

POMERIGGIO ATTUARIALE E INCONTRO
ANNUALE DEL COMITATO EMILIA-ROMAGNA
BOLOGNA, 17 FEBBRAIO 2026

Catastrofi naturali: modellare l'incertezza dei *peril weather-related*

Andrea Leoncini
Simone Persiano

Catastrophe Risk Modeling & Mitigation – Unipol S.p.A.

Peril weather-related

- Negli ultimi anni si è registrato un importante **aumento delle perdite economiche e assicurative** associate ad **eventi naturali meteo-indotti**.



Lugo di Romagna (RA),
maggio 2023
Foto: foto Avalon/Sintesi

Peril weather-related

- Negli ultimi anni si è registrato un importante **aumento delle perdite economiche e assicurative** associate ad **eventi naturali meteo-indotti**.
- Il processo di **urbanizzazione** ha aumentato significativamente le perdite dovute a catastrofi naturali, in particolare per quanto riguarda i rischi idraulici e idrogeologici, aumentando l'esposizione dei beni e riducendo le capacità di assorbimento del paesaggio naturale.



Peril weather-related

- Negli ultimi anni si è registrato un importante **aumento delle perdite economiche e assicurative** associate ad **eventi naturali meteo-indotti**.
- Il processo di **urbanizzazione** ha aumentato significativamente le perdite dovute a catastrofi naturali, in particolare per quanto riguarda i rischi idraulici e idrogeologici, aumentando l'esposizione dei beni e riducendo le capacità di assorbimento del paesaggio naturale.
- Ulteriore elemento rilevante è l'impatto dei **cambiamenti climatici**, che introducono ulteriori elementi di incertezza nella modellazione dei processi generativi sottostanti. In particolare, la potenziale invalidazione dell'assunzione di **stazionarietà in covarianza** compromette la stabilità delle relazioni statistiche nel tempo, rendendo più problematiche le inferenze e le previsioni attuariali.



Lugo di Romagna (RA),
maggio 2023
Foto: foto Avalon/Sintesi



*Esondazione del torrente Ravone, Bologna (BO),
Ottobre 2024.
Foto: 3B meteo*



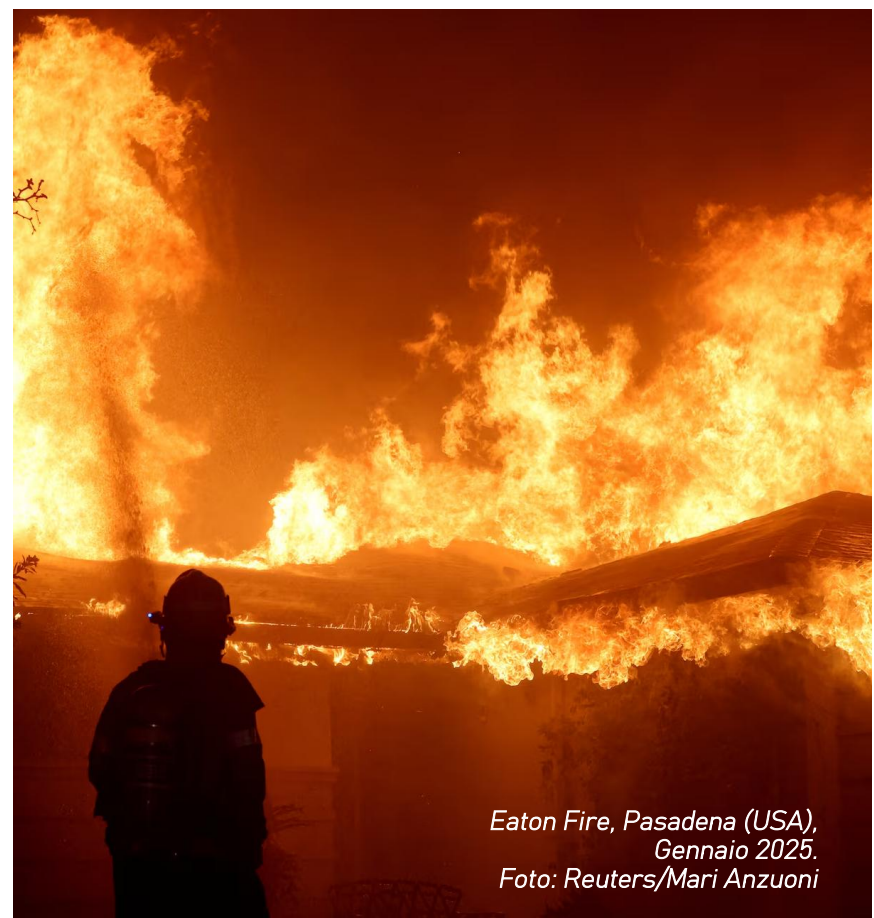
*Niscemi (CL),
Gennaio 2026
Foto: ANSA/Rosario Cauch*



*Lungomare di Siracusa (SR),
Gennaio 2026
Foto: La Repubblica Palermo*



*Udine (UD),
Luglio 2023
Foto: Udine Today*



*Eaton Fire, Pasadena (USA),
Gennaio 2025.
Foto: Reuters/Mari Anzuoni*

Eventi weather-related

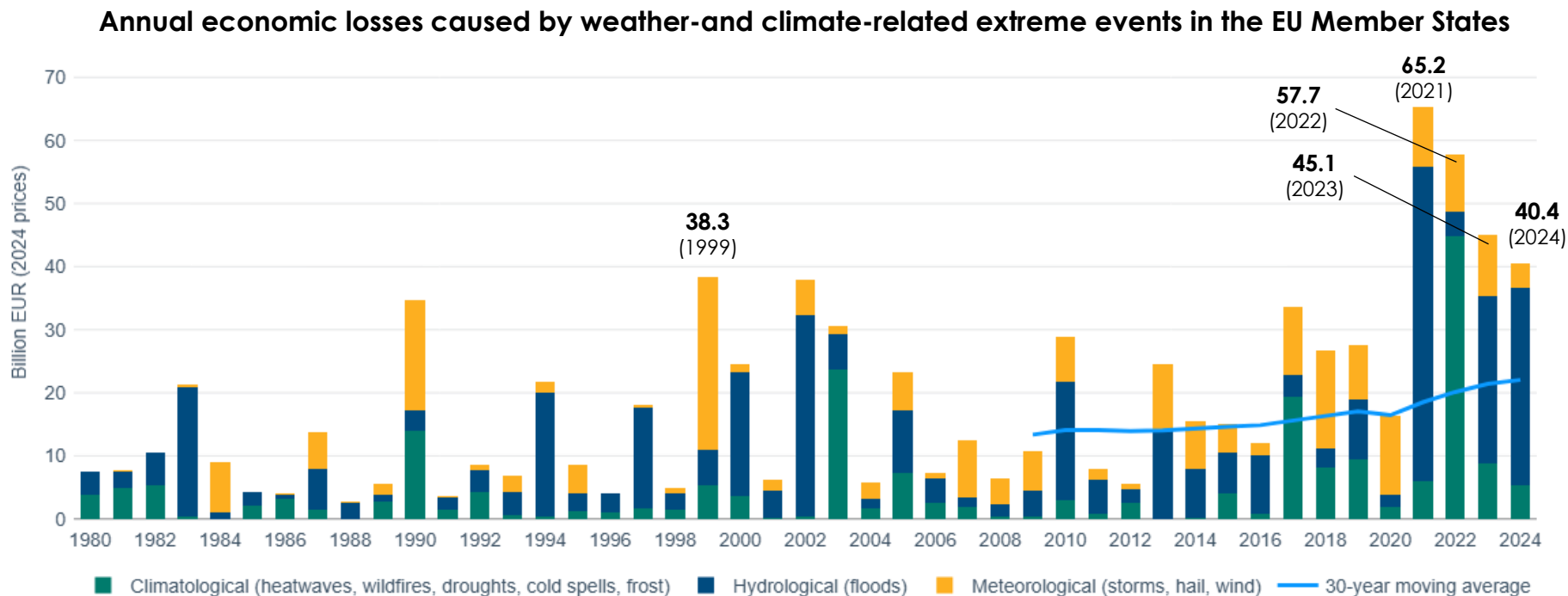
Perdite economiche nei paesi UE causate da eventi estremi legati a **fenomeni meteo-climatici** ([EEA, 2025](#)):

- **822 mld €** nel periodo **1980-2024** (45 anni);
- **208 mld €** (~25%) negli ultimi 4 anni (**2021-2024**, nella top-5 degli anni più gravosi in termini di perdite dal 1980);

Poiché si prevede un **ulteriore intensificarsi** degli eventi estremi legati a fenomeni meteo-climatici, è probabile che le perdite economiche associate **continuino ad aumentare** ([EEA, 2025](#)).

Contributo alle perdite economiche:

- **Eventi alluvionali:** ~43%
- **Eventi meteorologici** (sistemi temporaleschi, inclusi fulminazioni e grandine): ~27%
- **Eventi climatici:**
 - ~18% ondate di calore;
 - ~8% siccità, incendi boschivi e ondate di freddo.



Billion €, 2024 prices

Fonte: *European Environment Agency (EEA), Economic losses from weather- and climate-related extremes in Europe (2025)*

Eventi *weather-related*

Perdite economiche e decessi da eventi estremi legati a fenomeni meteo-climatici (1980-2024) per paese UE

- Le maggiori perdite economiche nel periodo 1980-2024 sono state registrate in Germania, Italia, Francia e Spagna.
- A **livello UE**, per il 1980-2024, **<20%** delle perdite economiche risultavano **assicurate**:
 - >35% per gli eventi meteorologici;
 - ~15% per gli eventi alluvionali;
 - ~10% per gli eventi climatici.
- Italia**: dei ~ 145 mld € di perdita economica complessiva nel 1980-2024, soltanto ~ 6.3 mld € sono risultati associati a **copertura assicurativa**, pari a **~4%** del totale.

Country	Total losses million EUR	Loss per km ² EUR	Loss per capita EUR	Insured losses million EUR	Insured losses %	Fatalities
Austria	19,757	235,538	2,417	3,669	19	2,426
Belgium	18,404	600,130	1,742	7,610	41	14,827
Bulgaria	6,292	56,684	801	99	2	3,190
Croatia	4,742	83,796	1,083	110	2	2,146
Cyprus	459	49,607	635	8	2	253
Czechia	21,711	275,270	2,086	2,885	13	1,382
Denmark	9,347	217,750	1,724	5,690	61	1,036
Estonia	352	7,766	250	54	15	547
Finland	2,422	7,159	465	74	3	1,873
France	138,104	216,302	2,218	48,009	35	69,059
Germany	186,908	522,718	2,304	57,663	31	107,508
Greece	18,311	139,046	1,734	912	5	14,096
Hungary	12,813	137,755	1,261	617	5	8,453
Ireland	4,833	69,095	1,169	813	17	295
Italy	145,226	480,766	2,503	6,373	4	56,855
Latvia	1,302	20,153	570	90	7	251
Lithuania	2,968	45,467	899	70	2	731
Luxembourg	1,409	543,089	2,980	685	49	218
Malta	83	261,285	204	2	2	170
Netherlands	13,241	354,112	828	6,255	47	5,450
Poland	27,885	89,395	738	1,611	6	6,773
Portugal	17,653	191,412	1,721	617	3	20,339
Romania	23,964	100,521	1,121	334	1	6,495
Slovakia	2,549	51,989	478	106	4	1,281
Slovenia	18,480	911,559	9,176	642	3	861
Spain	119,577	236,326	2,804	14,415	12	113,627
Sweden	3,831	8,563	419	990	26	927
Total EU-27	822,624			160,403		441,069
Iceland	27	267	93	0	0	3
Liechtenstein	22	139,338	674	11	48	1
Norway	4,462	11,604	956	3,079	69	77
Switzerland	22,749	550,999	3,056	7,978	35	19,408
Türkiye	7,978	10,225	120	535	7	3,222

Fonte: European Environment Agency (EEA), Economic losses from weather- and climate-related extremes in Europe (2025)

Cambiamenti climatici: impatti

- Il **Sixth Assessment Report** (AR6) pubblicato dall'**Intergovernmental Panel on Climate Change** (IPCC, 2023) evidenzia che le attività umane sono inequivocabilmente responsabili del riscaldamento globale osservato a partire dall'epoca preindustriale (dal 1850). Negli **ultimi decenni**, il pianeta è entrato in una **fase di marcato riscaldamento globale** a seguito delle crescenti concentrazioni di gas serra in atmosfera. Vi è buona confidenza in merito alla comprensione degli effetti termodinamici (e.g., innalzamento della temperatura media globale) del cambiamento climatico, mentre **più incerti** sono gli **effetti sulla dinamica dell'atmosfera** e, in particolare, i **pattern di ricorrenza e severità degli eventi atmosferici estremi**, *driver* della distribuzione di probabilità delle perdite economiche e assicurative.
- L'impatto dei cambiamenti climatici sui *pattern* di ricorrenza e severità degli eventi atmosferici estremi può avere **direzione e dimensione diverse** a seconda del *peril* e del territorio in esame.

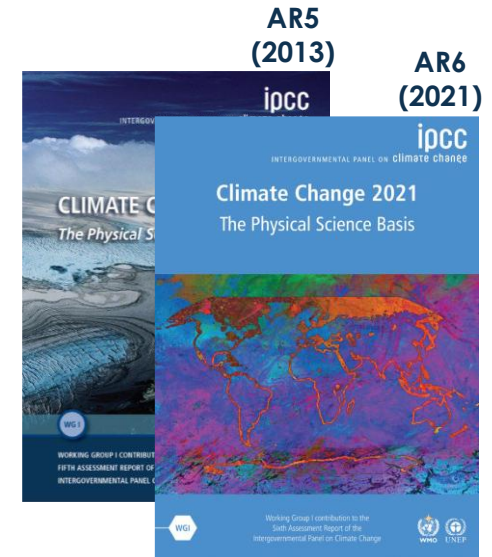
Region	Climatic Impact-driver																													
	Heat and Cold			Wet and Dry							Wind				Snow and Ice					Coastal and Oceanic				Other						
	Mean air temperature	Extreme heat	Cold spell	Frost	Mean precipitation	River flood	Heavy precipitation and pluvial flood	Landslide	Aridity	Hydrological drought	Agricultural and ecological drought	Fire weather	Mean wind speed	Severe wind storm	Tropical cyclone	Sand and dust storm	Snow, glacier and ice sheet	Permafrost	Lake, river and sea ice	Heavy snowfall and ice storm	Hail	Snow avalanche	Relative sea level	Coastal flood	Coastal erosion	Marine heatwave	Ocean acidity	Air pollution weather	Atmospheric CO ₂ at surface	Radiation at surface
Mediterranean (MED)	●	●	●		●		5		●			●	6	7				●		●			●		2		●		●	
Western and Central Europe (WCE)	●	●	●			●		4		●							●		●				●		2		●		●	
Eastern Europe (EEU)	●	●	●			●						●					●												●	
Northern Europe (NEU)	●	●	●		●	1											●		●				●	8	2,3		●		●	

Fonte: Table 12.7 in [IPCC \(2021\) Climate Change 2021 – The Physical Science Basis](#)

High confidence of decrease	Medium confidence of decrease
Low confidence in direction of change	Not broadly relevant
Medium confidence of increase	High confidence of increase

Cambiamenti climatici: impatti

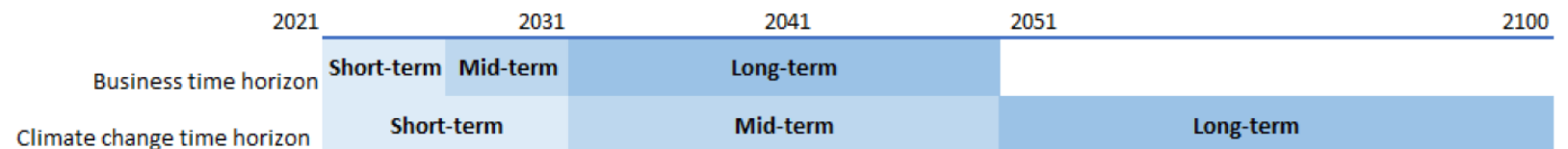
- La maggioranza delle polizze che offrono copertura ai danni derivanti da eventi naturali è di tipo **monoannuale**. Annuale è anche l'orizzonte di valutazione Solvency II e di copertura dei principali trattati riassicurativi.



- La maggioranza delle polizze che offrono copertura ai danni derivanti da eventi naturali è di tipo **monoannuale**. Annuale è anche l'orizzonte di valutazione Solvency II e di copertura dei principali trattati riassicurativi.
- Questa fattispecie fa sì che le valutazioni relative all'impatto stimato dei cambiamenti climatici in ottica di breve (10 anni), medio (10-30 anni) e lungo (oltre anni) termine siano principalmente legate alle valutazioni in ambito **ESG** (e.g., ORSA, CSRD).

Indicazioni EIOPA (European Insurance and Occupational Pensions Authority)

- 2020/11:** Discussion Paper on the potential inclusion of Climate Change in Nat Cat standard formula
- 2021/04:** Opinion Paper on the supervision of the use of climate change scenarios in ORSA
- 2021/12:** Consultation Paper on Application guidance on running climate change materiality assessment and using climate change scenarios in the ORSA
- 2021/12:** Metodological principles in insurance stress testing. Climate change components



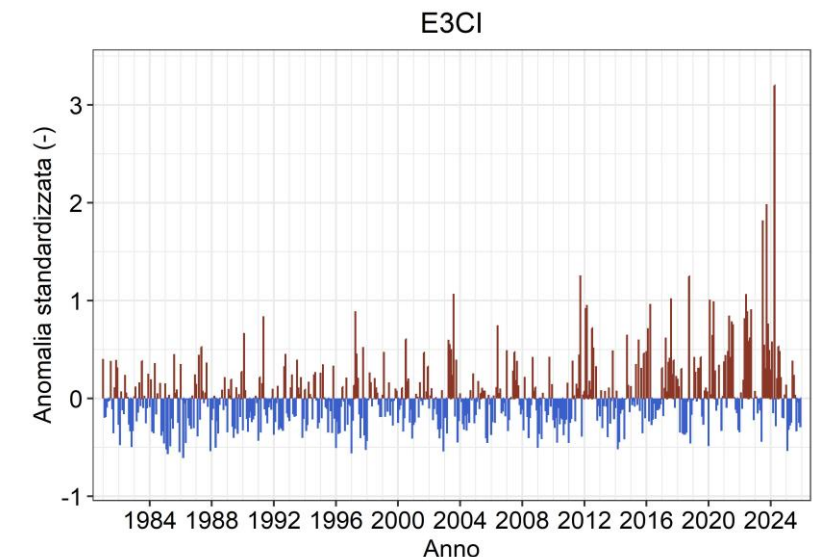
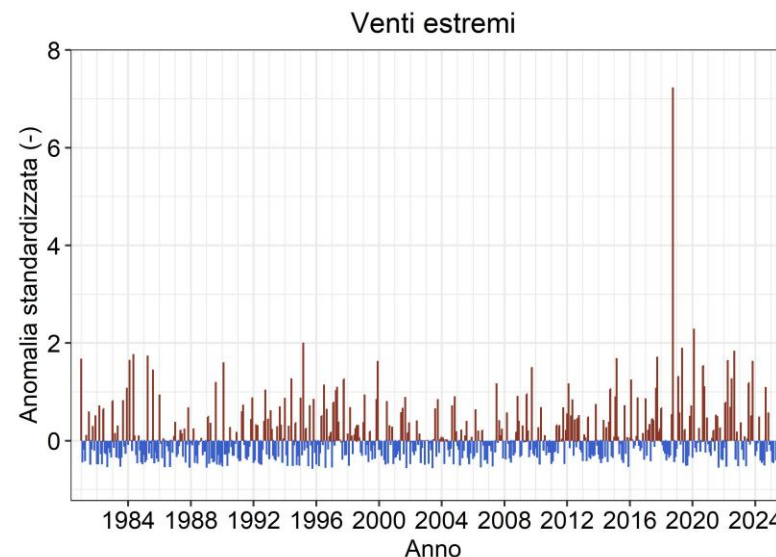
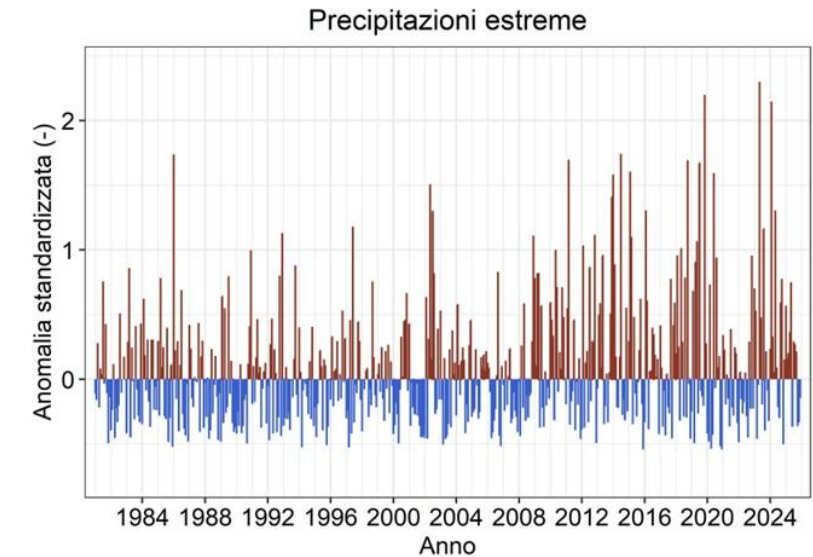
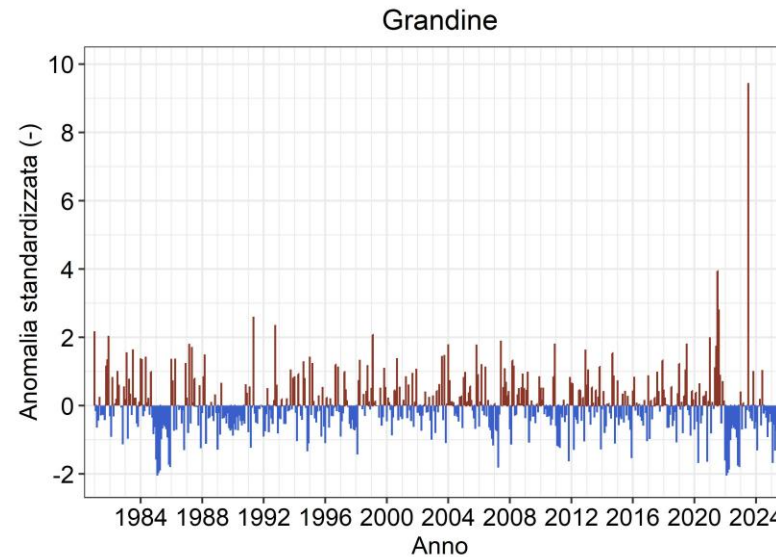
Fonte: "Consultation paper on Application guidance on running climate change materiality assessment and using climate change scenarios in the ORSA" - EIOPA-BoS-21/567, 10 December 2021

- È invece rilevante per tutta la catena del valore (*pricing* e *underwriting*, *capital requirement*, *reinsurance*) che le **stime dei pattern di frequenza e severità** all'interno dei **modelli di valutazione** siano **adeguate** a rappresentare il fenomeno all'interno della **climatologia corrente**.

- È invece rilevante per tutta la catena del valore (*pricing* e *underwriting*, *capital requirement*, *reinsurance*) che le **stime dei pattern di frequenza e severità** all'interno dei **modelli di valutazione** siano **adeguate** a rappresentare il fenomeno all'interno della **climatologia corrente**.

- A titolo di esempio, si riportano le serie storiche mensili degli indicatori di anomalia per il territorio italiano inclusi nello **European Extreme Events Climate Index (E3CI)** promosso da [IFAB](#), [CMCC](#) e [Leithà](#).

