iFAB
INTERNATIONAL FOUNDATION
BIG DATA AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE
FOR HUMAN DEVELOPMENT

E3 CLIMATE INDEX

COME STA L'ITALIA?

Analisi degli eventi meteorologici fuori dall'ordinario

2023/2024

SOMMARIO

1. Scopo e contenuto del report 2

2. Cosa intendiamo per eventi estremi e come li misuriamo grazie all'indice E3CI 4

2.1 Approfondimento: come si misurano gli eventi estremi grazie all'indice E3CI 6

3. Un viaggio a ritroso nel tempo: cosa ci dicono i dati dell'indice E3CI negli ultimi 40 anni 8

4. 2023/2024, un anno di meteo "fuori dall'ordinario": come sta l'Italia? 12

4.1 Temperature massime estreme 15

4.2 Temperature minime estreme 18

4.3 Venti estremi 21

4.4 Precipitazioni estreme 23

4.5 Incendi 26

4.6 Grandine 29

4.7 Siccità 31

5. Due anni a confronto: differenze emerse tra i dati 2022–2023 e i dati 2023–2024 34

6. Conclusioni: come sta l'Italia 37

7. Applicazioni pratiche dell'Indice 39

8. Per saperne di più 41

8.1 Approfondimento: la statistica dietro gli indici 42

SCOPO E CONTENUTO DEL REPORT

1

Negli ultimi anni è diventato sempre più importante lo studio degli eventi atmosferici che ci circondano: quelli che un tempo avremmo definito fenomeni "straordinari", sono oggi spesso una parte sempre più rilevante della nostra quotidianità. I cambiamenti climatici sono a tutti gli effetti i grandi protagonisti di questa epoca storica e le loro manifestazioni sono numerose: ondate di calore intense e sempre più durature, alluvioni devastanti e ravvicinate, incendi ogni anno più diffusi e periodi di siccità prolungati sono solo alcuni esempi di fenomeni a cui possiamo andare incontro.

In un'epoca in cui eventi straordinari minacciano ogni giorno la nostra quotidianità, i **dati** sono il principale strumento a cui possiamo affidarci per una maggiore consapevolezza nei confronti di questi fenomeni, della loro portata e anche degli effetti che possono portare con sé. In questo delicato contesto, non passa inosservato **lo sforzo della comunità scientifica internazionale,** sempre più collettivo e serrato nel monitorare e quantificare la criticità di questi eventi.

Scopo di questo report è presentare un lavoro che vuole contribuire alla lotta al cambiamento climatico con uno strumento, lo **European Extreme Events Climate Index** (E3CI), che possa aumentare la consapevolezza circa la dinamicità e l'evoluzione rapida e dirompente di questi fenomeni atmosferici grazie all'analisi, la quantificazione e il monitoraggio nel tempo degli eventi meteorologici estremi. L'Indice nasce da un progetto finanziato dalla Fondazione **IFAB** (International Foundation Big Data and Artificial Intelligence for Human Development) con la collaborazione della **Fondazione CMCC** (Centro Euromediterraneo sui Cambiamenti Climatici) e **Leithà UnipolSai.**

Si spiegherà cos'è l'Indice, come lavora e quali sono le sue basi scientifiche e metodologiche, soffermandoci sulle numerose **prospettive future** fornite dai dati raccolti. La loro osservazione sarà utile per comprendere le tendenze e le variazioni sia per frequenza che per intensità degli eventi estremi in Italia. Nello specifico, si evidenzieranno i risultati dell'indice in relazione all'anno idrologico preso in esame (settembre 2023–agosto 2024) su scala nazionale e, più nel dettaglio, regionale. Si mostreranno l'entità dei fenomeni, le regioni più colpite e gli impatti ambientali di questi eventi con la speranza che questo possa aiutare a **intraprendere la strada giusta** per noi, per le generazioni future e per il nostro pianeta.

Infine, verranno illustrate le applicazioni pratiche dell'Indice E3CI in diversi settori, tra cui l'energia, l'immobiliare, la finanza e l'agricoltura, oltre ad altri ambiti. Ogni settore può trarre vantaggio dai dati raccolti e documentati dall'Indice E3CI, non solo per comprendere meglio gli eventi estremi, ma anche per adottare misure efficaci di prevenzione e adattamento.

Quella che abbiamo di fronte è una sfida cruciale, urgente e collettiva. È il momento di agire, ma soprattutto di comprendere. Non possiamo più ignorare la realtà: il cambiamento climatico è già presente, qui e ora. Il nostro dovere è affrontarlo con consapevolezza e visione a lungo termine, valorizzando e interpretando i dati come strumento fondamentale per guidare le nostre azioni.

COSA INTENDIAMO PER EVENTI ESTREMI E COME LI MISURIAMO GRAZIE ALL'INDICE E3CI

2

Definire con precisione che cos'è un evento estremo non è cosa semplice. Nemmeno la comunità scientifica è unanime nel definirli, in quanto concetto trasversale a molte discipline che, a diverso titolo e con vari metodi, si occupano di studiare il clima. Li si può definire in termini di **frequenza** (ogni quanto si manifestano), di **intensità** (quanto sono "severi") o anche di **impatti** (quali conseguenze provocano sui territori). Si possono considerare diverse tipologie di eventi estremi, che fanno riferimento a specifiche dinamiche climatiche.

E3CI individua sette di queste dinamiche, che vengono ritenute quelle di maggiore interesse per il continente europeo.

Temperature massime estreme. Periodi prolungati durante i quali le temperature siano molto elevate rispetto alle medie stagionali, che possono causare impatti alla salute umana (stress termico, disidratazione), alle infrastrutture oltre a un aumento del rischio di incendi boschivi e danni alle colture.

Temperature minime estreme. Periodi di temperature eccezionalmente basse rispetto alle medie stagionali. Sebbene possano essere accompagnate da gelo e neve, causando danni alle comunità, alle infrastrutture e coltivazioni (soprattutto se fuori stagione), rischi per la sicurezza stradale e aerea; sono di interesse anche gli eventi registrati in stagioni non invernali ma comunque registranti temperature ben al di sotto delle medie stagionali.

Venti estremi. Venti ad alta velocità che possono causare danni strutturali, abbattimento di alberi, interruzioni alla fornitura di energia e potenziali pericoli per la navigazione e i trasporti.

Precipitazioni estreme. Eventi di precipitazioni al di sopra del valore climatologico atteso; a seconda del territorio impattato possono comportare frane, alluvioni fluviali, allagamenti urbani e conseguenti danni a persone e alle infrastrutture.

Incendi. Condizioni predisponenti l'innesco di incendi boschivi: elevate temperature, contenuto volumetrico d'acqua nel suolo ridotto, bassa umidità atmosferica, condizioni ventilate. Ovviamente, l'innesco reale del fenomeno è poi funzione di condizioni locali o innesco antropico; possono devastare vaste aree boschive, habitat naturali e strutture abitative, oltre a mettere in pericolo vite umani e animali.

Grandinate. Condizioni predisponenti l'innesco di fenomeni grandinigeni in funzione delle condizioni temporalesche. Severe grandinate possono causare danni alle colture agricole, automobili, edifici ed anche mettere a rischio la sicurezza delle persone negli spazi aperti.

Siccità. Periodi prolungati in cui scarseggiano precipitazioni che portano a una carenza di risorse idriche, danni alle coltivazioni e potenziali problemi di approvvigionamento idrico per la popolazione.

"Prolungato", "eccezionale", "forte", "elevato", "incontrollato" sono alcuni degli aggettivi che si utilizzano per descrivere questi eventi estremi. Ma… **quanto** lo sono? È solo studiando i **dati** che possiamo rispondere a questa domanda.

Infatti, per ognuna di queste dinamiche, sulla base della letteratura di settore, è individuato un indicatore, calcolato sulla base delle sole variabili atmosferiche (come temperatura, velocità del vento, quantità di precipitazioni), che si assume possa rappresentarne la pericolosità (in termini tecnici, gli indicatori sono detti "proxy"). In tal senso, ad esempio, non è stimata diretta mente la variazione in portata dei corsi d'acqua o il numero di potenziali eventi franosi in un'area ma è individuato un indicatore che restituisca informazioni sulle precipitazioni estreme, potenziale causa di tali fenomeni.

2.1 Approfondimento: come si misurano gli eventi estremi grazie all'indice E3CI

Se, come già abbiamo accennato, gli eventi estremi sono definiti tali rispetto al passato, ciò che occorre per misurare di quanto un evento si discosta dalla climatologia, ovvero dal "normale" comportamento meteorologico, sono i **dati sulle condizioni atmosferiche dal passato ad oggi.** In particolare, sono base dati continue e con copertura quanto più possibili omogenee nello spazio e nel tempo; in tal senso, mentre le reti di stazioni che restituiscono osservazioni su temperatura e precipitazione sono sempre più dense ed affidabili, per la stima di alcune dinamiche (per esempio, gli eventi grandinigeni) è richiesta la stima di variabili atmosferiche difficilmente monitorabili.

La base dati in grado di rispondere alle nostre esigenze è la **rianalisi atmosferica.** In breve, una rianalisi può essere definita come il metodo impiegato per realizzare un archivio globale del cambiamento dei parametri meteorologici del tempo. ECMWF, il centro europeo per le previsioni meteorologiche a medio raggio, attualmente sviluppa e rende disponibile, tramite il Servizio Copernicus Climate Change Service (C3S), ERA5 (ECMWF Re-Analysis v5). ERA5 ha copertura globale con stime dal 1940, una risoluzione spaziale di 0.25° (circa 31 km sull'Europa) e temporale di un'ora; i dati sono rilasciati con un ritardo di solo 5 giorni rispetto al tempo presente permettendo un aggiornamento continuo e tempestivo delle stime.

Ora che abbiamo compreso quali dati vengono considerati, come li usiamo per ottenere degli indicatori che ci permettano di valutare, ad esempio, **quanto è stato estremo il caldo di un certo mese in una data regione?** Consideriamo, a titolo di esempio il luglio 2023 in Sicilia e seguiamo il ragionamento di chi ha ideato l'indice.

Dato che vogliamo studiare il caldo e monitorare quanto eventualmente sono state forti le ondate di calore, il **dato** a cui ci dovremo riferire è un dato di temperatura, in particolare ci interesserà la **temperatura massima** giornaliera registrata in Sicilia per ogni giorno del mese di luglio.

Inoltre, come abbiamo visto, la **misura dell'eccezionalità** di un evento è tale solo rispetto ai dati passati: perciò, le temperature massime giornaliere andranno confrontate **con lo storico delle temperature massime,** giorno per giorno, nel mese di luglio in Sicilia. Il database prodotto da ERA5 ci fornisce esattamente ciò di cui abbiamo bisogno per effettuare la comparazione. Per questo motivo, quindi l'indice misura in maniera precisa quanto un evento è fuori dall'ordinario: 35° d'estate in Sicilia possono essere normali ma sicuramente non lo sarebbero in Finlandia!

Una volta chiariti questi elementi, intervengono alcuni processi di statistica piuttosto elementare – li riportiamo per completezza nel riquadro di approfondimento in fondo a questo report - che permettono di arrivare ad un valore che, per il nostro luglio 2023 in Sicilia, rispecchia il valore cumulato di gradi oltre una soglia di riferimento. Abbiamo ottenuto così il primo nostro **indicatore:** quello per le **ondate di calore.** In particolare, un valore dell'indicatore pari a 0 significa che non si ha nessuno scostamento rispetto al valore climatologico, mentre valori oltre 1 indicano che i valori di temperatura possano essere stati superiori al valore medio molto più di quanto possa essere giustificato dalla variabilità interannuale (sintetizzata dall'adozione della deviazione standard)

E per gli altri eventi estremi? Il processo di individuazione degli indicatori è concettualmente identico per tutti gli altri tipi di eventi. Si considererà la temperatura minima giornaliera per i fenomeni estremi associabili alle ondate di gelo, per le precipitazioni estreme i millimetri di pioggia caduta, ma la struttura di analisi rimane la stessa.

Questa uniformità nella formulazione degli indicatori ha permesso di ideare un **ulteriore indice sintetico** calcolato come la media dei valori di tutti i 7 indicatori per i singoli fenomeni: un ottimo strumento per avere una misura sintetica di quanto un determinato mese sia **climaticamente estremo,** a prescindere dalla tipologia di fenomeno verificatosi.

UN VIAGGIO A RITROSO NEL TEMPO: COSA CI DICONO I DATI DELL'INDICE E3CI NEGLI ULTIMI 40 ANNI

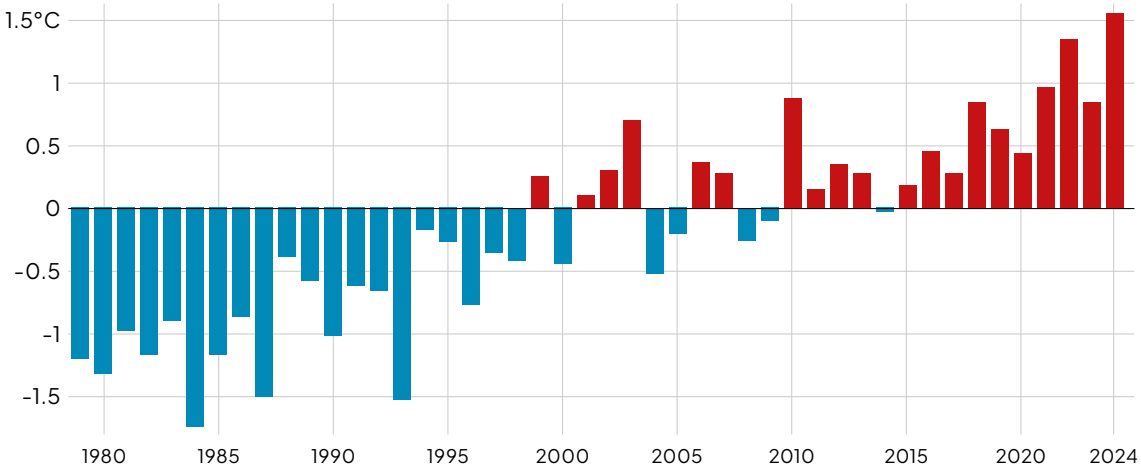
3

Il cambiamento climatico, con i suoi effetti dirompenti e minacce per la nostra quotidianità, è sempre di più un'evidenza schiacciante e inevitabile. In un contesto di criticità e dinamicità come quello che stiamo vivendo, proprio i dati rappresentano lo strumento più utile e affidabile di cui ci possiamo avvalere per poter **comprendere l'entità degli eventi atmosferici.** La loro portata, d'altronde, diventa oramai sempre più devastante e preoccupante: basti pensare a una delle manifestazioni più conclamate e attuali del cambiamento climatico, ovvero il riscaldamento globale.

L'Europa si trova ad affrontare eventi estremi sempre più frequenti e intensi come, ad esempio, intense ondate di caldo, lunghi periodi di siccità e improvvise grandinate o alluvioni capaci di distruggere interi terreni. Le **ondate di calore,** nello specifico, interessano la Grecia, la Spagna orientale e l'Italia meridionale (con un accento particolare per la Sardegna e la Sicilia). Rispetto ai livelli preindustriali, il riscaldamento europeo supera di **quasi 1°C** il corrispondente aumento globale.

