

# Anomalie termiche dell'estate 2022 e loro impatti agronomici

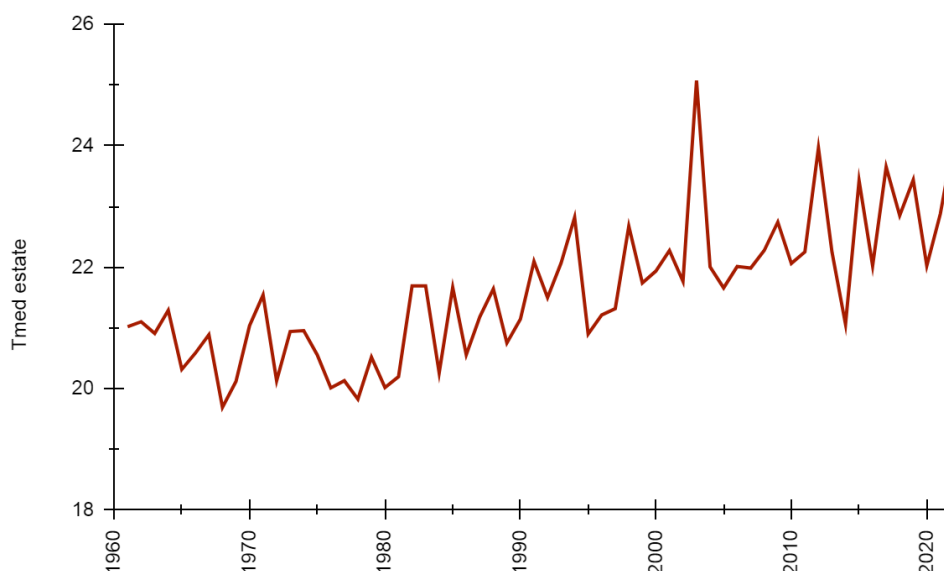
a cura dell'Osservatorio Clima Arpae-Simc

## Introduzione

L'estate 2022 verrà ricordata per l'intensa siccità che ha colpito ampie aree dell'Europa sud-occidentale e del Mediterraneo, in concomitanza con prolungate e intense onde di calore, che si sono estese dalla Penisola Iberica all'Europa centro-settentrionale, toccando anche le regioni italiane. Nel Nord Italia queste condizioni si sono innescate in un anno iniziato già in condizioni di scarsità di precipitazioni e con temperature superiori alla norma, che hanno causato impatti su diversi settori socio-economici e sui sistemi naturali.

## Anomalie termiche estive e tendenza

In Emilia-Romagna, dal punto di vista termico, secondo il dataset climatico ufficiale dell'Osservatorio Clima di Arpae<sup>1</sup>, il mese di maggio di quest'anno è stato il secondo più caldo dal 1961 insieme al 2003 e dopo il 2009, giugno il secondo più caldo dopo il 2003 e luglio il secondo più caldo dopo il 2015. Ad agosto si è assistito a un'attenuazione delle anomalie termiche e il mese, pur presentando valori medi superiori alle attese di 0,7 °C, è rimasto prossimo alla variabilità climatica degli ultimi 30 anni. La temperatura massima assoluta dell'estate è stata di 41,2 °C, raggiunta a Granarolo Faentino il 23 luglio, ma già il 3 luglio si erano raggiunti a Sant'Agata Bolognese 41,0 °C.

