

## SCENARI CLIMATICI

*Il presente Mini Book è un estratto del [Rapporto “Scenari Climatici e Valutazioni per l’impresa”](#) realizzato dalla Fondazione Utilitatis in collaborazione con Silvio Gualdi (Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici), Massimo Buongiorno e Saverio Maria Bratta (Università Bocconi di Milano). Il presente estratto è una sintesi della sezione curata da Silvio Gualdi e dedicata all’analisi dei principali indicatori climatologici nello scenario previsionale dei prossimi decenni. Obiettivo di questo estratto è quello di fornire una panoramica dei risultati dei principali modelli di previsione, con un focus specifico sugli effetti meteo-climatici a livello Paese. Il Rapporto contiene inoltre una valutazione dell’impatto dei cambiamenti climatici sui risultati delle imprese, approfondendo il tema della disclosure di sostenibilità e del mercato del debito “sostenibile”.*

Da diversi anni gli impatti dei cambiamenti climatici – già in corso e ben visibili – sulla società e sull’economia, hanno fatto uscire questo tema dalle aule e dai laboratori scientifici, per diventare una questione di estrema importanza, analizzata e dibattuta negli ambienti economici e finanziari, oltre che politici.

Il World Economic Forum (WEF, <http://www.weforum.org/>), per esempio, ha recentemente pubblicato la diciottesima edizione del proprio rapporto sui rischi globali (Global Risks Report, GRR, 2023), basato sull’elicitazione di migliaia di pareri qualificati di esperti e “decisori” nei vari settori dell’economia e della società, sulla percezione della probabilità e dell’impatto dei rischi a livello globale.

Nonostante l’ovvia rilevanza che i problemi legati alle molteplici crisi internazionali – lo scontro geo-economico, l’erosione della coesione sociale, la diffusione del *cybercrime*, le migrazioni su larga scala, le crisi sanitarie globali – le questioni legate al clima rappresentano, secondo il WEF, uno dei maggiori elementi di rischio per l’umanità nelle valutazioni degli esperti economici. Infatti, nella classifica dei rischi percepiti come quelli probabilmente più gravi che l’umanità dovrà affrontare nei prossimi dieci anni riportati nel rapporto, ai primi tre posti ci sono i fallimenti delle politiche di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici e le condizioni meteorologiche estreme alle quali le società saranno esposte (GRR, 2023).

Il ruolo di assoluta preminenza che gli eventi meteorologici e gli impatti dei cambiamenti climatici hanno tra i principali fattori di rischio per l’economia globale è un elemento che si ripete ormai regolarmente da oltre 10 anni nei rapporti del WEF (GRR, 2023). Il che rende evidente come il cambiamento climatico e i suoi effetti non siano più solo un relevantissimo e importantissimo problema accademico, ma si è appunto consolidata la profonda consapevolezza che essi rappresentino un serio problema per l’economia e il benessere della società nel suo complesso.

È quindi necessario che la comunità scientifica renda disponibili agli altri settori della società, le conoscenze e gli strumenti sviluppati (e tuttora in corso di continuo sviluppo), per cercare di anticipare condizioni di criticità, contribuendo ad individuare le soluzioni che una volta implementate permetteranno di mitigare i rischi climatici e gli associati danni economici e sociali.

Tra questi strumenti ci sono sicuramente i dati e le informazioni sui possibili cambiamenti climatici che potrebbero verificarsi nei prossimi decenni, in conseguenza ai diversi scenari di sviluppo socioeconomico e annesse forzanti antropogeniche. Ma vi sono anche le previsioni climatiche a orizzonti temporali che vanno dai pochi mesi alla decina di anni e che possono aiutare i processi decisionali informandoli su possibili modulazioni delle tendenze climatiche, che su scale temporali relativamente brevi potrebbero essere modificate rispetto a quello che le proiezioni ci indicano per il lungo termine.

