



Università
Ca' Foscari
Venezia

Transizione energetica: quanto costa farla, quanto costa non farla o ritardarla

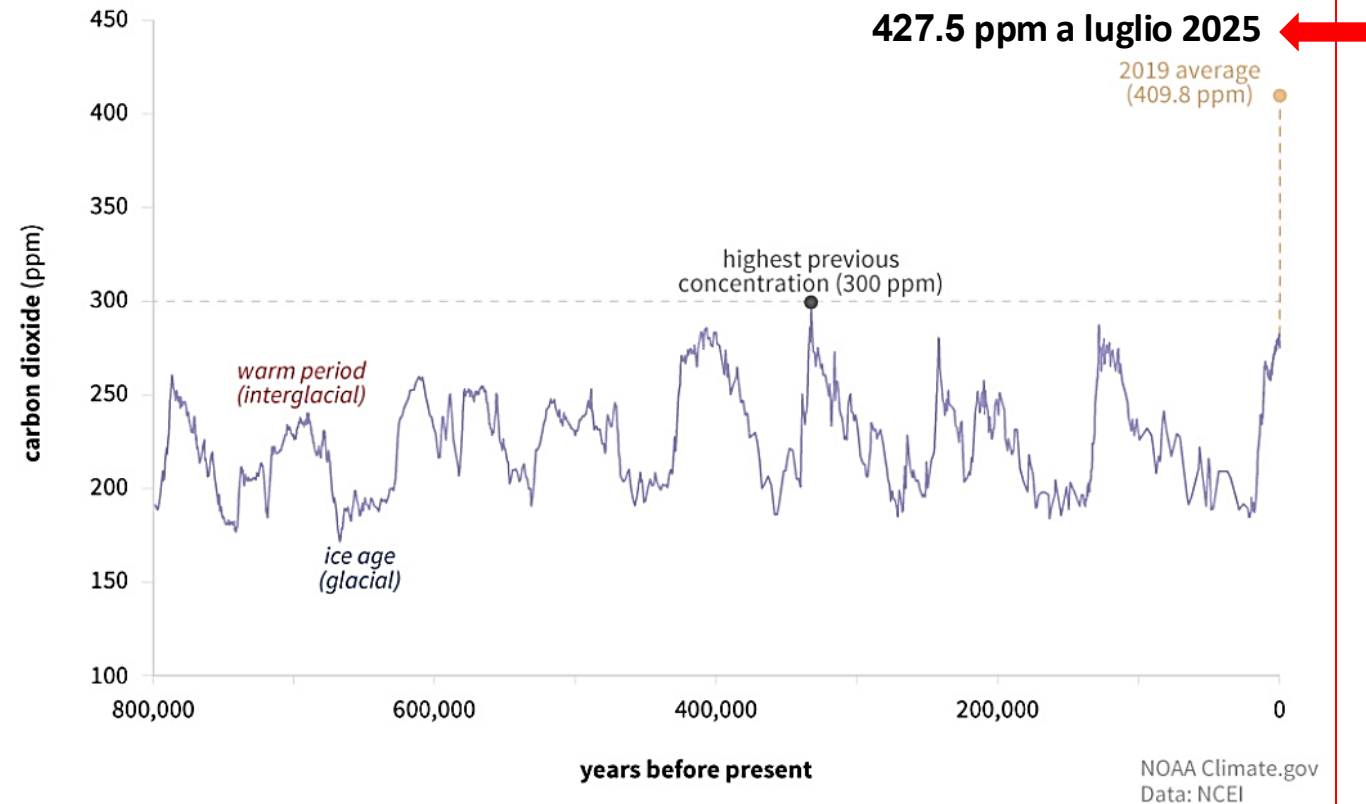
Prof. Carlo Carraro
Università Ca' Foscari Venezia e CMCC

Padova, 28 Ottobre 2025

Dove siamo, quali rischi corriamo

Siamo in un mondo in cui i rischi per le nostre società e i nostri sistemi economici sono molto elevati, perché mai gli umani avevano vissuto in simili condizioni ambientali