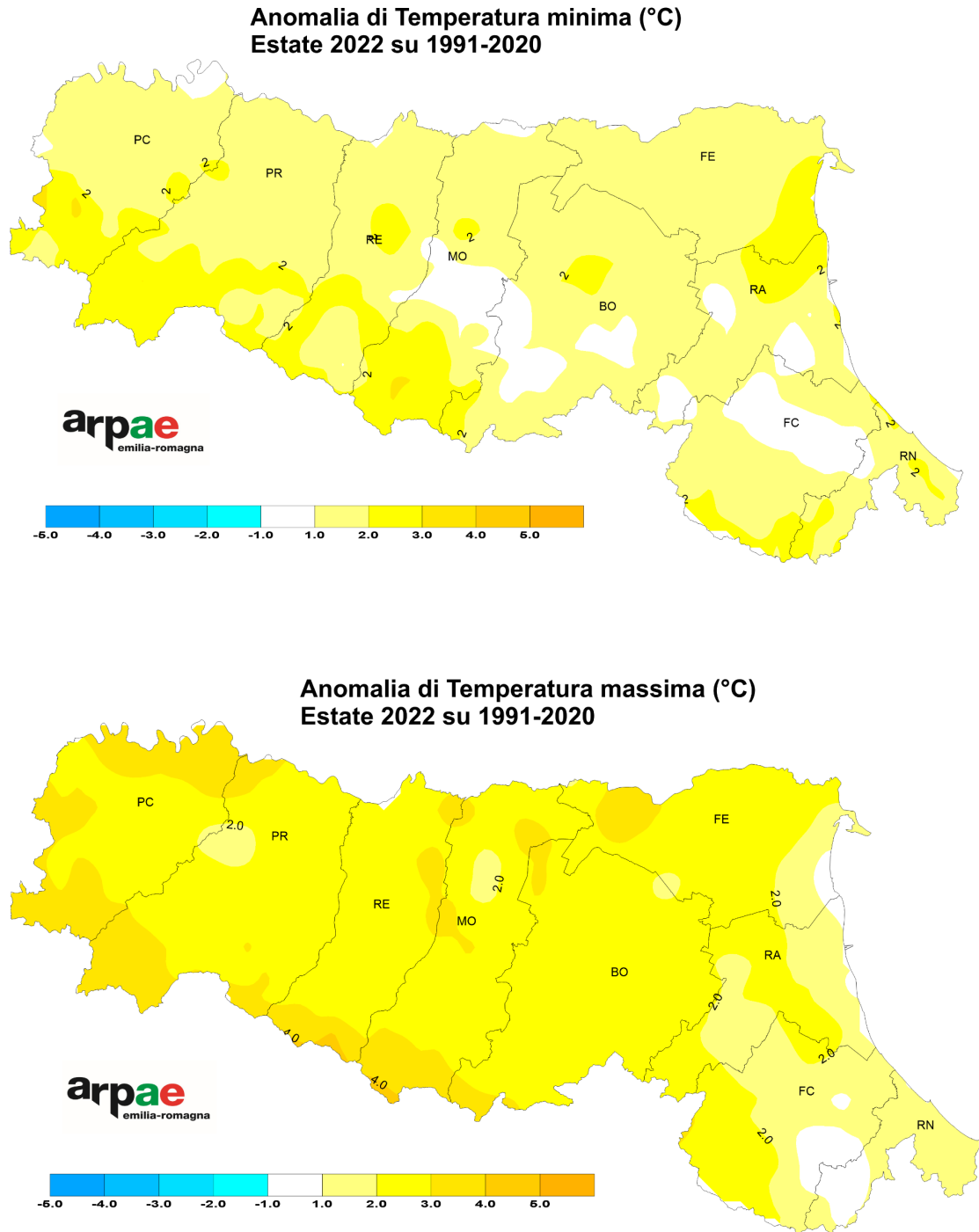


**Figura 1:** Serie delle temperature medie estive sull'Emilia Romagna dal 1961 ad oggi.

Come si può vedere in Figura 1, che presenta la serie delle temperature medie regionali per la stagione estiva dal 1961 al 2022, in regione, nel complesso l'estate 2022 è stata la seconda più calda dal 1961 dopo il 2003 e simile all'estate 2012, con un'anomalia stagionale

<sup>1</sup> <https://dati.arpae.it/dataset/erg5-eraclito>

di temperatura media regionale di +1,8 °C rispetto al clima 1991-2020, e di ben +3,4 °C rispetto al clima 1961-1990. Il contributo maggiore a queste anomalie estive è da attribuire principalmente ai valori di temperatura massima, la cui anomalia nel 2022 rispetto al clima 1961-1990 è di circa 4,7 °C, mentre quella della temperatura minima è stata pari a 2 °C.

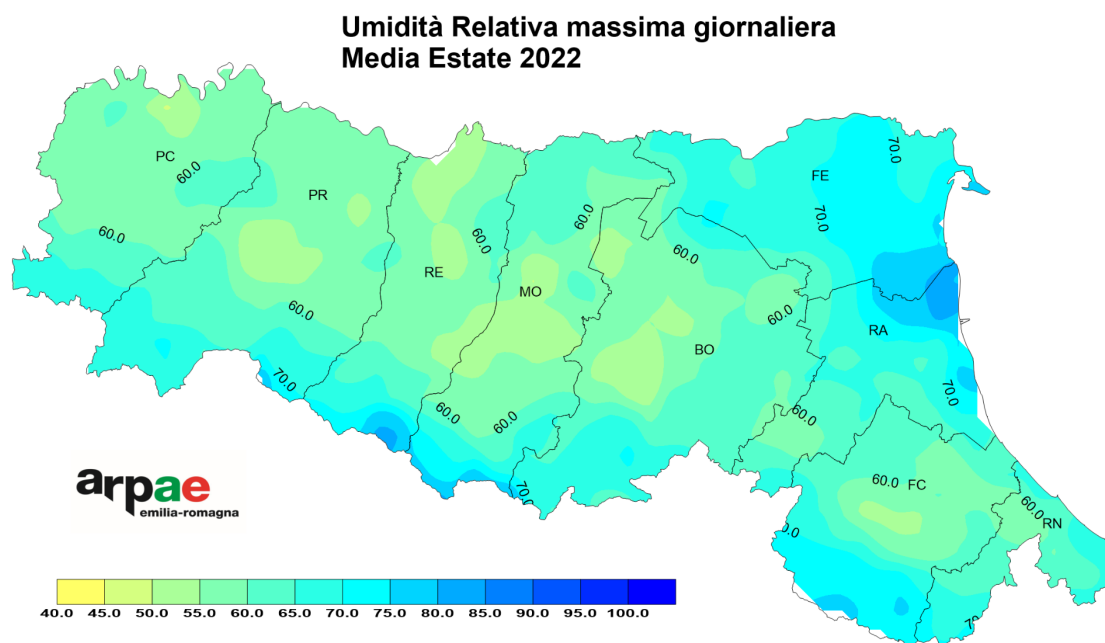


**Figura 2:** Mappe di anomalia di temperatura minima e massima per l'estate 2022 rispetto al clima 1991-2020.

In particolare, la Figura 2 mostra la distribuzione geografica delle anomalie termiche delle temperature massime e minime giornaliere rispetto al clima 1991-2020, ottenute con l'analisi Eraclito91<sup>2</sup>, utilizzato nella reportistica ufficiale dell'Osservatorio Clima per tutti i prodotti che fanno riferimento all'ultimo trentennio. Da queste mappe si può notare che le anomalie di temperatura massima sono state particolarmente intense nelle aree centro occidentali della regione, mentre le aree orientali hanno presentato valori più contenuti, fatto salvo alcune aree limitate della costa. Le anomalie medie di temperatura minima presentano come già menzionato valori generalmente meno intensi delle massime. Probabilmente i bassi valori di umidità del suolo e dei bassi strati dell'atmosfera dovuti al persistere di condizioni siccitose hanno ridotto il rilascio di calore latente da parte del suolo e reso più efficiente l'irraggiamento notturno verso lo spazio, risultando in temperature minime di poco superiori alla media, in particolare nelle aree rurali più secche. Queste condizioni generali tuttavia non si sono estese a tutto il territorio regionale, per esempio sono stati osservati massimi locali di anomalia di temperatura minima nelle vicinanze dei centri urbani centrali (Bologna, Modena e Reggio Emilia). Le complesse dinamiche termiche e radiative nelle aree urbane, legate sia alla tipologia dei materiali prevalenti sia alla conformazione del terreno, determinano il fenomeno dell'isola di calore urbana, laddove si osservano valori di temperatura notturne più alte rispetto alle aree rurali circostanti. Gli altri massimi di anomalia nelle temperature minime sono concentrati sui rilievi appenninici e nelle aree intorno alle Valli di Comacchio e limitrofe aree depresse, caratterizzate dalla presenza di ampi specchi d'acqua o da aree intensamente irrigate. Dalla Figura 3, che presenta la mappa di umidità relativa massima giornaliera mediata sulla stagione estiva, si può notare che queste aree presentano valori massimi di umidità relativa anche fino all'85%.