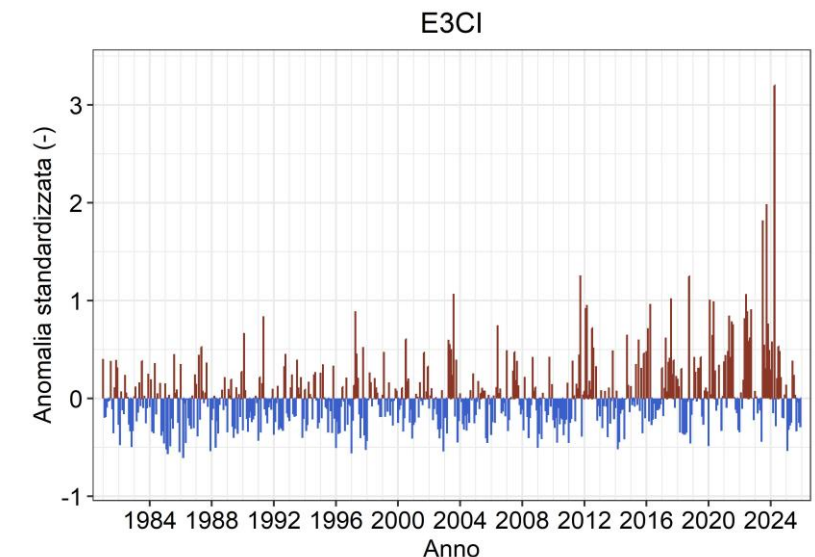
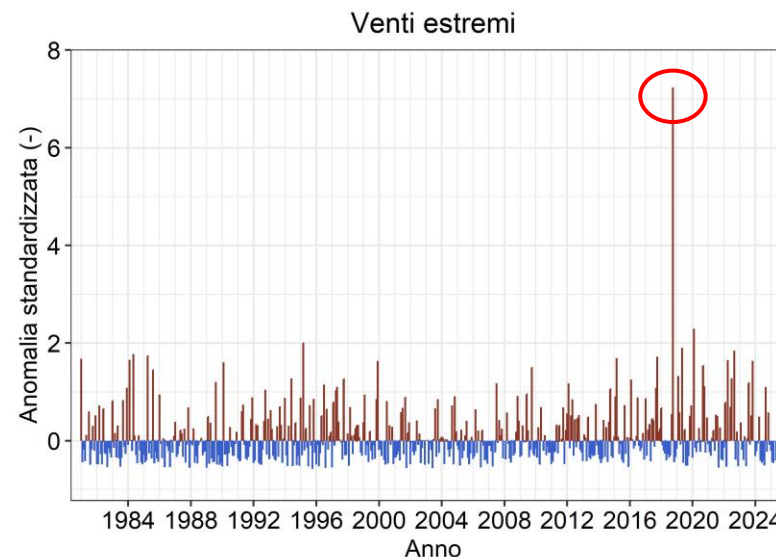
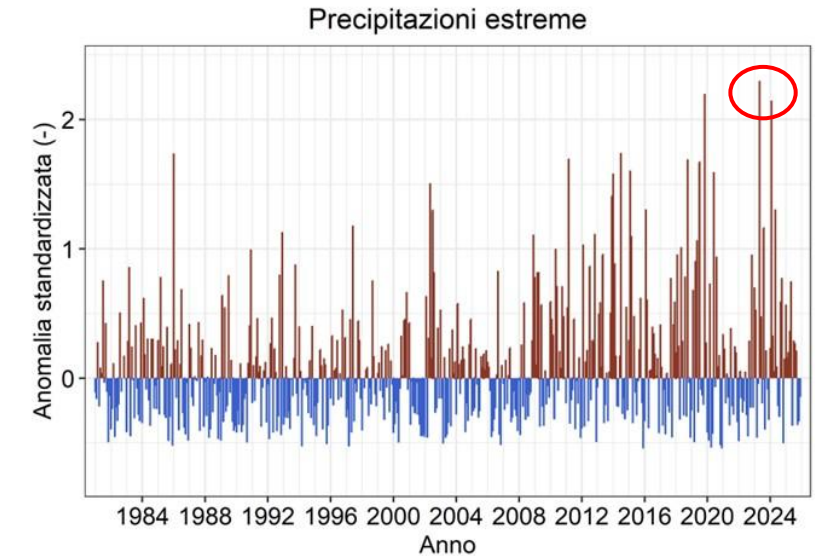
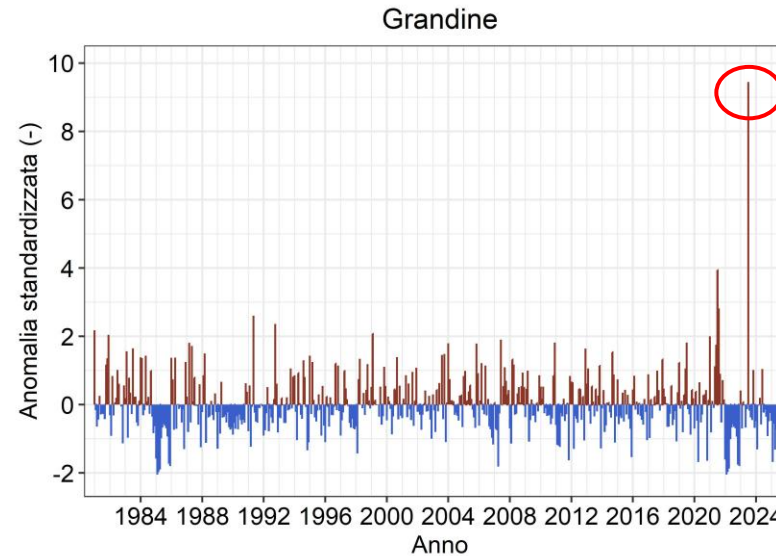
[E3CI](#) è calcolato sulla base del dataset di rianalisi [ERA5](#) (dati dal 1940 a oggi), rilasciato da [ECMWF](#) e reso disponibile nel [Copernicus Data Store \(CDS\)](#) del [Copernicus Climate Change Service](#).



Cambiamenti climatici: impatti

- Valori degli indicatori superiori a 1 identificano anomalie e sono pertanto da considerarsi critici, in quanto correlati al verificarsi di eventi climatici estremi.
- In figura risultano chiaramente identificabili i tre principali eventi naturali estremi che hanno caratterizzato in maniera particolare l'anno 2023 a scala nazionale: gli **eventi alluvionali in Emilia-Romagna (maggio 2023)** e **Toscana (novembre 2023)**, i rilevanti **fenomeni temporaleschi estivi (luglio 2023)** e la **tempesta Vaia (ottobre 2018)**.

E3CI è calcolato sulla base del dataset di rianalisi **ERA5** (dati dal 1940 a oggi), rilasciato da **ECMWF** e reso disponibile nel [Copernicus Data Store \(CDS\)](#) del [Copernicus Climate Change Service](#).

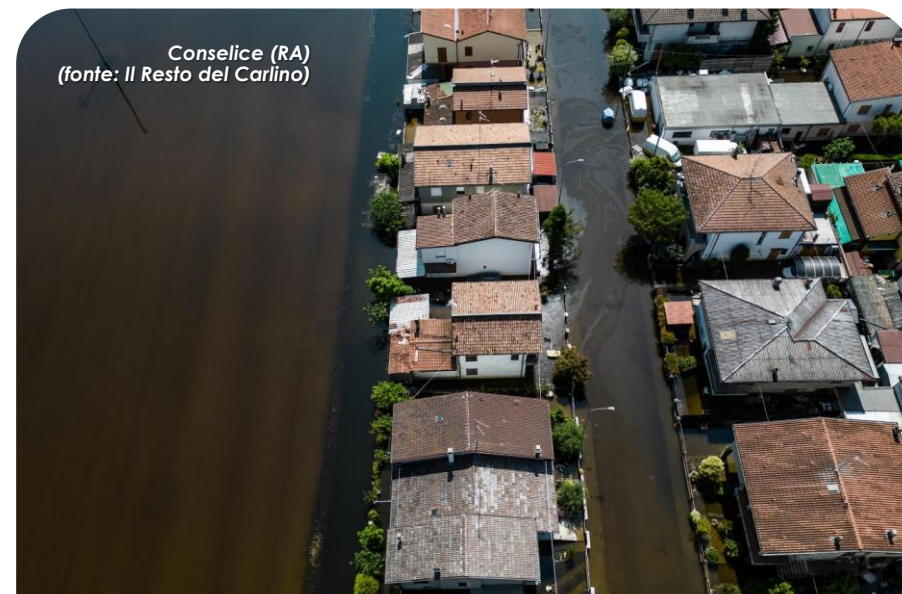


Gli eventi estremi del 2023

Gli eventi alluvionali in Emilia-Romagna del maggio 2023

Eventi alluvionali occorsi a seguito di due distinti eventi estremi di precipitazione (**1-3 maggio 2023** e **16-17 maggio 2023**):

- Coinvolti **~100 comuni** tra Emilia-Romagna, Marche e Toscana.
- Zone vallive: **esondazione** di corsi d'acqua in 23 punti distinti, con un volume di esondazione di $\sim 350 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ che ha provocato l'**allagamento** di **~540 km² di pianura**.
- Aree collinari e appenniniche: **oltre 65,000 frane** (72.21 km²).



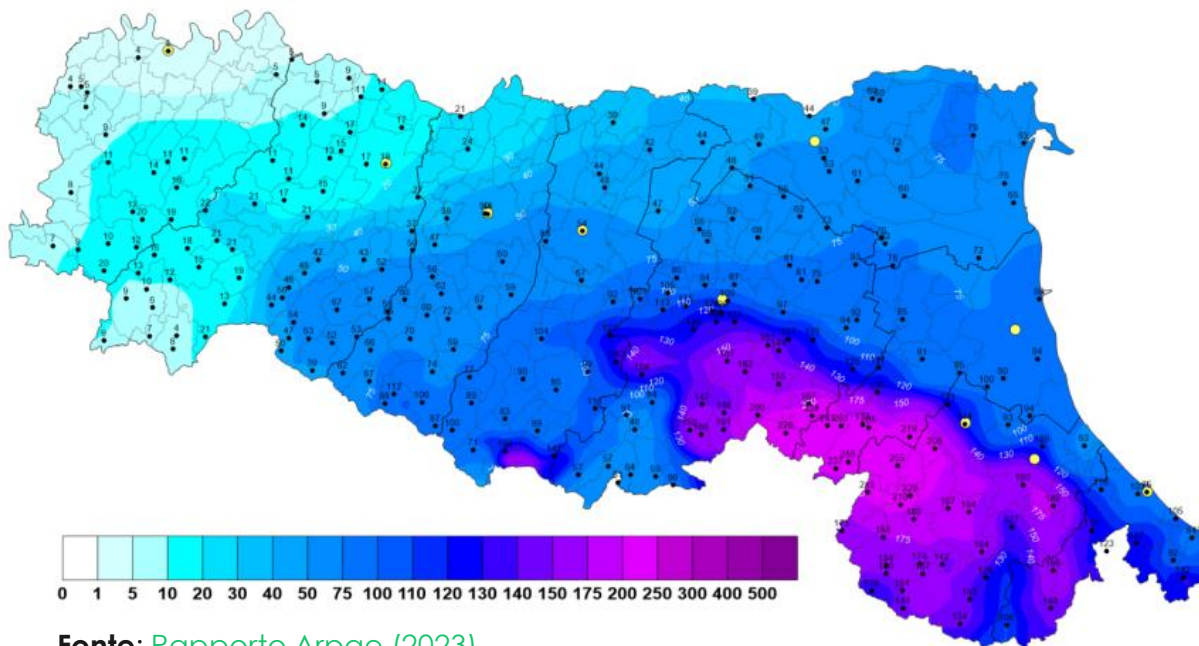
Gli eventi estremi del 2023

Gli eventi alluvionali in Emilia-Romagna del maggio 2023

L'evento pluviometrico è stato **eccezionale** sia sotto l'aspetto dell'intensità che dell'ampiezza di territorio coinvolto:

- per i singoli eventi di inizio e metà maggio 2023 sono stati stimati RP tra 100 e 500 anni, a seconda della località considerata;
- la probabilità che **due eventi di tale intensità si verificassero così ravvicinati** nel tempo è stata stimata in **RP>1000 anni**.

Precipitazioni cumulate sulla regione nel periodo 16-17 maggio 2023



Fonte: [Rapporto Arpae \(2023\)](#)

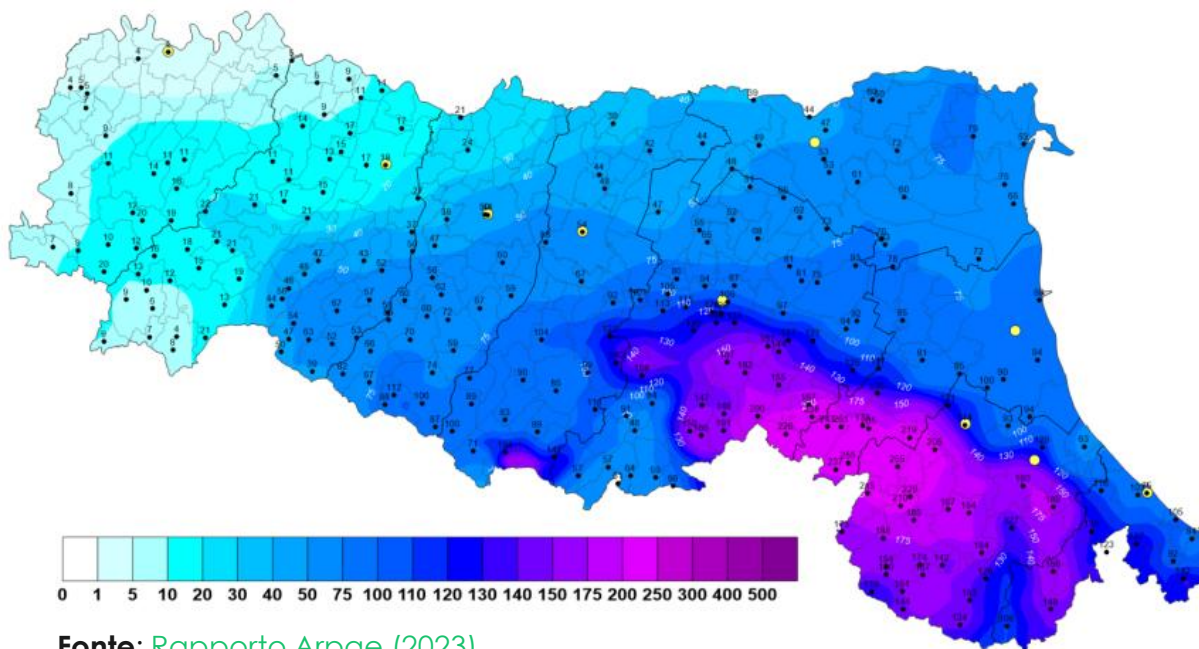
Gli eventi estremi del 2023

Gli eventi alluvionali in Emilia-Romagna del maggio 2023

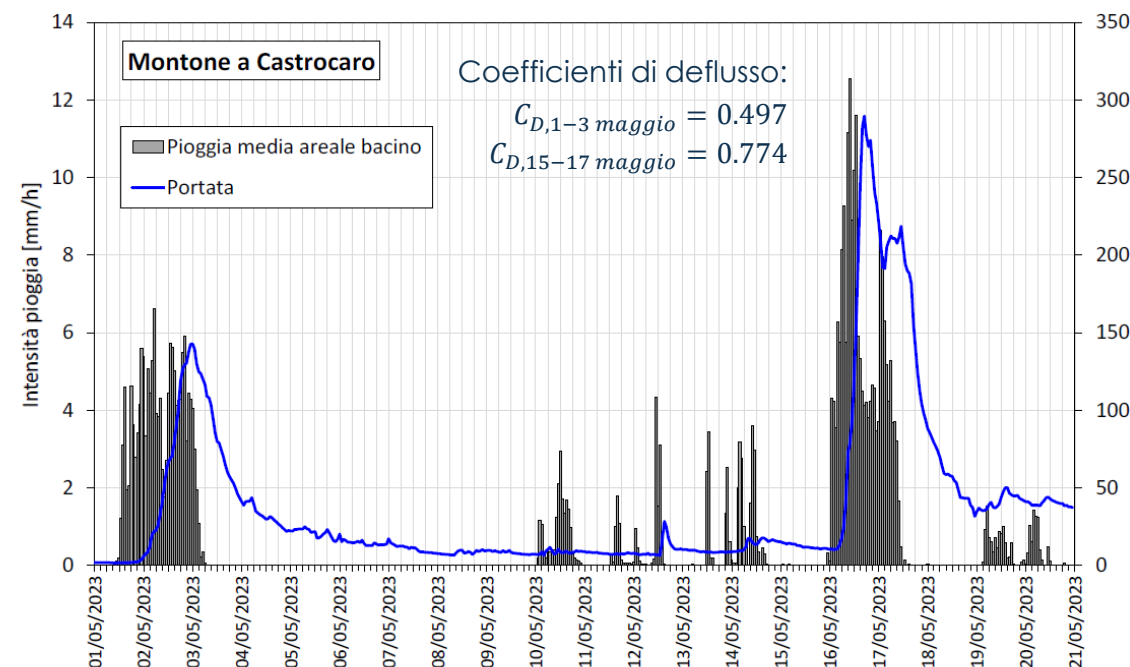
L'evento pluviometrico è stato **eccezionale** sia sotto l'aspetto dell'intensità che dell'ampiezza di territorio coinvolto:

- per i singoli eventi di inizio e metà maggio 2023 sono stati stimati RP tra 100 e 500 anni, a seconda della località considerata;
- la probabilità che **due eventi di tale intensità si verificassero così ravvicinati** nel tempo è stata stimata in **RP>1000 anni**.

Precipitazioni cumulate sulla regione nel periodo 16-17 maggio 2023



Ietogramma orario della pioggia media areale caduta sul bacino del Fiume Montone a Castrocaro (FC) e idrogramma di portata oraria



Fonte: [Rapporto della Commissione tecnico-scientifica - Regione Emilia-Romagna \(2023\)](#)

Effetto amplificativo dovuto al **succedersi in rapida cadenza temporale** dei due **eventi meteorici intensi**: il secondo evento di pioggia ha insistito su bacini idrografici nei quali i terreni erano già notevolmente saturati per effetto delle piogge dell'evento precedente, producendo così effetti al suolo notevolmente amplificati.

Il tempo (o periodo) di ritorno

Definizione, significato, declinazioni

Il **tempo di ritorno** T (o **return period**, RP) di un evento è il tempo medio intercorrente tra il verificarsi di due eventi successivi di entità uguale o superiore a un valore di assegnata intensità.

Per praticità, il tempo di ritorno è utilizzato in diversi campi tecnici in sostituzione del concetto di **probabilità di (non) superamento** associato a un determinato evento naturale (i fenomeni naturali sono aleatori e descrivibili come variabili casuali), nell'ipotesi di eventi indipendenti.

$$T = \frac{1}{p} = \frac{1}{P(X \geq x_T)}$$

Il tempo (o periodo) di ritorno

Definizione, significato, declinazioni

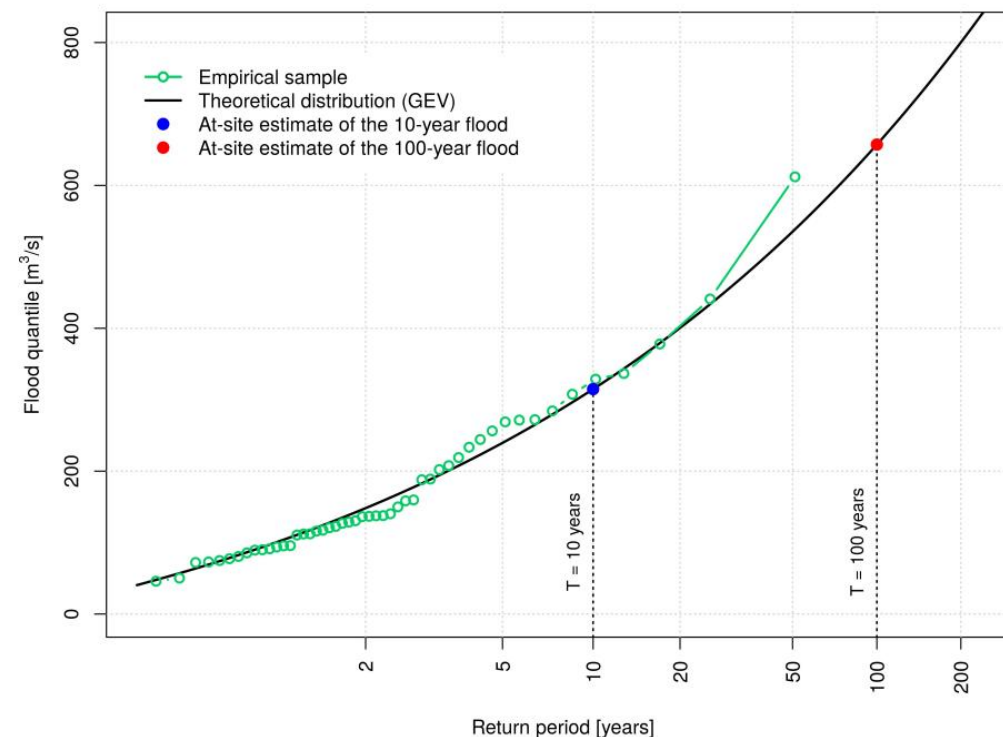
Il **tempo di ritorno** T (o **return period**, RP) di un evento è il tempo medio intercorrente tra il verificarsi di due eventi successivi di entità uguale o superiore a un valore di assegnata intensità.

Per praticità, il tempo di ritorno è utilizzato in diversi campi tecnici in sostituzione del concetto di **probabilità di (non) superamento** associato a un determinato evento naturale (i fenomeni naturali sono aleatori e descrivibili come variabili casuali), nell'ipotesi di eventi indipendenti.

$$T = \frac{1}{p} = \frac{1}{P(X \geq x_T)}$$

Il medesimo **evento alluvionale** può essere descritto da un determinato **tempo di ritorno** in funzione della specifica componente considerata:

- **Precipitazioni** (mm)
 - a scala puntuale (i.e., per la singola stazione di misura);
 - areali (e.g., a scala di bacino idrografico).
- **Portate fluviali** (m³/s), per la singola sezione fluviale (i.e., stazione idrometrica).
- Estensione delle **zone allagate** (km²) e **tiranti idrici** (m).
- Livelli di **perdita economica e assicurativa** (€), con riferimento:
 - all'area considerata
 - al portafoglio analizzato.



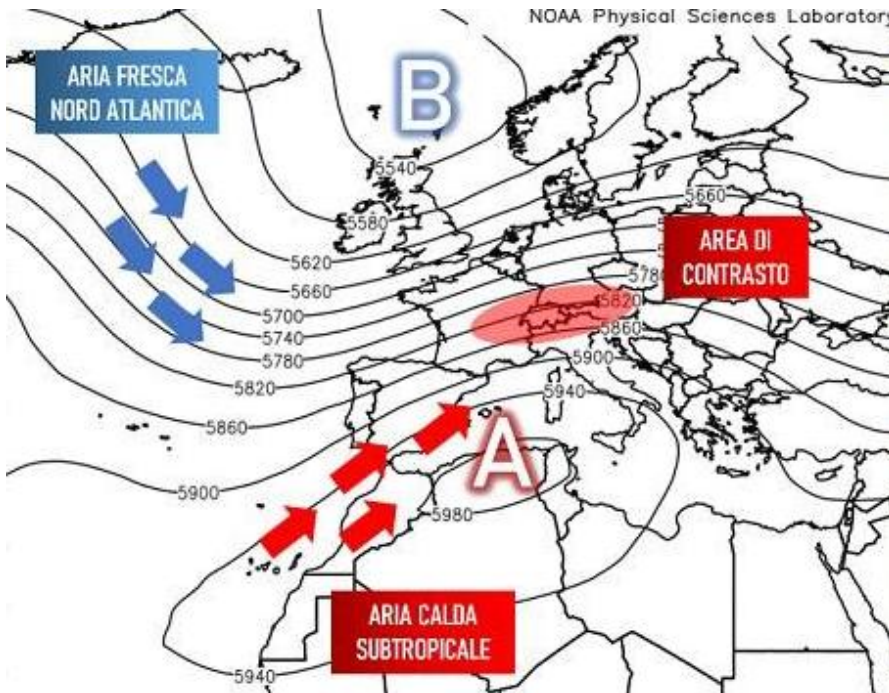
Gli eventi estremi del 2023

Gli eventi temporaleschi di luglio 2023

Italia settentrionale: fenomeni temporaleschi eccezionali in termini di intensità e frequenza:

- **4 giorni consecutivi** grandine >10 cm in Lombardia, Emilia-Romagna, Veneto e Friuli-Venezia Giulia;
- **nuovo record europeo** in termini di dimensione del chicco (~19 cm), osservato ad Azzano Decimo (PN).