Le previsioni climatiche sono ancora in una fase di forte sviluppo sia dal punto di vista delle metodologie scientifiche alla loro base che da quello delle pratiche operative che, entrambe, devono essere migliorate per rendere i risultati di queste previsioni più attendibili e, in generale, più facilmente utilizzabili. Un grande sforzo è in corso in questo senso, sia da parte della comunità delle scienze del clima che da parte delle agenzie preposte alle operazioni previsionali.

Seppur, quindi, ancora in una fase di crescita, l'attività delle previsioni climatiche rappresenta sicuramente uno dei settori di innovazione più promettenti e potenzialmente più abilitanti per un'efficace azione di contrasto agli impatti più nefasti della variabilità e dei cambiamenti climatici.

## **IL CAMBIAMENTO CLIMATICO GLOBALE**

Le temperature dell'atmosfera alla superficie della Terra, su quasi tutto il globo, sono oggi più elevate di quanto non fossero 100 anni fa e i tre passati decenni sono più caldi di ogni decennio dal 1850 a oggi. Tra il 1880 e il 2022, le temperature medie globali sono aumentate di ormai oltre 1°C e larghe porzioni della popolazione del pianeta vivono in aree dove la temperatura è già oggi mediamente oltre 1.5°C più calda rispetto al periodo preindustriale. Ci sono anche evidenze che le precipitazioni medie globali sulla terraferma siano aumentate dal 1950, con un tasso di aumento più rapido dagli anni '80.

A dispetto del generale aumento delle precipitazioni sulle aree continentali, nell'Europa meridionale e nel bacino del Mediterraneo ci sono evidenze di una tendenza all'aumento di condizioni di siccità meteorologica (giorni senza pioggia). Questo è principalmente dovuto al fatto che le traiettorie dei cicloni delle medie latitudini si sono spostate verso il polo, riducendo il numero di perturbazioni atlantiche che investono la parte più meridionale dell'Europa e il Mediterraneo.

Negli ultimi 50 anni si sono verificati cambiamenti in molti eventi estremi meteorologici e climatici. In alcune aree si stanno verificando più ondate di calore e/o più episodi di piogge intense che in passato.

Fatte salve alcune eccezioni, i ghiacciai si stanno ritirando in tutto il mondo e il ritmo della loro fusione è in aumento. Questo è quello che sta accadendo, oltre che ai ghiacciai delle Alpi, anche ai ghiacci della Groenlandia e dell'Antartide. L'area coperta da neve nell'emisfero settentrionale è diminuita nel corso degli ultimi 50 anni, soprattutto in primavera e il permafrost sta fondendo in molte regioni.

Il livello globale medio degli oceani è cresciuto di circa 0.2 m nel periodo 1901–2018. La causa principale dell'aumento del livello globale del mare nell'ultimo secolo (escludendo gli effetti locali di subsidenza della costa) è il riscaldamento degli oceani (l'acqua si espande quando si

riscalda). Dopodiché vi è un crescente contributo (che diventerà particolarmente importante nel futuro) dovuto alla fusione dei ghiacciai, soprattutto quelli della Groenlandia e dell'Antartide.

C'è ormai unanime consenso nella comunità scientifica, che le attività umane abbiano causato la maggior parte dell'incremento di temperatura registrato a partire dalla seconda metà del '900 e che questo riscaldamento rifletta un cambiamento climatico globale. Il crescente livello di gas a effetto serra e in particolare di CO<sub>2</sub> proveniente dall'utilizzo di combustibili di origine fossile e da modifiche nell'uso del suolo, sta in larga parte guidando il cambiamento.

La concentrazione atmosferica dei principali gas serra, CO<sub>2</sub>, metano e protossido d'azoto, è aumentata rispettivamente di oltre il 48%, il 133% e il 20% rispetto all'era preindustriale. Questi livelli di concentrazione di gas serra non hanno precedenti nel corso degli ultimi 2 milioni di anni nella storia del Pianeta.