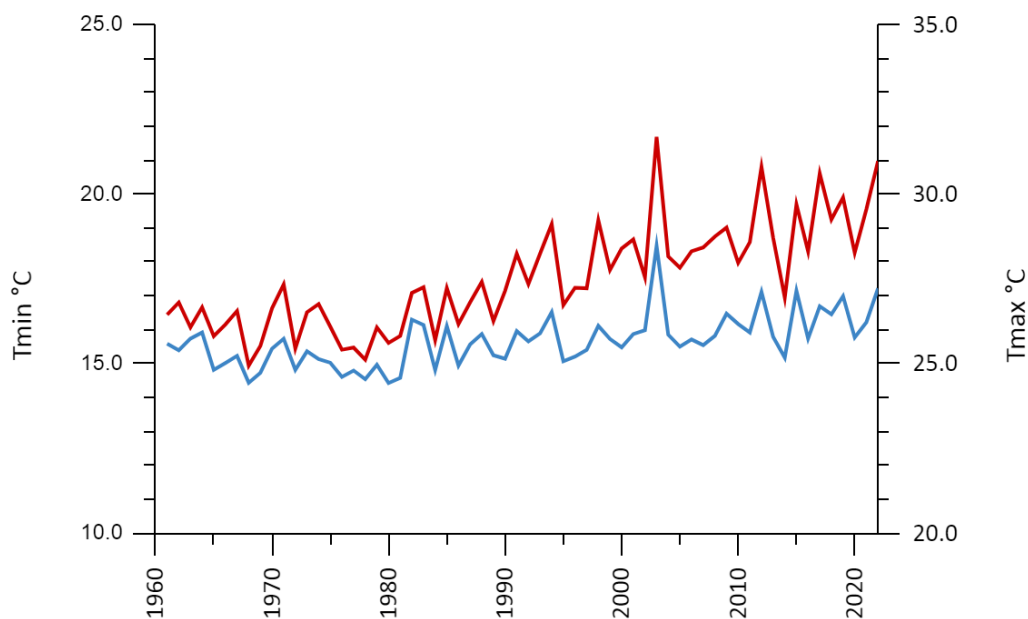
---

<sup>2</sup> Eraclito91 è un dataset di dati di temperatura minima e massima e precipitazione giornalieri interpolati su una griglia regolare con passo di circa 5 km che copre l'intero territorio regionale, che utilizzando in input le serie termiche climatiche disponibili a partire dal 1991, più numerose di quelle che coprono il periodo dal 1961 utilizzate in ERG5\_Eraclito (v. nota 1).



**Figura 3:** *Mappa di umidità relativa massima giornaliera media estiva per l'anno 2022.*

Il fatto che le anomalie stagionali estive siano principalmente legate alle anomalie delle temperature massime è coerente con il trend lineare di lungo periodo che, come si può notare chiaramente dalle Figura 4, presenta un incremento maggiore per le temperature massime rispetto alle minime, in particolare tra il 1985 e il 2005.



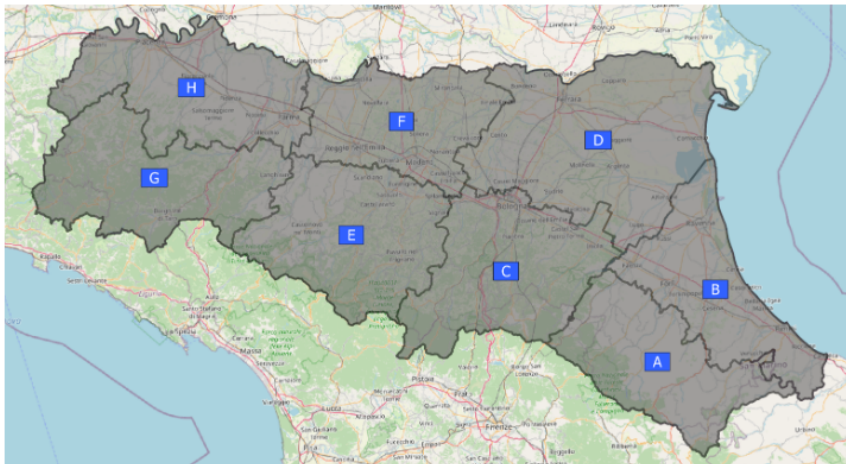
**Figura 4:** *Serie delle temperature minime (blu, asse sinistro) e massime (linea rossa, asse destro) medie estive dal 1961, mediate sull'Emilia-Romagna.*

## Indici termici

Le anomalie termiche sopra descritte, in termini di mappe di anomalia annuale e serie temporali di valori medi regionali, sono state il risultato di intense anomalie giornaliere: nel corso dell'estate localmente si è osservata la persistenza di valori di temperatura massima giornaliera particolarmente alti, con conseguenti impatti sulle piante, gli ecosistemi e la salute. Nel seguito diamo una descrizione delle anomalie osservate utilizzando indici specifici, che mettono in evidenza come è cambiata negli anni la frequenza di eventi di questo tipo nelle varie aree della regione.

Per quanto riguarda le temperature massime, che presentano valori tendenzialmente uniformi su ampie aree, sembra possibile descrivere la variabilità interannuale di lungo periodo utilizzando valori mediati su ampie aree che però siano in grado di discriminare fra aree di montagna e di pianura e tra aree più continentali e più marittime. A questo fine è interessante considerare le serie di temperature massime giornaliere mediate sulle macroaree regionali riportate nella Figura 5. Le Macroaree B, D, F e H rappresentano i territori di pianura da est a ovest, mentre le Macroaree A, C, E e G rappresentano i territori di montagna, sempre da est a ovest.

- A - Bacini romagnoli montani, dal Conca al Lamone;
- B - Bacini romagnoli di pianura, dal Conca al Lamone e litorale adriatico fino a foce Reno;
- C - Bacini montani del Reno e dei suoi affluenti;
- D - Bacini di pianura del Reno e dei suoi affluenti e pianura Ferrarese ;
- E - Bacini montani, dal Panaro all'Enza;
- F - Bacini di pianura, dal Panaro all'Enza;
- G - Bacini montani, dal Parma al Trebbia;
- H - Bacini di pianura, dal Parma al Tidone