9-25 luglio 2023, circolazione a scala sinottica a 500 hPa

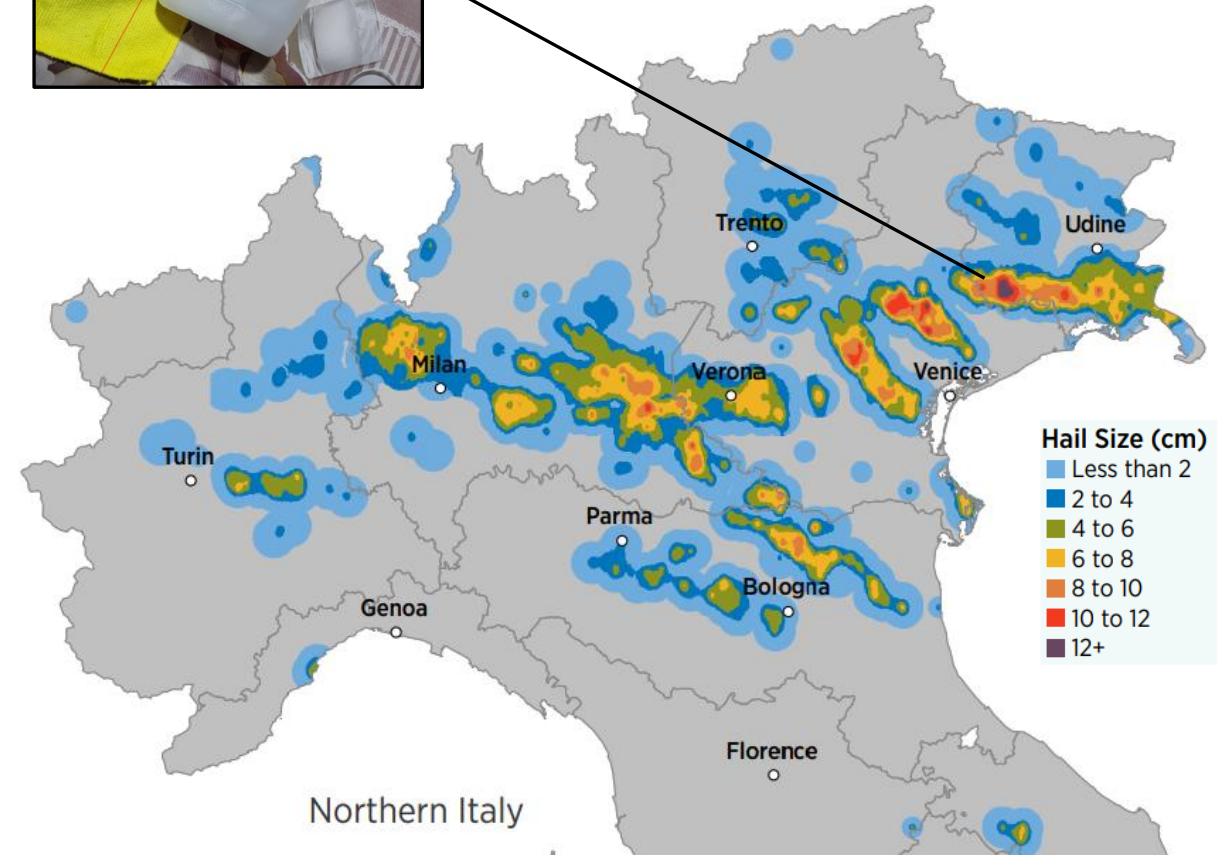


Grandine record, 24 luglio 2023
Azzano Decimo (PN)

Fonte: Tornado in Italia - Marilena Tonin

Footprint di grandine stimate, 18-25 luglio 2023

Fonte: [Gallagher Re \(2023, Q3\)](#) sulla base di dati [ESWD \(European Severe Weather Database\)](#)



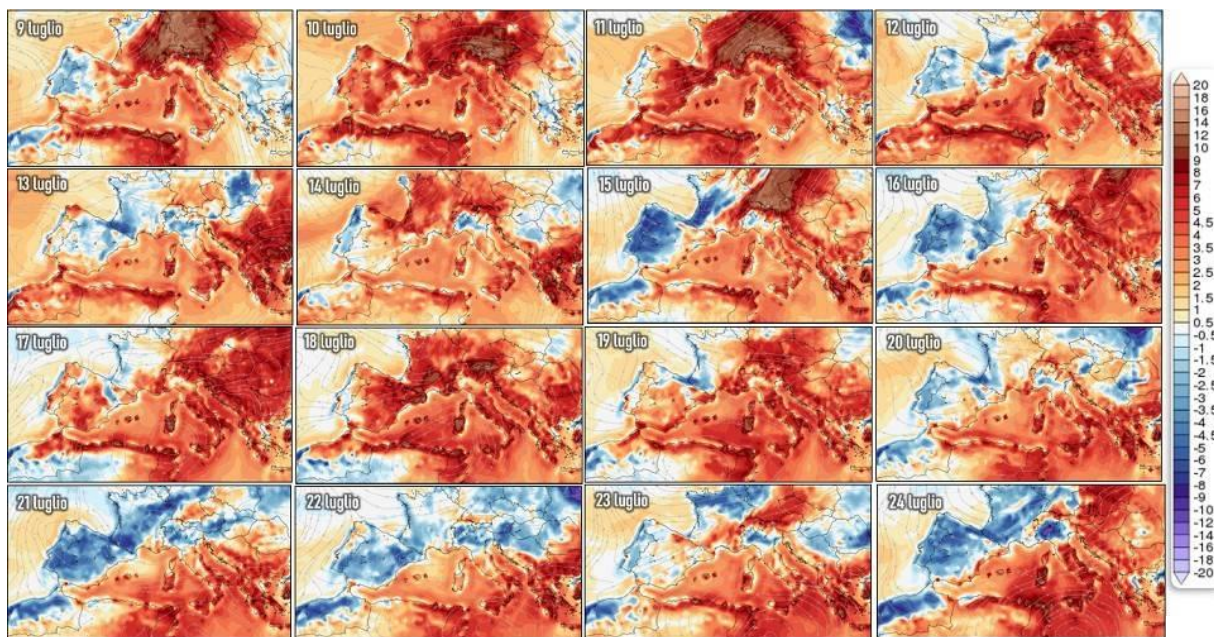
Gli eventi estremi del 2023

Gli eventi temporaleschi di luglio 2023

La persistenza di un sistema di alta pressione subtropicale ha determinato sull'Europa meridionale un'**anomalia positiva** di:

- **temperature superficiali** del mar Mediterraneo (i.e., maggior quantità di vapor d'acqua fornito all'atmosfera);
- **temperatura dell'aria** (oltre 47 °C a Olbia e Palermo).

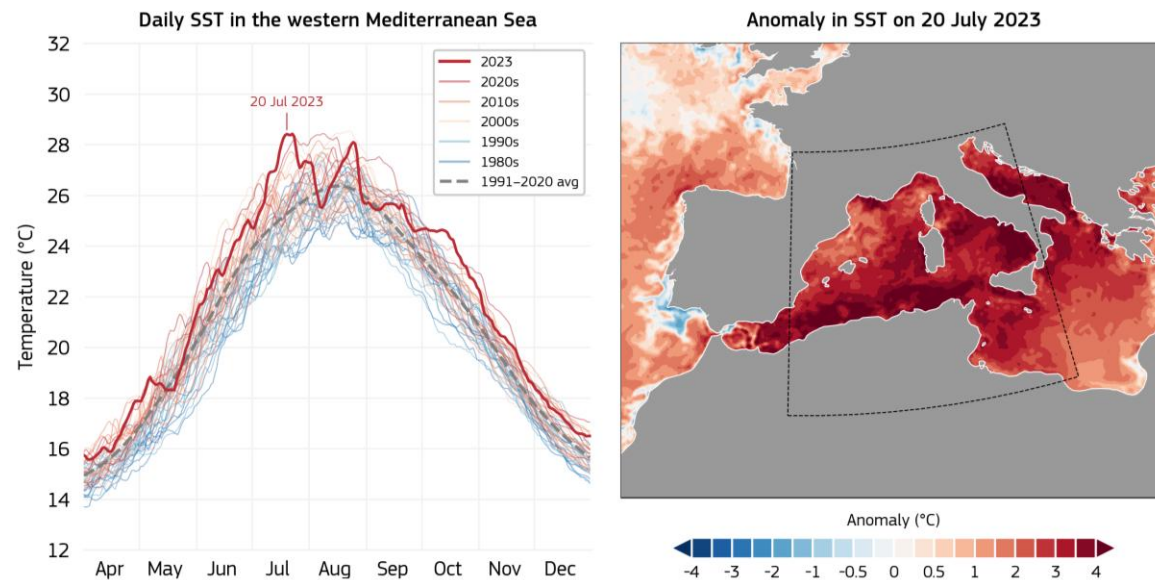
Anomalia giornaliera di temperatura a 2 m, 9-24 luglio 2023



Fonte: [centrometeo](#)

Ondata di calore marina nel Mediterraneo occidentale, Luglio 2023

Data: ESA SST CCI Analysis v3.0 • Reference period: 1991-2020 • Credit: ESACCI/EOCIS/UKMCAS/C3S/ECMWF



Copernicus Climate Change Service
European State of the Climate | 2023

PROGRAMME OF
THE EUROPEAN UNION

Copernicus
European State of the Climate

IMPLEMENTED BY
ECMWF

Fonte: [Climate Copernicus](#)

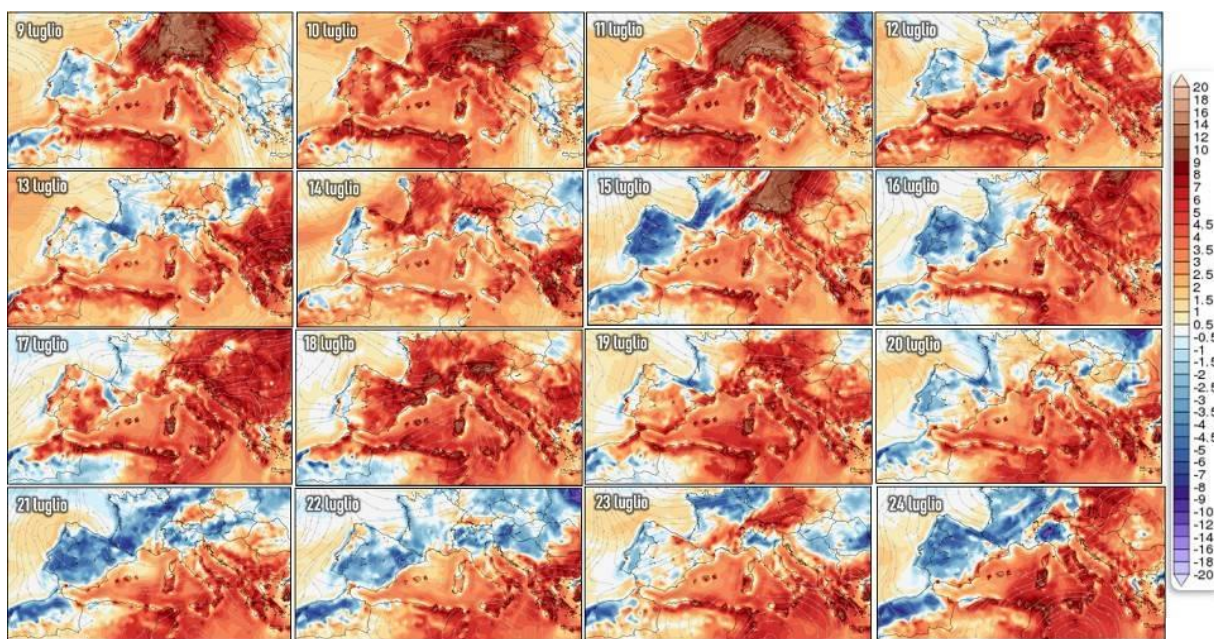
Gli eventi estremi del 2023

Gli eventi temporaleschi di luglio 2023

La persistenza di un sistema di alta pressione subtropicale ha determinato sull'Europa meridionale un'**anomalia positiva** di:

- **temperature superficiali** del mar Mediterraneo (i.e., maggior quantità di vapor d'acqua fornito all'atmosfera);
- **temperatura dell'aria** (oltre 47 °C a Olbia e Palermo).

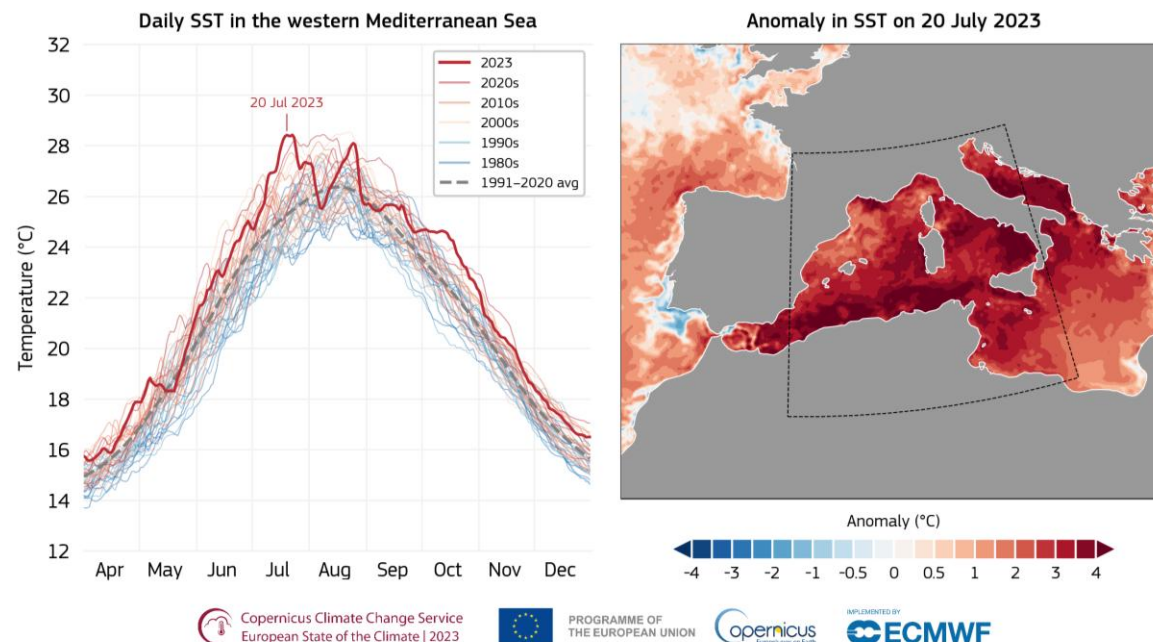
Anomalia giornaliera di temperatura a 2 m, 9-24 luglio 2023



Fonte: [centrometeo](#)

Ondata di calore marina nel Mediterraneo occidentale, Luglio 2023

Data: ESA SST CCI Analysis v3.0 • Reference period: 1991-2020 • Credit: ESACCI/EOCIS/UKMCAS/C3S/ECMWF



Fonte: [Climate Copernicus](#)

Il **riscaldamento dell'atmosfera** incrementa l'evaporazione, aumentando l'umidità dell'aria e fornendo maggiore energia utile allo sviluppo di temporali, associati a fenomeni **più intensi** e **grandine di maggiori dimensioni**.

Sebbene sia **difficile attribuire direttamente singoli eventi meteorologici al cambiamento climatico**, l'aumento della frequenza e dell'intensità dei temporali è in linea con le previsioni dei modelli climatici ([EGU Blogs, 2023](#)).

Le perdite assicurative

- Gli eventi più rilevanti dal punto di vista economico/sistemico non è detto siano i più rilevanti dal punto di vista assicurativo
- "Of all perils, SCS caused most insured losses in 2023: USD 64 billion, near double the previous 5- and 10-year averages (see Figure 2). Most SCS losses were in the US, but other countries were also hit, notably (northern) Italy where storms with giant hail stones wreaked insured damages of USD 5.5 billion". Sigma 2024, Swiss Re Institute

Economic Losses				Gallagher Re, Natural catastrophe and climate report 2023	
Event Name	Date	Region	Countries	Economic Loss	Insured Loss
Turkey Earthquakes	Feb. 6-23	Europe	TR, SY	46,200	6,100
Typhoon Doksuri	Jul. 24-31	Asia	PH, TW, CN	18,400	1,400
Hurricane Otis	Oct. 24-26	Latin America	MX	15,100	4,000
US Drought	Annual	United States	US	14,900	7,200
China Seasonal Floods	Summer	Asia	CN	13,100	400
Storm Daniel	Sep. 4-11	Europe	BG, GR, LY, TR	10,100	500
Italy Flood/Minerva	May 12-16	Europe	BA, HR, IT	9,700	600
Argentina Drought	Jan. 1-Dec. 31	Latin America	AR	9,200	300
Spain Drought	Jan. 1-Dec. 31	Europe	ES	8,200	900
Brazil Drought	Jan. 1-Dec. 31	Latin America	BR	7,200	200
Grand Totals				357 billion	123 billion

Table 1: Top 10 costliest economic loss events of 2023 (losses listed in USD million) | Data and Graphic: Gallagher Re



Attività di sottoscrizione per i singoli rischi climatici: premi, sinistri, spese e indicatori di performance ^(a)								
Dati della produzione assicurativa	Inondazione	% rispetto	Variazione	Tempesta	% rispetto	Variazione	Grandine	% rispetto
	(milioni di euro)	ai rischi climatici	2023/2022	(milioni di euro)	ai rischi climatici	2023/2022	(milioni di euro)	ai rischi climatici
Premi lordi	293	12,3%	12,7%	499	20,9%	6,6%	1.570	65,9%
Premi al netto riass.	189	12,3%	-8,3%	295	19,2%	-16,0%	976	63,5%
Premi di competenza lordi	284	13,0%	15,0%	463	21,2%	6,7%	1.412	64,8%
Premi di competenza al netto riass.	180	12,8%	-7,7%	267	18,9%	-18,1%	878	62,3%
Sinistri (pagati e riservati) al lordo riass.	711	10,1%	338,9%	1.084	15,4%	190,6%	5.187	73,9%
Sinistri (pagati e riservati) al netto riass.	406	11,7%	194,2%	421	12,2%	28,7%	2.556	73,9%
Spese sostenute	78	12,1%	14,7%	113	17,5%	13,0%	441	68,2%

Indicatori di performance (%)	2022	2023	Variazione 2023/2022	2022	2023	Variazione 2023/2022	2022	2023	Variazione 2023/2022
			(punti percentuali)			(punti percentuali)			(punti percentuali)
Combined ratio=Loss ratio + expense ratio	93,1%	278%	185,2	109,0%	258,5%	149,5	141,5%	398,6%	257,1
Loss ratio=Sinistri lordi / premi di competenza	65,4%	251%	185,2	86,0%	234,1%	148,1	110,9%	367,4%	256,4
Expense ratio=Spese sostenute/ premi di competenza	27,7%	28%	-0,0	23,0%	24,5%	1,5	30,6%	31,2%	0,7

(a) Elaborazioni al netto dei dati outlier o anomali di una compagnia.

IVASS, Rapporto 2025. Rischi da catastrofi naturali e di sostenibilità monitoraggio annuale

Le perdite assicurative

- Gli eventi più rilevanti dal punto di vista economico/sistemico non è detto siano i più rilevanti dal punto di vista assicurativo
- "Of all perils, SCS caused most insured losses in 2023: USD 64 billion, near double the previous 5- and 10-year averages (see Figure 2). Most SCS losses were in the US, but other countries were also hit, notably (northern) Italy where storms with giant hail stones wreaked insured damages of USD 5.5 billion". Sigma 2024, Swiss Re Institute
- **La Riassicurazione** mitiga il rischio, soprattutto quello di insolvenza, ma non sterilizza l'alta volatilità del conto economico.

Economic Losses				Gallagher Re, Natural catastrophe and climate report 2023	
Event Name	Date	Region	Countries	Economic Loss	Insured Loss
Turkey Earthquakes	Feb. 6-23	Europe	TR, SY	46,200	6,100
Typhoon Doksuri	Jul. 24-31	Asia	PH, TW, CN	18,400	1,400
Hurricane Otis	Oct. 24-26	Latin America	MX	15,100	4,000
US Drought	Annual	United States	US	14,900	7,200
China Seasonal Floods	Summer	Asia	CN	13,100	400
Storm Daniel	Sep. 4-11	Europe	BG, GR, LY, TR	10,100	500
Italy Flood/Minerva	May 12-16	Europe	BA, HR, IT	9,700	600
Argentina Drought	Jan. 1-Dec. 31	Latin America	AR	9,200	300
Spain Drought	Jan. 1-Dec. 31	Europe	ES	8,200	900
Brazil Drought	Jan. 1-Dec. 31	Latin America	BR	7,200	200
Grand Totals				357 billion	123 billion

Table 1: Top 10 costliest economic loss events of 2023 (losses listed in USD million) | Data and Graphic: Gallagher Re



Attività di sottoscrizione per i singoli rischi climatici: premi, sinistri, spese e indicatori di performance ^(a)								
Dati della produzione assicurativa	Inondazione (milioni di euro)	% rispetto ai rischi climatici totali 2023	Variazione 2023/2022	Tempesta (milioni di euro)	% rispetto ai rischi climatici totali 2023	Variazione 2023/2022	Grandine (milioni di euro)	% rispetto ai rischi climatici totali 2023
Premi lordi	293	12,3%	12,7%	499	20,9%	6,6%	1.570	65,9%
Premi al netto riass.	189	12,3%	-8,3%	295	19,2%	-16,0%	976	63,5%
Premi di competenza lordi	284	13,0%	15,0%	463	21,2%	6,7%	1.412	64,8%
Premi di competenza al netto riass.	180	12,8%	-7,7%	267	18,9%	-18,1%	878	62,3%
Sinistri (pagati e riservati) al lordo riass.	711	10,1%	338,9%	1.084	15,4%	190,6%	5.187	73,9%
Sinistri (pagati e riservati) al netto riass.	406	11,7%	194,2%	421	12,2%	28,7%	2.556	73,9%
Spese sostenute	78	12,1%	14,7%	113	17,5%	13,0%	441	68,2%

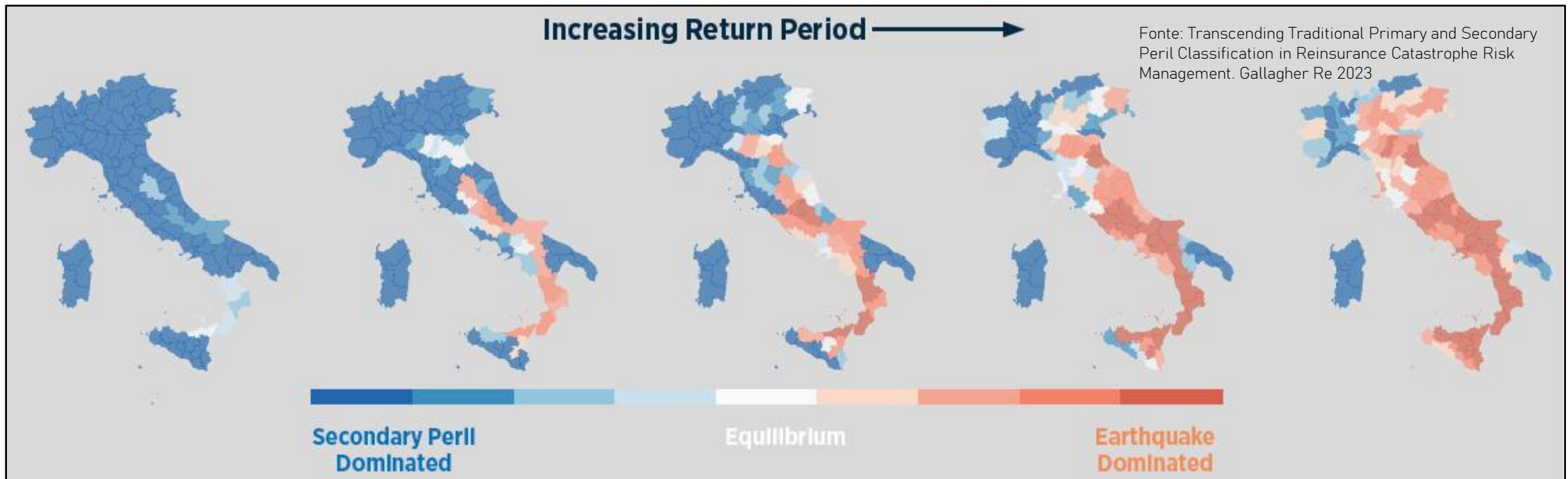
Indicatori di performance (%)	2022	2023	Variazione 2023/2022 (punti percentuali)	2022	2023	Variazione 2023/2022 (punti percentuali)	2022	2023	Variazione 2023/2022 (punti percentuali)
Combined ratio=Loss ratio + expense ratio	93,1%	278%	185,2	109,0%	258,5%	149,5	141,5%	398,6%	257,1
Loss ratio=Sinistri lordi / premi di competenza	65,4%	251%	185,2	86,0%	234,1%	148,1	110,9%	367,4%	256,4
Expense ratio=Spese sostenute/ premi di competenza	27,7%	28%	-0,0	23,0%	24,5%	1,5	30,6%	31,2%	0,7

(a) Elaborazioni al netto dei dati outlier o anomali di una compagnia.