I dati in merito all'evoluzione di questo fenomeno non lasciano presagire nulla di buono per il futuro che ci si prospetta davanti: come riportato da Ballester e colleghi nell'articolo su Nature in merito alla mortalità provocata dalle ondate di calore, gli ultimi anni sono stati tra **i più caldi in assoluto** e, all'epoca, il 2022 spiccava come il quinto anno più caldo di sempre. Nel grafico sottostante (Figura 1), è possibile vedere un aumento progressivo della temperatura media dell'aria superficiale in Europa negli ultimi 40 anni nel periodo estivo: nei mesi da giugno a luglio, negli anni, sono stati superati sempre di più dei record per la temperatura dell'aria. In particolare, l'estate 2024 è attualmente la più intensa per i dati registrati in relazione alla temperatura dell'aria, superando anche il precedente record del 2022.

FIGURA 1. Andamento della temperatura media dell'aria superficiale in Europa nei mesi estivi per il periodo 1979–2024 (Credits: C3S/ECMWF)



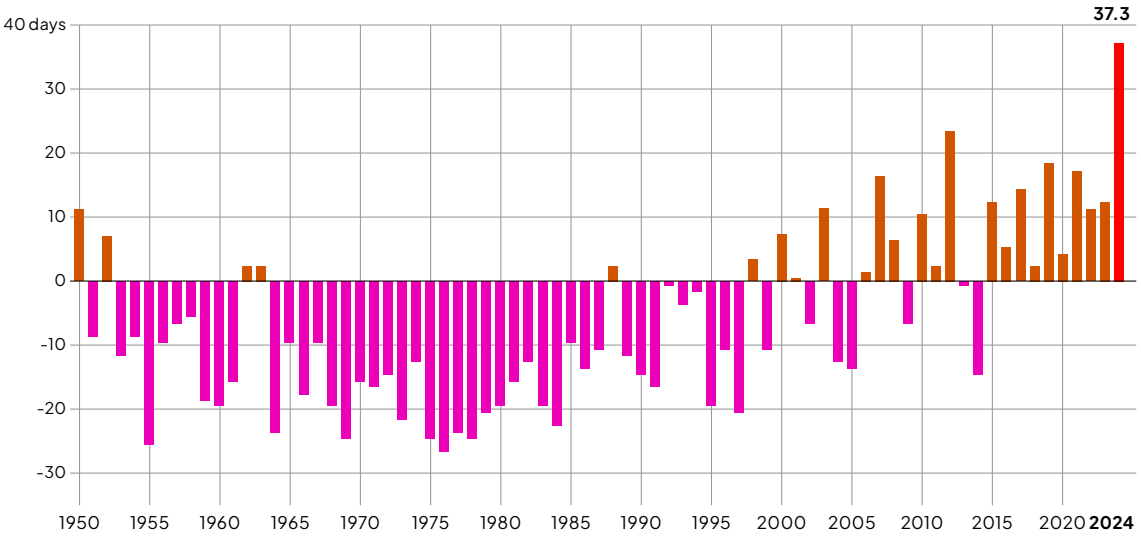
Pertanto, negli ultimi decenni abbiamo assistito a un aumento complessivo della temperatura dell'aria nei mesi estivi.

Diventa, dunque, evidente la necessità di osservare e monitorare attentamente **l'andamento degli eventi climatici** che ci circondano grazie anche all'Indice E3CI: uno strumento che permette di identificare **tendenze e possibili variazioni degli eventi estremi** rispetto al passato sulla base di una soglia di riferimento che, come valore numerico, corrisponde a 1.

Continuando a prendere in esame la problematica del caldo in aumento, nel grafico che segue (Figura 2) possiamo osservare **un aumento complessivo** anche per quanto riguarda la sua persistenza, e non solo l'intensità del fenomeno. Dal 1950 a oggi (2024) il numero di giorni estivi colpiti da temperature massime significative (superiori a 32°) è aumentato visibilmente. È significativo guardare più nel dettaglio la velocità con cui questi dati stanno crescendo nel corso dell'ultimo decennio: il 2024 segna un record significativo nel numero di giorni estivi interessati dal cosiddetto "forte stress da caldo".

Nell'estate 2024, infatti, la temperatura media massima giornaliera percepita in Europa è stata di 2,1° al di sopra della media generale, ovvero la più alta mai registrata per il continente. A livello di durata del fenomeno, molte zone hanno visto una persistenza pari a quasi due mesi interi. Quello che è emerso è preoccupante e ci evidenzia **l'urgenza di azione che il nostro pianeta necessita.**

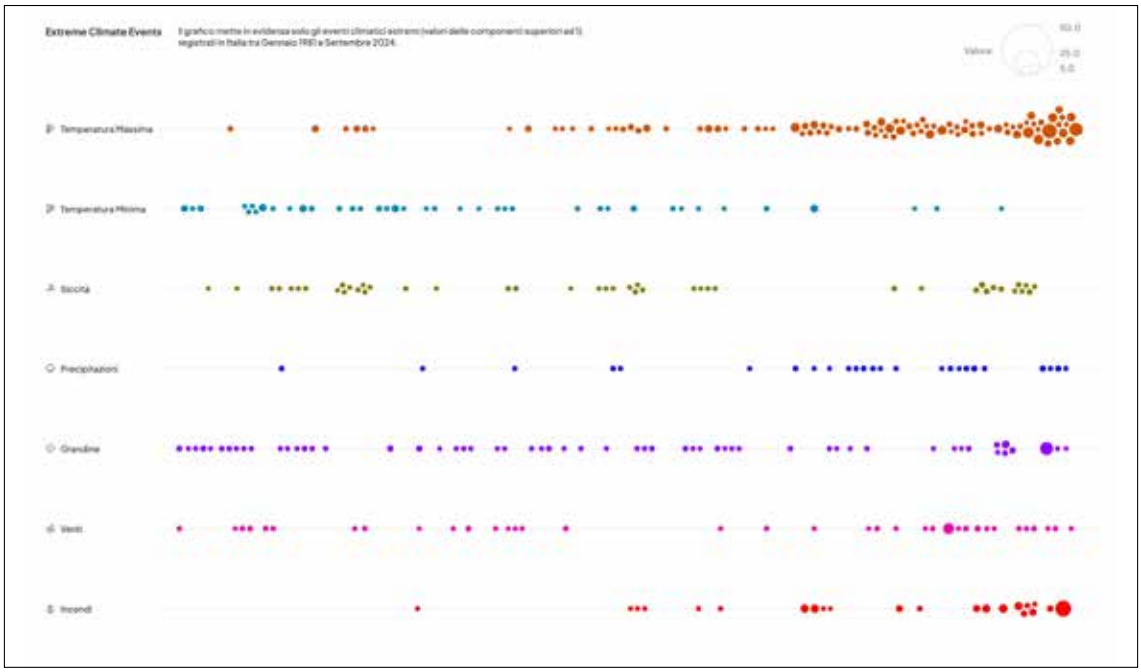
FIGURA 2. Numeri di giorni estivi colpiti da temperature massime anomale (massimo giornaliero superiore a 32°) nell'Europa sudorientale dal 1950 a oggi (Credits: C3S/ECMWF)



In poche parole, dagli anni 2000 e con una particolare attenzione per l'ultimo decennio, il numero di giorni estivi in cui le temperature si rivelano preoccupanti ha cominciato a crescere sempre di più. **Tuttavia, si tratta di una tendenza che non riguarda singoli fenomeni come in questo caso le temperature massime estreme ma che, anzi, possiamo osservare nell'andamento di tutti gli indicatori che compongono l'Indice E3CI.**

In Figura 3 è possibile vedere in modo concreto l'andamento di questi aumenti: per ogni indicatore, il numero di pallini indica l'impatto degli eventi estremi sul territorio italiano mentre la loro grandezza ne segnala l'intensità.

Figura 3. Tutti i fenomeni estremi rilevati nel periodo 1981–2024 (credits to Cinzia Bongino)



Alla luce di queste evidenze, appare chiara la crucialità del lavoro svolto dal CMCC, dal Gruppo Leithà Unipol e da IFAB nella raccolta e nella valutazione dei dati dell'Indice climatico E3CI. **Gli eventi estremi sono in aumento e, soprattutto, a una velocità disarmante:** vi è dunque la necessità di azioni concrete e politiche attuali che si avvalgono di validi strumenti che possano aiutare a mitigare, quanto più possibile, gli impatti negativi degli eventi estremi sull'ambiente e sulla nostra qualità di vita.

NOTIZIE DALLA STAMPA

LA REPUBBLICA
8 OTTOBRE 2024

Cambiamenti climatici: mai così forte l'impatto sulla salute globale

IL CORRIERE DELLA SERA
2 NOVEMBRE 2024

Allarme Mediterraneo, è l'area più colpita dai cambiamenti climatici dopo l'Artico: «Siamo entrati in una fase di accelerazione esponenziale»

2023/2024, UN ANNO DI METEO “FUORI DALL’ORDINARIO”: COME STA L’ITALIA?

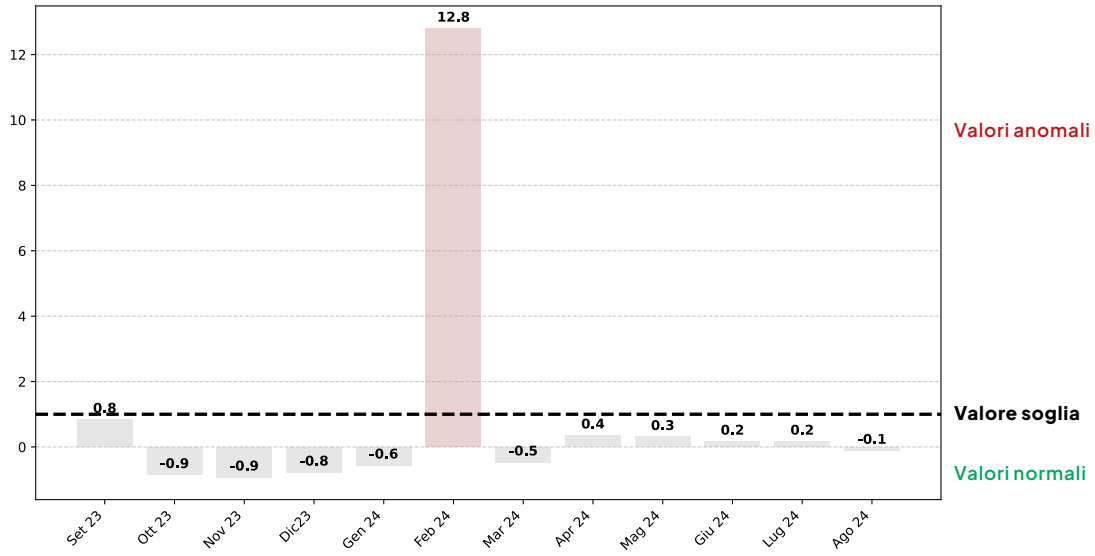
4

In questo lavoro è stato preso in esame il periodo che va da settembre 2023 ad agosto 2024 per poter studiare la situazione italiana in ambito degli eventi estremi atmosferici che ci circondano. Ci si è serviti dei **dati di E3CI** per realizzare dei grafici che rappresentassero in modo esaustivo e chiaro la situazione italiana attraverso **la descrizione di sette variabili:** temperature massime estreme, temperature minime estreme, venti estremi, grandine, incendi, siccità e precipitazioni estreme.

Ciascuna componente dell'indice è in grado di fornire una visione completa sull'andamento dell'evento climatico e per rappresentarle sono state create due tipologie di grafici.

- Nel **primo grafico,** mostrato in Figura 4, possiamo osservare i valori mensili dell'indicatore di riferimento nell'ultimo anno idrologico (settembre 2023–agosto 2024) sull'intero territorio italiano. Ogni mese ha una barra che mostra il valore dell'indicatore misurato in Italia. Tutti i dati usati per elaborare il grafico di riferimento (e anche i successivi) sono contenuti in **un dataset liberamente consultabile** ed estraibile al seguente link: climateindex.eu.
- La linea tratteggiata indica, invece, il **valore soglia** corrispondente a 1. I valori (rappresentati dalle barre) che si trovano al di sopra sono considerati anomali rispetto all'andamento dei valori storici, i valori che si trovano al di sotto della soglia sono considerati "normali".
- A livello grafico, più un valore sarà alto e dunque al di sopra della soglia di riferimento, più aumenta anche l'intensità del colore con cui è rappresentata ogni barra.
- Nel grafico sottostante, ad esempio, sulla base degli elementi forniti si potrebbe evidenziare la presenza di un solo mese che eccede rispetto ai valori storici per l'indicatore di riferimento: il mese di febbraio 2024 risulta essere quello più anomalo.

FIGURA 4. Esempio di grafico – valori mensili dell'indicatore per la componente "incendi" nell'ultimo anno idrologico in Italia

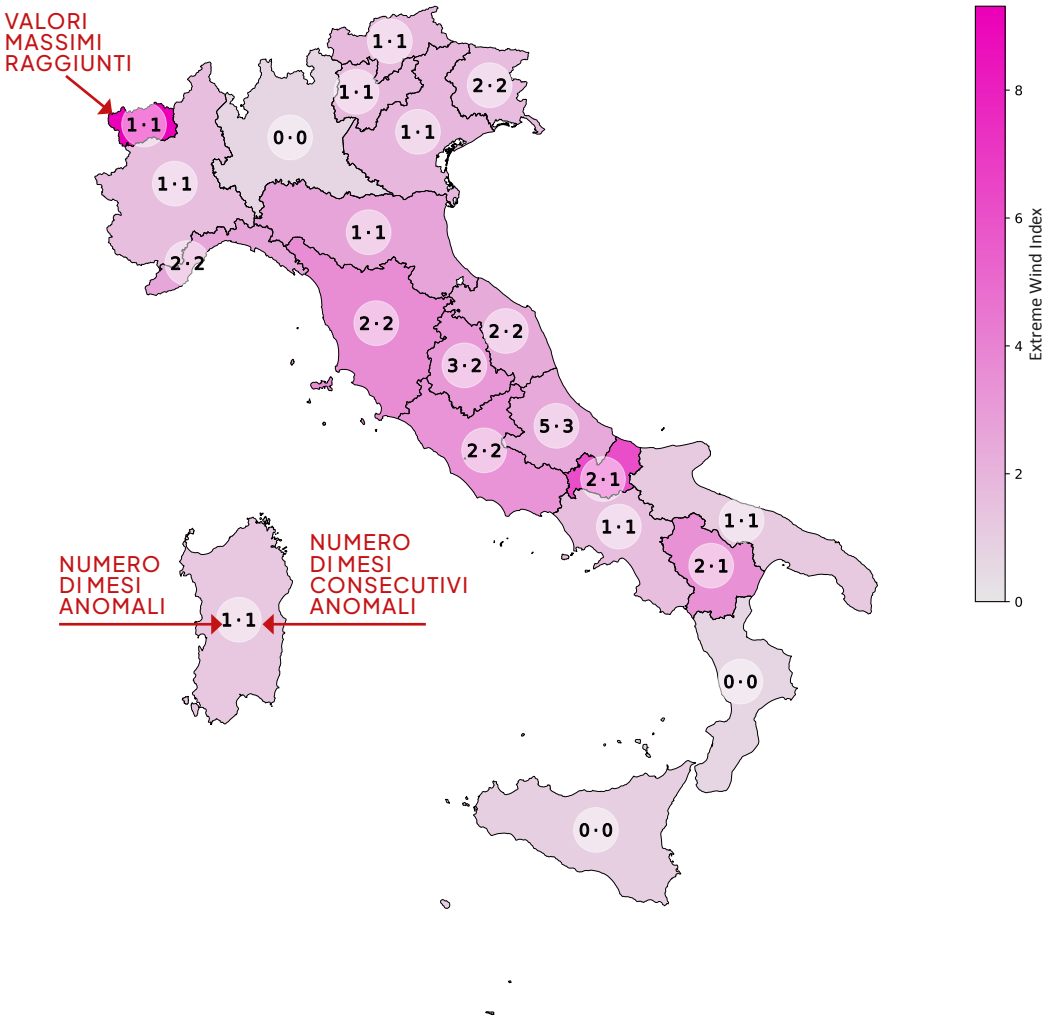


Il grafico in Figura 5, invece, mostra l'andamento di un indicatore a livello territoriale (a titolo esemplificativo si utilizza la componente "vento"), per mettere in evidenza possibili differenze tra le regioni d'Italia. Vengono mostrare contemporaneamente tre informazioni:

- Se i valori dell'indicatore sono alti rispetto ai valori storici, le regioni avranno una **colorazione più intensa.** In questo modo, le diverse intensità di colore mostreranno le regioni che hanno raggiunto il valore massimo dell'indicatore di riferimento.