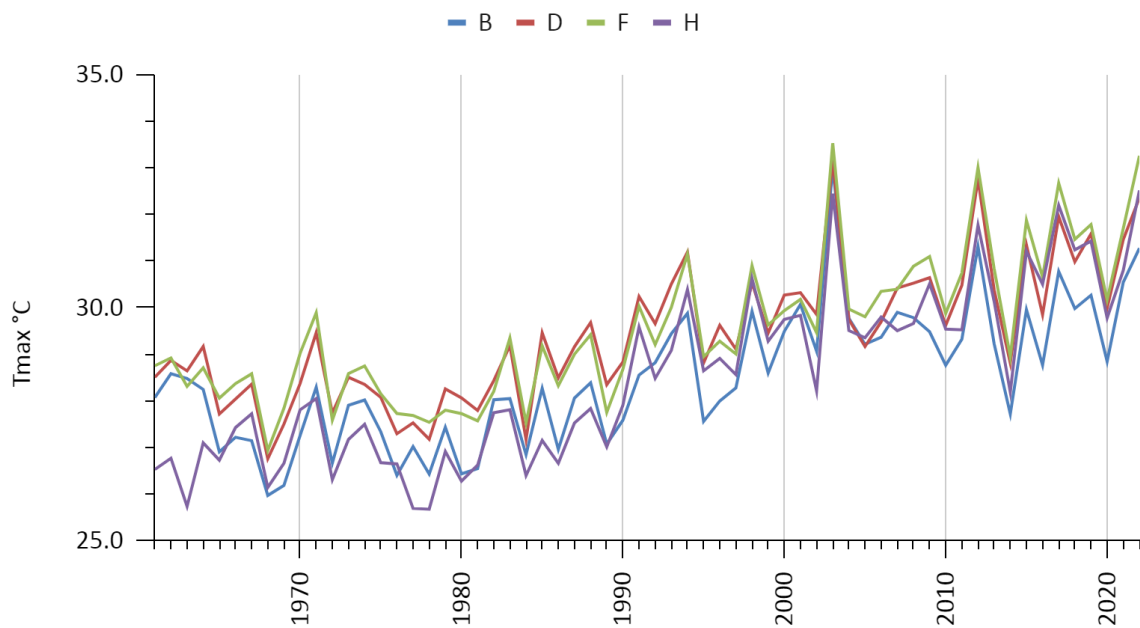
**Figura 5:** *Mappe delle macroaree regionali.*

In prima battuta, si considera l'andamento temporale a partire dal 1961 dei valori medi estivi delle temperature massime giornaliere per ciascuna macroarea, presentati in Figura 6. Da questi grafici si può notare che le macroaree di pianura presentano valori più vicini fra loro, nonostante la macroarea B presenti un incremento lineare minore rispetto alle altre nel periodo considerato. In generale i valori, nel corso degli ultimi 60 anni, hanno subito un

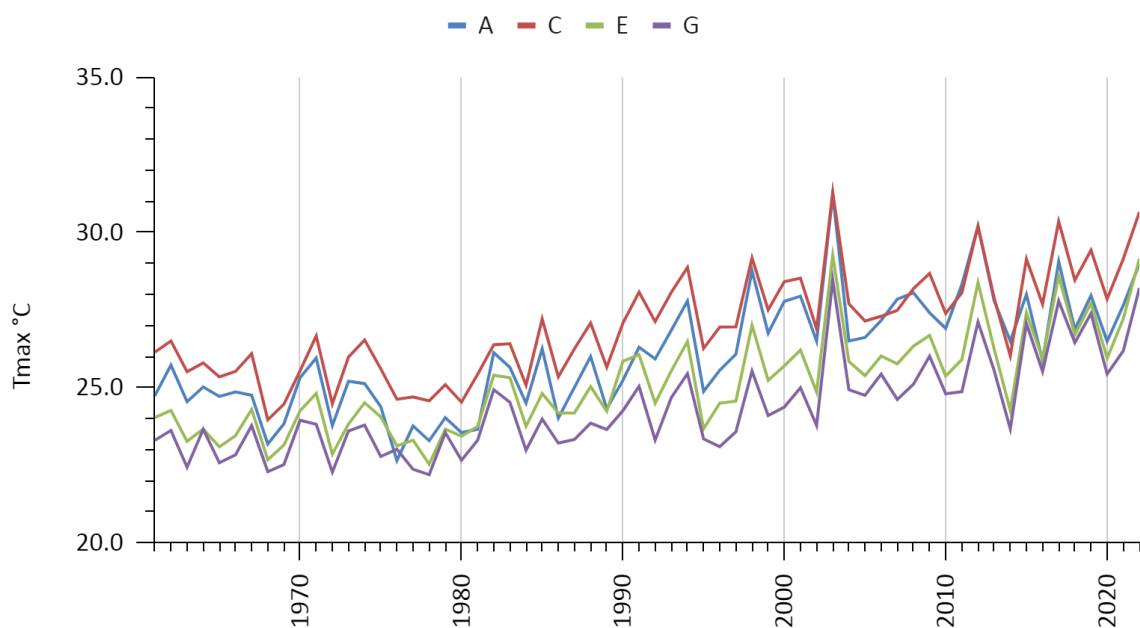
incremento di circa 4 °C (3 °C nel caso della macroarea B), passando da una media tra 26 e 27 °C ad una superiore a 30 °C.

Le differenze di temperatura massima nelle macroaree di montagna sono sicuramente influenzate dalla complessità dell'orografia e dalla posizione geografica, e presentano anch'esse differenti incrementi termici nel periodo considerato, con valori più contenuti per la macroarea A, più vicina alla costa, rispetto alle altre.