- La comunità del CAT *modeling* negli ultimi anni ha spesso distinto «**primary**» e «**secondary**» **peril**, identificando con i primi le catastrofi relativamente rare e potenzialmente ingenti (uragani e terremoti) e con i secondi gli eventi naturali più frequenti e generalmente meno disastrosi (come grandine, alluvioni o incendi boschivi). Generalmente, i primi sono ben monitorati, con modelli di rischio consolidati, mentre i secondi sono stati storicamente trattati con un approccio meno rigoroso e solo negli ultimi anni hanno visto una crescente attenzione e perfezionamento della modellistica associata*. Tale distinzione è stata oggetto di critiche sia perché causa di **potenziale slittamento semantico**, sia per la crescente rilevanza in termini di contributo alle perdite osservata negli ultimi anni.

*Si veda a titolo di esempio: Transcending Traditional Primary and Secondary Peril Classification in Reinsurance Catastrophe Risk Management. Gallagher Re

- La comunità del CAT modeling negli ultimi anni ha spesso distinto «**primary**» e «**secondary**» **peril**, identificando con i primi le catastrofi relativamente rare e potenzialmente ingenti (uragani e terremoti) e con i secondi gli eventi naturali più frequenti e generalmente meno disastrosi (come grandine, alluvioni o incendi boschivi). Generalmente, i primi sono ben monitorati, con modelli di rischio consolidati, mentre i secondi sono stati storicamente trattati con un approccio meno rigoroso e solo negli ultimi anni hanno visto una crescente attenzione e perfezionamento della modellistica associata*. Tale distinzione è stata oggetto di critiche sia perché causa di **potenziale slittamento semantico**, sia per la crescente rilevanza in termini di contributo alle perdite osservata negli ultimi anni.
- Al di là delle incertezze modellistiche, rimane utile evidenziare (v. immagine) come la rilevanza dei diversi **peril** possa variare anche in termini di rango a seconda del periodo di ritorno e del territorio analizzati e, più in termini economici, in relazione alla misura oggetto di attenzione: **volatilità del bilancio, earning at risk, solvency**.



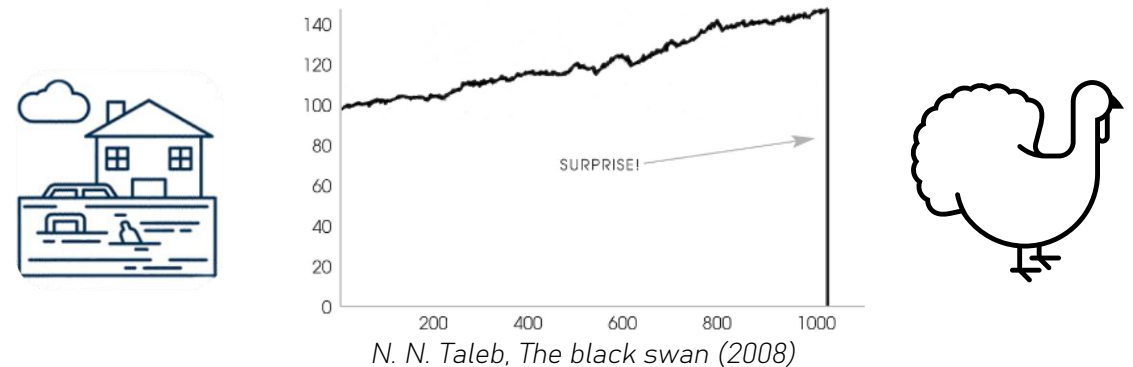
*Si veda a titolo di esempio: Transcending Traditional Primary and Secondary Peril Classification in Reinsurance Catastrophe Risk Management. Gallagher Re



B. Orlin, Math with bad drawings (2018)

Se i rischi sono indipendenti e simili, le fluttuazioni si annullano...

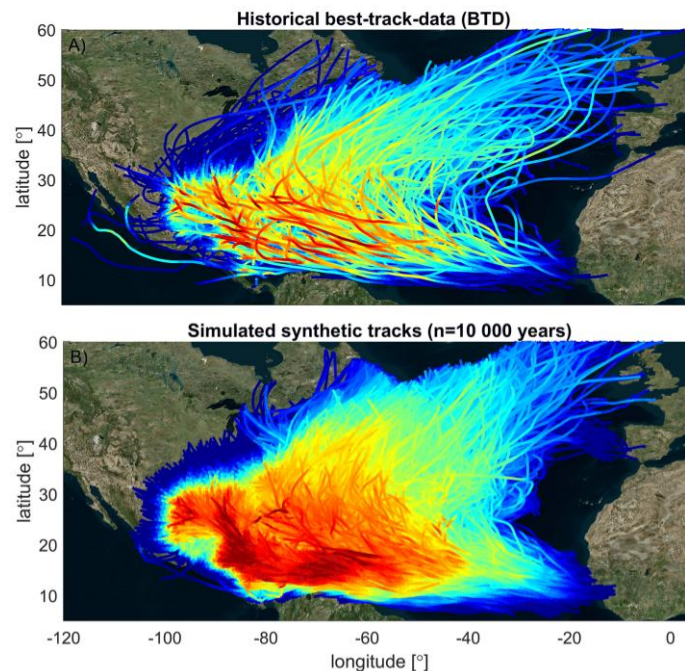
- **Legge dei grandi numeri:** più polizze → meno incertezza.
- **Teorema del limite centrale:** al crescere del portafoglio la distribuzione tende a una curva a campana.



Ecco la realtà delle **catastrofi**...

- Distribuzioni con eventi estremi: uragani, terremoti, alluvioni, crisi finanziarie, pandemie.
- Un singolo evento può spazzare via decenni di profitti.
- La media non è stabile → la legge dei grandi numeri non salva più.
- Taleb: "The turkey fed for 1,000 days, then comes Thanksgiving".

- Le distribuzioni delle perdite derivanti da eventi naturali sono a coda spesso. L'approccio di simulazione basato sulla modellazione della catena causale che le genera (pericolo-vulnerabilità) è l'unico in grado di garantire la **convergenza spazio-temporale delle misure di perdita stimate** e di informare le stime rispetto alle variazioni nei modelli dei fattori di perdita (ad esempio, quelli dovuti ai cambiamenti climatici).
- Al contrario, questo approccio, oltre all'incertezza epistemica associata allo stato dell'arte della modellazione e ai dati disponibili, può generare un **rischio di base significativo** se tutti i fattori che determinano le caratteristiche delle perdite non sono specificati correttamente.



N. N. Taleb, The statistical consequences of fat tails (2020)



Figure 3.24: Because of the slowness of the law of large numbers, under thick tails, the past's past doesn't resemble the past's future; accordingly, today's past will not resemble today's future. Things are easier under thin tails. Credit Stefan Gasic.

Definizione di rischio



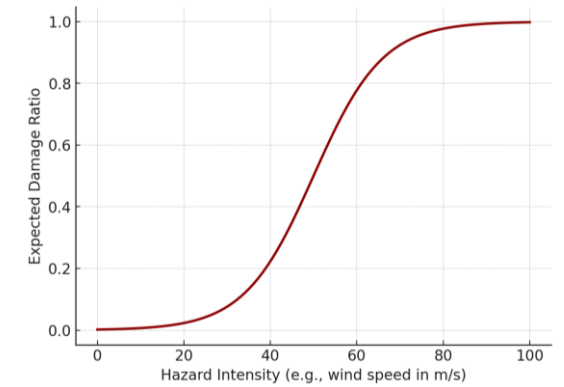
Pericolosità

Analisi
probabilistica
della frequenza e
dell'intensità del
fenomeno fisico
in esame



Vulnerabilità

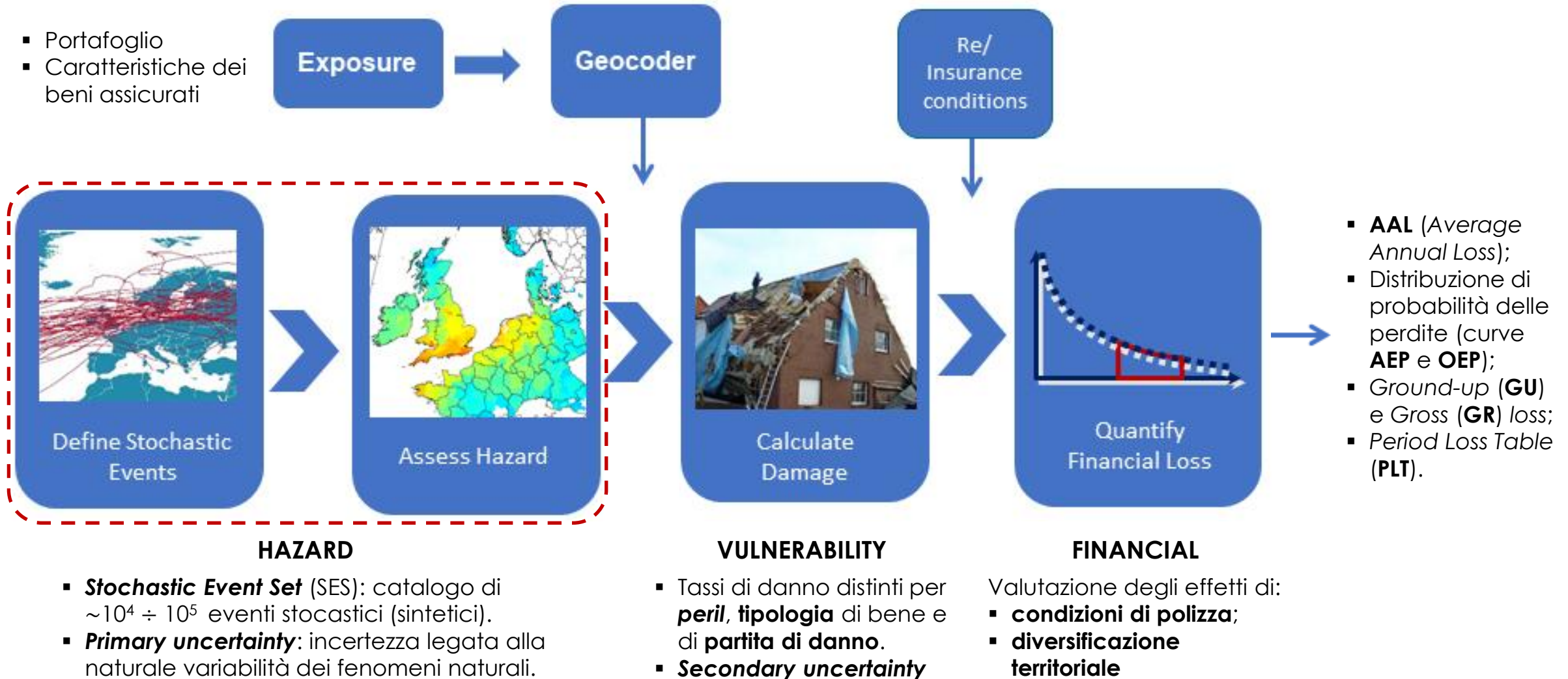
Esposizione



Struttura di un modello catastrofale *fully-probabilistic*

Fonte: Riadattamento di immagine
[Oasis LMF \(Loss Modelling Framework\)](#)

- Portafoglio
- Caratteristiche dei beni assicurati



Componente *hazard* e gradiente spaziale

Precisione: grado di concordanza tra le misurazioni.

Accuratezza: grado di corrispondenza tra le misurazioni (valore medio campionario) e il **valore vero**.

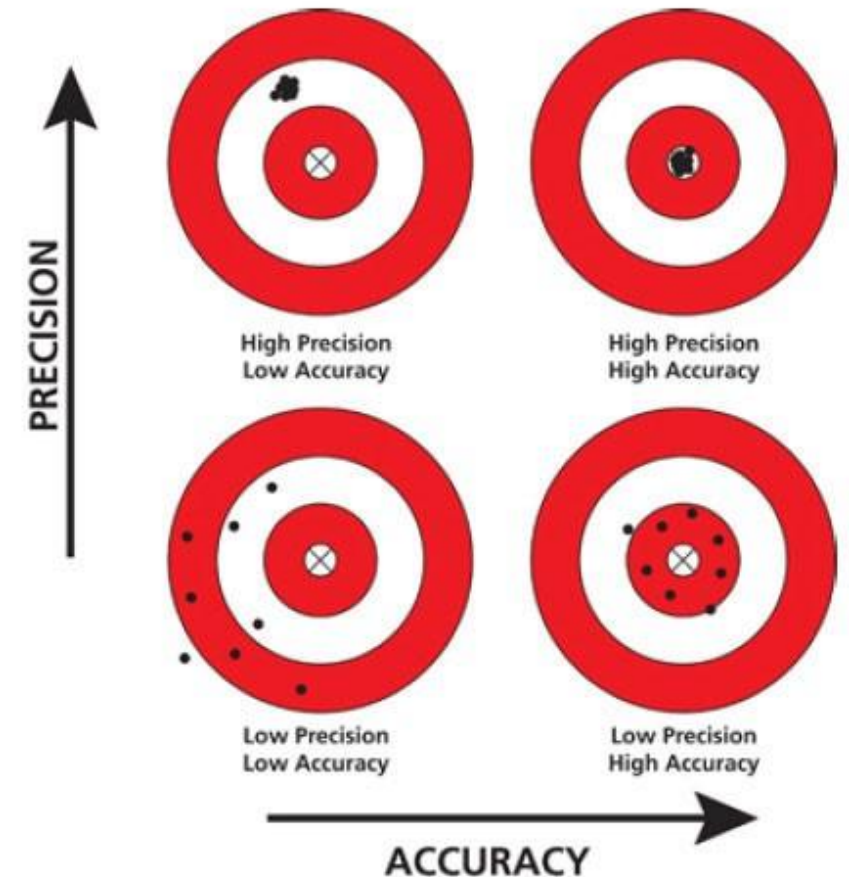
Alluvione (*Flood*)

- Elevato gradiente spaziale
- Necessità di catturare compiutamente la complessità della topografia (risoluzione spaziale $\sim 10 \div 50$ m)



Tempeste convettive severe (SCS)

- Rilevanti gradienti spaziali
- Climatologia regionale uniforme
- Opportunità di restituire risultati con risoluzione spaziale a livello di CAP



Modelli catastrofali disponibili sul mercato

- **Modelli proprietari**, tra cui si citano:

- RMS (oggi [Moody's](https://www.moody's.com/))
- [Verisk](https://www.verisk.com/)
- CoreLogic (oggi [Cotality](https://www.cotality.com/))

MOODY'S

<https://www.moody's.com/>

Verisk™

<https://www.verisk.com/>

cotality
Intelligence beyond bounds™

<https://www.cotality.com/>

- Gradualmente, si stanno rendendo disponibili **soluzioni open-source**:

- [Oasis LMF \(Loss Modelling Framework\)](https://oasislmf.org/): piattaforma open-source di modelli NatCat
- [CLIMADA \(CLIMate ADaptation\)](https://climada.ethz.ch/): impiego di modelli NatCat anche all'esterno del contesto (ri)assicurativo (e.g., studi di adattamento climatico)

OASIS

<https://oasislmf.org/>

CLIMADA
Economics of Climate Adaptation

<https://climada.ethz.ch/>



Alcune sfide classiche della modellazione dei rischi catastrofici:

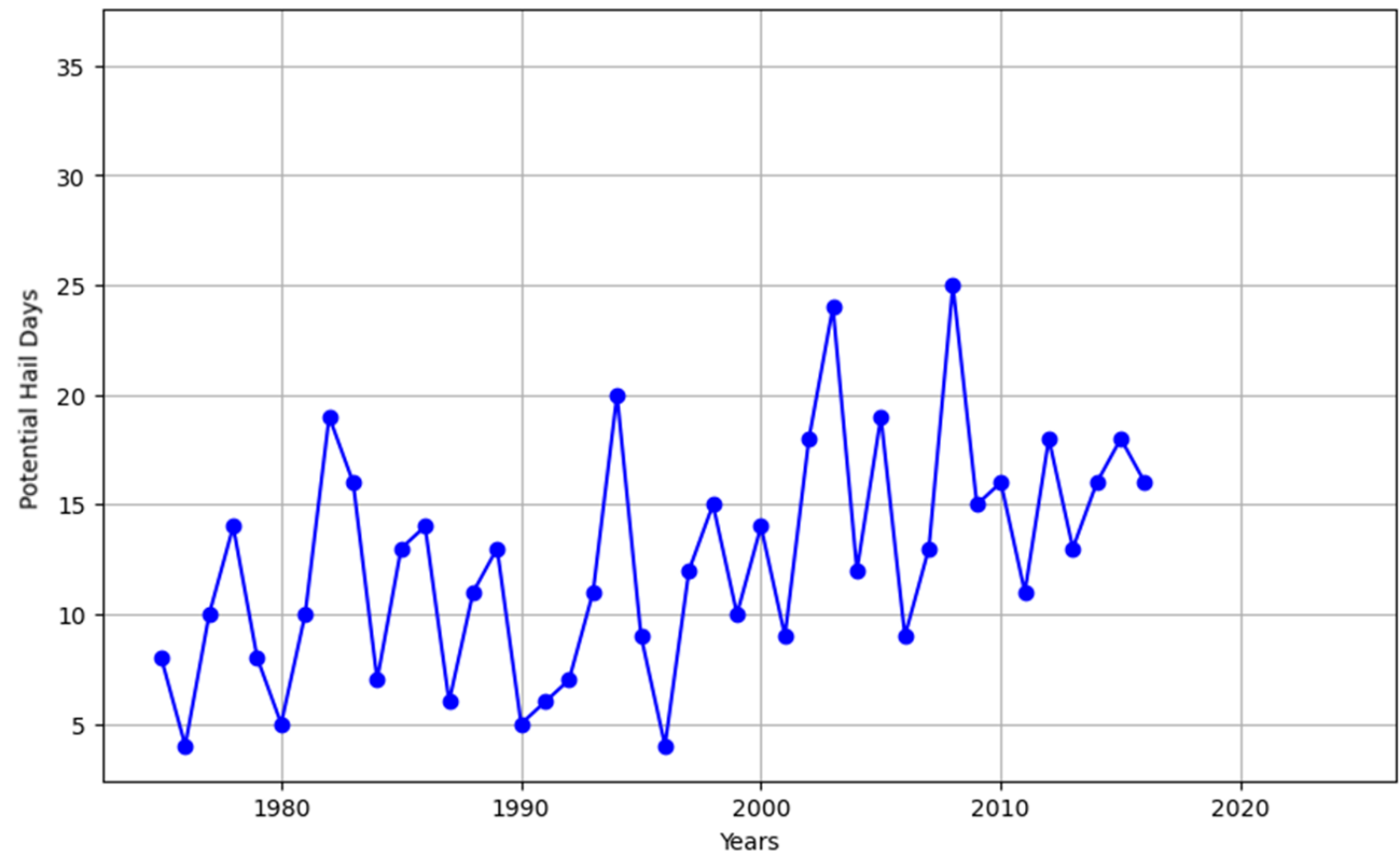
- Ridurre l'incertezza epistemica legata a completezza e accuratezza dei dati in input alla calibrazione.
- Stimare correttamente le code della distribuzione.
- Validare i modelli data la rarità degli eventi osservati.



Immagine: Milhouse Van Houten, I Simpson (Fox/Disney)

Andamento del numero di giorni potenzialmente grandinigeni (*Potential Hail Days*; identificati con $SSP > 10^4 \text{ m}^3/\text{s}^3$) nel periodo estivo (JJA)

1975-2016, Pianura Padana



Fonte: Analisi condotte a partire da dati [ERA5](#)

... ancora più incertezza

I cambiamenti climatici introducono ulteriori elementi di incertezza.