- Nei cerchietti presenti in ogni regione, invece, sono indicati **due numeri:** il valore a sinistra mostra il **numero di mesi totali** in cui l'indice è stato al di sopra della soglia (corrispondente a 1) nel corso del periodo preso in esame (settembre 2023–agosto 2024). Indica, per tanto, il numero di mesi in cui sono stati rilevati eventi anomali rispetto al passato. Il valore a destra, invece, indica il numero di mesi consecutivi in cui l'indice ha superato la soglia.
- Nell'esempio sottostante possiamo vedere che la regione colorata più intensamente è la Valle d'Aosta. La Sardegna, come indicato dal valore a sinistra, conta 1 mese in cui sono state registrate delle anomalie in tutto l'anno, a sinistra invece viene indicatala consecutività del fenomeno (che, in questo caso specifico, è 1).

Figura 5. Esempio di grafico – valori più alti dell'indicatore per la componente "vento";
numero di mesi in cui si è superato il valore di soglia;
numero di mesi consecutivi in cui l'indicatore ha superato il valore soglia



4.1 Temperature massime estreme

Tra i numerosi effetti ed eventi estremi climatici a cui andiamo incontro, l'incremento delle temperature massime è uno dei più frequenti e preoccupanti in Italia. Si parla sempre di più di "temperature record" per quanto riguarda le massime non solo in estate. I livelli di questi picchi si dimostrano allarmanti sia per l'intensità con cui queste temperature si manifestano che per la loro durata, arrivando a parlare di **vere e proprie "ondate di calore".**

Rispetto agli anni precedenti, è possibile evidenziare un aumento dei mesi interessati da un caldo eccezionale rispetto al passato. Tra i decenni 2001–2010 e 2011–2020 siamo andati incontro a un aumento tutto sommato graduale dei mesi di caldo, passando rispettivamente dal 13% al 38%. Nei soli **quattro anni di questo nuovo decennio,** però, la percentuale di mesi di caldo estremo è cresciuta in modo preoccupante e veloce: siamo ora al 54% nel periodo 2021–2024.

Percentuale (e numero) di mesi colpiti da caldo estremo

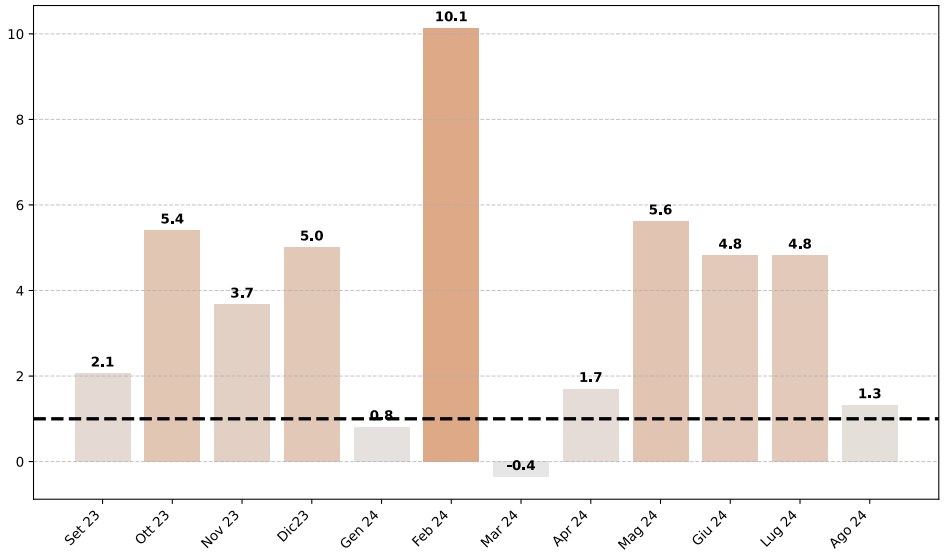
≈ 1,5 mesi all'anno	≈ 4,5 mesi all'anno	≈ 6,5 mesi all'anno
13%	38%	54%
2001–2010	2011–2020	2021–2024

Nel corso dell'ultimo anno, per 10 mesi sono state registrate temperature massime superiori al valore climatologico 1981–2010. L'anomalia più significativa ha avuto luogo nel mese di **febbraio 2024:** ciò non significa che le temperature registrate in questo mese siano state superiori a quelle dei mesi di giugno, luglio e agosto 2024 (noti per essere i mesi più caldi dell'anno), ma che i valori raggiunti nel corso del mese di febbraio sono stati particolarmente significativi in relazione alle registrazioni dello stesso mese negli anni precedenti.

Nel grafico in Figura 6 possiamo osservare **l'andamento delle temperature massime** dell'anno idrologico preso in esame. La linea tratteggiata indica i valori "normali" della temperatura massima rispetto agli anni precedenti ed è collocata sul valore 1 (il valore soglia): se le barre sono al di sopra della linea tratteggiata ci troviamo davanti a un caldo estremo, se sono al di sotto siamo invece in una situazione di "normalità".

In conclusione, possiamo affermare che il mese di febbraio 2024 ha stabilito l'anomalia più significativa e rilevante con un valore di 10.1, seguito da maggio 2024 (5.6), ottobre 2023 (5.4) e dicembre 2023 (5.0).

FIGURA 6. Andamento e valore delle temperature massime estreme nell'ultimo anno in Italia

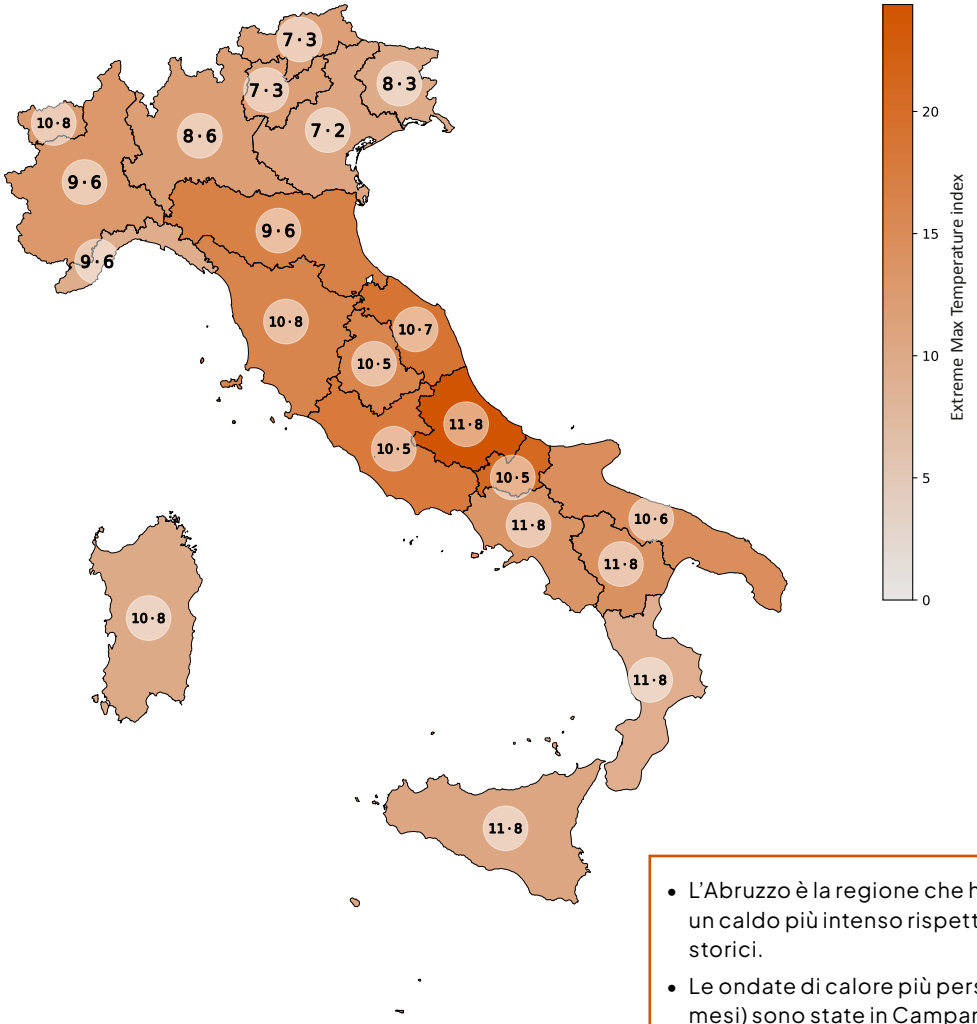


- Il mese di Febbraio 2024, in Italia, è stato il più significativo per l'anomalia registrata di caldo, seguito da maggio 2024 e ottobre 2023.
- I mesi che hanno registrato un caldo eccezionale rispetto al passato sono 10, di cui 5 consecutivi (da aprile 2024 ad agosto 2024).

L'indice E3CI ci permette di entrare più nel dettaglio nell'analisi dei fenomeni metereologici e, nello specifico, di analizzare anche le possibili differenze all'interno dell'Italia tra i **vari territori regionali.** Possiamo vedere che, nell'anno preso in esame (settembre 2023–agosto 2024), la regione che ha registrato dei valori più anomali di caldo è stata l'Abruzzo, seguita dal Molise, dal Lazio, dalle Marche e dall'Emilia Romagna. Come mostrato nel grafico in Figura 7 queste regioni sono marcate con dei colori più intensi proprio per rispecchiare i valori elevati rispetto all'Indicatore.

Il fenomeno del caldo estremo non riguarda, però, solo l'intensità ma anche la sua durata. Sempre nel grafico, dunque, sono state riportate anche le frequenze di durata per ogni regione. In Abruzzo, Calabria, Basilicata e Campania le temperature hanno superato il valore di soglia per ben **11 mesi, di cui 8 consecutivi.** Scendiamo invece a 10 mesi per Sardegna, Valle d'Aosta e Toscana, sempre con 8 consecutività. È possibile evidenziare, così, una maggiore concentrazione di durata del fenomeno di caldo estremo nelle **regioni dell'Italia centro-meridionale.**

FIGURA 7. Temperature massime estreme per regione (settembre 2023–agosto 2024) – massimi dell'indicatore, numero di mesi in cui si è superato il valore soglia, numero di mesi consecutivi in cui l'indicatore ha superato il valore soglia



- L'Abruzzo è la regione che ha registrato un caldo più intenso rispetto ai valori storici.
- Le ondate di calore più persistenti (di 11 mesi) sono state in Campania, Basilicata e Calabria.

NOTIZIE DALLA STAMPA

IL CORRIERE DELLA SERA
21 OTTOBRE 2024

Caldo record in Antartide: le temperature di quest'estate hanno alterato il vortice polare dei venti

IL MATTINO
10 OTTOBRE 2024

Meteo Italia, torna il caldo con l'anticiclone africano: temperature fino a 30 gradi

IL RESTO DEL CARLINO
3 SETTEMBRE 2024

Estate 2024 in Emilia-Romagna: la seconda più calda degli ultimi 100 anni. Le previsioni per l'autunno

4.2 Temperature minime estreme

Nonostante le temperature massime estreme siano uno degli indicatori che generano più preoccupazione per l'andamento registrato anno dopo anno, altrettanto significativo è lo studio delle temperature minime. Il cambiamento climatico si palesa non solo nelle temperature sempre più elevate ma anche con una maggiore variabilità che può in qualche caso portare a valori di temperatura minima al di sotto dei valori climatologici.

Dai dati, infatti, è possibile evidenziare sin da subito una diminuzione in percentuale dei mesi colpiti da ondate di gelo. Tra il decennio 2000–2009 e il decennio 2010–2019 si è registrata una diminuzione significativa dei mesi interessati da tale fenomeno **dal 7% al 2%,** che per il momento sembra mantenersi costante in questi primi anni del nuovo decennio. Questo lascia presagire che la situazione potrebbe proseguire ulteriormente verso un incremento delle temperature minime nei prossimi anni.

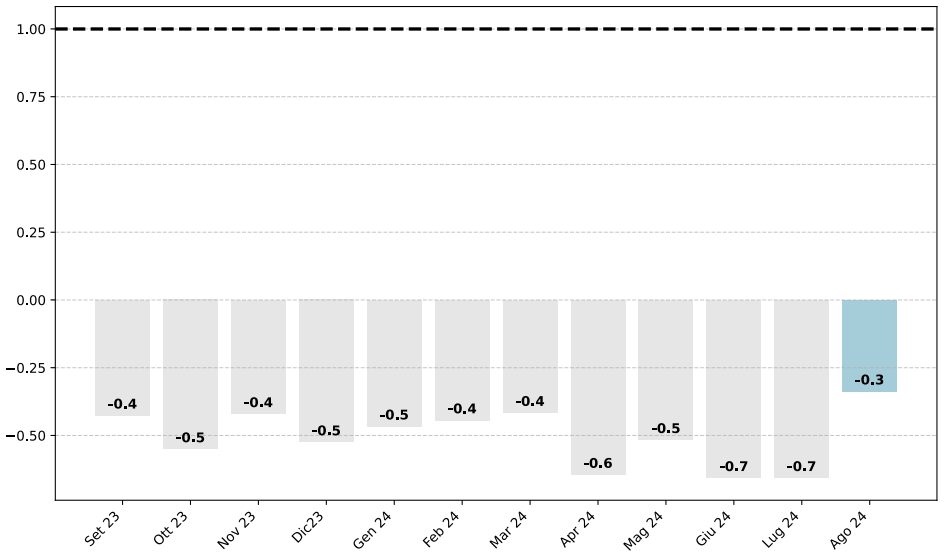
Percentuale (e numero) di mesi colpiti dal freddo

≈ 1 mese all'anno	≈ 0 mesi all'anno	≈ 0 mesi all'anno
7%	**2%**	**2%**
2001–2010	2011–2019	2021–2024

Come è possibile vedere nel grafico in Figura 8, nessun mese ha rilevato delle temperature minime estreme rispetto all'andamento storico. Nessun valore, infatti, raggiunge la soglia rappresentata dalla linea tratteggiata.