Pianura

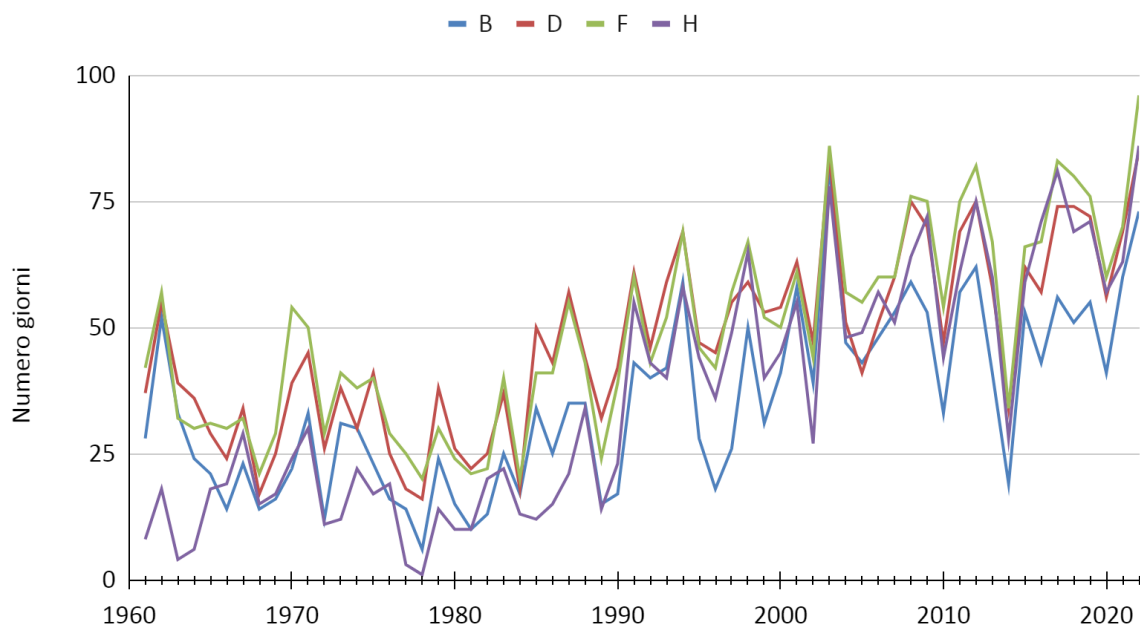


Montagna

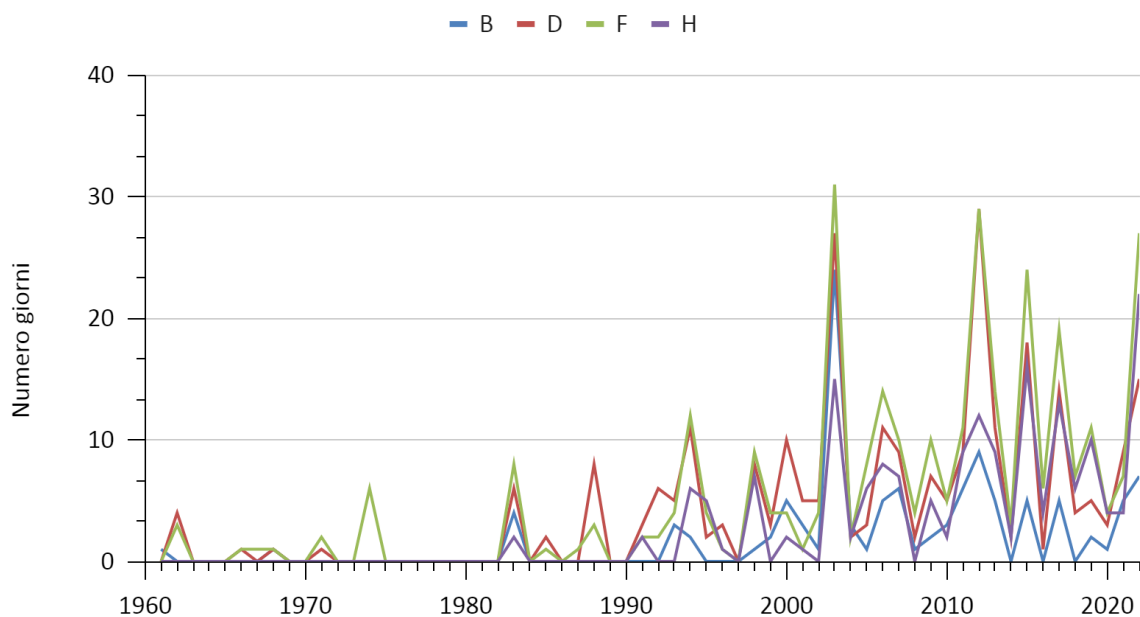


**Figura 6:** Serie delle temperature massime medie estive sulle 8 macroaree regionali di pianura (in alto) e montagna (in basso)

Tmax > 30 °C



Tmax > 35 °C



**Figura 7:** Serie del numero di giorni con  $T_{max}$  superiore a 30 °C (pannello in alto) e superiore a 35 °C (pannello in basso) per ciascuna delle macroaree di pianura.

Un ulteriore indice termico che può essere considerato è il numero di giorni in un anno con temperatura massima superiore a determinate soglie. Poiché negli ultimi dieci anni, in pianura le temperature massime medie estive si sono avvicinate a valori prossimi a 30 °C, ci si può aspettare che il numero totale annuale di giorni con temperatura massima superiore a 30 °C o 35 °C (soglie critiche dal punto di vista agronomico) sia diventato piuttosto

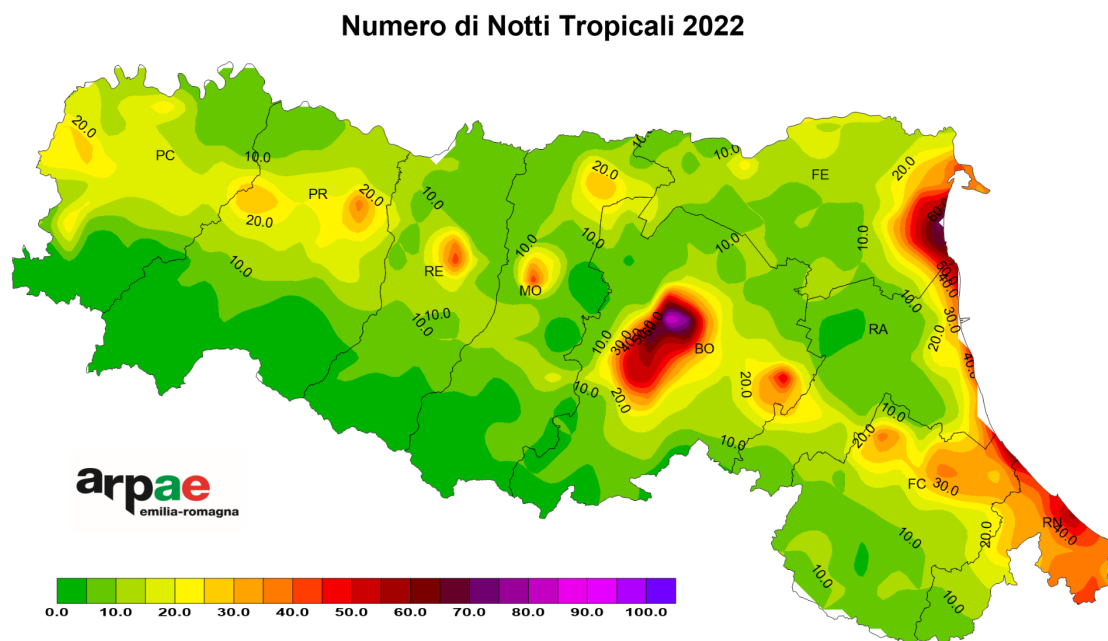
consistente e sia cresciuto negli anni. La Figura 7 presenta la serie annuale del numero di giorni con temperatura massima media areale superiore a 30 °C e a 35 °C per le sole macroaree di pianura, caratterizzate da variabilità spaziale più limitata per assenza di orografia.