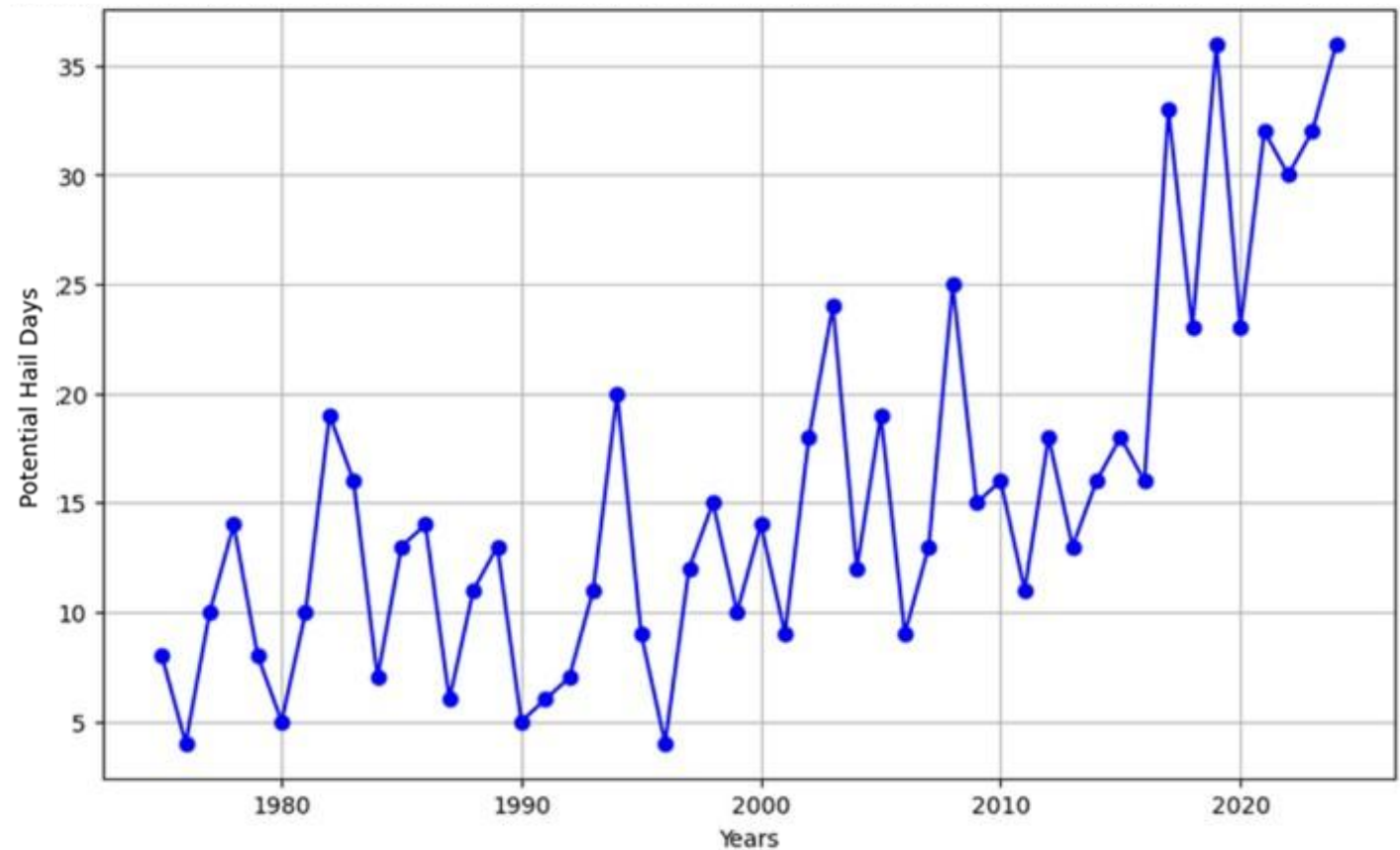
- Andamento dei giorni estivi (JJA; i.e., giugno, luglio, agosto) potenzialmente grandinigeni in Pianura Padana, misurato con riferimento a un *proxy* da letteratura (i.e., **SSP, Significant Severe Parameter**; [Craven & Brooks, 2004](#); [Storm Prediction Center \(SPC\) - NOAA](#))
- Negli ultimi 10 anni, la dinamica dell'indice appare cambiata sensibilmente, suggerendo la possibile presenza di un **break strutturale** nel fenomeno.



Immagine: Hans Moleman, I Simpson (Fox/Disney)

Andamento del numero di giorni potenzialmente grandinigeni (*Potential Hail Days*; identificati con $SSP > 10^4 \text{ m}^3/\text{s}^3$) nel periodo estivo (JJA)

1975-2024, Pianura Padana



Fonte: Analisi condotte a partire da dati [ERA5](#)

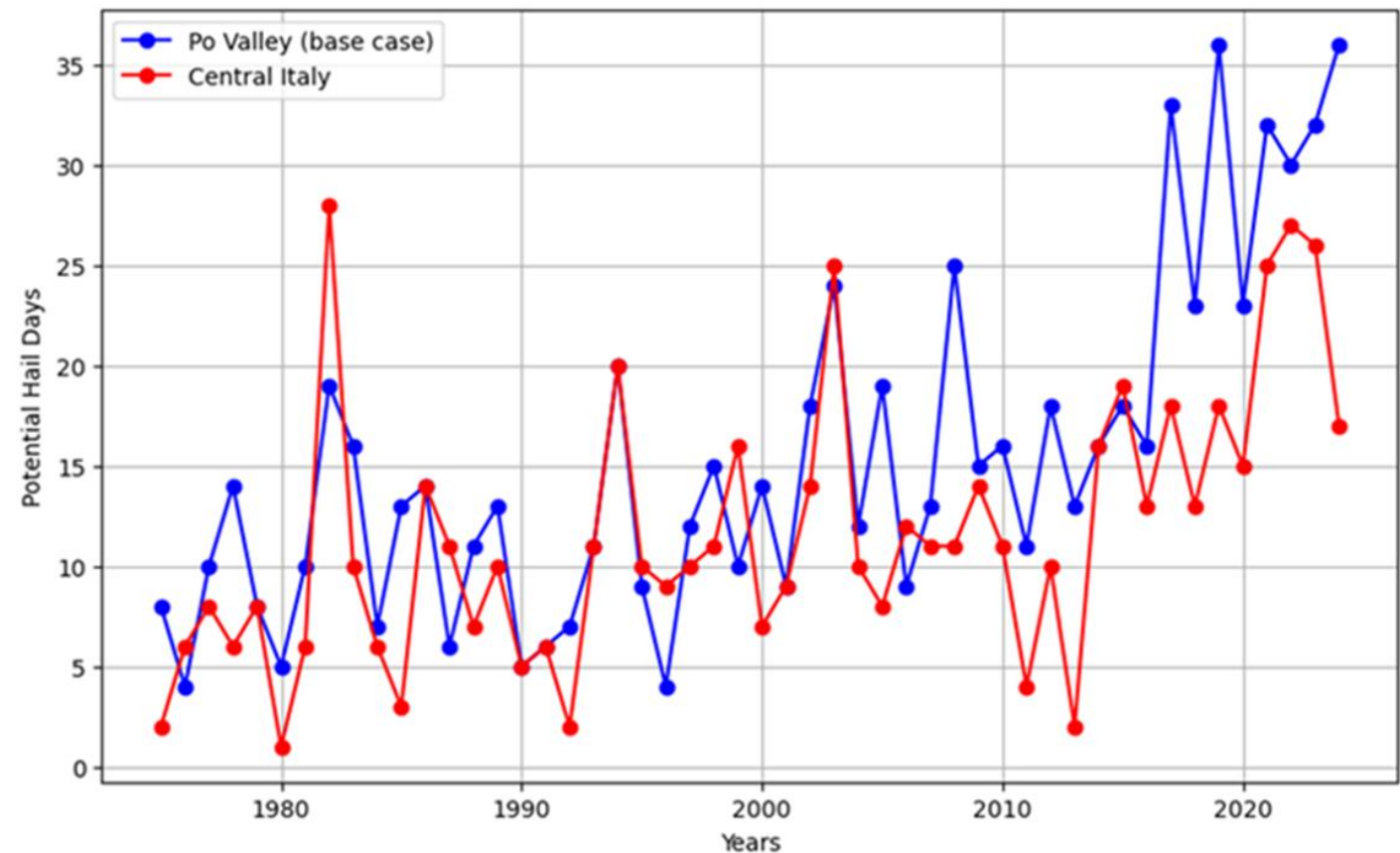
... ancora più incertezza

Rilevanza dell'area geografica analizzata

- Le dinamiche possono divergere in maniera sensibile a livello territoriale. L'andamento osservato per la **Pianura Padana** non è il medesimo rilevato per la zona dell'**Italia centrale**...

Andamento del numero di giorni potenzialmente grandinigeni (*Potential Hail Days*; identificati con $SSP > 10^4 \text{ m}^3/\text{s}^3$) nel periodo estivo (JJA)

1975-2024, Pianura Padana e Italia centrale



Fonte: Analisi condotte a partire da dati [ERA5](#)

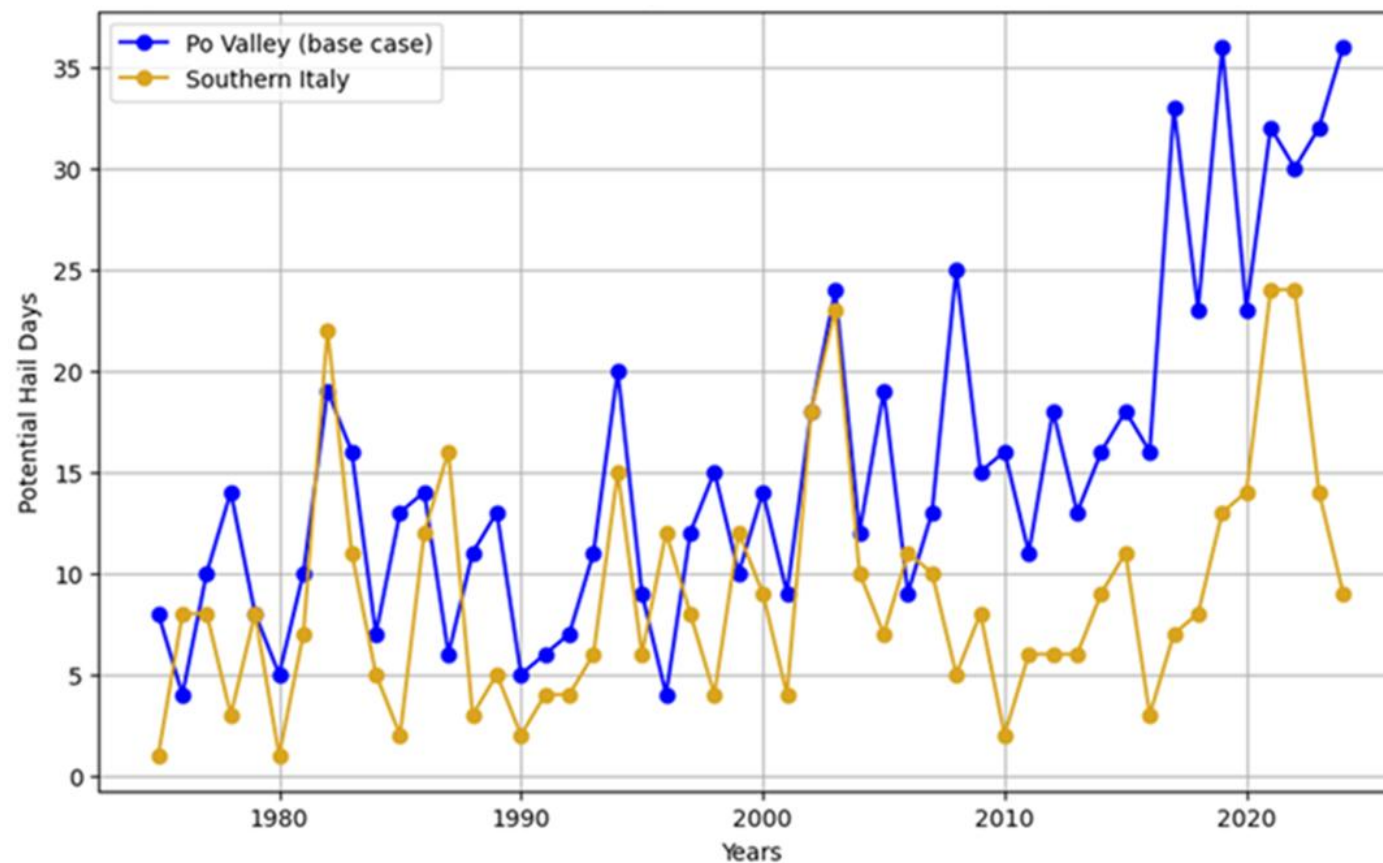
... ancora più incertezza

Rilevanza dell'area geografica analizzata

- Le dinamiche possono divergere in maniera sensibile a livello territoriale. L'andamento osservato per la **Pianura Padana** non è il medesimo rilevato per la zona dell'**Italia centrale**...
- ... o per l'**Italia meridionale**, che peraltro, in relazione alle coperture per danni da eventi atmosferici è soggetta a una maggiore rilevanza di **peril diversi dalla grandine** (e.g., cicloni extra-tropicali come il recente Harry).

Andamento del numero di giorni potenzialmente grandinigeni (*Potential Hail Days*; identificati con $SSP > 10^4 \text{ m}^3/\text{s}^3$) nel periodo estivo (JJA)

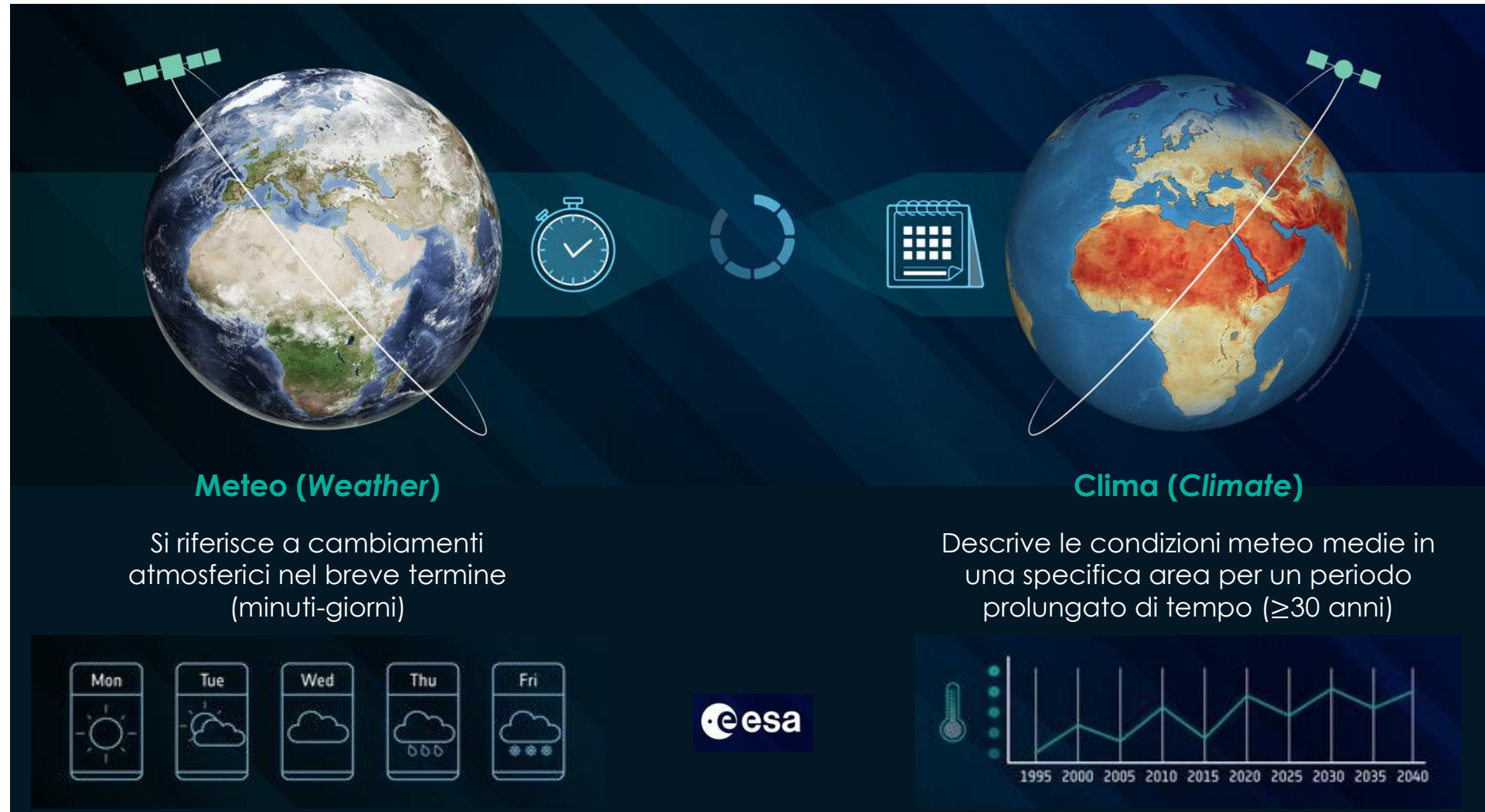
1975-2024, Pianura Padana e Italia meridionale



Fonte: Analisi condotte a partire da dati [ERA5](#)

Meteo e clima: la loro differenza è una questione legata al tempo

Fonte: Riadattamento di immagine
[European Space Agency \(ESA\)](https://www.esa.int/ESA/About/ESA_in_the_media/Press_kits/ESA_Press_kit_2019)



Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

- **IPCC** (Gruppo intergovernativo di esperti sul cambiamento climatico): principale organismo internazionale (delle Nazioni Unite) per la **valutazione dei cambiamenti climatici**.
- L'IPCC fornisce valutazioni periodiche (**Assesment Reports, AR**) delle basi scientifiche del cambiamento climatico, dei suoi impatti e dei rischi futuri, nonché delle opzioni di adattamento e mitigazione.



**6th Assesment Report
(AR6; IPCC, 2021)**

AR7 previsto per il 2029

*It is **unequivocal** that human
influence has warmed the
atmosphere, ocean and land.*

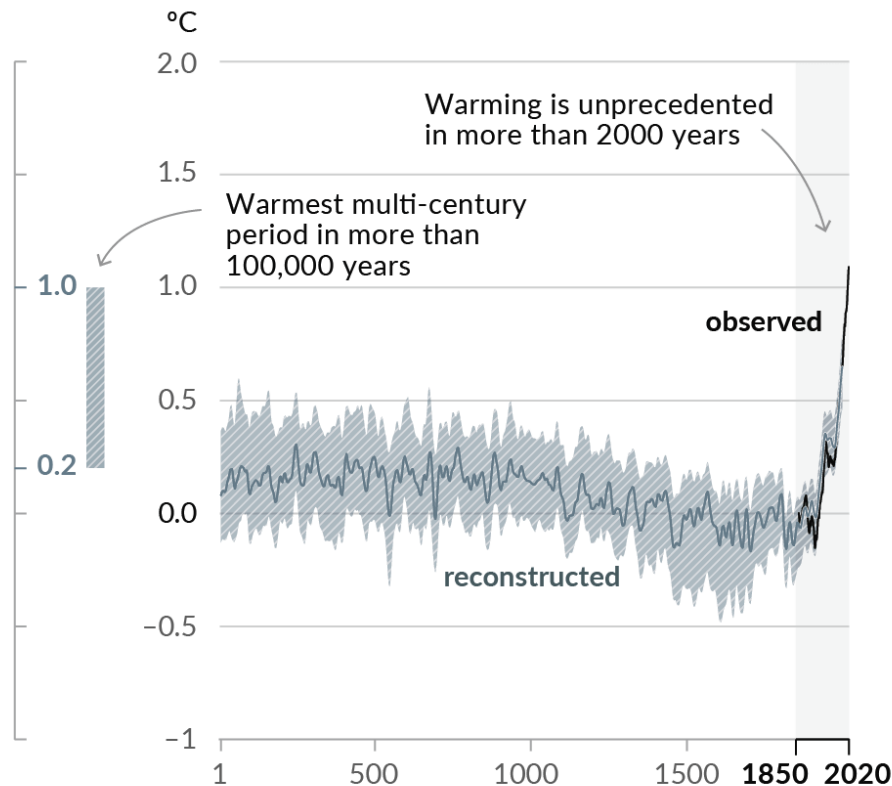
Andamento storico della temperatura media globale e cause del recente riscaldamento

Le attività umane hanno contribuito al riscaldamento del clima con una velocità senza precedenti in almeno gli ultimi 2000 anni.

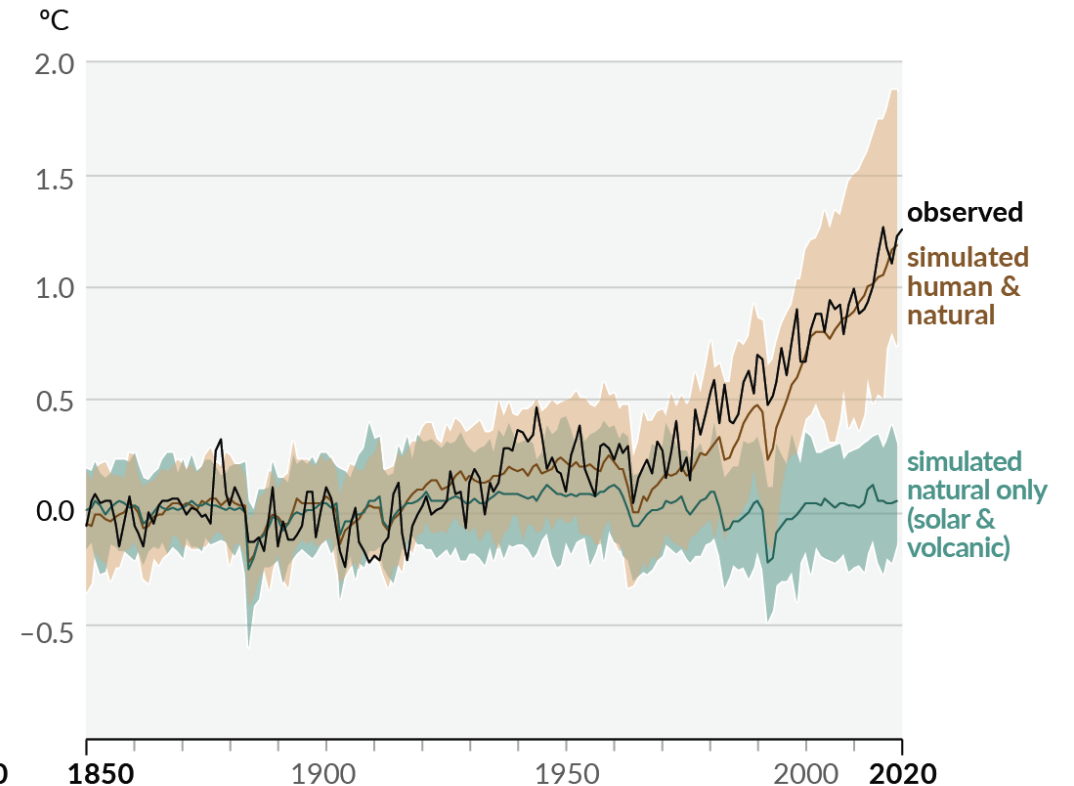
Fonte: [Figure SPM.1](#) (History of global temperature change and causes of recent warming) in [IPCC \(2021\) Summary for Policymakers](#)

Changes in global surface temperature relative to 1850–1900

(a) Change in global surface temperature (decadal average) as **reconstructed** (1–2000) and **observed** (1850–2020)



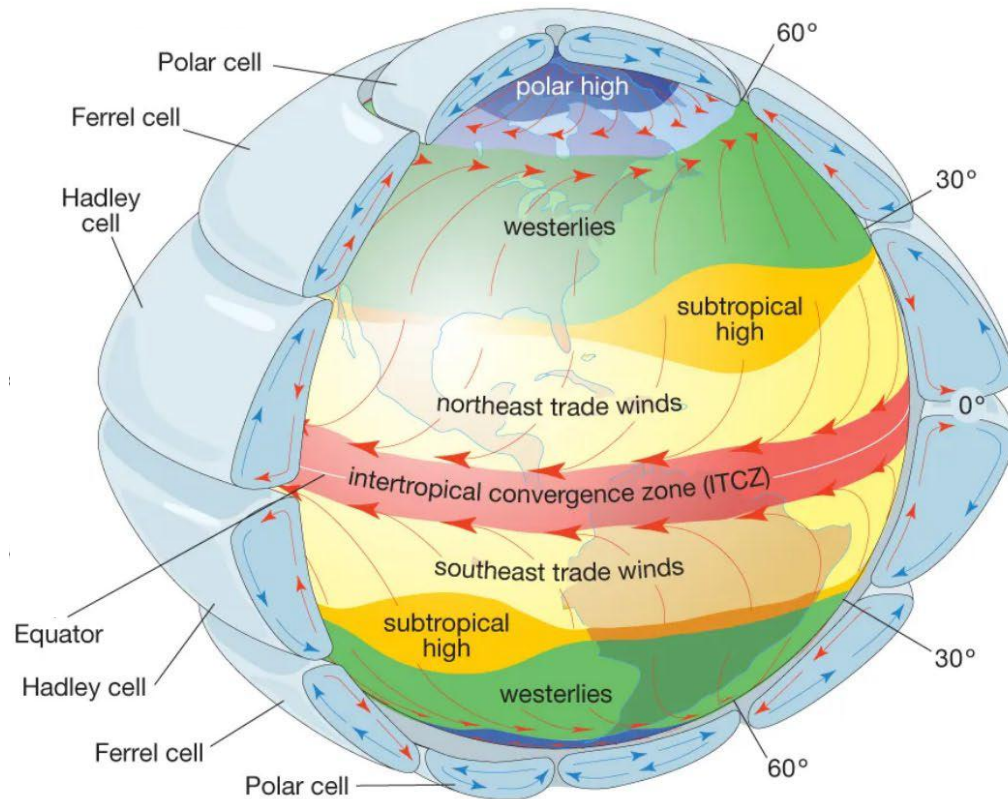
(b) Change in global surface temperature (annual average) as **observed** and simulated using **human & natural** and **only natural** factors (both 1850–2020)