I cambiamenti climatici nei prossimi anni saranno in larga parte definiti dai livelli di gas serra che sono già presenti in atmosfera. Le attività di mitigazione che si prendono in considerazione negli scenari, quindi, hanno un impatto molto piccolo sul breve periodo. Al contrario, le eventuali misure di contenimento delle emissioni di gas serra hanno un impatto maggiore sui cambiamenti climatici attesi a partire dalla metà del 21° secolo.

La Tabella 1 riporta una sintesi del riscaldamento globale (*range* di innalzamento della temperatura superficiale dell'aria mediata globalmente) ottenuto dai modelli nelle simulazioni di scenario CMIP6 per diversi scenari di emissioni.

Il riscaldamento è proiettato essere generalmente maggiore sulla terra rispetto alla superficie degli oceani, mentre l'Artico e in generale le aree settentrionali dei continenti dell'emisfero nord sono proiettati scaldarsi più velocemente rispetto alla media globale.

Scenario	Near term, 2021 - 2040		Mid-term, 2041 - 2060		Long term, 2081 - 2100	
	Best estimate (°C)	Very likely range (°C)	Best estimate (°C)	Very likely range (°C)	Best estimate (°C)	Very likely range (°C)
SSP1-	1.5	1.2 to 1.7	1.6	1.2 to 2.0	1.4	1.0 to 1.8
SSP1-	1.5	1.2 to 1.8	1.7	1.3 to 2.2	1.8	1.3 to 2.4
SSP2-	1.5	1.2 to 1.8	2.0	1.6 to 2.5	2.7	2.1 to 3.5
SSP3-	1.5	1.2 to 1.8	2.1	1.7 to 2.6	3.6	2.8 to 4.6
SSP5-	1.6	1.3 to 1.9	2.4	1.9 to 3.0	4.4	3.3 to 5.7

**Tabella 1:** Sintesi del riscaldamento climatico proiettato per i diversi scenari SSP in tre periodi del 21° secolo. Cambiamenti della temperatura superficiale globale valutate, per diversi periodi di 20 anni nel corso del 21° secolo, secondo cinque scenari di emissioni. Le differenze di temperatura relative alla temperatura superficiale globale media del periodo 1850–1900 sono riportate in °C. Fonte: IPCC-AR6 (2021), Cross-Chapter Box 2.3, 4.3, 4.4, Cross-Section Box TS.1.

Le proiezioni indicano anche che entro la fine del 21° secolo vi sarà quasi ovunque un aumento delle giornate eccezionalmente calde e una diminuzione di quelle fredde, con ondate di calore più durature e frequenti. Questo comunque non esclude la possibilità che occasionalmente si verifichino inverni insolitamente freddi.

In linea generale, le proiezioni indicano anche che le regioni già tendenzialmente aride diventeranno più aride, mentre le aree umide diverranno ancora più umide. Gli eventi estremi di pioggia sono, in generale, proiettati diventare più frequenti e intensi alle medie latitudini e nelle aree tropicali

Dalle proiezioni prodotte con tutti gli scenari SSP emerge un riscaldamento sensibile degli oceani che combinato con la fusione dei grandi ghiacciai continentali (Groenlandia e Antartide specialmente) potrà portare a un innalzamento del livello globale degli oceani, che nello scenario SSP5-8.5 può essere di quasi 1 m alla fine del 21° secolo.

## **IL CAMBIAMENTO CLIMATICO NEL MEDITERRANEO E SULLA PENISOLA ITALIANA**

Il sesto rapporto dell'IPCC (AR6-IPCC, 2021) e il rapporto MedECC (2020) identificano quattro rischi-chiave per l'Europa e il bacino del Mediterraneo:

- i) maggiore frequenza e intensità delle ondate di calore;
- ii) scarsità della produzione agricola;
- iii) scarsità della risorsa idrica;
- iv) maggiore frequenza e intensità delle inondazioni.