La situazione, dunque, appare altrettanto preoccupante, come abbiamo già osservato nell'analisi delle temperature massime estreme. Per tutti i mesi dell'anno idrologico esaminato (settembre 2023–agosto 2024), i valori registrati sono negativi, segnalando un aumento delle temperature minime.

FIGURA 8. Andamento e valore dell'indicatore per le temperature minime estreme nel periodo settembre 2023 - agosto 2024 in Italia



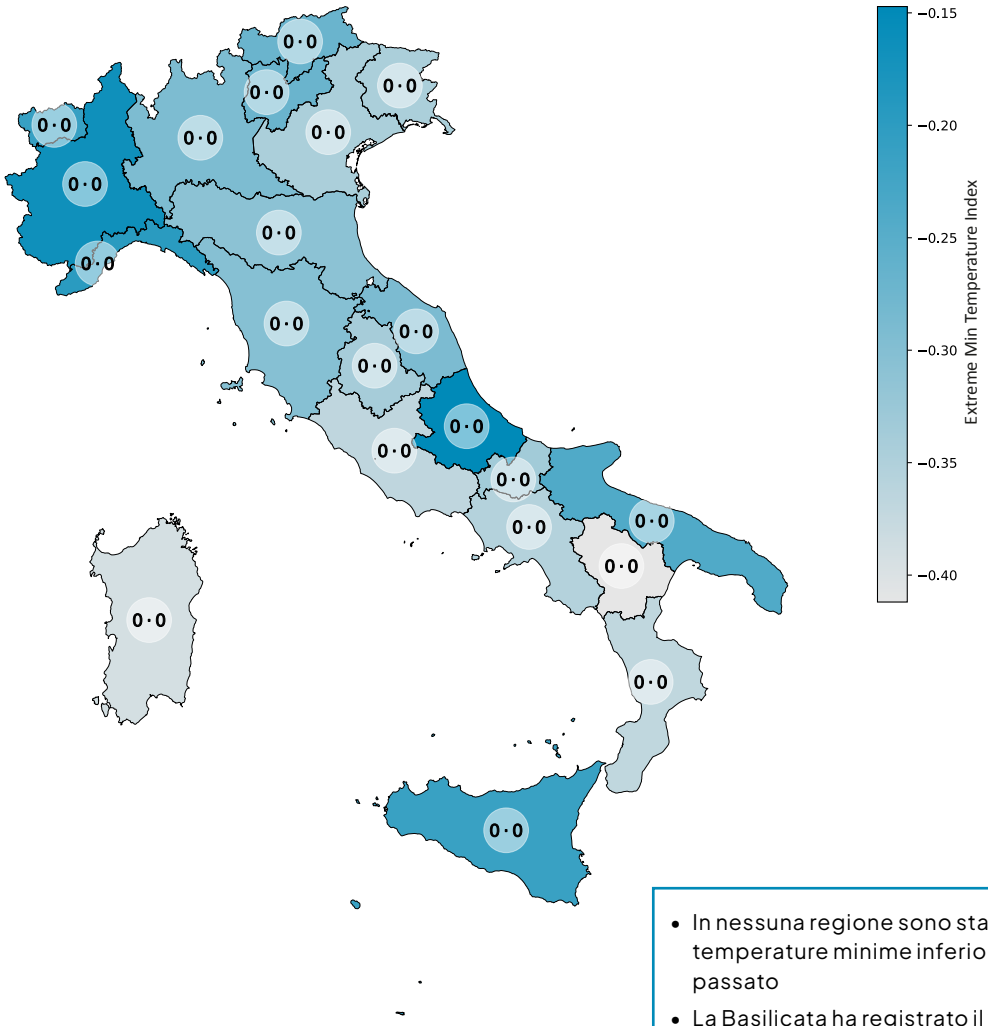
- Non sono mai stati registrati freddi anomali rispetto all'andamento storico
- Nell'ultimo anno, tutti e 12 i mesi presentano valori negativi

In Figura 9 possiamo, invece, osservare la situazione delle temperature minime registrate regione per regione. Sulla base di una maggiore intensità del colore, le regioni che hanno registrato delle temperature minime "estreme", ovvero più basse rispetto al periodo storico di riferimento, sono il Piemonte e l'Abruzzo in primis, seguiti dalla Puglia, dalla Sicilia e dalla Liguria. Sono queste, nello specifico, le regioni che possiamo vedere marcate con un colore azzurro più scuro.

All'interno dei cerchietti, però, possiamo vedere anche come **nessuna delle regioni** in Italia ha superato il valore soglia anche solo per un mese durante l'anno, indicando così un **freddo meno intenso** (una situazione opposta, invece, ai dati registrati per quanto riguarda le temperature massime).

Un altro dato significativo è rappresentato dall'Indicatore: per le temperature minime non raggiunge valori positivi (non avvicinandosi, dunque, al valore soglia), mentre nel caso delle temperature massime è stato superato il valore 20. Un'evidenza che mette in luce un fenomeno degli ultimi anni: non siamo davanti a un aumento generale dei fenomeni metereologici, ma **anzi il caldo aumenta e il freddo diminuisce.**

FIGURA 9. Temperature minime estreme per regione (settembre 2023–agosto 2024) – massimi dell'indicatore, numero di mesi in cui si è superato il valore soglia, numero di mesi consecutivi in cui l'indicatore ha superato il valore soglia



- In nessuna regione sono state registrate temperature minime inferiori rispetto al passato
- La Basilicata ha registrato il valore minimo dell'Indicatore

NOTIZIE DALLA STAMPA

CORRIERE MILANO
7 OTTOBRE 2024

Milano, sono 30 anni che non faceva così tanto freddo a inizio autunno: «Termosifoni accesi dal 15 ottobre»

IL METEO
23 OTTOBRE 2024

A Roma Sciarpa e Cappotto non prima di Dicembre, le Stagioni sono in ritardo. Parla il meteorologo

4.3 Venti estremi

Un indicatore molto importante nell'analisi delle condizioni atmosferiche è il vento estremo. Tra i decenni 2000–2009 e 2010–2019 è possibile vedere una variazione in termini di percentuale che va **dal 2% al 10%.** Sebbene il decennio attuale sia iniziato solo da pochi anni, è già possibile constatare la presenza di un piccolo aumento sempre in termini di percentuale. Ma vediamo più nel dettaglio cosa ci mostrano i grafici.

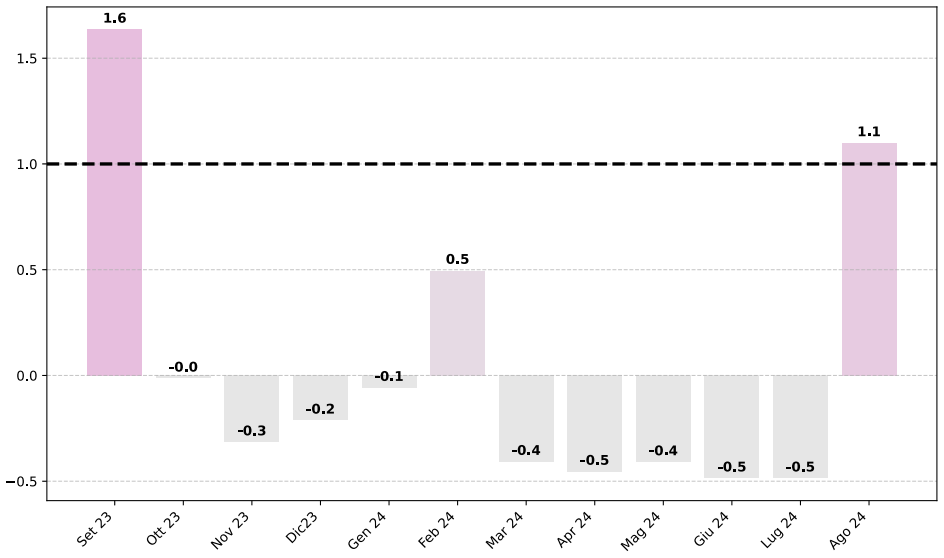
Percentuale (e numero) di mesi colpiti dal vento

≈ 0 mesi all'anno	≈ 1 mesi all'anno	≈ 1,4 mesi all'anno
2%	10%	11%
2001–2010	2011–2019	2021–2024

Nel corso dell'anno idrologico preso in esame, come mostrato in Figura 10, è possibile vedere che, a scala nazionale, i mesi in cui si sono verificati venti estremi superiori ai valori storici sono 2: **settembre 2023 e agosto 2024,** infatti, superano la linea tratteggiata (valore soglia corrispondente a 1) e si configurano per tanto come mesi "anomali".

D'altro canto, i restanti mesi, ben 10 su 12, non hanno registrato valori anomali sulla larga scala rimanendo al di sotto della soglia.

FIGURA 10. Andamento e valore dei venti estremi nell'ultimo anno in Italia

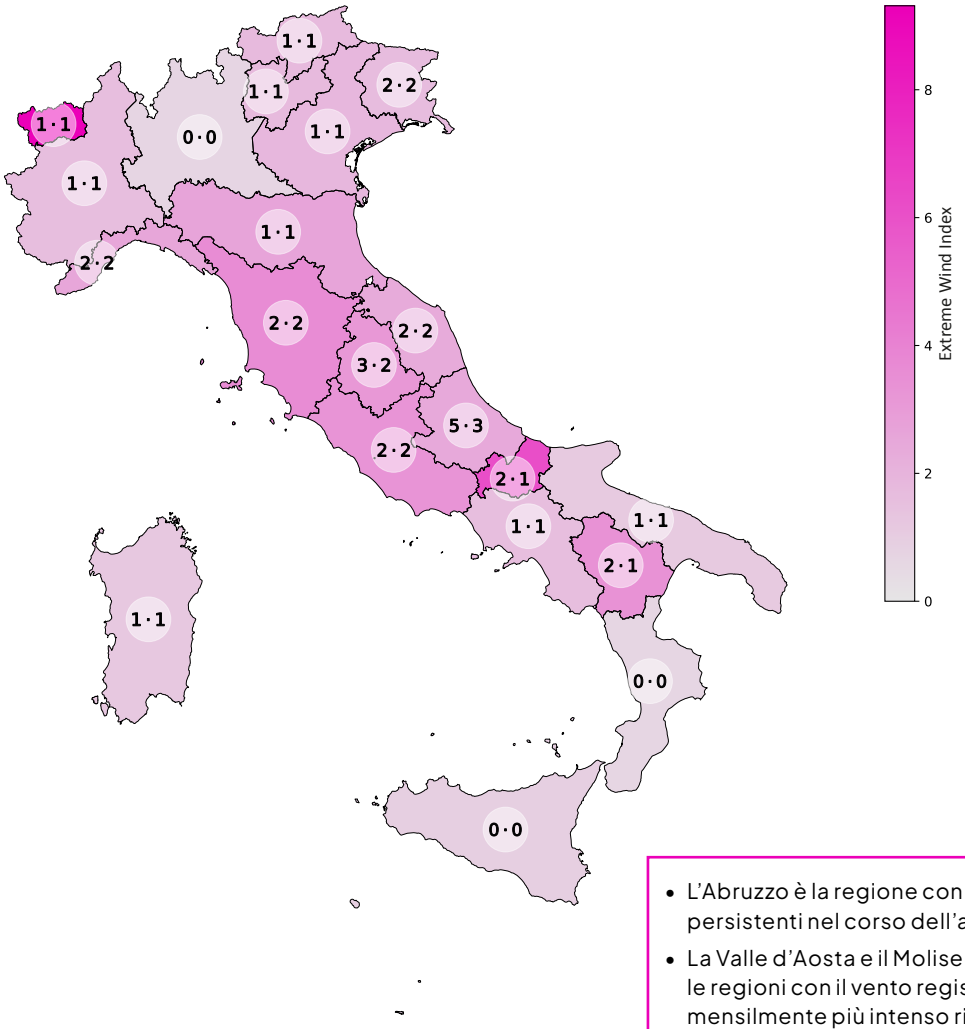


- In Italia, il mese di settembre è stato quello più significativo per l'anomalia registrata per i venti estremi
- Sono 2 i mesi che hanno presentato un vento eccezionale rispetto al passato

Nella Figura 11 è possibile osservare le variazioni e differenze tra i territori dell'Italia. I venti più intensi rispetto ai valori storici si sono registrati in **Valle d'Aosta e Molise,** come possiamo vedere da un colore più intenso che contraddistingue queste due regioni. Come indicato nei cerchietti, la regione più colpita per persistenza dai venti estremi è stata l'Abruzzo con una totalità di 5 mesi, di cui 3 consecutivi. Il fenomeno ha interessato, in particolar modo, anche l'Umbria per 3 mesi (di cui 2 consecutivi).

Solo la Lombardia, la Calabria e la Sicilia non sembrano invece essere state colpite, nel corso dell'anno preso in esame, da venti estremi e non eccedono rispetto alla soglia per nessun mese. Potremmo dunque assumere che le registrazioni di vento estremo, per l'anno idrologico settembre 2023–agosto 2024, non hanno segnalato aumenti generali e omogenei, ma piuttosto episodi localizzati in specifiche regioni sia per intensità che per durata.

FIGURA 11. Venti estremi per regione (settembre 2023–agosto 2024) – massimi dell'indicatore, numero di mesi in cui si è superato il valore soglia, numero di mesi consecutivi in cui l'indicatore ha superato il valore soglia



- L'Abruzzo è la regione con eventi più persistenti nel corso dell'anno (5 mesi)
- La Valle d'Aosta e il Molise sono state le regioni con il vento registrato mensilmente più intenso rispetto alle medie storiche

NOTIZIE DALLA STAMPA

CORRIERE DELLA SERA
8 OTTOBRE 2024

Maltempo a Brescia, per il forte vento volano lastre dal tetto della scuola Foscolo

IL RESTO DEL CARLINO
27 SETTEMBRE 2024

Allerta arancione per vento forte, prosegue il maltempo in Emilia-Romagna. Preoccupano anche i fiumi: monitorata la piena dell'Enza

4.4 Precipitazioni estreme

Tra i fenomeni più evidenti dei continui cambiamenti e intensificazioni climatiche in atto è importante citare con una particolare attenzione le precipitazioni estreme che con sempre maggiore frequenza mettono alla prova noi e le nostre città. L'Italia, negli ultimi anni, ha cominciato a sperimentare sempre di più situazioni estreme e critiche sia per intensità che per frequenza di questo fenomeno. Basti prendere in esame proprio la **regione dell'Emilia-Romagna:** dopo che nel maggio 2023 il territorio è andato incontro a un fenomeno di criticità molto grave (in un giorno è caduta la stessa quantità di pioggia che normalmente cade nell'arco di sei mesi), una situazione analoga si è verificata nel settembre e ottobre del 2024 a poco più di un anno di distanza. Questo semplice esempio ci è utile per comprendere, a un primo accenno, quanto la situazione stia diventando sempre più critica e soprattutto allarmante.