Nel primo trentennio gli eventi in cui la temperatura massima su ampie aree ha superato i 35 °C erano piuttosto rari, mentre nell'ultimo decennio sono rari gli anni in cui tali eventi non si verificano. Secondariamente, se gli eventi con soglia più bassa, pari a 30 °C, nel primo trentennio rappresentavano circa un terzo dei giorni estivi, negli ultimi vent'anni si avvicinano in media a due terzi. Entrambi gli indici hanno subito un aumento tra gli anni '80 e i primi anni 2000 in corrispondenza con l'aumento delle temperature massime.

La macroarea in cui si è osservato l'incremento più consistente del numero di giorni caldi con  $T_{max}$  superiore a 30 °C è la H, la più continentale, nonostante la macroarea che presenta un maggior numero di giorni caldi sia la F, nelle provincie di Modena e Reggio; la macroarea B, più vicina al mare, presenta invece un aumento più contenuto e valori sistematicamente più bassi rispetto a tutte le altre.

Relativamente al numero di giorni torridi, con  $T_{max}$  superiore a 35 °C, è sempre la macroarea B, prossima al mare, quella con un minore aumento dell'indice, e la F, per le provincie di Modena e Reggio, quella che presenta un incremento maggiore.

L'anno 2022 ha presentato il maggior numero di giorni caldi ( $T_{max} > 30^{\circ} C$ ) nelle macroaree D, F e H, dove sono stati raggiunti valori medi di 85, 96 e 86 giorni, mentre è stata la seconda estate con maggior numero di giorni caldi dopo il 2003 nella macroarea B, con 73 occorrenze. Questi valori particolarmente alti hanno ricevuto anche un consistente contributo dai mesi di maggio e di settembre che, come menzionato in precedenza, hanno presentato intense anomalie termiche positive.



**Figura 8:** Numero di notti tropicali nel 2022.



Il numero di giorni torridi ( $T_{\max} > 35^{\circ} \text{C}$ ) del 2022, invece, ha segnato un nuovo record pari a 22 giorni solo nella macroarea più ad ovest, la H, mentre nella macroarea F l'indice è stato pari a 27 giorni, il terzo valore più alto dopo il 2003 e il 2012, nella D è stato pari a 15 giorni, il quarto più alto dopo 2012, 2003, e 2015, e nella B è stato pari a 7 giorni, il terzo valore più alto dopo 2003 e 2012. Questi risultati indicano che nonostante l'estate sia stata molto calda e le ondate di calore abbiano presentato una forte persistenza, i picchi termici sono stati in generale meno intensi rispetto alle più calde estati passate, ad eccezione delle aree di pianura più occidentali.

Per quanto riguarda invece le temperature minime, l'anomalia è stata più contenuta, ma il trend è comunque in significativo aumento e determina un incremento anche nel numero di notti tropicali, ovvero giorni con temperature minime maggiori di  $20^{\circ} \text{C}$ , eventi particolarmente significativi per le conseguenze sanitarie (mancato recupero fisiologico notturno). Nel 2022, fino a settembre, si sono registrate oltre 80 notti tropicali nell'area metropolitana di Bologna e valori comunque elevati lungo la costa, in gran parte delle altre città e nella pedemontana (Figura 8).

## **La concomitante siccità**

Come già accennato, queste anomalie termiche sono state accompagnate da un'intensa siccità che si è sviluppata in tutto il Nord Italia nel corso della prima metà dell'anno, per poi estendersi alle regioni italiane del Centro Italia nei mesi estivi.

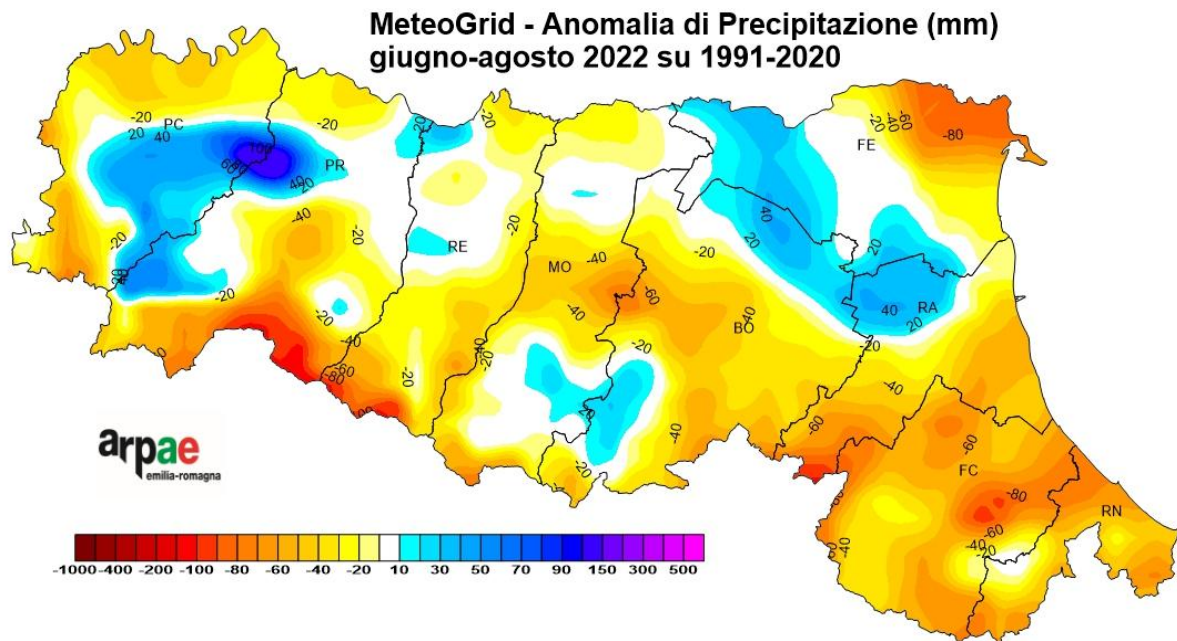
La siccità del 2022 ha avuto i suoi prodromi al termine del 2021, quando le riserve idrologiche delle regioni settentrionali erano in una fase di parziale recupero rispetto alla siccità osservata nei primi mesi dell'anno. Con il nuovo anno, forti anomalie termiche positive e precipitazioni molto scarse hanno interrotto la ricarica delle riserve idrologiche superficiali e sotterranee e ridotto estremamente i contributi del manto nevoso alpino e appenninico, che nel corso della primavera sono andati incontro a una fusione anticipata. L'estate è stata avara di precipitazioni fino ad agosto.