In generale, il Mediterraneo è una zona che si è riscaldata, e continuerà a farlo, a un ritmo superiore rispetto alla media globale e per questo occorre aspettarsi nei prossimi anni impatti (avversi) maggiori rispetto ad altre zone del pianeta. Le temperature medie annuali sulla terraferma e sul mare nel bacino del Mediterraneo sono già circa 1,5°C più alte rispetto al periodo preindustriale e secondo le proiezioni aumenteranno fino al 2100 di ulteriori 3,8-6,5°C in uno scenario ad alta concentrazione di gas serra (RCP8.5) e da 0,5 a 2,0°C per uno scenario mitigato come RCP2.6. È virtualmente certo che il riscaldamento della superficie marina nel Mediterraneo continuerà durante il 21° secolo e varierà da 1 a 4°C a seconda dello scenario (basse o alte emissioni di gas serra) e probabilmente le acque profonde si riscalderanno di più in questo bacino che in altri oceani del mondo.

Per le ondate di calore, i risultati delle proiezioni indicano che se le temperature dovessero innalzarsi fino a 3°C queste triplicheranno rispetto a un riscaldamento di 1.5°C; mentre per il settore agricolo per via della combinazione di caldo e siccità, si prevedono in questo secolo perdite sostanziali in termini di produzione agro-alimentare per la maggior parte delle aree europee, che non saranno compensate dai guadagni attesi per l'Europa settentrionale.

Al centro degli impatti c'è la risorsa idrica, elemento essenziale per la vita umana, oltre che driver di sviluppo per ogni società. Secondo i rapporti AR6-IPCC e MedECC il rischio di scarsità idrica nell'Europa meridionale è già elevato per un livello di riscaldamento globale di 1.5°C e diventa molto alto nel caso di un innalzamento di 3°C. Nonostante le forti variazioni regionali, le precipitazioni estive saranno probabilmente ridotte dal 10 al 30% in alcune regioni, aumentando le carenze idriche esistenti, la desertificazione e diminuendo la produttività agricola.

In tutti gli scenari, vi è un chiaro aumento delle condizioni di siccità meteorologica (numero di giorni senza pioggia) sulla quasi totalità dell'Europa del sud e del bacino del Mediterraneo, al quale corrisponderà un aumento del numero di giorni in cui l'Europa meridionale (Italia compresa) non avrà sufficienti risorse idriche (disponibilità inferiore alla richiesta) per i propri fabbisogni industriali e in agricoltura.

Se le temperature dovessero aumentare di 2°C invece che di 1.5°C, la scarsità idrica che colpirà queste zone potrebbe passare dal coinvolgere il 18% della popolazione al 54%. Di pari passo crescono aridità del suolo e desertificazione: in uno scenario di innalzamento della temperatura di 3°C l'aridità del suolo risulta del 40% superiore rispetto a uno scenario con innalzamento della temperatura a 1.5°C.

In molte aree della regione, la domanda di risorse idriche eccede già oggi le disponibilità. Un divario che sta aumentando a causa dei cambiamenti climatici e della crescita socioeconomica. Nel caso di un innalzamento di temperatura di 3°C, il rischio di scarsità di risorse idriche diventa alto anche nell'Europa centro-occidentale. Una situazione che, in pratica, viene sperimentata già oggi dai Paesi del Nord Africa e del Medio Oriente.

Per quanto riguarda la penisola italiana, le proiezioni indicano un possibile aumento della temperatura media annuale che potrebbe essere di oltre 2.3 °C in uno scenario intermedio (RCP4.5) e di quasi 4 °C in uno scenario fortemente emissivo (RCP8.5), con punte che potrebbero superare i 3 °C e raggiungere i 5 °C durante la stagione estiva. A questi considerevoli aumenti delle temperature medie annuali ed estive si assocerebbero incrementi nel numero di giorni di onde di calore che, nei loro valori medi annuali, potrebbero aumentare di oltre 60 giorni e oltre 120 giorni rispettivamente nei due scenari.

Anche le precipitazioni sulla penisola italiana sono proiettate cambiare in modo significativo, con una generale diminuzione della quantità d'acqua che mediamente piove nel corso dell'anno. Questo cambiamento, però è reso più significativo dal fatto che sono i regimi di precipitazione a mostrare sostanziali modifiche nel clima futuro, con una marcata riduzione del numero di giorni di pioggia e un aumento degli eventi di precipitazione intensa. Piove meno frequentemente (prolungando i periodi di siccità meteorologica), ma quando piove la precipitazione risulta più intensa.