Cambiamenti climatici

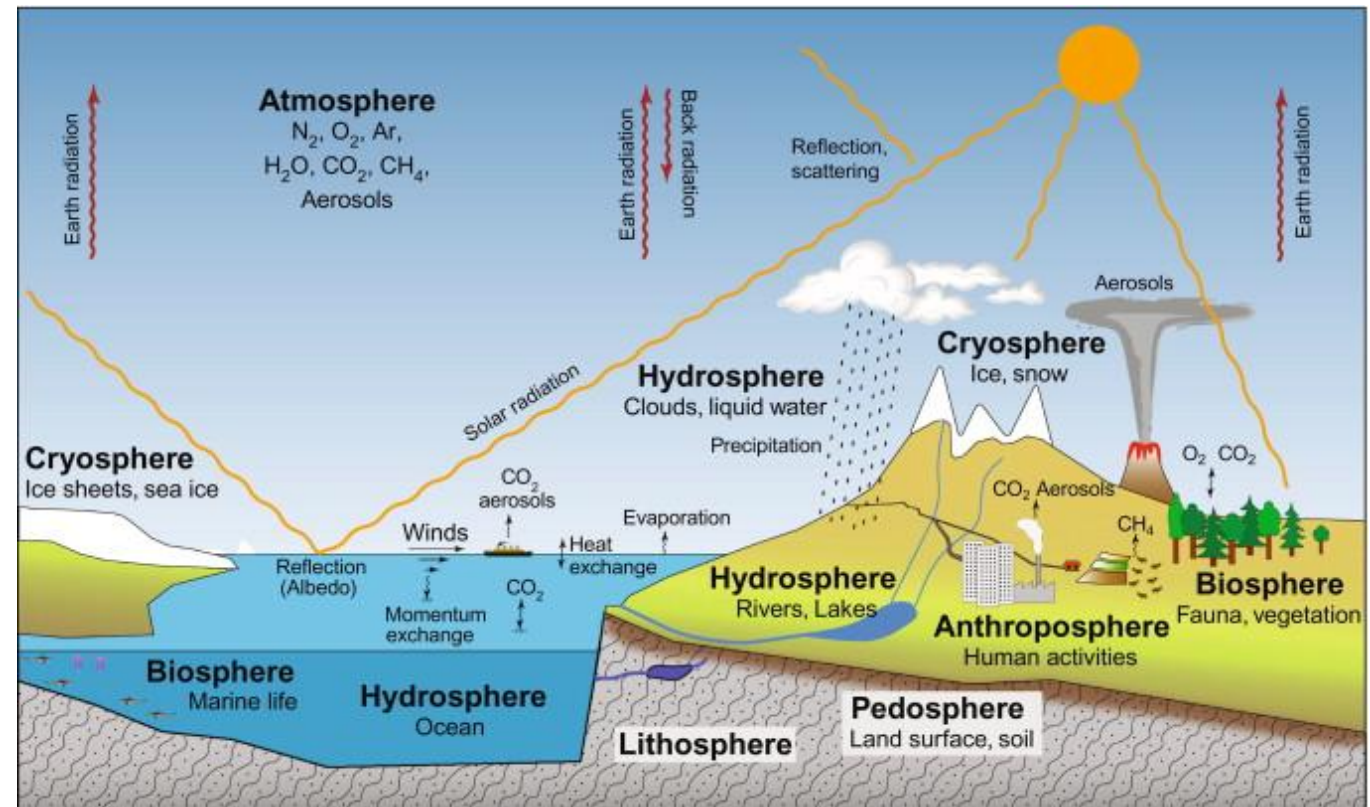
Modelli impiegati: fondamentali

Pattern generali, verticali e orizzontali, di circolazione atmosferica sulla Terra.



Fonte: [Encyclopædia Britannica, Inc \(2010\)](#)

Le **componenti del sistema climatico** (atmosfera, oceani, terra, criosfera, biosfera) sono interconnesse e accoppiate fisicamente (scambio di flussi di energia, quantità di moto e materia) e bio-geochimicamente (flussi di carbonio e altre sostanze).



Fonte: [Siedler et al. \(2013\)](#)

Cambiamenti climatici

Modelli impiegati: fondamentali

Atmosphere-Ocean General Circulation Models (AOGCM)

Modelli matematici complessi che simulano il comportamento del sistema climatico terrestre, accoppiando circolazione atmosferica e circolazione oceanica.

~100÷300 km



~1÷50 km

Tecniche di regionalizzazione

Statistical Downscaling

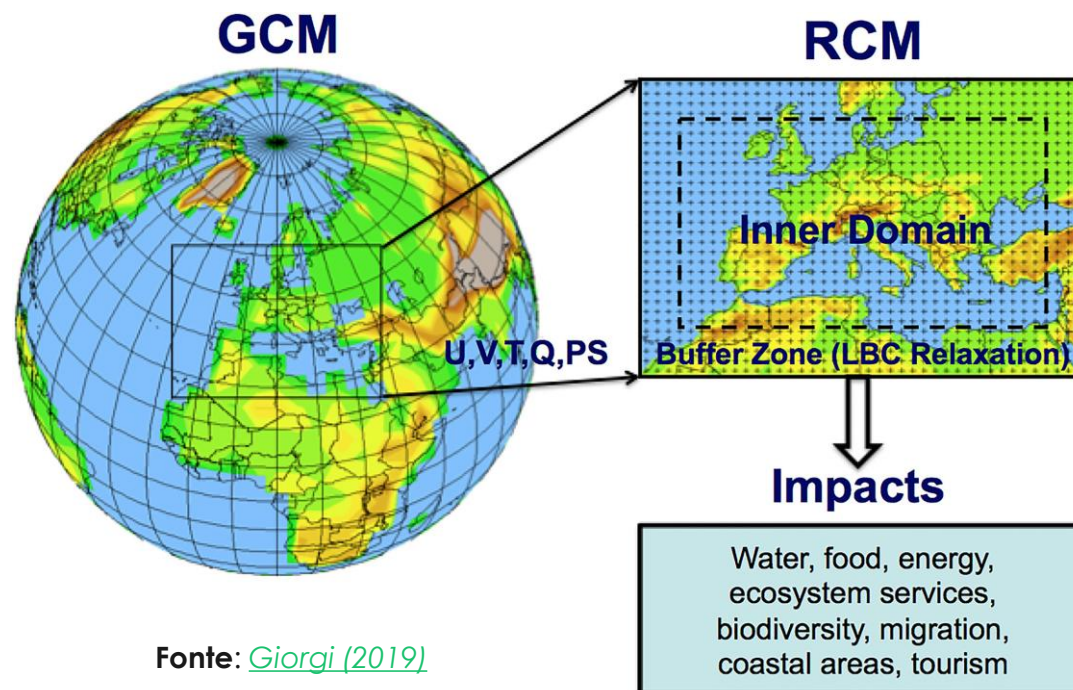
Relazioni statistiche tra le variabili a grande scala e a piccola scala.

Dynamical Downscaling

RCM (Regional Climate Models): modelli numerici a maggiore risoluzione spaziale per la regione di interesse

Per via della bassa risoluzione spaziale, gli AOGCM non sono adatti a simulare *pattern* climatici regionali dettagliati.

Schematizzazione della modellazione climatica regionale e applicazione agli studi VIA (Vulnerability, Impacts and Adaptation)



Cambiamenti climatici

Progetti internazionali di interesse



CORDEX (COordinated Regional climate Downscaling EXperiment)

Iniziativa volta a promuovere e coordinare la scienza e l'applicazione del **downscaling climatico regionale** attraverso *partnership* globali, per un totale di 14 domini CORDEX. **Euro-CORDEX** è il ramo europeo dell'iniziativa.



CMIP (Coupled Model Intercomparison Project)

Progetto del **WCRP** (World Climate Research Programme) che fornisce **proiezioni climatiche** per comprendere i cambiamenti passati, presenti e futuri. Il CMIP, nelle sue diverse fasi, è essenziale per le valutazioni dell'IPCC:

- Phase 5 (**CMIP5**): scenari **RCP** (Representative Concentration Pathways).
- Phase 6 (**CMIP6**): maggiore risoluzione, migliore modellazione di aerosol e nuvole, scenari **SSP** (Shared Socioeconomic Pathways).



Euro-CORDEX - CMIP5. Combinazioni fra GCM, RCM, risoluzione spaziale (0.44°, 0.22°, 0.11°) e scenari

* 1° ~ 111 km		ESGF						Other providers					
		models			scenarios			models			scenarios		
Domain	Res. (°)*	R	G	h	26	45	85	R	G	h	26	45	85
5: Europa (EUR)	0.11	14	11	53	27	23	51	2	3	4	1	0	4
	0.22	1	3	3	3	0	3	1	1	1	0	1	1
	0.44	12	10	25	10	20	25	4	8	10	0	7	8
	total	19	13	65	30	31	63	6	9	14	1	7	12

#	Domain	GCM_run	RCM
1	EUR-11	ECMWF-ERAINT	COSMO-crCLIM-v1-1_v1
2	EUR-11	EC-EARTH_r12i1p1	COSMO-crCLIM-v1-1_v1
3	EUR-11	HadGEM2-ES_r1i1p1	COSMO-crCLIM-v1-1_v1
4	EUR-11	MPI-ESM-LR_r1i1p1	COSMO-crCLIM-v1-1_v1
5	EUR-11	MPI-ESM-LR_r2i1p1	COSMO-crCLIM-v1-1_v1
6	EUR-11	MPI-ESM-LR_r3i1p1	COSMO-crCLIM-v1-1_v1
7	EUR-11	NorESM1-M_r1i1p1	COSMO-crCLIM-v1-1_v1
8	EUR-11	CNRM-CM5_r1i1p1	CCLM4-8-17_v1
9	EUR-11	ECMWF-ERAINT	CCLM4-8-17_v1
10	EUR-11	EC-EARTH_r12i1p1	CCLM4-8-17_v1
11	EUR-11	MIROC5_r1i1p1	CCLM4-8-17_v1
12	EUR-11	HadGEM2-ES_r1i1p1	CCLM4-8-17_v1
13	EUR-11	MPI-ESM-LR_r1i1p1	CCLM4-8-17_v1
14	EUR-11	CanESM2	CCLM4-8-17_v1
15	EUR-11	CNRM-CM5_r1i1p1	ALADIN53_v1
16	EUR-11	CNRM-CM5_r1i1p1	ALADIN63_v2
17	EUR-11	ECMWF-ERAINT	ALADIN53_v1
18	EUR-11	ECMWF-ERAINT	ALADIN63_v1
19	EUR-11	HadGEM2-ES_r1i1p1	ALADIN63_v1
20	EUR-11	MPI-ESM-LR_r1i1p1	ALADIN63_v1
21	EUR-11	ECMWF-ERAINT	RegCM4-2_v1
...	...	...	...

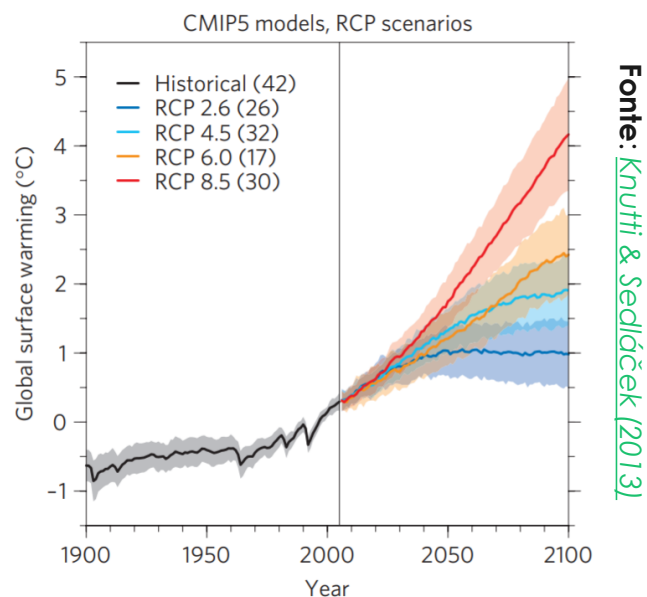
Estatto del documento di inventario con le simulazioni (GCM-RCM) Euro-CORDEX - CMIP5.

Fonte: [CORDEX-CMIP5 Simulations](#)

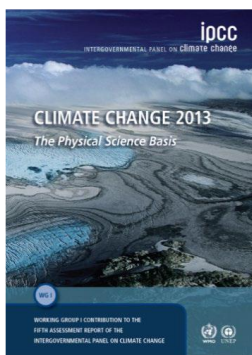
Gli scenari IPCC

RCP (*Representative Concentration Pathways*)

RCPx.y (x.y radiative forcing al 2100, W/m²)



AR5 (2013)



Traiettorie future in termini di
concentrazioni di gas serra

RCP2.6: *Stringent mitigation*

RCP4.5: *Intermediate*

RCP6.0: *Intermediate*

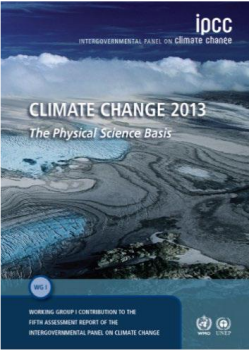
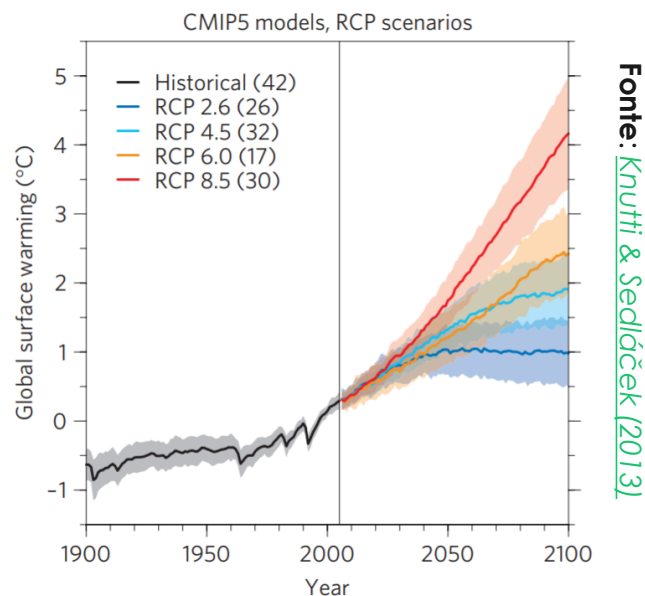
RCP8.5: *High emissions
(baseline)*

Cambiamenti climatici

Gli scenari IPCC

RCP (Representative Concentration Pathways)

RCPx.y (x.y radiative forcing al 2100, W/m²)



AR5 (2013)

Traiettorie future in termini di concentrazioni di gas serra

RCP2.6: Stringent mitigation

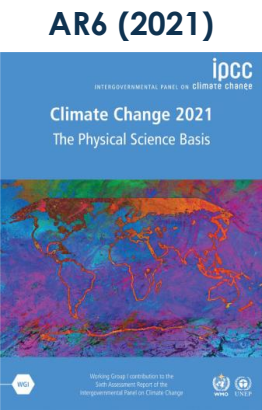
RCP4.5: Intermediate

RCP6.0: Intermediate

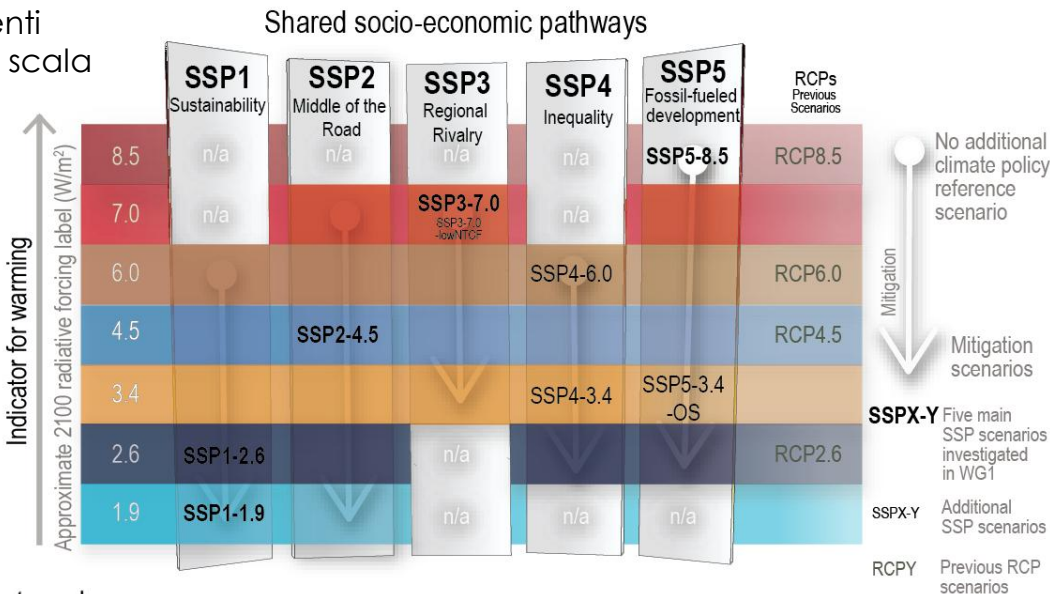
RCP8.5: High emissions (baseline)

SSP (Shared Socio-economic Pathways)

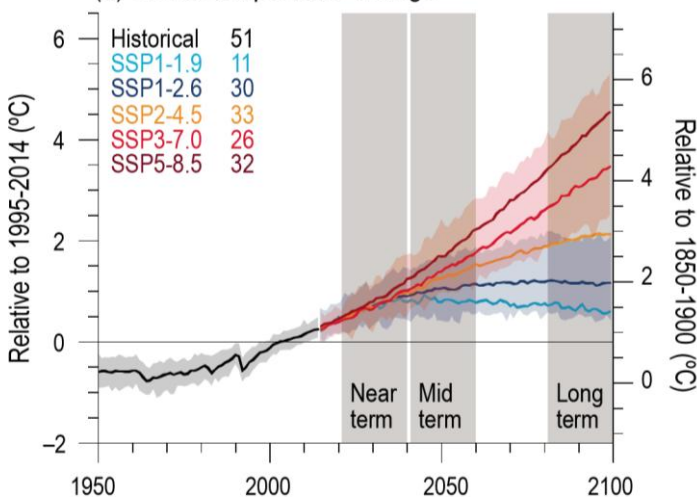
Possibili cambiamenti socio-economici a scala globale al 2100



AR6 (2021)



(a) Global temperature change



SSP1: Sustainability
Taking the Green Road

SSP2: Middle of the Road

SSP3: Regional Rivalry - A Rocky Road

SSP4: Inequality - A Road divided

SSP5: Fossil-fueled Development
Taking the Highway

Sono inclusi elementi quantitativi (e.g., scenari su popolazione, urbanizzazione, prodotto interno lordo pro-capite).

Fonte: Figure 4.2 in IPCC (2021) Climate Change 2021 – The Physical Science Basis

Fonte: Cross-Chapter Box 1.4, Figure 1 in IPCC (2021) Summary for Policymakers

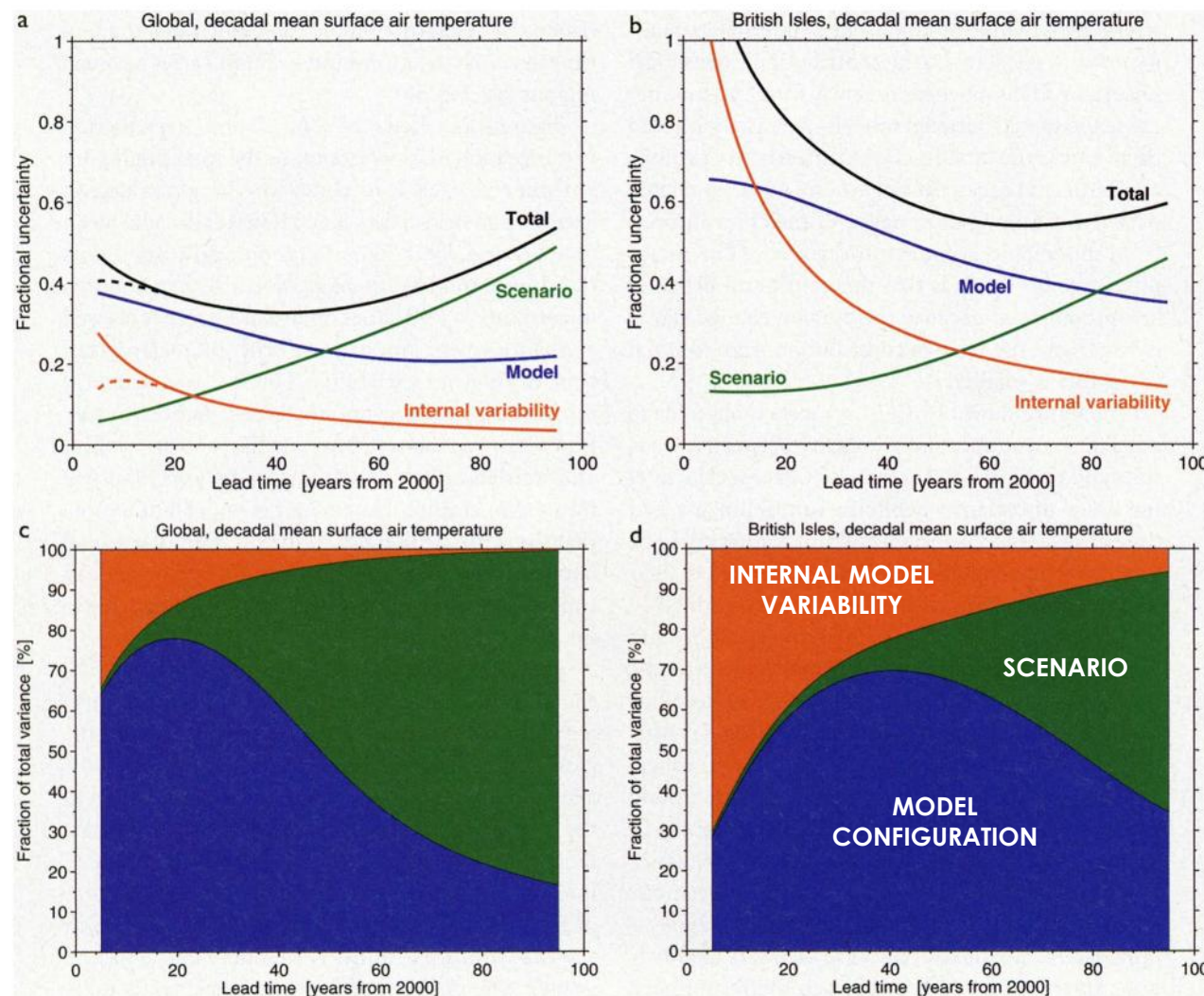
Fonti di incertezza

- **Internal model variability** dipendenza della simulazione dalla variabilità legata alla caoticità intrinseca del sistema climatico e alle sue fluttuazioni naturali.
- **Model configuration** relativa alla configurazione del modello (e.g., risoluzione, schemi di parametrizzazione fisica, valori dei parametri e algoritmi numerici).
- **Scenario** relativa alla natura stocastica delle forzanti naturali future.

Il contributo della **model configuration** risulta rilevante per tutti gli orizzonti temporali di interesse ai fini decisionali. La **internal model variability** acquisisce maggiore rilevanza a scala regionale. L'incertezza di **scenario** diviene rilevante solo su orizzonti temporali multi-decennali.

In generale, sono necessari **ampi ensemble** per caratterizzare adeguatamente le incertezze nelle previsioni climatiche.