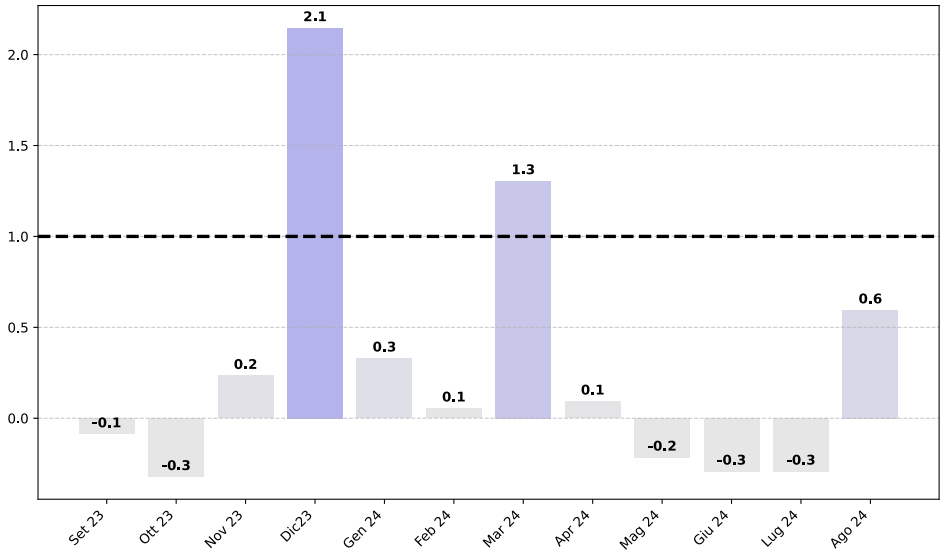
A conferma di queste osservazioni appena fatte, pertanto, colpisce una prima considerazione che emerge dal confronto degli ultimi decenni che ci hanno interessato. Nei decenni tra il 2000–2009 e il 2010–2019 vi è stato un incremento della percentuale dei mesi colpiti da precipitazioni estreme (dal 3% al 12%), per poi scendere al 9% nei primi anni di questo nuovo decennio (dove però si considera un numero inferiore di annualità).

Percentuale (e numero) di mesi colpiti da precipitazioni

≈ 0 mesi all'anno	≈ 1,5 mesi all'anno	≈ 1 mese all'anno
3%	12%	9%
2001–2010	2011–2019	2021–2024

Andando più nel dettaglio, come evidenziato dal grafico in Figura 12, possiamo vedere che nell'arco dell'ultimo anno idrologico 2 mesi hanno registrato dei valori anomali rispetto alla linea tratteggiata. **Dicembre 2023 stabilisce il record di anomalie** per il periodo interessato con un valore di 2.1, seguito da marzo 2024 (1.3): entrambi superano la soglia limite di 1. Ovviamente, così come anticipato per i venti estremi, è chiaro che tali dinamiche possano interessare in molti casi anche aree molto più localizzate e quindi la fotografia alla scala nazionale fornisce soltanto elementi su dinamiche di larga scala.

FIGURA 12. Andamento e valore delle precipitazioni estreme nell'ultimo anno in Italia



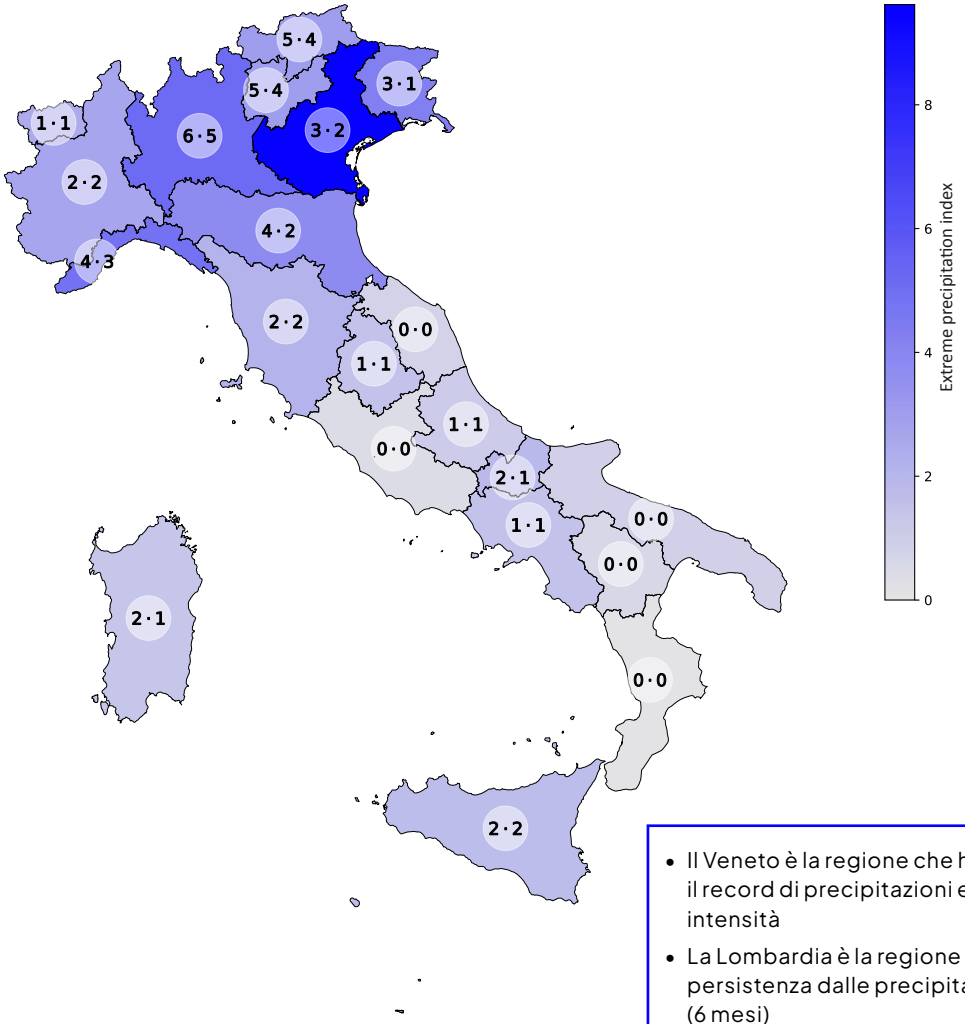
- In Italia, il mese di dicembre 2023 è stato il più anomale per precipitazioni estreme seguito da marzo 2024
- I mesi di precipitazioni eccezionali rispetto al passato sono stati 2

In Figura 13 possiamo osservare la regione più colpita dalle precipitazioni estreme rispetto al passato, ovvero il **Veneto,** seguita dalla Lombardia e dalla Liguria. Si può inoltre vedere, sempre dalle diverse colorazioni di blu con cui sono state marcate le regioni, come le regioni più colpite rispetto ai valori storici siano state proprio quelle dell'Italia centro-settentrionale.

Per quanto riguarda, invece, la persistenza di precipitazioni estreme rispetto al passato, la nostra attenzione continua a concentrarsi **nell'area centro-settentrionale:** la regione più colpita per durata è stata la Lombardia con 6 mesi interessati nel corso dell'anno in esame (di cui 5 consecutivi). A seguire troviamo il Trentino Alto Adige con 5 mesi (di cui 4 consecutivi) e, per finire, la Liguria e l'Emilia-Romagna con 4 mesi (di cui, rispettivamente, 3 e 2 consecutivi).

È interessante notare, come vedremo anche più avanti, come il fenomeno delle precipitazioni estreme agisca in modo speculare a quello della siccità: il primo interessa prevalentemente le regioni dell'Italia centro-settentrionale, con poche se non nulle manifestazioni nel resto d'Italia, mentre con il secondo fenomeno assisteremo a una tendenza opposta.

FIGURA 13. Precipitazioni estreme per regione (settembre 2023–agosto 2024) – massimi dell'indicatore, numero di mesi in cui si è superato il valore soglia, numero di mesi consecutivi in cui l'indicatore ha superato il valore soglia



- Il Veneto è la regione che ha registrato il record di precipitazioni estreme per intensità
- La Lombardia è la regione più colpita per persistenza dalle precipitazioni estreme (6 mesi)

NOTIZIE DALLA STAMPA

IL MESSAGGERO
24 OTTOBRE 2023

Bomba d'acqua su Roma, temporali e venti forti: scoperchiato capannone sulla Flaminia, alberi sulle auto in sosta in Prati. Allagata la metro A, Battistini chiusa

IL GIORNO
21 OTTOBRE 2024

Le coltivazioni in Lombardia sono di nuovo in crisi per gli allagamenti causati dal maltempo

4.5 Incendi

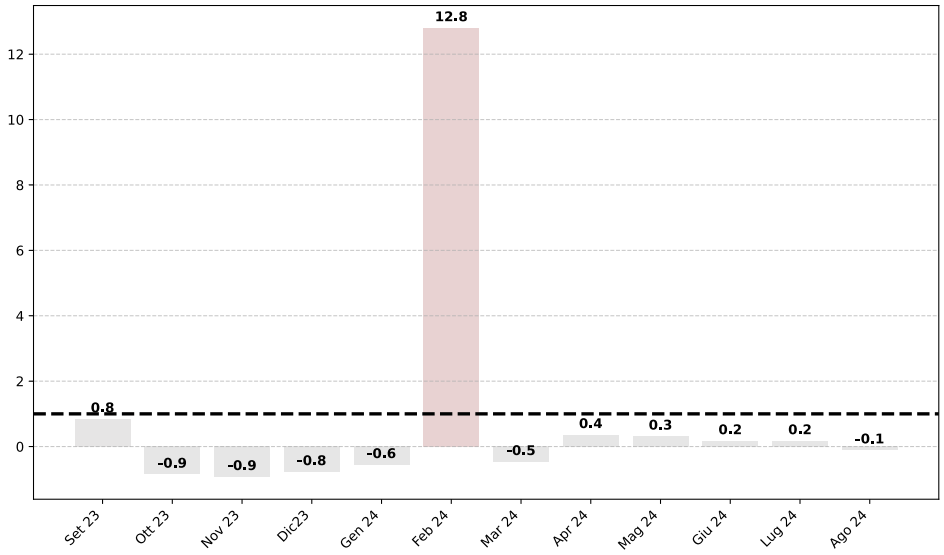
Gli incendi non sono un dato facile da osservare e studiare da un punto di vista di forcing atmosferici innescanti il fenomeno. La difficoltà dell'analisi di questo fenomeno è da imputare alla loro causa: la maggior parte degli incendi, con una stima di circa il 90%, ha infatti un'origine che possiamo **ricondurre all'attività umana.** Nonostante le cause, però, si tratta di un fenomeno importante da studiare per le variabili atmosferiche che entrano in gioco nella sua propagazione e che sono collegate a fenomeni di carattere meteorologico, come le **condizioni di umidità antecedenti del suolo o dell'aria o la temperatura.** In particolare, è stato possibile evidenziare attraverso i dati raccolti un aumento significativo nel numero di mesi interessati da eventi estremi legati all'intensità e alla propagazione degli incendi. Tra i decenni 2000–2009 e 2010–2019 vi è stato un incremento ma piuttosto parziale, corrispondente al 3% (dal 4% al 7%), mentre già nei primi anni di questo nuovo decennio l'aumento è stato molto più significativo: il numero di mesi colpiti da eventi estremi corrisponde a ben il 18%.

Percentuale (e numero) di mesi colpiti da incendi

≈ 0,5 mesi all'anno	≈ 1 mese all'anno	≈ 2 mesi all'anno
4%	7%	18%
2001–2010	2011–2019	2021–2024

Un'analisi degli eventi estremi legati agli incendi può essere osservata in Figura 14. Nel corso dell'anno idrologico preso in esame (settembre 2023–agosto 2024), un solo mese ha riportato dei valori eccezionali rispetto a quelli storici. Il mese di **febbraio 2024** è stato infatti un mese record rispetto agli anni precedenti con un valore di 12.8. Gli altri mesi, invece, non superano la linea tratteggiata (corrispondente a 1) e per tanto si mantengono in linea con gli andamenti degli anni passati.

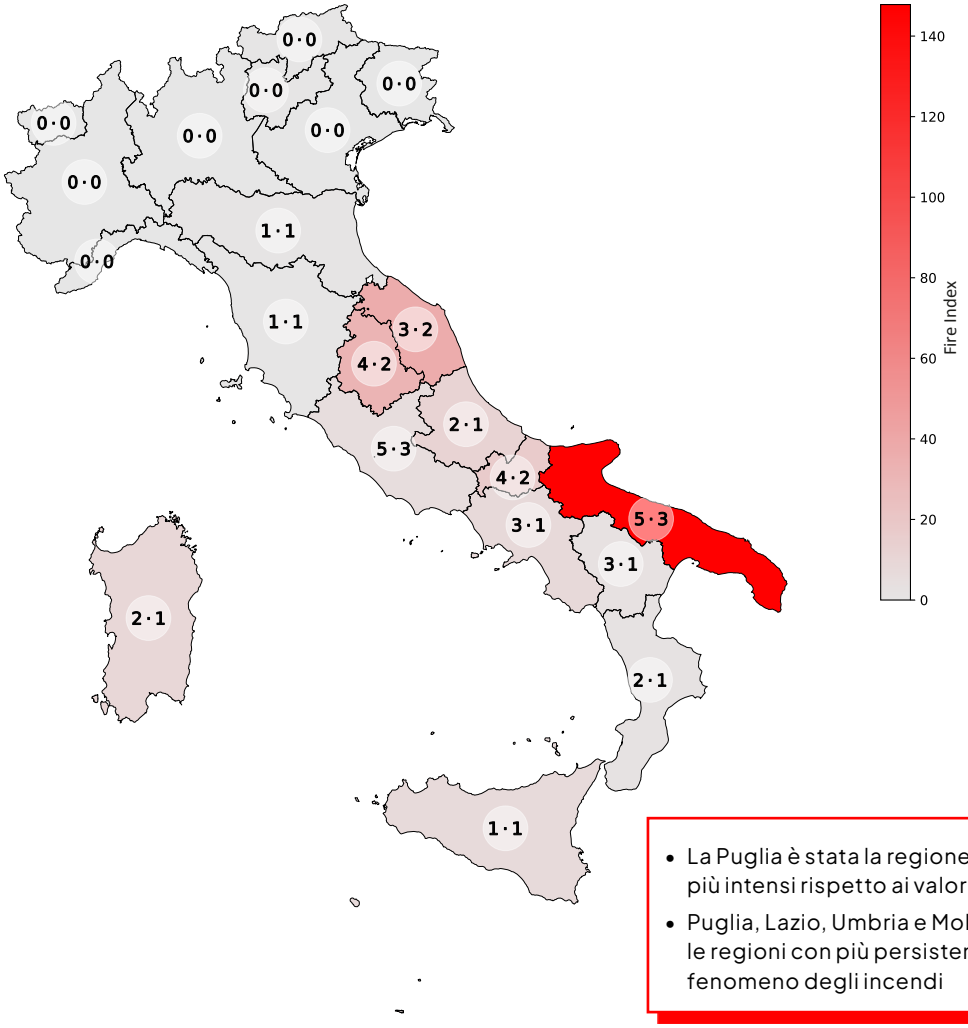
FIGURA 14. Andamento e valore degli incendi nell'ultimo anno in Italia



- In Italia, febbraio 2024 è stato il mese più anomalo per gli incendi
- Un solo mese ha registrato valori eccezionali rispetto al passato

Andando più nel dettaglio, in Figura 15, possiamo osservare le differenze tra le regioni d'Italia. La Puglia è stata la regione più colpita dagli incendi rispetto al passato, seguita dalle Marche e dall'Umbria. Sempre la Puglia, in modo analogo al Lazio, è anche la regione in cui gli incendi si sono rivelati essere più persistenti con una durata di 5 mesi, di cui 3 consecutivi. Seguono, infine, l'Umbria e il Molise con 4 mesi di incendi (2 consecutivi). È interessante notare che il fenomeno degli incendi sembra localizzarsi maggiormente **nell'Italia centro-meridionale,** mentre appare non poco allarmante il valore massimo dell'Indicatore che corrisponde quest'anno addirittura a 140. In tal senso, è bene ricordare che l'indicatore rappresenta lo Z-score (anomalia standardizzata): valori così elevati sono spesso frutto di mesi (ad esempio primaverili o autunnali, quindi non propriamente corrispondenti alla stagione degli incendi) in cui si hanno grandi scarti rispetto alla media e alla deviazione standard (al denominatore).

