	-0.8	-0.6	0.4	0.4

- ❖ Maggiori criticità al Nord (Ovest ed Est) e al Centro negli ultimi venti anni
- ❖ Nord-Ovest nel 2022 ben 10 mesi in siccità (*siccità severa* nel pieno dello sviluppo culturale)
- ❖ Sud e Isole: condizioni nella *norma* più frequenti
- ❖ A livello nazionale:
 - 2003, 2017 e 2022 ➡ **anni più siccitosi**
 - 2009, 2010, 2013, 2014 e 2018 ➡ **anni più umidi**

INDICE DI SICCIITA' (SPEI3)*: bilancio mensile tra precipitazione ed evapotraspirazione cumulate nei 3 mesi più recenti al momento dell'analisi
(*Vicente-Serrano et al., 2010)

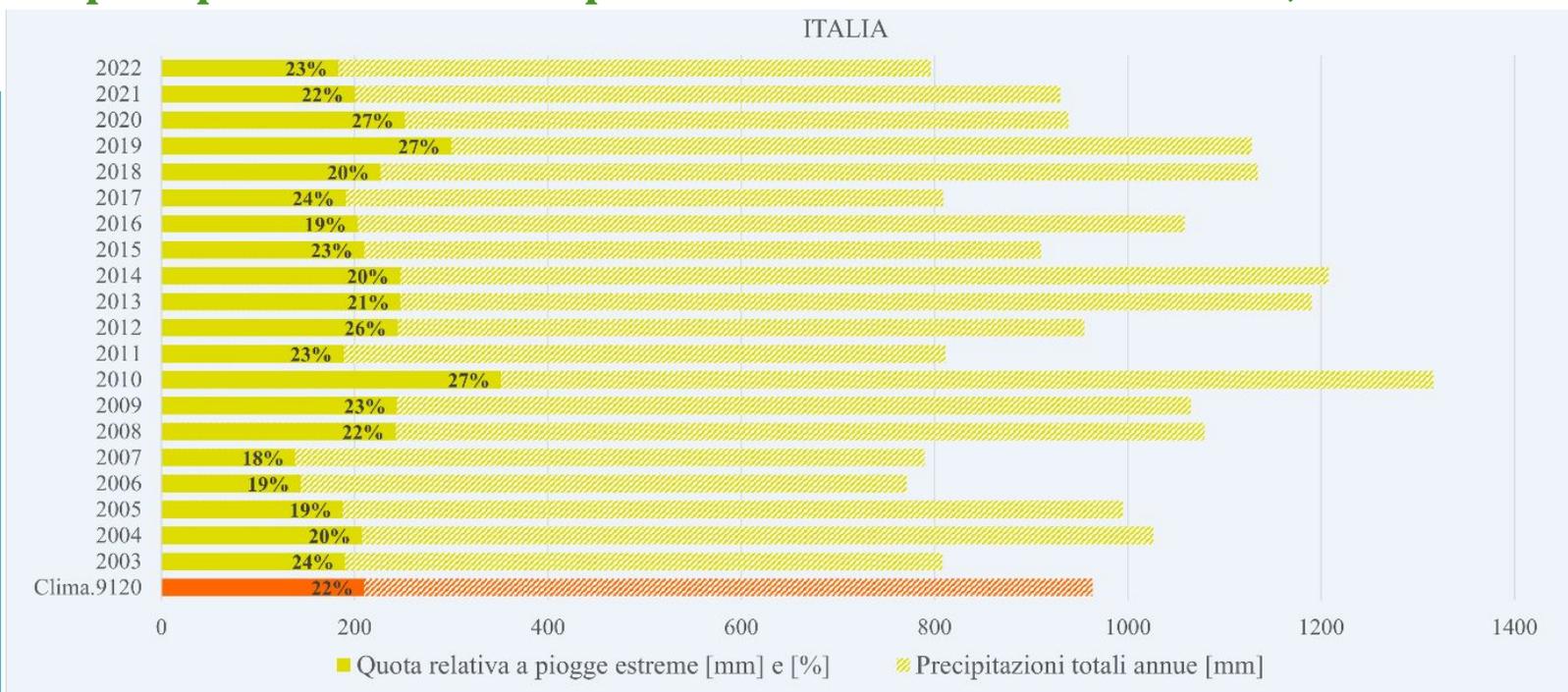
Recenti estremi di disponibilità idrica

Andamento dello SPEI-3 mesi
Annata Agraria: 2022/2023 e 1° trimestre 2023/2024



- ❖ Le abbondanti precipitazioni di maggio/giugno hanno determinato condizioni di **ecceso idrico** nel pieno della stagione vegetativa in tutte le regioni peninsulari e nelle Isole
- ❖ Da settembre 2023 la **siccità** più intensa ha colpito il Sud e le Isole

Le precipitazioni estreme possono causare danni a: colture, strutture e infrastrutture



R95pTot*: per ogni anno, quantità di pioggia caduta nei giorni in cui la precipitazione è superiore al 95° percentile della distribuzione climatica, espresso come percentuale rispetto alle piogge totali (*ETCCDI)

A livello nazionale:

- ❖ La quota minima di precipitazioni estreme sul totale annuo è pari al 18%, verificatasi nel 2007, anno poco piovoso
- ❖ Le quote più elevate di precipitazioni estreme (26-27%) sul totale annuo si sono verificate sia in anni molto piovosi (2010, 2019) che poco piovosi (2012, 2020)

Al **Centro** e nelle **Isole** si osserva la variabilità interannuale maggiore

I massimi raggiunti nel 2022 sono pari al 31% al Centro e 28% al Sud

Aumento generalizzato delle temperature:

- a) aumentano le ondate di calore raggiungendo nel 2022 il massimo di 47 giorni in media a scala nazionale
- b) giorni di caldo estremo ($T > 35^{\circ}\text{C}$) non più eventi straordinari, ma ordinari così come gli inverni miti

mancato soddisfacimento di fabbisogno in freddo e anticipi generalizzati delle fasi fenologiche colturali con aumento dell'esposizione al danno

incidenza diretta anche sul benessere animale, con conseguente riduzione della produzione di latte

Estrema variabilità nella risorsa idrica

- a) in media, circa $\frac{1}{4}$ delle precipitazioni annue sono estreme, e sopra la media anche in annate siccitose
- b) Lunghi periodi di siccità ovunque in Italia. Massima durata di 10 mesi a Nord-Ovest nel 2022

Sfida del futuro:

- Gestione del rischio in agricoltura con strumenti efficaci
- Innovazione nella gestione delle pratiche agricole

L'agro-meteo-climatologia si rivela un importante strumento di conoscenza nei processi decisionali

Grazie per l'attenzione

antonella.pontrandolfi@crea.gov.it