Focalizzando l'attenzione sull'Emilia-Romagna, nella Figura 9 a è riportata la mappa dell'anomalia della precipitazione cumulata estiva rispetto al clima 1991-2020, con valori in gran parte negativi ma non particolarmente intensi. Questo risultato è stato raggiunto grazie alle precipitazioni di agosto, che localmente hanno perfino colmato l'intenso deficit sviluppato nei primi due mesi della stagione. Se consideriamo invece le precipitazioni da inizio anno, le cumulate totali del 2022 risultano essere a fine agosto decisamente inferiori alle attese. Nella Figura 9 b, la mappa di anomalia della precipitazione cumulata dal 1° gennaio presenta valori negativi su tutto il territorio regionale, particolarmente intensi sui crinali. Se si considera la serie delle precipitazioni cumulate da gennaio ad agosto, mediate sul territorio regionale, il valore del 2022 risulta essere il settimo più basso della serie. Va però ricordato che le cumulate da gennaio a luglio 2022 sono risultate le più basse osservate dal 1961 ad oggi, e quindi le piogge della seconda metà di agosto rappresentano un primo timido passo di rientro verso la normalità.

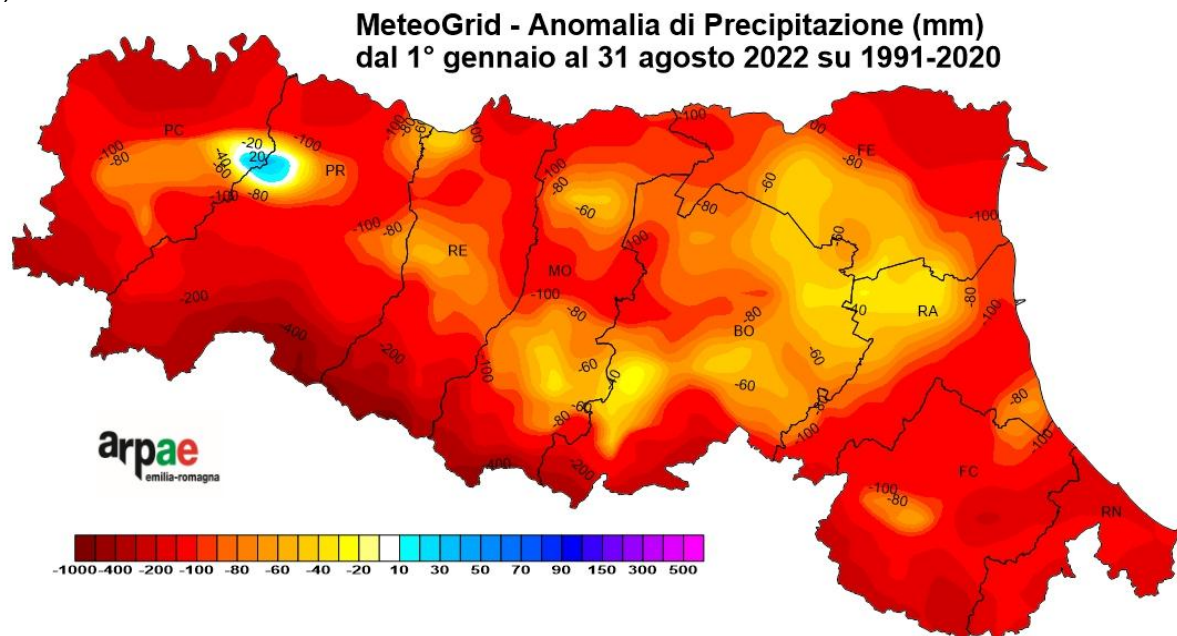
In queste condizioni, l'umidità del suolo ha raggiunto valori estremamente bassi nel corso dell'estate. Ciò ha ridotto le potenzialità della superficie di mitigare le anomalie termiche superficiali mediante il rilascio di calore latente, aprendo la strada ad un'amplificazione delle anomalie positive di temperatura massima giornaliera.

La persistenza di alte temperature e l'associata scarsità di precipitazioni hanno causato valori particolarmente bassi di bilancio idroclimatico (BIC) medio regionale, calcolato come differenza tra le precipitazioni medie regionali totali estive e l'evapotraspirazione potenziale totale estiva media regionale. La Figura 10 presenta la serie dei valori estivi di questo indice dal 1961 a oggi. L'indice presenta una netta tendenza alla diminuzione e il valore del 2022, pari a -385 mm medi regionali, è il quarto più basso dopo il 2012, il 2017, il 2003 e il 2021.

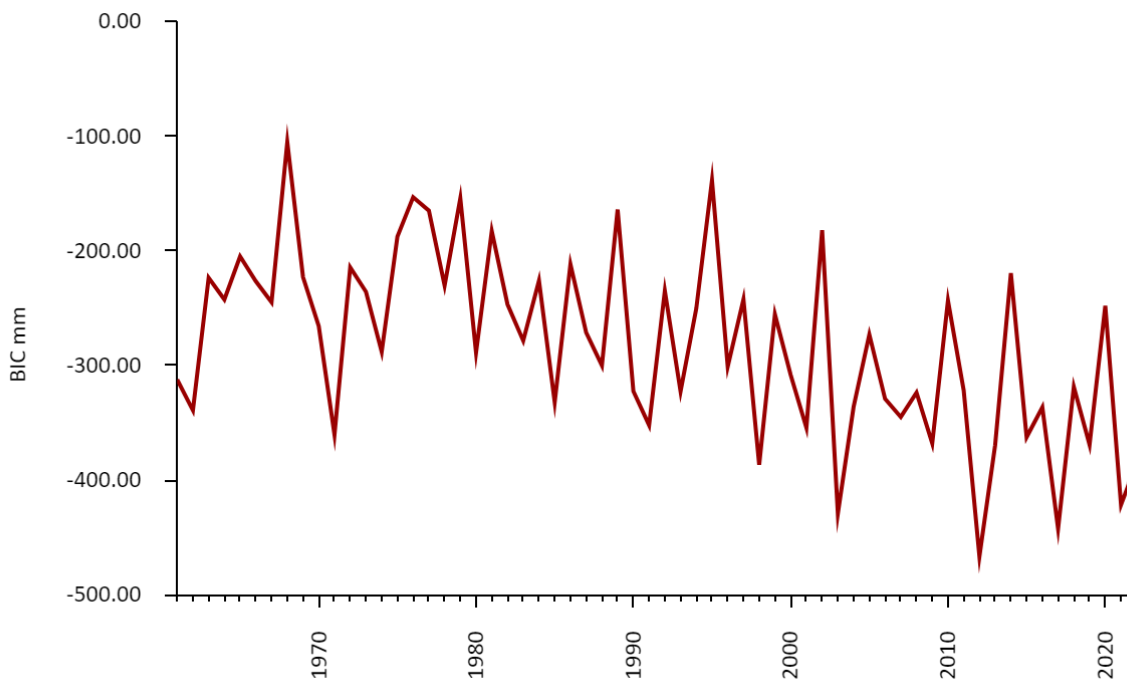
a)



b)



**Figura 9:** Mappe di anomalia di precipitazione cumulata sull'estate (a) e da gennaio ad agosto (b) rispetto al clima 1991-2020.