FIGURA 15. Incendi per regione (settembre 2022– agosto 2023) – massimi dell'indicatore, numero di mesi in cui si è superato il valore soglia, numero di mesi consecutivi in cui l'indicatore ha superato il valore soglia



- La Puglia è stata la regione con incendi più intensi rispetto ai valori storici
- Puglia, Lazio, Umbria e Molise sono le regioni con più persistenza del fenomeno degli incendi

NOTIZIE DALLA STAMPA

LA REPUBBLICA
22 OTTOBRE 2024

Gli incendi aumentano con il cambiamento climatico: lo studio

LA REPUBBLICA
25 LUGLIO 2024

Incendi, il Lazio è la regione tra le più colpite dal 15 giugno: 3.473 roghi

IL MESSAGGERO
4 AGOSTO 2024

Incendi, il vice comandante dei vigili del fuoco di Roma: «Vicini al record di roghi, l'emergenza è costante»

4.6 Grandine

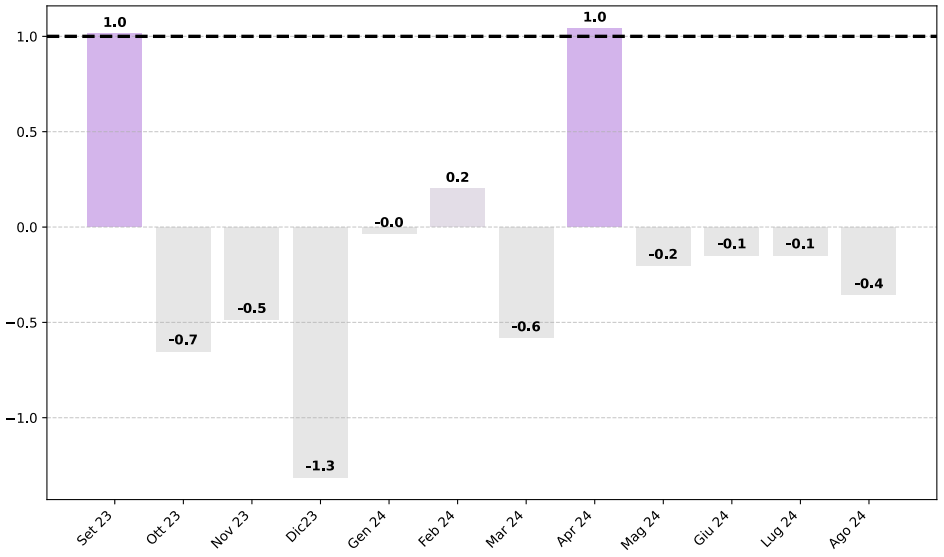
Il fenomeno della grandine negli ultimi decenni non ha avuto un andamento costante: tra i decenni 2000–2009 e 2010–2019 la percentuale legata ai mesi colpiti da eventi estremi è andata incontro a una riduzione (passando dal 10% al 7%), per poi subire **un nuovo aumento** a partire dall'inizio del nuovo decennio in corso. Negli ultimi anni è stato registrato il 19%, ovvero due mesi in media all'anno in cui vengono registrate grandinate anomale.

Percentuale (e numero) di mesi colpiti da grandine

≈ 1 mese all'anno	≈ 1 mese all'anno	≈ 2 mesi all'anno
10%	**7%**	**18%**
2000–2010	2010–2019	2020–2024

In Figura 16 possiamo vedere che solo due barrette superano la linea tratteggiata. I mesi di settembre 2023 e aprile 2024 hanno registrato un aumento di grandinate estreme rispetto al passato. Per il restante dei mesi, invece, i valori sono al di sotto della soglia (10 su 12).

FIGURA 16. Andamento e valore delle grandinate nel periodo settembre 2023–agosto 2024 in Italia



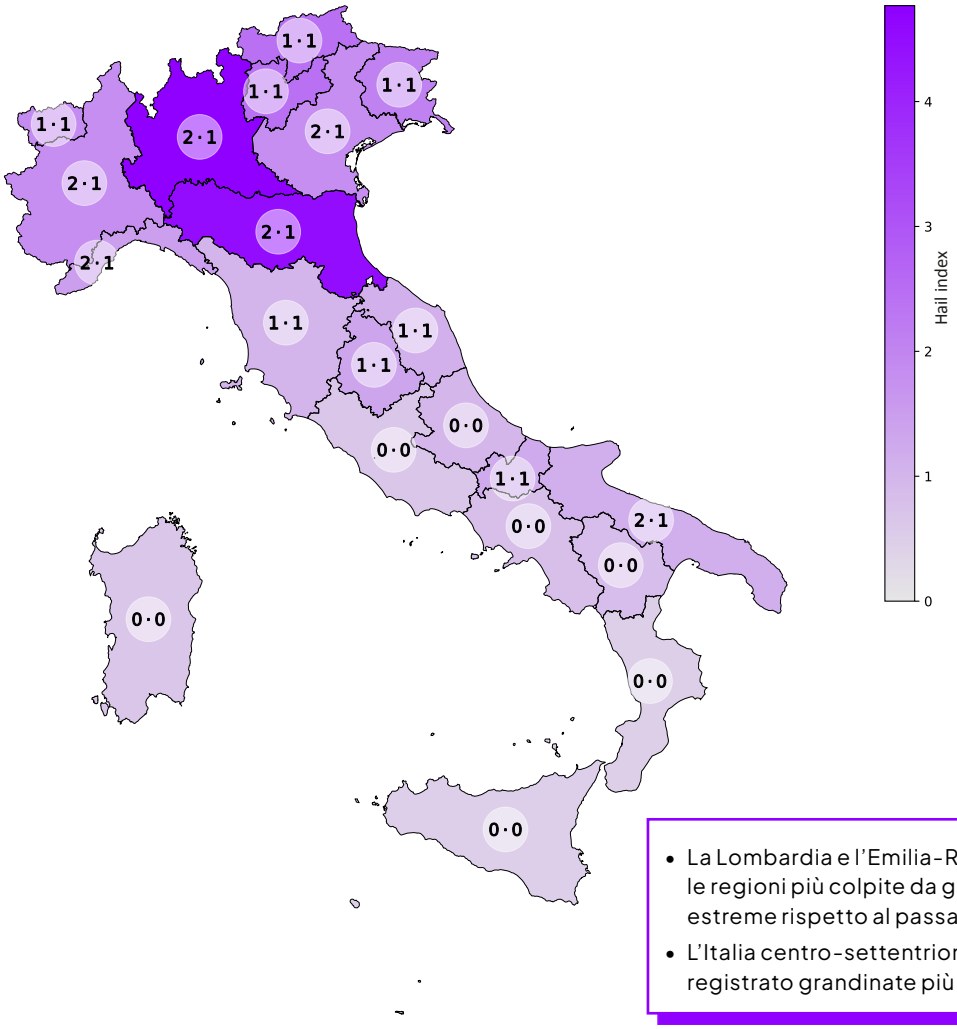
- A luglio si sono registrate grandinate eccezionali rispetto all'andamento storico
- Nell'ultimo anno, per 11 mesi ci sono state meno grandinate rispetto al passato

A livello regionale, come mostrato in Figura 17, possiamo notare che le grandinate più estreme e intense si sono verificate nelle regioni del centro-nord. In particolare, le regioni più colpite (segnate in viola più scuro) sono la Lombardia e l'Emilia-Romagna. Dai valori riportati nei cerchietti possiamo vedere che tali eventi hanno registrato valori "anomali" per 1 o al massimo 2 mesi senza consecutività nel corso dell'anno idrologico settembre 2023–agosto 2024, a indicare un fe-

nomeno fortemente stagionalizzato. In particolare, le due regioni colorate in modo più intenso (Lombardia ed Emilia-Romagna) sono anche tra quelle che hanno raggiunto i 2 mesi (non consecutivi) del fenomeno sopra la soglia. Anche in tal caso, è bene ricordare come molto spesso tali fenomeni siano caratterizzati da una elevata sito specificità e da dinamiche molto localizzate.

Le regioni del centro-sud invece, fatta eccezione per il Molise e la Puglia, non hanno riportato registrazioni significative per quanto riguarda la grandine estrema.

FIGURA 17. Grandinate per regione (settembre 2023–agosto 2024) – massimi dell'indicatore, numero di mesi in cui si è superato il valore soglia, numero di mesi consecutivi in cui l'indicatore ha superato il valore soglia



- La Lombardia e l'Emilia-Romagna sono le regioni più colpite da grandinate estreme rispetto al passato
- L'Italia centro-settentrionale ha registrato grandinate più persistenti

NOTIZIE DALLA STAMPA

IL MATTINO
20 MAGGIO 2024

Maltempo in Italia, previsioni grandine: nuove perturbazioni in arrivo, allerta arancione nel centro-nord, meglio al sud

LA REPUBBLICA
28 LUGLIO 2024

Previsioni meteo: Il super anticiclone Caronte infuoca l'Italia, ma arriverà anche la grandine al Nord

LA STAMPA
8 AGOSTO 2024

Grandine gigante, l'Italia è il paese più colpito in Europa. Danni per quasi 3 miliardi di euro

4.7 Siccità

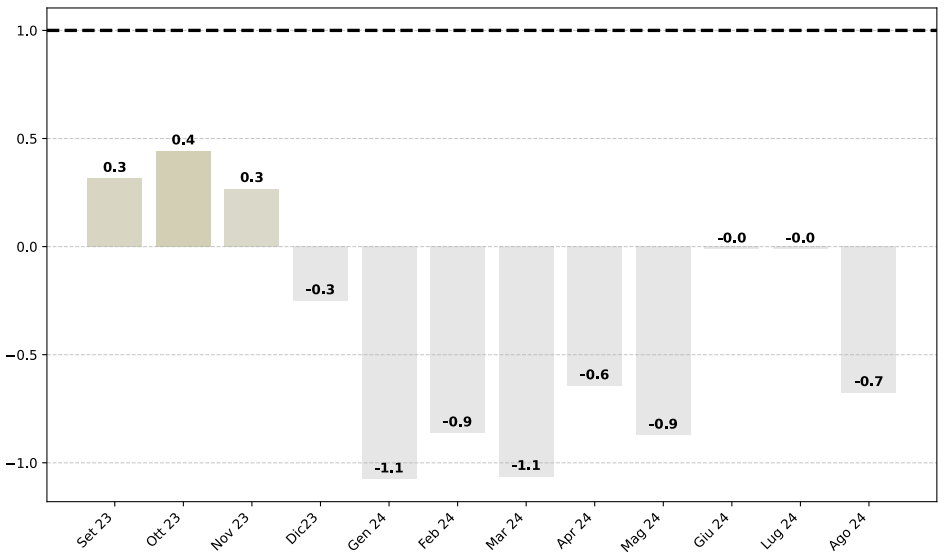
Entriamo adesso nel merito della siccità, una delle variabili tra le più allarmanti per quanto riguarda il nostro territorio: il fenomeno sembra aumentare ogni giorno di più e soprattutto ha cominciato ormai a **interessare tutto il Paese.** È interessante notare l'andamento degli ultimi decenni: tra il 2000–2009 e 2010–2019 avevamo infatti assistito a una decrescita, seppur lieve, dei mesi interessati da siccità estrema (dal 9% al 5%). Nei primi anni di questo nuovo decennio però si è verificata **una vera e propria impennata,** arrivando al 16%. In pochi anni, dunque, i dati sono stati triplicati rispetto al decennio precedente.

Percentuale (e numero) di mesi colpiti da siccità

≈ 1 mese all'anno	≈ 0,5 mesi all'anno	≈ 2 mesi all'anno
10%	**5%**	**16%**
2000–2010	2010–2019	2020–2024

Nonostante le percentuali e i dati appena riportati, che evidenziano un aumento dei mesi colpiti da siccità estrema negli ultimi anni, l'anno preso in esame (settembre 2023–agosto 2024) non ha riportato anomalie significative. Nessun mese, infatti, ha superato la soglia di riferimento (1): tutte le barre visibili nel grafico in Figura 18 si trovano sotto la linea tratteggiata. Ovviamente, ancora una volta, va rimarcato che tali fenomeni spesso non arrivano ad interessare larghe parti del territorio ma sono molto più localizzati.