Importanza relativa delle fonti di incertezza nelle proiezioni della temperatura media decennale alla superficie, a scala globale e per le Isole Britanniche

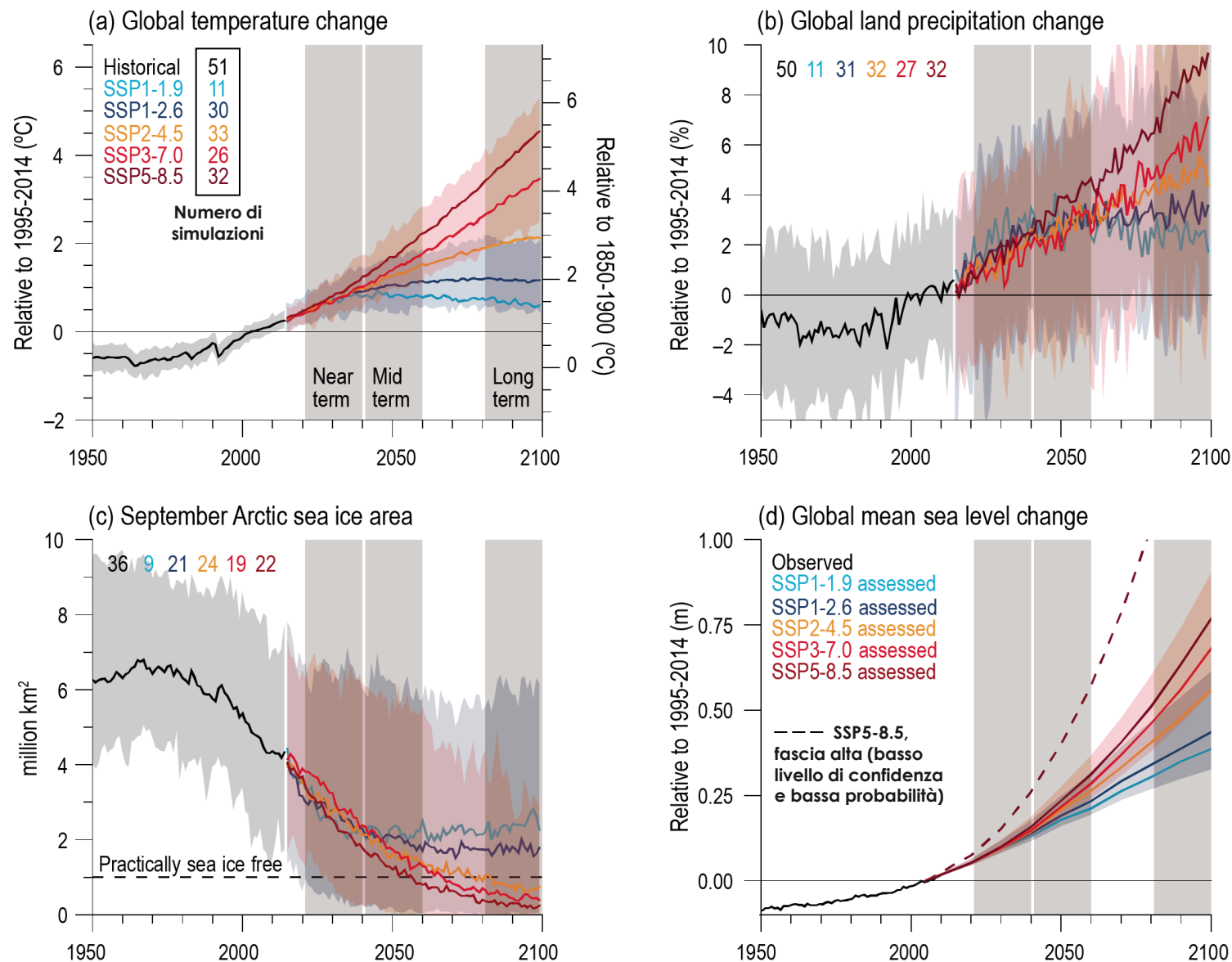


Indicatori del cambiamento climatico globale per le simulazioni storiche e alcuni scenari CMIP6

Fasce di confidenza 5÷95% per gli scenari SSP1-2.6 e SSP3-7.0

- (a) Variazione (°C; rispetto alla media 1850-1900 e 1995-2014) della **temperatura globale dell'aria** alla superficie.
- (b) Variazione (%; rispetto alla media 1995-2014) delle **precipitazioni su terra a scala globale**.
- (c) Estensione (km²) del **ghiaccio marino artico** (nel mese di Settembre).
- (d) Variazione (m; rispetto alla media 1995-2014) del **livello del medio mare a scala globale**.

Fonte: [Figure 4.2](#) (Selected indicators of global climate change from CMIP6 historical and scenario simulations) in [IPCC \(2021\) Climate Change 2021 – The Physical Science Basis](#)



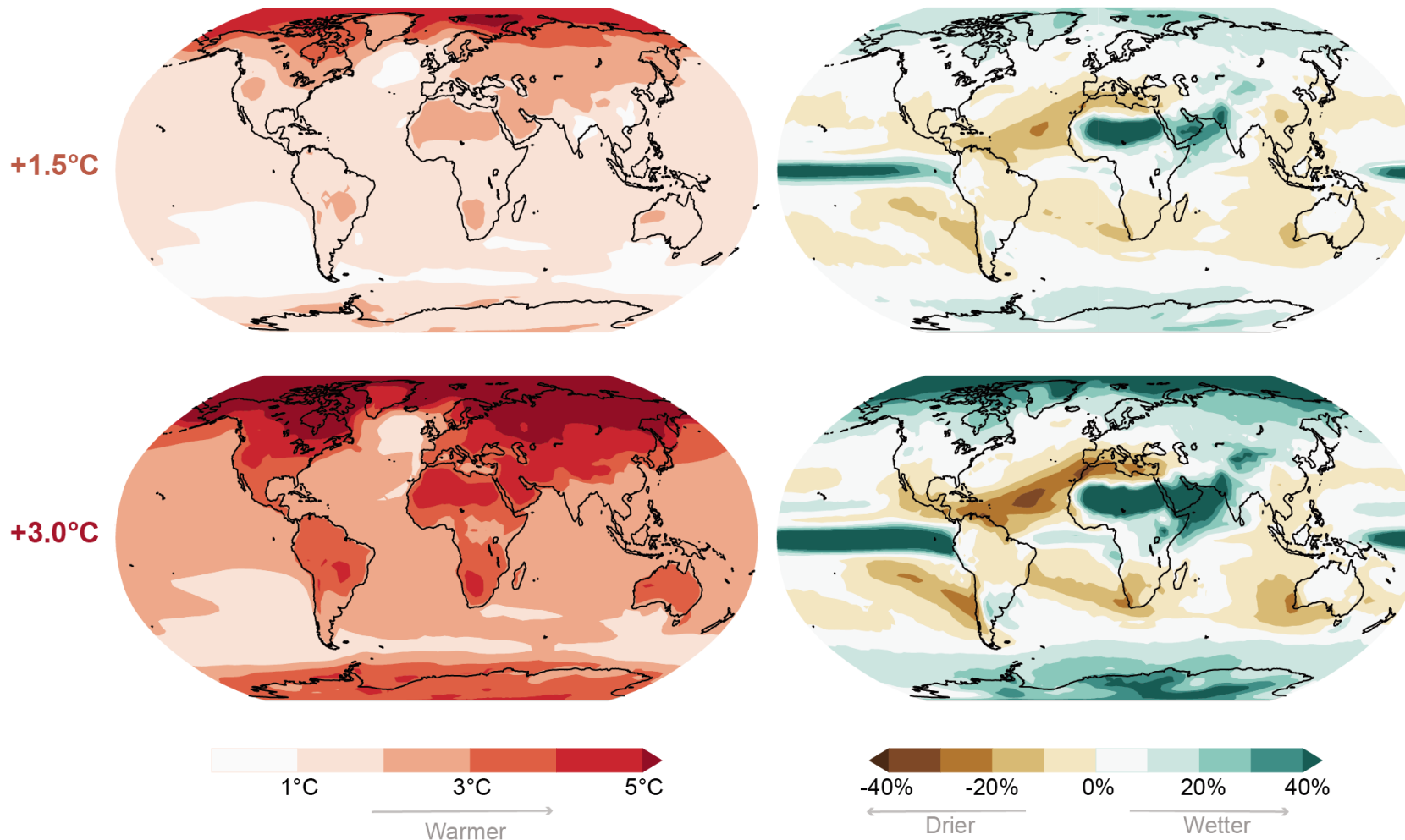
Cambiamenti climatici e pattern regionali

I cambiamenti climatici non sono uniformi né proporzionali al livello di riscaldamento globale.

Fonte: [FAQ 4.3, Figure 1](#) (Regional changes in temperature (left) and precipitation (right) are proportional to the level of global warming, irrespective of the scenario through which the level of global warming is reached) in [IPCC \(2021\) Climate Change 2021 – The Physical Science Basis](#)

Warming will be **stronger** in the Arctic, on land and in the Northern Hemisphere

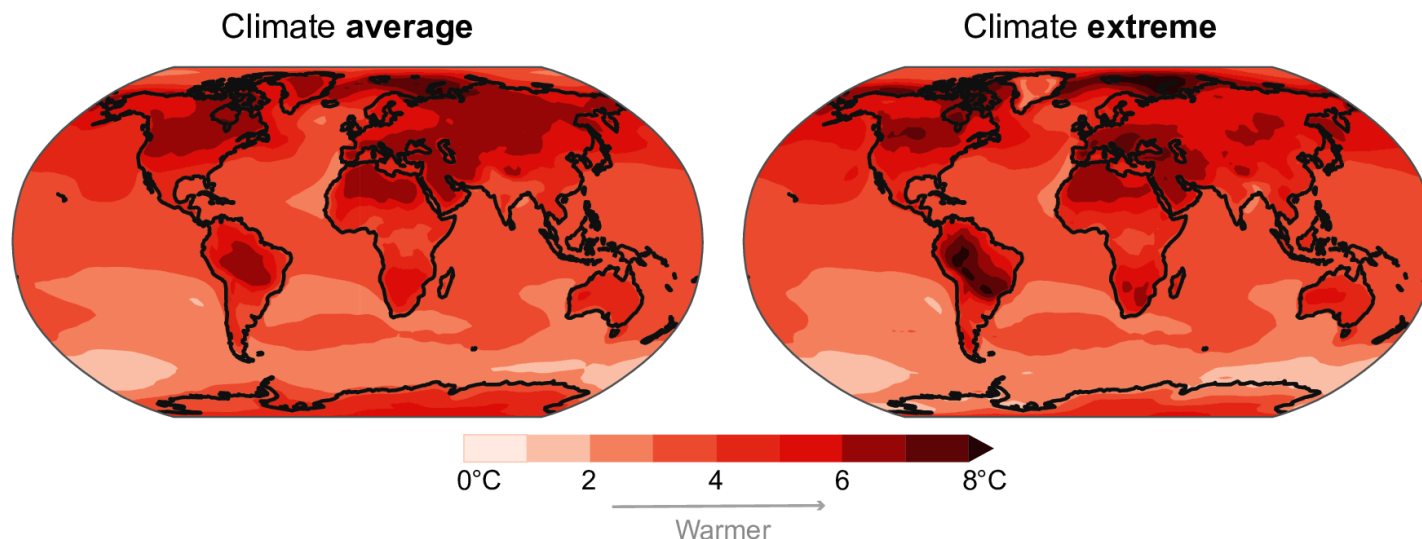
Precipitation will **increase** in high latitudes, the tropics and monsoon regions and **decrease** in the subtropics



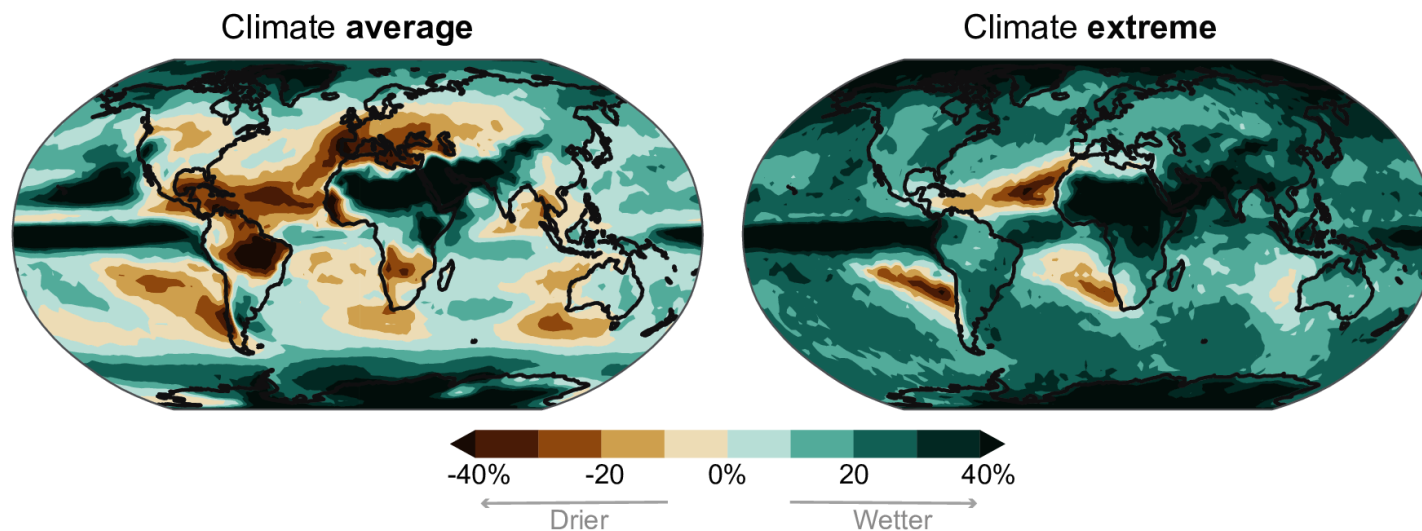
Cambiamenti negli estremi e nei valori medi

La direzione e l'intensità dei cambiamenti futuri negli estremi climatici e nelle medie climatiche dipendono dalla variabile considerata.

Future **changes in temperature** averages and extremes will be **similar**



Future **changes in precipitation** averages and extremes can be **very different**



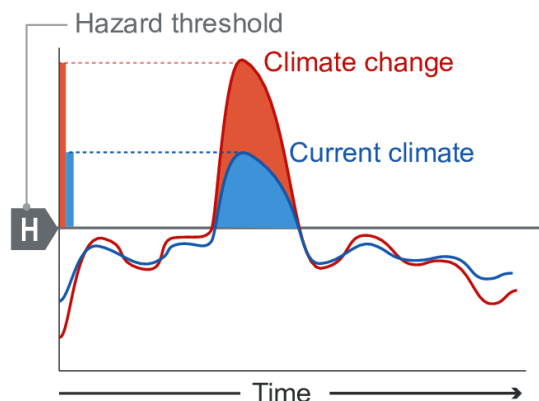
Fonte: [FAQ 11.1 Figure 1](#) (Global maps of future changes in surface temperature (top panels) and precipitation (bottom panels) for long-term average (left) and extreme conditions (right)) in [IPCC \(2021\) Climate Change 2021 – The Physical Science Basis](#)

Influenza dei cambiamenti climatici sui rischi climatici

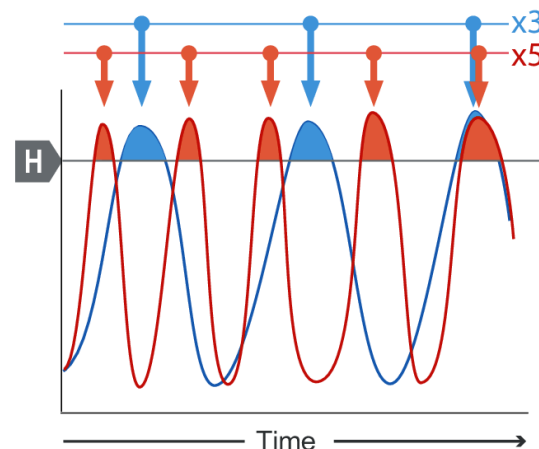
I cambiamenti climatici possono alterare intensità e grandezza, frequenza, durata, distribuzione temporale (stagionalità e velocità) ed estensione spaziale dei rischi climatici in una data regione.

Fonte: [FAQ 12.3 Figure 1](#) (Types of changes to a region's hazard profile) in [IPCC \(2021\) Climate Change 2021 – The Physical Science Basis](#)

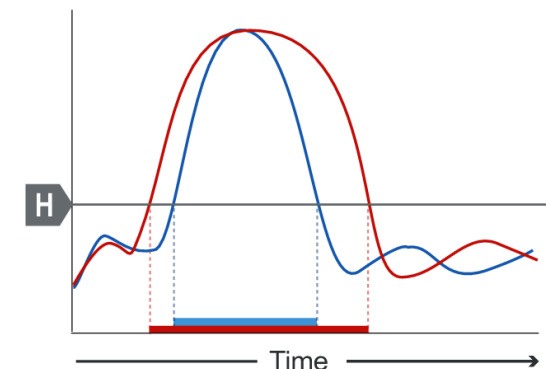
Intensity and Magnitude



Frequency

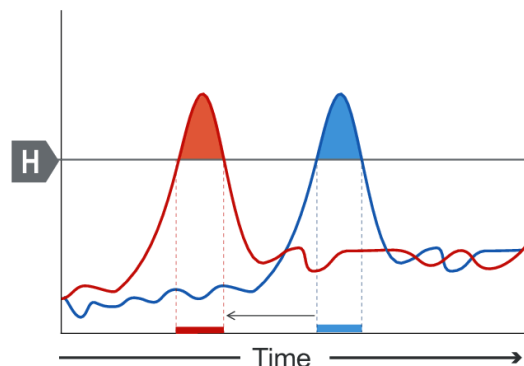


Duration

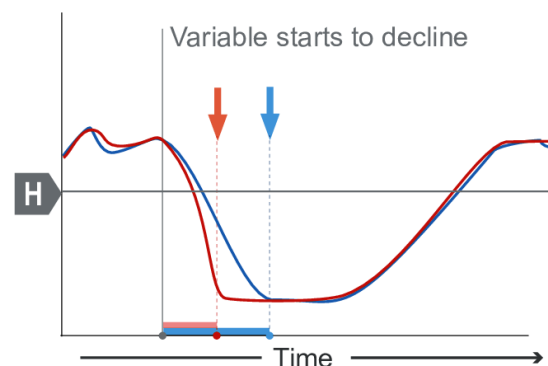


Timing

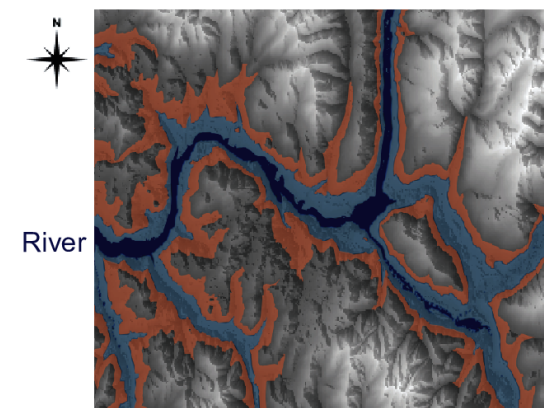
Seasonal shift



Shift in speed of onset



Spatial extent



Cambiamenti climatici e alluvioni

Fonte: Table 12.7 in [IPCC \(2021\) Climate Change 2021 – The Physical Science Basis](#)

Region	Climatic Impact-driver																													
	Heat and Cold		Wet and Dry								Wind				Snow and Ice				Coastal and Oceanic				Other							
	Mean air temperature	Extreme heat	Cold spell	Frost	Mean precipitation	River flood	Heavy precipitation and pluvial flood	Landslide	Aridity	Hydrological drought	Agricultural and ecological drought	Fire weather	Mean wind speed	Severe wind storm	Tropical cyclone	Sand and dust storm	Snow, glacier and ice sheet	Permafrost	Lake, river and sea ice	Heavy snowfall and ice storm	Hail	Snow avalanche	Relative sea level	Coastal flood	Coastal erosion	Marine heatwave	Ocean acidity	Air pollution weather	Atmospheric CO ₂ at surface	Radiation at surface
Mediterranean (MED)	●	●	●		●		5		●		●		6	7			●	●	●				●		2		●		●	
Western and Central Europe (WCE)	●	●	●	●		●		4		●	●	●		●			●	●	●				●		2		●		●	
Eastern Europe (EEU)	●	●	●	●		●	●					●		●			●	●	●				●	●	●		●		●	
Northern Europe (NEU)	●	●	●	●	●	1	●		●				●	●		●	●	●	●				●	8	2,3		●		●	●

High confidence
of decrease

Medium confidence
of decrease

Low confidence in
direction of change

Not broadly relevant

Medium confidence
of increase

High confidence
of increase

1. Excluding southern UK.

2. Along sandy coasts and in the absence of additional sediment sinks/sources or any physical barriers to shoreline retreat.

3. The Baltic Sea shoreline is projected to prograde if present-day ambient shoreline change rates continue.

4. For the Alps, conditions conducive to landslides are expected to increase.

5. Low confidence of decrease in the southernmost part of the region.

6. General decrease except in Aegean Sea.

7. Medium confidence of decrease in frequency and increase in intensities.

8. Except in the northern Baltic Sea region.

● Already emerged in the historical period (medium to high confidence)

● Emerging by 2050 at least in scenarios RCP8.5/SSP5-8.5 (medium to high confidence)

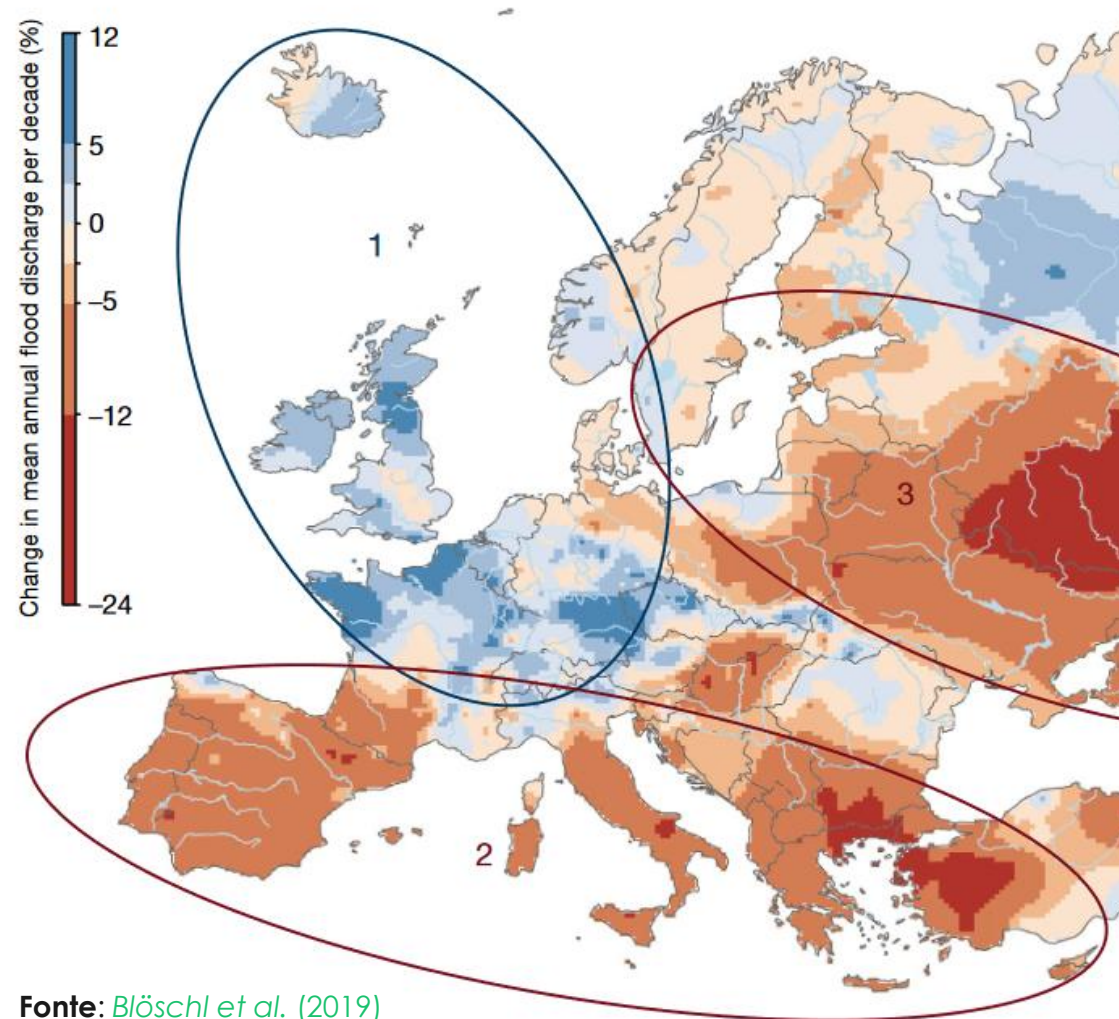
● Emerging after 2050 and by 2100 at least in scenarios RCP8.5/SSP5-8.5 (medium to high confidence)

Cambiamenti climatici e alluvioni

La **confidenza** di **trend osservati** e **proiezioni** dipende dalle regioni geografiche e dalla tipologia di evento ([IPCC, 2021](#)).