**Figura 10:** Serie di valori estivi di bilancio idroclimatico medio regionale

Il valore del 2022, leggermente meno estremo di altri anni, è imputabile principalmente al fatto che in agosto le anomalie termiche sono risultate più contenute rispetto ai mesi precedenti e che le piogge sono riapparse, risultando a fine mese confrontabili alla media climatica. Condizioni climatiche di questo tipo mettono in evidenza come il territorio regionale negli ultimi 10-20 anni presenti condizioni sempre meno favorevoli a coltivazioni estive idroesigenti.

Per una descrizione più dettagliata delle anomalie pluviometriche e dei loro impatti sull'idrologia e sul territorio si rimanda all'articolo "Estate 2022: futuro e presente si toccano" (Ecoscienza, 4, 2022)

### **Annata 2022: effetti sulla produzione agricola delle elevate temperature estive**

In generale è difficile considerare distintamente gli effetti negativi sulle colture delle elevate temperature e della carenza idrica. I fenomeni estivi di siccità ed elevata temperatura spesso si sviluppano infatti contemporaneamente ed esiste, in una certa misura, un effetto ambientale di reciproca retroazione. Da un lato le elevate temperature aumentano l'evaporazione e provocano la rapida perdita di acqua dal terreno; dall'altro, la scarsità idrica, limitando l'evaporazione dei terreni e la traspirazione delle piante, riduce la possibilità di mitigare l'aumento delle temperature superficiali mediante il rilascio di calore latente, che in genere ha effetto di ridurre le temperature massime giornaliere.

Va inoltre ricordato che la scarsità idrica e le temperature elevate, superiori a soglie specifiche, indicativamente intorno a 30 °C, hanno effetti negativi direttamente a livello fogliare: la carenza idrica induce il fenomeno della chiusura degli stomi, che a sua volta da un lato limita l'ingresso della CO<sub>2</sub>, composto base per la fotosintesi, dall'altro limita l'uscita del vapor d'acqua dalle foglie e quindi riduce la capacità delle piante di climatizzarsi

mediante la traspirazione. Inoltre l'aumento della temperatura oltre una certa soglia, indicativamente intorno a 30 °C, riduce l'efficienza della fotosintesi, con conseguente diminuzione della produzione di sostanza organica. Questi effetti che cominciano a manifestarsi per temperature indicativamente superiori ai 30° diventano progressivamente più intensi per temperature superiori a questa soglia.

Sebbene sia molto difficile distinguere nettamente gli effetti delle temperature elevate da quelli della carenza idrica, è possibile avere empirica conferma degli effetti negativi delle elevate temperature in colture irrigate; quando le temperature ambientali sono troppo elevate, anche un apporto idrico consistente non sembra in grado di riportare la temperatura fogliare a livelli favorevoli a una ottimale fotosintesi, producendo una stasi della crescita che risulta di fatto bloccata. Ciò è empiricamente e facilmente osservabile soprattutto in frutticoltura, che in annate calde e siccitose presenta, nonostante la diffusa disponibilità irrigua, una generale diminuzione della pezzatura dei frutti. La diminuzione del calibro si accentua ulteriormente in annate come l'attuale, in cui si sommano gli effetti negativi del caldo e della siccità a quelli legati all'elevata presenza di frutti sulla pianta, a seguito dell'alternanza originata dalle gelate delle primavere 2021 e 2020.

Va infine accennato che quando la temperatura supera significativamente i 30 °C per più giorni durante il periodo della raccolta del mais, anche la produzione di questo cereale può subire danni significativi a causa delle aflatoxine. Nel corso dell'estate 2022, nel mese di agosto è stata registrata una riduzione delle temperature e il ritorno delle piogge; questi eventi hanno probabilmente limitato i danni relativi alle aflatoxine.

Si può quindi affermare che le condizioni meteorologiche dell'annata 2022 hanno influito significativamente, oltre che sulla frutticoltura, anche su gran parte delle colture industriali e orticole a ciclo primaverile-estivo, facendo registrare importanti cali nelle produzioni.

## **Conclusioni**

L'estate 2022 è stata caratterizzata da intense anomalie termiche, affiancate da condizioni di siccità estrema. Le anomalie termiche non hanno raggiunto i picchi massimi di altri anni, come il 2003, 2012 e 2015, ma comunque sono state estremamente persistenti, al punto che il numero di giorni con temperature massime superiori a 30 °C ha segnato un nuovo record nelle aree di pianura lontano dalla costa. Le anomalie termiche sono state principalmente legate a un aumento delle temperature massime giornaliere, mentre le minime hanno presentato anomalie più contenute, soprattutto nelle aree rurali, anche a causa dei bassissimi valori di umidità dell'aria, dovuti per altro all'estrema scarsità delle precipitazioni.

Le proiezioni climatiche indicano che un'estate come quella del 2022 (oppure 2003, 2012, 2017), con valori termici lontani dalla media della curva di distribuzione del clima 1961-1990, potrebbe verificarsi più spesso nel trentennio 2021-2050. Per quanto riguarda le precipitazioni, sebbene nel clima futuro una loro persistente scarsità nell'intero corso dell'anno potrebbe configurarsi come un evento con frequenza simile all'attuale, sono da attendersi una riduzione significativa delle precipitazioni estive, associate in questa stagione a un incremento del numero massimo di giorni consecutivi senza precipitazioni. Tali condizioni potrebbero portare contestualmente a un aumento della richiesta evapotraspirativa dell'atmosfera, con conseguente accelerazione della perdita di acqua dal suolo.

Dal punto di vista degli impatti sull'agricoltura, le alte temperature e la persistente siccità hanno causato significative riduzioni sia nella quantità, che nella qualità dei raccolti.