FIGURA 18. Andamento e valore della siccità nell'ultimo anno in Italia

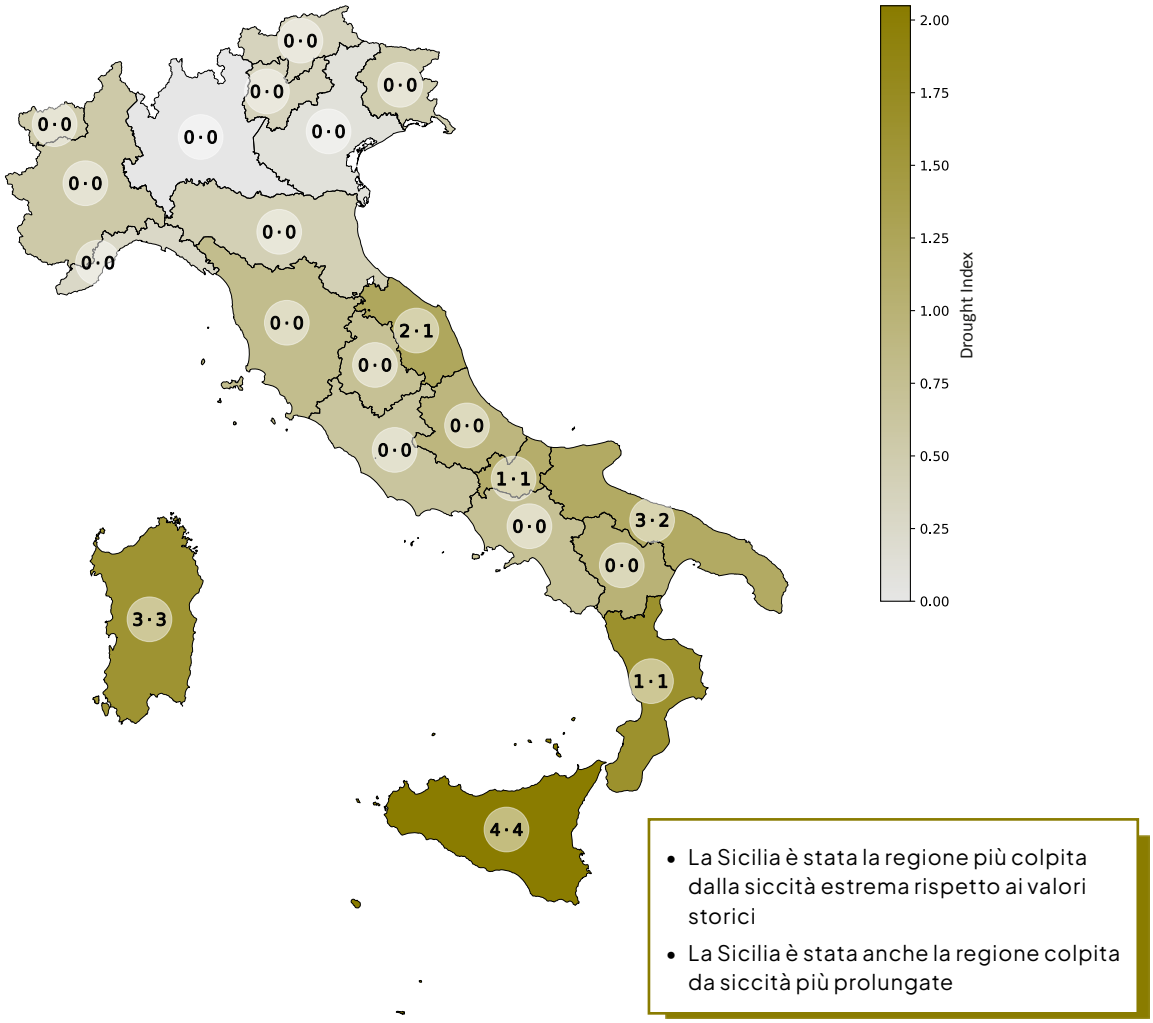


- Nell'anno idrologico 2023–2024, nessun mese ha presentato anomalie per siccità

Infatti, a livello territoriale, possiamo vedere l'Italia centro-meridionale è quella più interessata dal fenomeno della siccità estrema. Rispetto ai valori del passato, la regione più colpita è stata la Sicilia, seguita dalla Sardegna e dalla Calabria come possiamo vedere dal verde più intenso che le contraddistingue. All'interno dei cerchietti, inoltre, possiamo osservare la persistenza di questo fenomeno: le regioni più colpite per mensilità sono state la Sicilia con ben 4 mesi di siccità estrema rispetto alla soglia (tutti consecutivi), la Sardegna con 3 mensilità (anche qui, tutti consecutivi) e la Puglia con 3 mesi (2 consecutivi).

Come anticipato già nel corso della sezione dedicata alle precipitazioni estreme, è qui possibile vedere una diffusione del fenomeno che interessa principalmente le regioni centro-meridionali rispetto a quelle settentrionali (al contrario di quanto invece accade per il fenomeno speculare).

FIGURA 19. Siccità per regione (settembre 2023–agosto 2024) – massimi dell'indicatore, numero di mesi in cui si è superato il valore soglia, numero di mesi consecutivi in cui l'indicatore ha superato il valore soglia



- La Sicilia è stata la regione più colpita dalla siccità estrema rispetto ai valori storici
- La Sicilia è stata anche la regione colpita da siccità più prolungate

NOTIZIE DALLA STAMPA

LA REPUBBLICA
24 LUGLIO 2024

Serbatoi vuoti, acqua a ore e vendemmia già a luglio: nel sud Italia la grande sete

LA STAMPA
15 FEBBRAIO 2024

Siccità, Piemonte già in allarme: la portata del Po in alcuni punti è al 50%

IL MESSAGGERO
17 LUGLIO 2024

Siccità, in Sicilia rubinetti a secco per venti giorni di fila. E i turisti fanno le valigie

DUE ANNI A CONFRONTO: DIFFERENZE EMERSE TRA I DATI 2022-2023 E I DATI 2023-2024

5

L'obiettivo di questo lavoro è aiutare a comprendere l'andamento degli eventi metereologici che ci circondano, con una particolare attenzione per quelli anomali rispetto ai valori storici registrati in precedenza, così da poter contribuire a costruire una maggiore consapevolezza nei confronti del cambiamento climatico in atto. A tal proposito, potrebbe essere utile mettere in luce alcune differenze emerse dal confronto con i precedenti dati raccolti per l'anno idrologico settembre 2022–agosto 2023. In alcuni casi, infatti, potremo trovarci di fronte delle variazioni piuttosto significative e allarmanti se si considera il periodo di tempo preso in esame (un solo anno è passato tra il report precedente e quello attuale). In altri, invece, potremo trovarci a evidenziare dei valori rimasti statici nel tempo e che potrebbero ugualmente aprire la possibilità a riflessioni circa il futuro del nostro pianeta.

Temperature massime estreme. I valori associabili alle ondate di caldo sono un'evidenza che diventa sempre più preoccupante agli occhi di tutti noi, ma dovrebbe far riflettere anche la velocità con cui questi eventi estremi stanno avanzando nella nostra quotidianità. Nel corso dell'anno 2022–2023 la percentuale di mesi che avevano registrato temperature massime estreme era del 44% rispetto al 54% attuale (+10%).

Altrettanto rilevante è soffermarsi su un aumento di intensità e di durata del fenomeno. Nel report del 2022–2023 i mesi interessati da caldo estremo erano 7 mentre, attualmente, sono diventati 10. Per quanto riguarda, invece, la persistenza del fenomeno possiamo assistere anche a una maggiore durata di caldo estremo nel corso dell'anno preso in esame per quest'ultimo report. Nei dati raccolti nel 2022–2023 la massima persistenza è stata di 8 mesi con una consecutività massima di 5 mesi, mentre nei dati attuali si è arrivati addirittura a 11 mesi di persistenza di cui 8 consecutivi. Aumentano, infine, anche i valori massimi dell'Indicatore (dal superare di poco il valore 17.5, a superare il valore 20 con un incremento del 14%).

Temperature minime estreme. Come abbiamo potuto notare nella sezione dedicata a questo specifico fenomeno, il cosiddetto "freddo estremo" diminuisce sempre di più in favore di un aumento delle temperature massime. Nello specifico, è interessante notare che nel corso di quest'anno idrologico nessun mese ha raggiunto dei valori positivi a differenza dell'anno 2022–2023 in cui due mesi si attestavano sullo 0.3 e 0.1 (rispettivamente settembre 2022 e aprile 2023).

A livello regionale, invece, è possibile osservare rispetto al precedente report una diminuzione delle regioni in grigio (ovvero con un basso valore dell'Indicatore) insieme a un'inversione nella distribuzione dei territori che hanno registrato eventi più intensi di temperature minime estreme. Nel corso dell'anno 2023–2024, infatti, le regioni con più freddo rispetto ai valori storici si sono concentrate prevalentemente nell'Italia centro-settentrionale, in modo speculare rispetto all'anno 2022–2023. Emergono però altri due fattori rilevanti: a differenza dello scorso report, quest'anno nessuna regione ha rilevato temperature minime eccezionali (e dunque al di sopra della soglia) e, soprattutto, i parametri dell'Indicatore sono tutti negativi (l'anno scorso, invece, avevano un valore massimo di 1.75).

Venti estremi. La situazione rimane fortunatamente piuttosto invariata tra i periodi messi a confronto. I mesi caratterizzati da eventi straordinari rimangono infatti gli stessi, con leggere variazioni nei valori. Vi è una riduzione anche nel numero di regioni interessate da venti estremi, passando da 5 a 2.

Precipitazioni estreme. Un primo dato che non passa inosservato riguarda la percentuale di mesi interessati da precipitazioni estreme, passata dal 6% al 9% nel giro di un anno. Una differenza che potrebbe far riflettere tra i dati dell'anno 2022–2023 e quelli attuali riguarda prevalentemente la distribuzione territoriale di questo fenomeno. Nel corso dell'anno idrologico preso in esame, e a differenza di quello precedente, le precipitazioni estreme sono state poco intense se non piuttosto rade nell'area dell'Italia centro-meridionale.

Incendi. Nonostante un solo mese, nel corso di quest'anno in esame, abbia superato i valori storici, vale ugualmente la pena soffermarsi su una differenza importante con il precedente anno. Anche nel corso dello scorso anno (settembre 2022–agosto 2023) un solo mese aveva superato la soglia di riferimento con un valore registrato del 1.1. Quest'anno il valore di febbraio 2024 (mese record rispetto ai valori storici) si assesta addirittura a 12.8

Significativo, inoltre, è notare un aumento nella persistenza di questo fenomeno: si è passati da un massimo di 2 mensilità anomale a un massimo di 5. Per finire, appare particolarmente allarmante un aumento nei parametri dell'Indicatore: se nel corso dell'anno precedente il valore massimo era di 10, quest'anno arriviamo addirittura a 140 (+1300%).

Grandine. Come abbiamo già avuto modo di vedere, il fenomeno della grandine non è particolarmente omogeneo o regolare nel suo andamento. Nonostante nell'anno preso in esame (settembre 2023–agosto 2024) ci siano stati 2 mesi che hanno superato la soglia di riferimento rispetto al singolo mese dell'anno scorso, i valori registrati sono di molto differenti: quest'anno, infatti, ci troviamo sull' 1.0 mentre l'anno scorso il mese di luglio 2023 è addirittura arrivato a un 9.4 (-89%). Assistiamo, inoltre, a una riduzione nei parametri massimi riportati nell' Indicatore, passando da un massimo di 16 a un massimo (attuale) di poco più di 4.

Siccità. Le variazioni registrate per intensità e per mensilità non sono particolarmente significative tra i due anni messi a confronto. È invece interessante sottolineare un capovolgimento a livello territoriale nella distribuzione di questo fenomeno. Nel corso dell'anno 2022–2023 le regioni più colpite da siccità estrema rispetto ai valori storici erano centro-settentrionali. L'anno preso in esame, invece, presenta una distribuzione speculare.

CONCLUSIONI: COME STA L'ITALIA

6

È possibile osservare come l'Indice ci abbia permesso non solo di raccogliere dei dati fondamentali per monitorare l'attuale situazione degli eventi atmosferici estremi in Italia, ma anche di commentarli e di inserirli all'interno di uno scenario più a larga scala. Per comprende l'andamento degli eventi estremi, il loro impatto e la direzione futura verso cui stiamo andando è infatti importante non solo analizzare i dati, ma osservarli in relazione ai valori storici raccolti e precedentemente analizzati.

Nonostante l'andamento degli eventi atmosferici sia soggetto a continui cambiamenti e, anche, variazioni territoriali o stagionali che non bisogna sottovalutare, sono due le riflessioni che abbiamo la possibilità di aprire e condividere alla luce di quanto messo in evidenza dall'Indice. Come prima cosa, dai dati raccolti emerge **un aumento progressivo nella manifestazione** degli eventi estremi in Italia. La maggiore incidenza non riguarda solo l'intensità e l'impatto dei singoli eventi, ma anche la loro persistenza. Per dirla in altre parole: gli eventi estremi aumentano sempre di più, con delle evidenze sempre più chiare rispetto ai valori storici, e lo fanno coinvolgendo periodi **sempre più lunghi e spesso intensi.**

Una successiva riflessione nasce, invece, dal confronto tra l'anno 2022–2023 e 2023–2024. Infatti, nel giro dei soli due anni idrologici presi in esame, l'entità e la manifestazione degli eventi estremi non è rimasta invariata ma, anzi, in alcuni casi è andata incontro anche a modifiche piuttosto significative. Non solo, dunque, gli eventi atmosferici sono sempre più estremi e duraturi, ma subiscono delle variazioni con **un ritmo sempre più veloce.** Alla luce di queste due questioni che l'Indice ha permesso di sollevare, appare ormai chiaro quanto il cambiamento climatico, con i suoi effetti, sia attuale e stia diventando ogni giorno più tangibile nella quotidianità di ciascuno di noi.

In conclusione, l'Indice si conferma uno strumento utile e incisivo nel comprendere il mondo che ci circonda. Soprattutto, appare come una risorsa indispensabile per fronteggiare la grande e cruciale sfida che il cambiamento climatico ci mette davanti, permettendoci di aprire nuove riflessioni sul **dinamismo degli eventi atmosferici** in atto e contribuire a generare una maggiore consapevolezza su ciò che sta avvenendo nel territorio italiano.

APPLICAZIONI PRATICHE DELL'INDICE

7

L'Index rappresenta uno strumento fondamentale per innovare le policy di gestione del rischio climatico e degli eventi meteorologici estremi: la sua natura flessibile, dinamica e personalizzabile ne consente innumerevoli applicazioni di business. A partire dalla possibilità di attingere a enormi database di informazioni sull'andamento dei fenomeni climatici e meteorologici nel corso dei decenni, l'Index arriva a produrre output di analisi e previsione personalizzabili sulle precise esigenze del suo utilizzatore – come ad esempio l'area geografica, affinabile fino a un raggio di 30km. E3CI è infatti **scalabile,** in quanto utilizzabile per regione, provincia e macro-scala, e può essere facilmente **integrato,** come coefficiente o variabile, nelle analisi e nelle ricerche aziendali, giornalistiche o istituzionali.

Così come non vi è settore che si possa dire non interessato e non impattato dalle emergenze climatiche e dagli eventi estremi, allo stesso modo sono moltissimi e variegati gli ambiti di applicazione dell'Indice E3CI.

Nella finanza può essere utilizzato per quantificare con maggiore precisione i rischi legati alle condizioni meteorologiche, può supportare nella trasparenza sulle valutazioni, nella concorrenza e fornire informazioni che possono costituire vantaggi strategici per gli investitori. In particolare, nel **settore assicurativo,** può assistere i modelli di analisi attualmente impiegati nell'elaborazione delle tariffe e può ispirare la progettazione e lo sviluppo di nuovi prodotti assicurativi.

Per **l'energia e le utilities,** il valore di E3CI consiste nel mitigare i rischi finanziari dovuti alle fluttuazioni dei prezzi dell'energia legate a condizioni climatiche eccezionali.