- **Trend osservati** nelle portate di piena negli ultimi decenni a scala globale ([Blöschl et al., 2019](#); [IPCC, 2021](#)):
 - EU Occidentale e Centrale: incremento (*high confidence*);
 - EU Meridionale: decremento (*medium confidence*).

Trend regionali osservati nelle portate di piena fluviali in Europa (1960-2010)



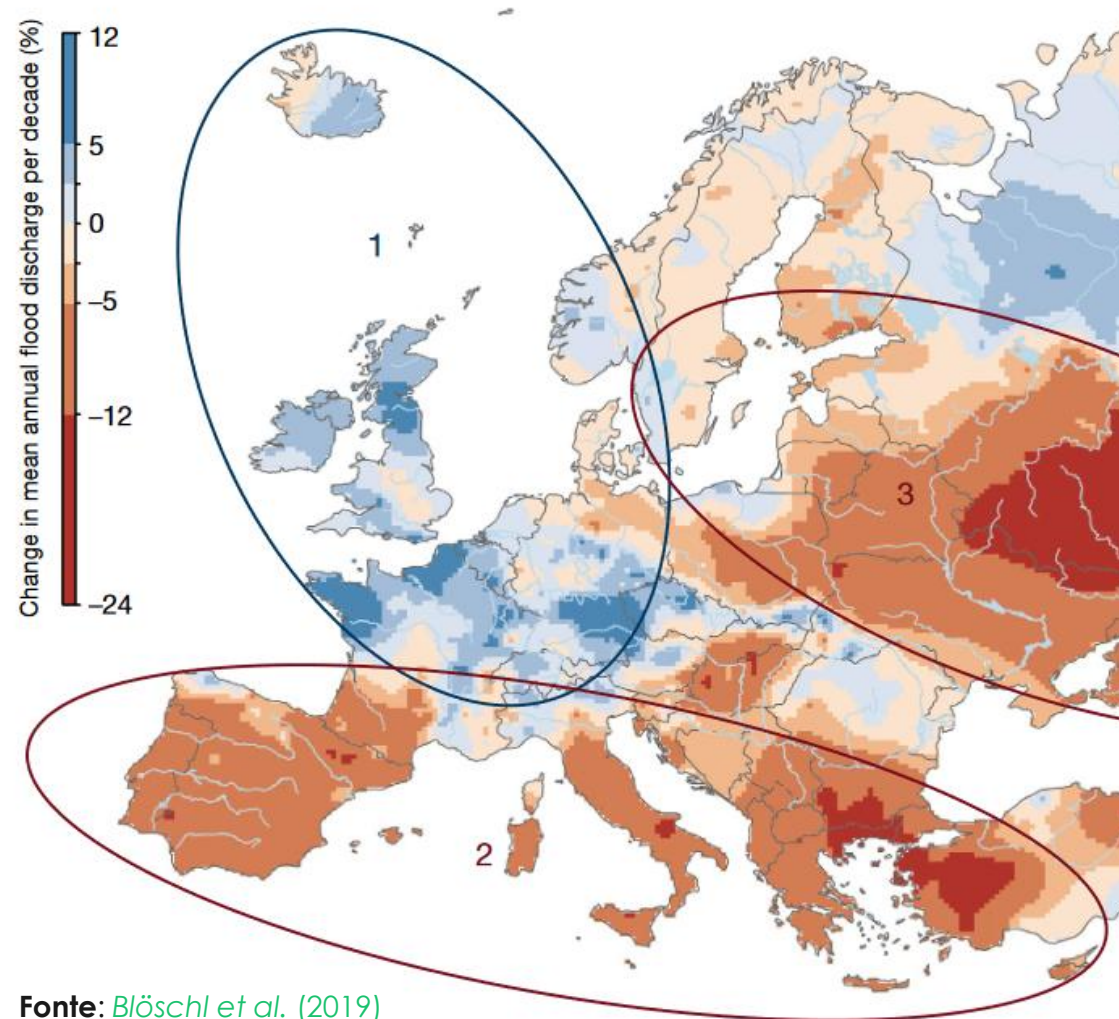
Fonte: [Blöschl et al. \(2019\)](#)

Cambiamenti climatici e alluvioni

La **confidenza** di **trend osservati** e **proiezioni** dipende dalle regioni geografiche e dalla tipologia di evento ([IPCC, 2021](#)).

- **Trend osservati** nelle portate di piena negli ultimi decenni a scala globale ([Blöschl et al., 2019](#); [IPCC, 2021](#)):
 - EU Occidentale e Centrale: incremento (*high confidence*);
 - EU Meridionale: decremento (*medium confidence*).
- **Proiezioni future** delle **piene fluviali** ([IPCC, 2021](#)):
 - EU Occidentale e Centrale: incremento (*high confidence*);
 - EU Settentrionale, Orientale e Meridionale: decremento per metà e fine secolo per RCP8.5 (*medium confidence*) e RCP2.6 (*low confidence*).

Trend regionali osservati nelle portate di piena fluviali in Europa (1960-2010)



Fonte: [Blöschl et al. \(2019\)](#)

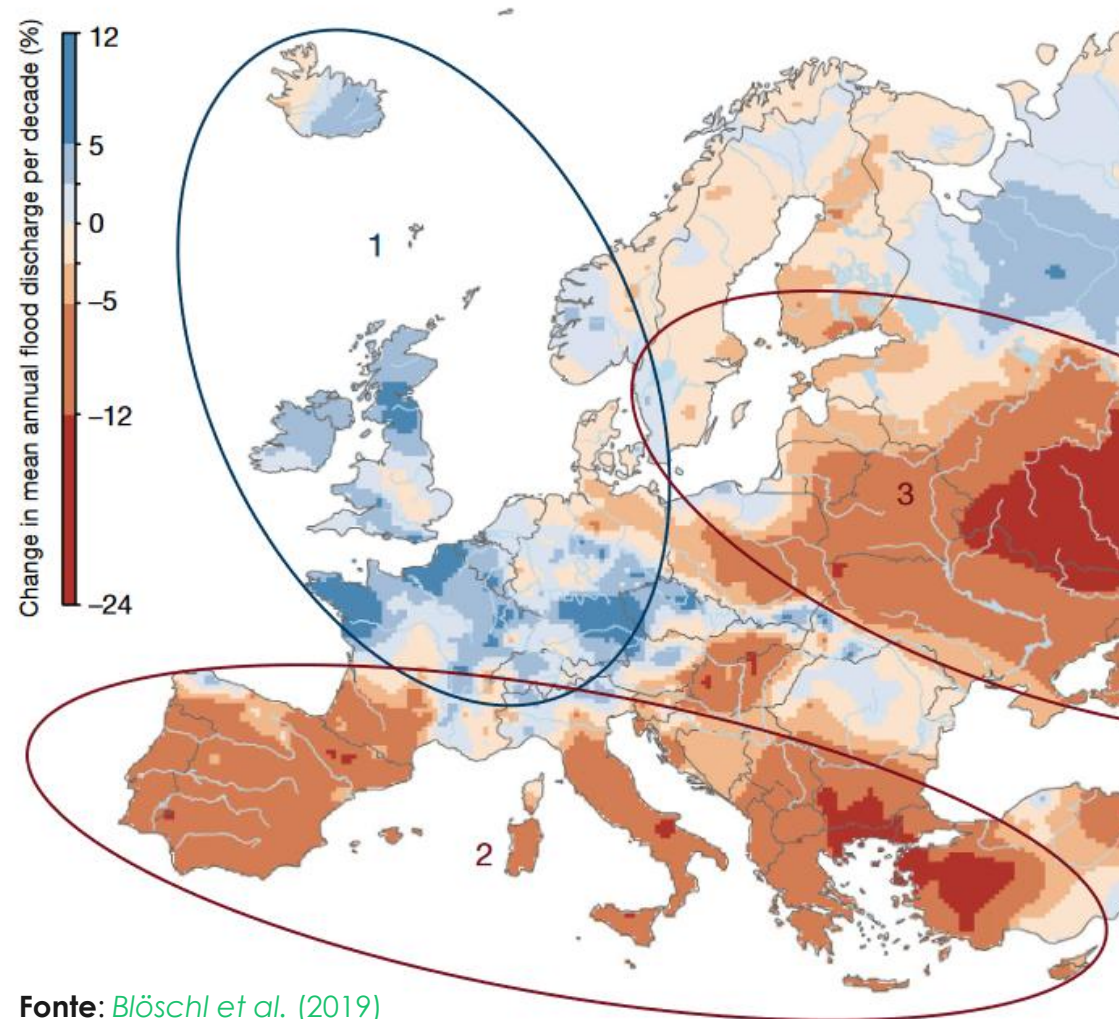
Cambiamenti climatici e alluvioni

La **confidenza** di **trend osservati** e **proiezioni** dipende dalle regioni geografiche e dalla tipologia di evento ([IPCC, 2021](#)).

- **Trend osservati** nelle portate di piena negli ultimi decenni a scala globale ([Blöschl et al., 2019](#); [IPCC, 2021](#)):
 - EU Occidentale e Centrale: incremento (*high confidence*);
 - EU Meridionale: decremento (*medium confidence*).
- **Proiezioni future** delle **piene fluviali** ([IPCC, 2021](#)):
 - EU Occidentale e Centrale: incremento (*high confidence*);
 - EU Settentrionale, Orientale e Meridionale: decremento per metà e fine secolo per RCP8.5 (*medium confidence*) e RCP2.6 (*low confidence*).
- **Proiezioni future** di frequenza e intensità delle alluvioni **pluvial e flash flood** ([IPCC, 2021](#)):
 - EU: incremento (*high confidence*);
 - Mediterraneo: incremento (*medium confidence*);legati all'aumento delle **precipitazioni estreme**.

I cambiamenti regionali degli eventi **fluvial** sono **più incerti** rispetto agli eventi **pluvial**, a causa dei più complessi processi idrologici sottostanti, inclusi i cambiamenti nell'uso del suolo ([IPCC, 2021](#)).

Trend regionali osservati nelle portate di piena fluviali in Europa (1960-2010)

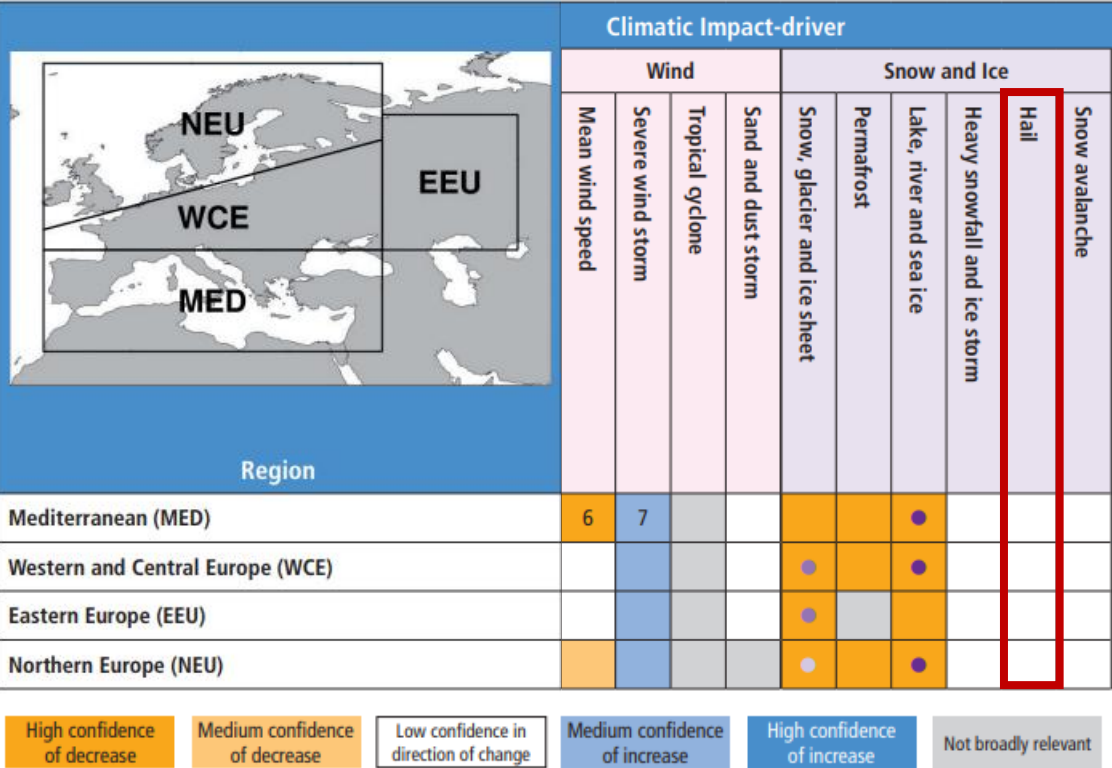


Fonte: [Blöschl et al. \(2019\)](#)

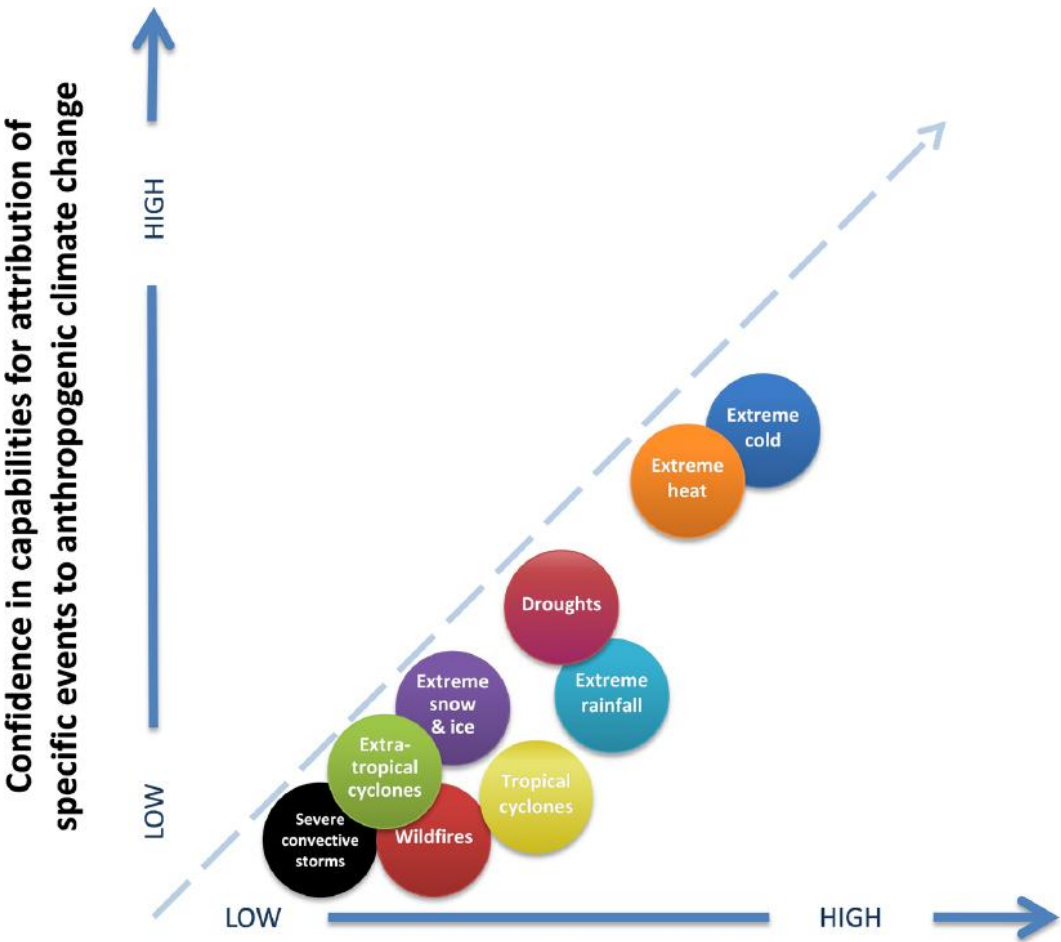
Cambiamenti climatici

Cambiamenti climatici e tempeste convettive severe

Il report AR6 ([IPCC, 2021](#)) indica che la **quantificazione** degli effetti dei cambiamenti climatici sugli eventi atmosferici estremi risulta **complicata**.



Fonte: Estratto da Table 12.7 in [IPCC \(2021\) Climate Change 2021 – The Physical Science Basis](#)



Fonte: NASEM

Cambiamenti climatici e tempeste convettive severe

Il report AR6 ([IPCC, 2021](#)) indica che il **numero di report di grandine** (*hail*) è aumentato, ma tale incremento potrebbe essere legato principalmente **all'aumento delle segnalazioni** (e.g., [ESWD](#), *European Severe Weather Database*, di [ESSL](#), *European Severe Storms Laboratory*).

Il riscaldamento dell'atmosfera contribuisce ad aumentare l'**umidità dell'aria**, fornendo **maggiore energia utile** allo sviluppo di temporali più intensi. Tuttavia, le dinamiche a scala regionale sono complesse da valutare.

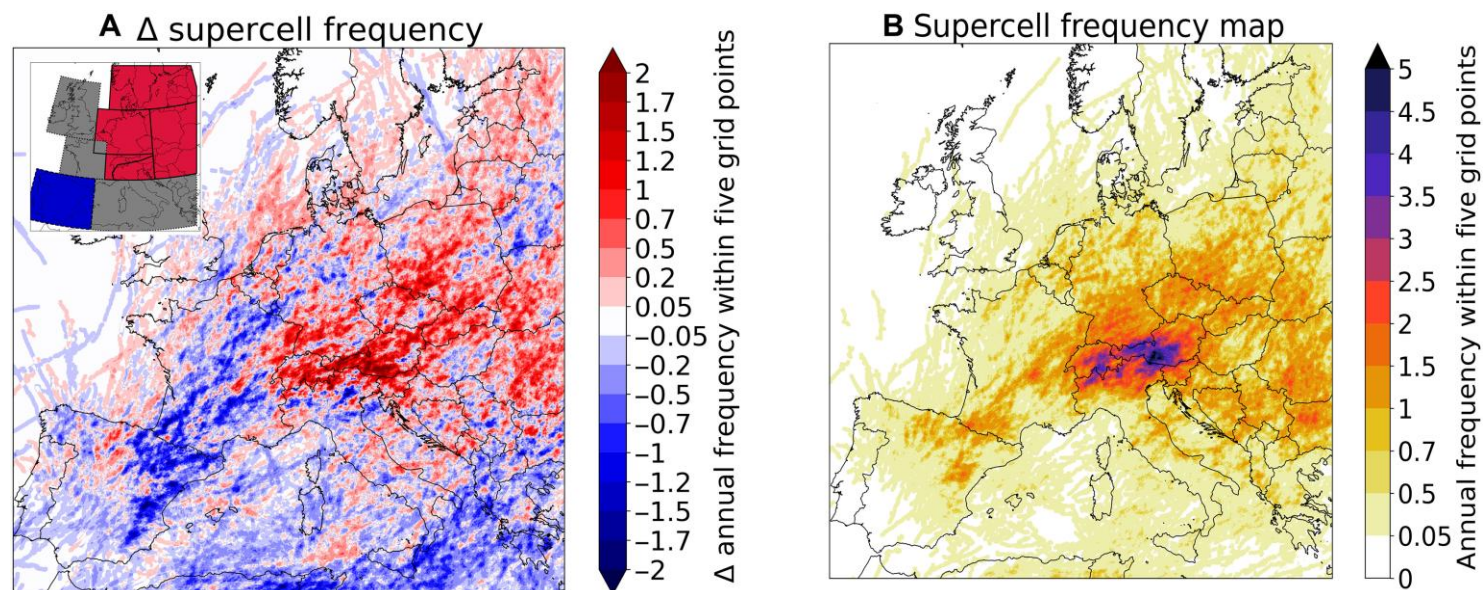
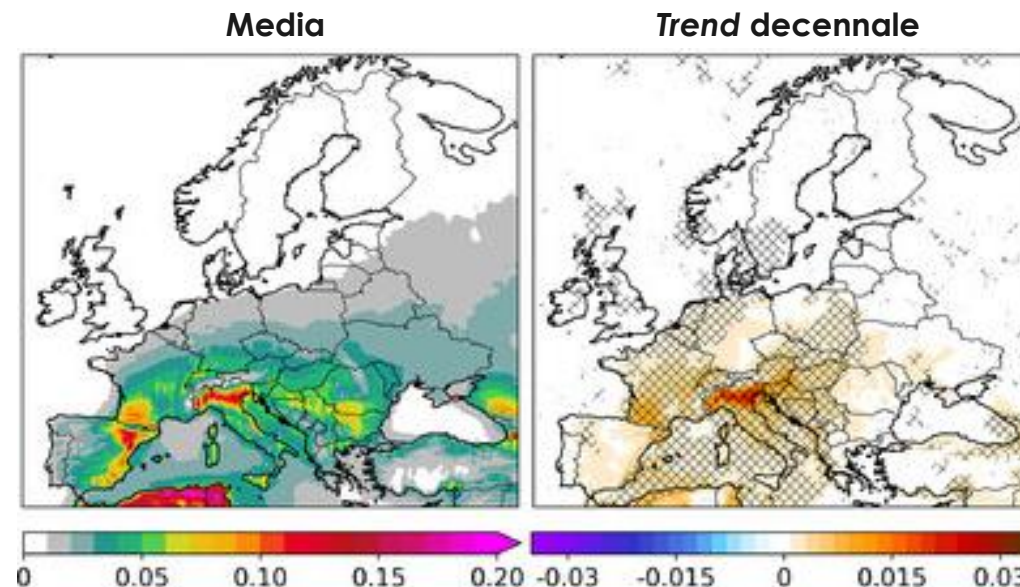
Per l'**Europa**, il report [IPCC \(2021\)](#) indica un generale lieve incremento della frequenza ed intensità degli eventi di grandine, ma con **grandi incertezze**.

Tracce di supercelle nelle simulazioni climatiche future in Europa: (A) differenza (futuro – presente) nella frequenza media annua; (B) frequenza media annua a +3°C.

Fonte: [Feldmann et al. \(2025\)](#)

Media e trend decennale del numero di ore di grandine (chicchi ≥ 5 cm) nel periodo 1950-2021 in Europa

Fonte: [Battaglioli et al. \(2023\)](#)



Messaggi chiave

La pericolosità (*hazard*)
è una delle componenti
del rischio

Le proiezioni non
sono previsioni

Precisione non è
accuratezza, e viceversa

Distinguere tra naturale
variabilità ed eventuali
non-stazionarietà

Andamenti globali
possono essere associati
a *pattern* diversi alla
scala locale

Conclusioni

Confronto



Conclusioni

Confronto



Integrazione



Confronto



Integrazione



Contaminazione



Confronto



Integrazione



Contaminazione



Grazie!