Ovviamente, questi cambiamenti climatici proiettati per il futuro si traducono immediatamente in potenziali impatti che riversano i loro effetti avversi in innumerevoli settori della nostra società.

Uno degli ambiti più direttamente colpiti, come già ripetutamente ricordato, è quello della gestione delle risorse idriche. La combinazione dei cambiamenti di precipitazione, temperatura e, con essa, evaporazione, cambiano sostanzialmente il ciclo idrologico in molti bacini del Paese, modificando marcatamente la variazione del flusso fluviale stagionale, il ricarico delle falde e quindi la disponibilità d'acqua. Molti segnali in questo senso sono già visibili. Più specificamente, la crescente temperatura aumenterà l'evapotraspirazione e innalzerà il limite nevoso ad altitudini maggiori, riducendo le riserve nevose e glaciali con conseguente aumento del flusso invernale e primaverile, periodi nei quali la domanda idrica è più bassa, e una marcata diminuzione nei mesi estivi, in cui la domanda è più alta e crescente in conseguenza all'aumento delle temperature. Questi risultati ovviamente puntano a una rinnovata attenzione alle questioni della gestione delle risorse idriche e degli strumenti che sarà necessario mettere in atto per garantire a tutti i settori coinvolti il necessario approvvigionamento.

In questo contesto, le previsioni climatiche, producendo dati e informazioni su possibili condizioni meteo-climatiche anomale ad orizzonti temporali che vanno dai prossimi mesi fino al decennio, possono essere un utile strumento per meglio affrontare le criticità che la variabilità che i cambiamenti climatici pongono ormai sempre più frequentemente. Questi strumenti

devono essere ulteriormente migliorati e raffinati nelle loro prestazioni, ma già oggi rappresentano una fonte di informazioni potenzialmente molto utile.

L'ultima previsione stagionale prodotta dal sistema multi-modello Copernicus C3S prima del completamento di questo breve rapporto, la previsione della stagione autunnale (ASO) 2023, con "start date" 1° luglio 2023, indicano un chiaro segnale di un evento El Niño che si sta sviluppando nel Pacifico tropicale, evento che raggiungerà la sua fase di picco (e le anomalie più intense) nel prossimo inverno, 2023-24. Questo evento di El Niño in combinazione con il trend di riscaldamento globale renderanno con tutta probabilità il 2023 e il 2024 anni con temperature record su gran parte della superficie del globo.

La seconda edizione del Rapporto Scenari climatici e valutazione per l'impresa redatto da Fondazione Utilitatis nel 2023 approfondisce i diversi temi qui trattati in sintesi.

## REFERENZE

GRR2023, 2023: Global Risks Report 2023, by the World Economic Forum in collaboration with Marsh McLennan and Zurich Insurance Group, 98 pp. <https://www.weforum.org/reports/global-risks-report-2023/>.

IPCC-AR6, 2021, disponibile presso il sito <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle>

MedECC (2020) Climate and Environmental Change in the Mediterranean Basin – Current Situation and Risks for the Future. First Mediterranean Assessment Report [Cramer, W., Guiot, J., Marini, K. (eds.)]. Union for the Mediterranean, Plan Bleu, UNEP/MAP, Marseille, France, 632 pp., ISBN: 978-2-9577416-0-1, doi:[10.5281/zenodo.4768833](https://doi.org/10.5281/zenodo.4768833)

**Il Mini Book è la pubblicazione mensile della Fondazione Utilitatis che espone temi rilevanti, in particolare per i settori idrici e ambientali.**

**La Fondazione Utilitatis promuove la cultura e le *best practice* della gestione dei Servizi Pubblici Locali tramite l'attività di studio e ricerca, e la divulgazione di contenuti giuridici, economici e tecnici.**