Per **le reti e le infrastrutture,** l'Index fornisce un'indicazione sui rischi climatici dei territori e contribuisce ad individuare le aree più strategiche per la pianificazione urbanistica, migliorando l'efficienza delle opere pubbliche e private e della loro manutenzione. Nel **settore agricolo,** E3CI può supportare la diffusione di una maggiore consapevolezza sugli scenari climatici e rendere più efficace la gestione di potenziali minacce atmosferiche attuali e future.

Per il **Real Estate,** l'Indice può dare un supporto ad una pianificazione sostenibile dello sviluppo urbano e dei relativi investimenti, consentendo in ultima analisi di proteggere le proprietà immobiliari dopo un'attenta valutazione dei rischi legati ai territori.

Anche per i **Media,** E3CI è uno strumento strategico per promuovere un approccio data-driven al cambiamento climatico, aumentando l'educazione e la consapevolezza nell'opinione pubblica sulle sfide legate al cambiamento climatico.

PER SAPERNE DI PIÙ

8

Per quanto mostrato nel report, E3CI, l'Indice climatico per gli eventi estremi, centra perfetta mente tutti questi punti e può essere strategico per supportare i contesti che necessitano in formazioni e dati quantificare ed analizzare gli eventi estremi che accadono su scala nazionale e territoriale. La Fondazione IFAB è lieta di offrire supporto a chiunque desideri approfondire il tema ed includere l'Indice nelle proprie analisi. Per ogni informazione sull'Indice e iscriversi alla newsletter mensile di resoconto dei dati, è possibile visitare il sito **www.climateindex.eu.**

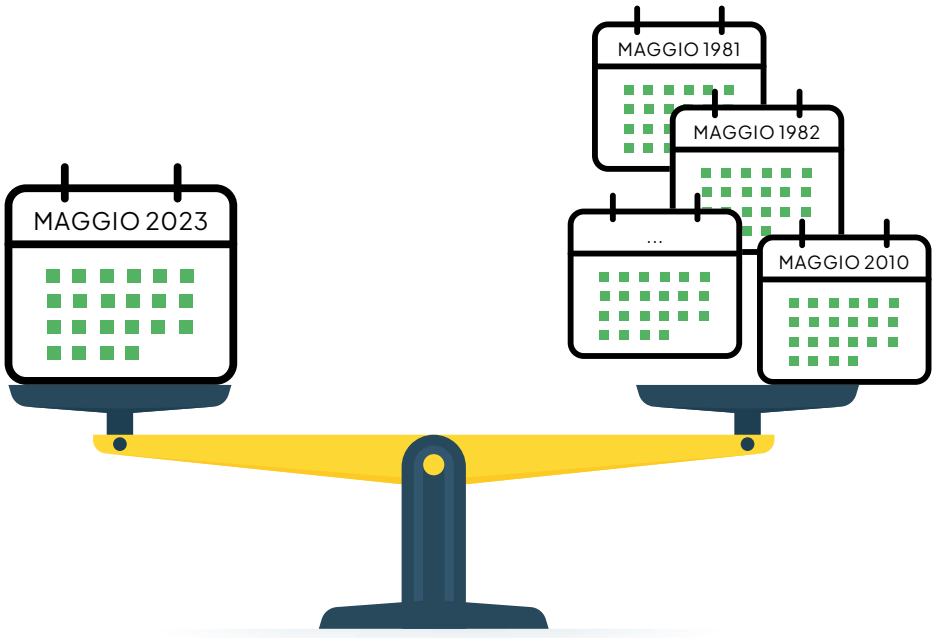
8.1 Approfondimento: la statistica dietro gli indici

Esploriamo in dettaglio la procedura per quantificare se, e in quale misura, il maggio 2023 in Emilia-Romagna è stato un mese estremo o meno per le precipitazioni che si sono registrate.

FASE 1

Obiettivo: Definire **l'intervallo temporale** di riferimento.

Sulla scorta di quanto proposto dall'Organizzazione Mondiale della Meteorologia (WMO), si assume che questo periodo abbia una durata di 30 anni in modo da poter considerare le dinamiche interannuali limitando, al contempo, l'insorgenza di trend interni statisticamente significativi. Nello specifico, il trentennio di riferimento è 1981–2010. Dunque, il mese di maggio 2023 viene confrontato con i mesi di maggio dal 1981 al 2010, per un totale di 30 mesi.

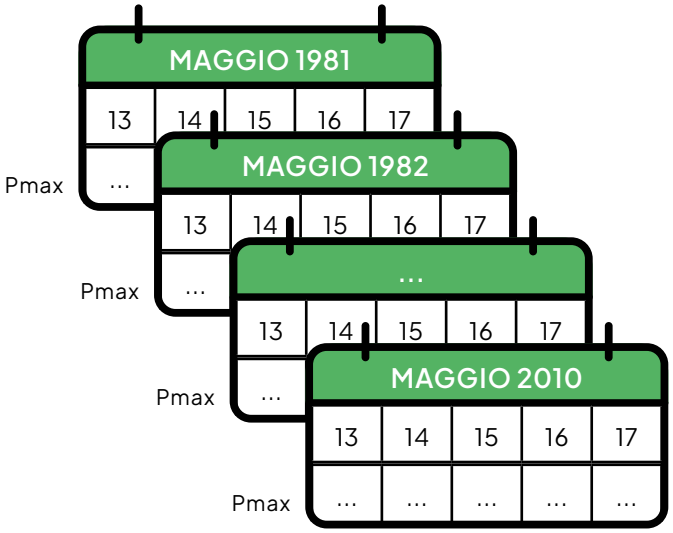


FASE 2

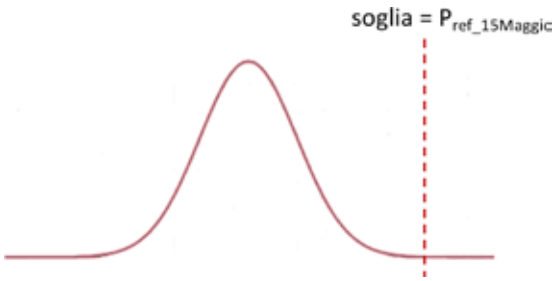
Obiettivo: Definire, per ogni giorno di maggio, un **valore di precipitazioni di riferimento** che possa fare da termine di paragone rispetto a quella registrata nelle giornate di maggio 2023.

In questa fase, occorre ripetere una procedura per tutti i giorni del mese: consideriamo pertanto un giorno come esempio, il 15 maggio, per poi rieseguire la procedura per gli altri giorni.

Per ogni 15 maggio del periodo storico di riferimento (15 maggio 1981, 15 maggio 1982, …, 15 maggio 2010), si considera una finestra mobile di 5 giorni centrata sul giorno di interesse: 13 14–15–16–17 maggio. In tal modo, avremo un campione sui 30 anni di 150 valori di millimetri di pioggia caduta.



I 150 valori ottenuti avranno una distribuzione statistica gaussiana, una curva a campana (curva di Gauss) centrata attorno a un valore medio e dotata di una certa ampiezza, più stretta se i valori si concentrano molto attorno alla media, più larga se variano maggiormente. Di questa distribuzione, consideriamo una soglia come quel valore di precipitazioni che è superiore al 95% dei valori del campione (il cosiddetto 95° percentile): solamente una piccola coda, il 5% dei valori, supererà tale valore di precipitazioni. Possiamo quindi considerare questa come il valore di precipitazioni di riferimento storico per il giorno del 15 maggio.



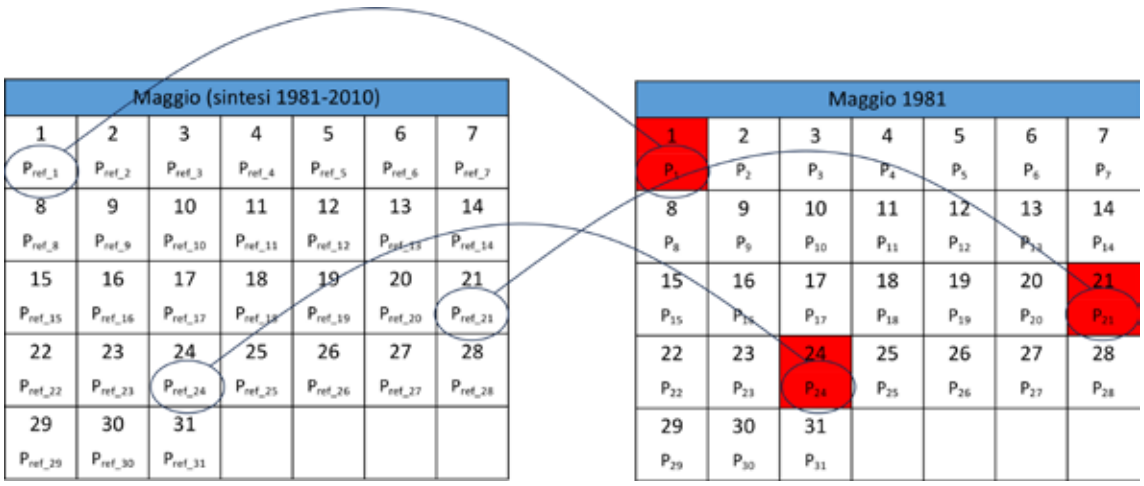
Ripetendo questa procedura per ogni giorno del mese, otteniamo i millimetri di precipitazioni di riferimento per ogni giorno del mese.

Maggio (sintesi 1981-2010)						
1 P_{ref_1}	2 P_{ref_2}	3 P_{ref_3}	4 P_{ref_4}	5 P_{ref_5}	6 P_{ref_6}	7 P_{ref_7}
8 P_{ref_8}	9 P_{ref_9}	10 P_{ref_10}	11 P_{ref_11}	12 P_{ref_12}	13 P_{ref_13}	14 P_{ref_14}
15 P_{ref_15}	16 P_{ref_16}	17 P_{ref_17}	18 P_{ref_18}	19 P_{ref_19}	20 P_{ref_20}	21 P_{ref_21}
22 P_{ref_22}	23 P_{ref_23}	24 P_{ref_24}	25 P_{ref_25}	26 P_{ref_26}	27 P_{ref_27}	28 P_{ref_28}
29 P_{ref_29}	30 P_{ref_30}	31 P_{ref_31}				

FASE 3

Obiettivo: Determinare quanti **giorni nel periodo storico** considerato hanno registrato un valore di precipitazione **superiore al valore di riferimento.**

L'operazione è piuttosto semplice. Si procede un mese di maggio per volta e si conta il numero di giorni di quel mese in cui è stato superato il valore di precipitazioni di riferimento del giorno. Per esempio, in figura mostriamo come nel maggio 1981 si sia superata per 3 volte il valore di precipitazione giornaliero di riferimento, mentre i restanti giorni hanno registrato precipitazioni inferiori alla soglia.



Ripetendo questa operazione per i 30 mesi di maggio nell'intervallo storico, possiamo calcolare il valore medio (μ) e la deviazione standard (σ) del numero di giorni che hanno superato le soglie di riferimento.

FASE 4

Obiettivo: Determinare **quanti giorni nel mese di interesse** hanno registrato **precipitazioni in quantità superiori al valore di riferimento.** Lo stesso confronto con il valore delle precipitazioni di riferimento per il periodo 1981–2010 viene eseguito sul mese di maggio 2023, permettendoci di calcolare il numero di giorni in cui si è ecceduta la soglia critica. Nell'esempio riportato, abbiamo ben 9 giorni nel 2023 che superano le precipitazioni soglia! Ma quanto è grave questo 9 rispetto alla distribuzione di precipitazioni nel passato? In definitiva, quanto è stata estrema la pioggia che è caduta a maggio? È a questa domanda che risponde la quinta e ultima fase.

Maggio (sintesi 1981-2010)						
1 P_{ref_1}	2 P_{ref_2}	3 P_{ref_3}	4 P_{ref_4}	5 P_{ref_5}	6 P_{ref_6}	7 P_{ref_7}
8 P_{ref_8}	9 P_{ref_9}	10 P_{ref_10}	11 P_{ref_11}	12 P_{ref_12}	13 P_{ref_13}	14 P_{ref_14}
15 P_{ref_15}	16 P_{ref_16}	17 P_{ref_17}	18 P_{ref_18}	19 P_{ref_19}	20 P_{ref_20}	21 P_{ref_21}
22 P_{ref_22}	23 P_{ref_23}	24 P_{ref_24}	25 P_{ref_25}	26 P_{ref_26}	27 P_{ref_27}	28 P_{ref_28}
29 P_{ref_29}	30 P_{ref_30}	31 P_{ref_31}				

Maggio 2023						
1 P_1	2 P_2	3 P_3	4 P_4	5 P_5	6 P_6	7 P_7
8 P_8	9 P_9	10 P_{10}	11 P_{11}	12 P_{12}	13 P_{13}	14 P_{14}
15 P_{15}	16 P_{16}	17 P_{17}	18 P_{18}	19 P_{19}	20 P_{20}	21 P_{21}
22 P_{22}	23 P_{23}	24 P_{24}	25 P_{25}	26 P_{26}	27 P_{27}	28 P_{28}
29 P_{29}	30 P_{30}	31 P_{31}				

FASE 5

Obiettivo: Quantificare **l'estremità delle precipitazioni nel mese di interesse** rispetto all'andamento storico registrato.

Siamo giunti al termine della nostra operazione e siamo dunque pronti a calcolare il valore dell'indicatore per le precipitazioni, ovvero il nostro Extreme Precipitation Index. Facciamo due operazioni molto semplici. Per prima cosa, al numero di giorni "rossi" del maggio 2023 sottraiamo la media dei giorni "rossi" nel periodo storico 1981–2010 (la μ calcolata nella fase 3). Infine, dividiamo il risultato per la deviazione standard dei giorni "rossi" storici (la σ calcolata nella fase 3). In formule:

$$Extreme\ Precipitation\ Index = \frac{Numero\ giorni\ "rossi" - \mu}{\sigma}$$

Questa pubblicazione è stata realizzata da IFAB – International Foundation Big Data & Artificial Intelligence for Human Development – grazie al fondamentale contributo di Fondazione CMCC – Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici, e Leithà Gruppo Unipol.

Promossa dalla Regione Emilia-Romagna, IFAB nasce a Bologna alla fine del 2019 nel cuore della Data Valley italiana, dove si sta formando il nuovo hub europeo di ricerca in ambito HPC: il Tecnopolo Manifattura Data Valley HUB - www.tecnopolomanifattura.it
La Fondazione intende essere un punto di riferimento indipendente e autorevole nel dibattito scientifico e culturale che si sta svolgendo a livello globale su sviluppo umano, sostenibilità e nuova scienza, prendendo parte ai maggiori network nazionali e internazionali in ambito supercalcolo e operando come "ponte" tra la tecnologia, la ricerca e le loro applicazioni concrete in ambito industriale e sociale.

Per scoprire di più sulle attività della Fondazione: **www.ifabfoundation.org**

tracce.com
Un progetto di
iFAB
INTERNATIONAL FOUNDATION
BIG DATA AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE
FOR HUMAN DEVELOPMENT
In partnership con
Leitha
cmcc
Centro Euro-Mediterraneo
sui Cambiamenti Climatici
Dati distribuiti da
Hypermeteo
Climate & weather grids
Radarmeteo
Professional weather services