CARBON DIOXIDE OVER 800,000 YEARS

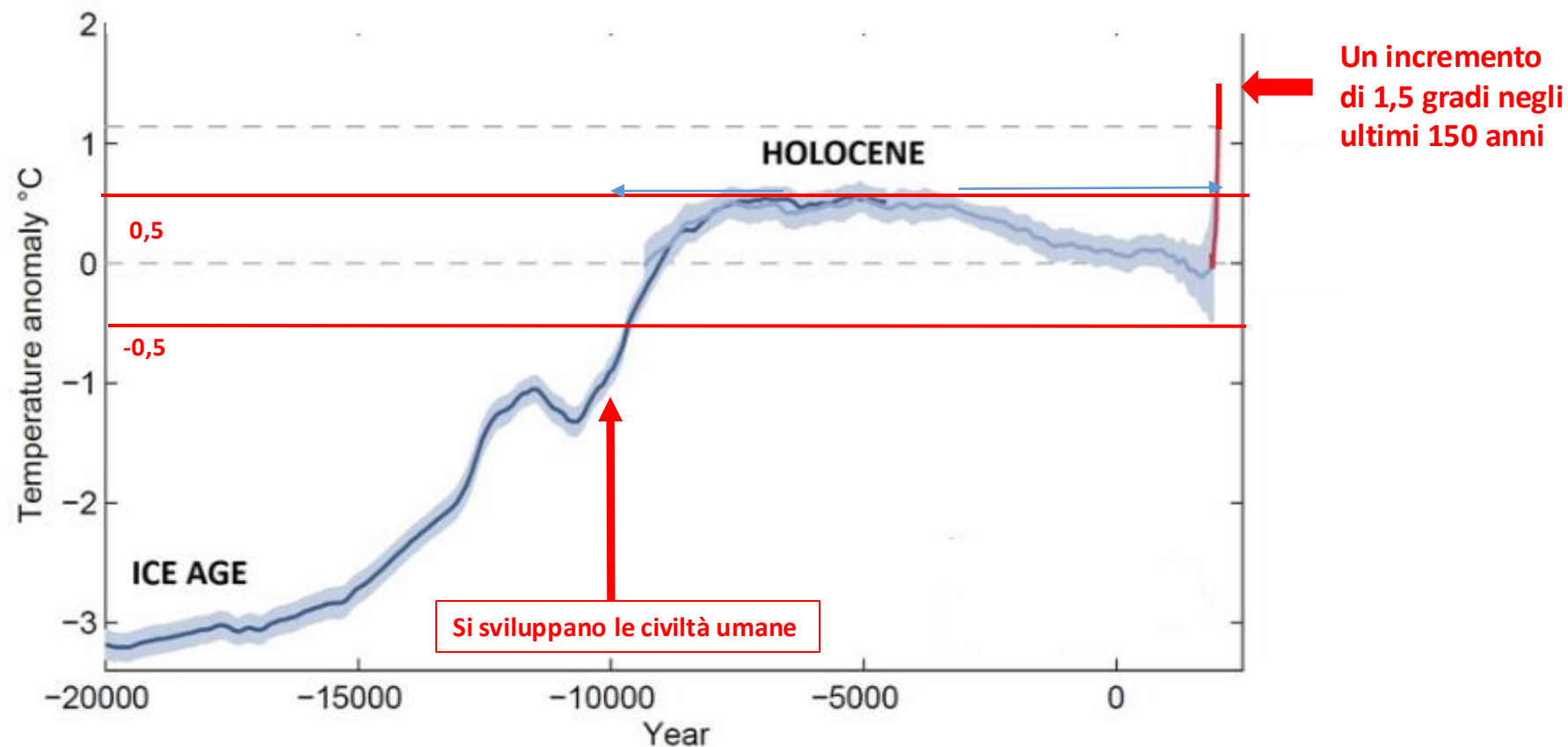


Le più elevate concentrazioni di gas serra degli ultimi 3 milioni di anni

Nel 2024, +3,5 ppm in un solo anno, il maggiore aumento annuale mai registrato (dal 1957)

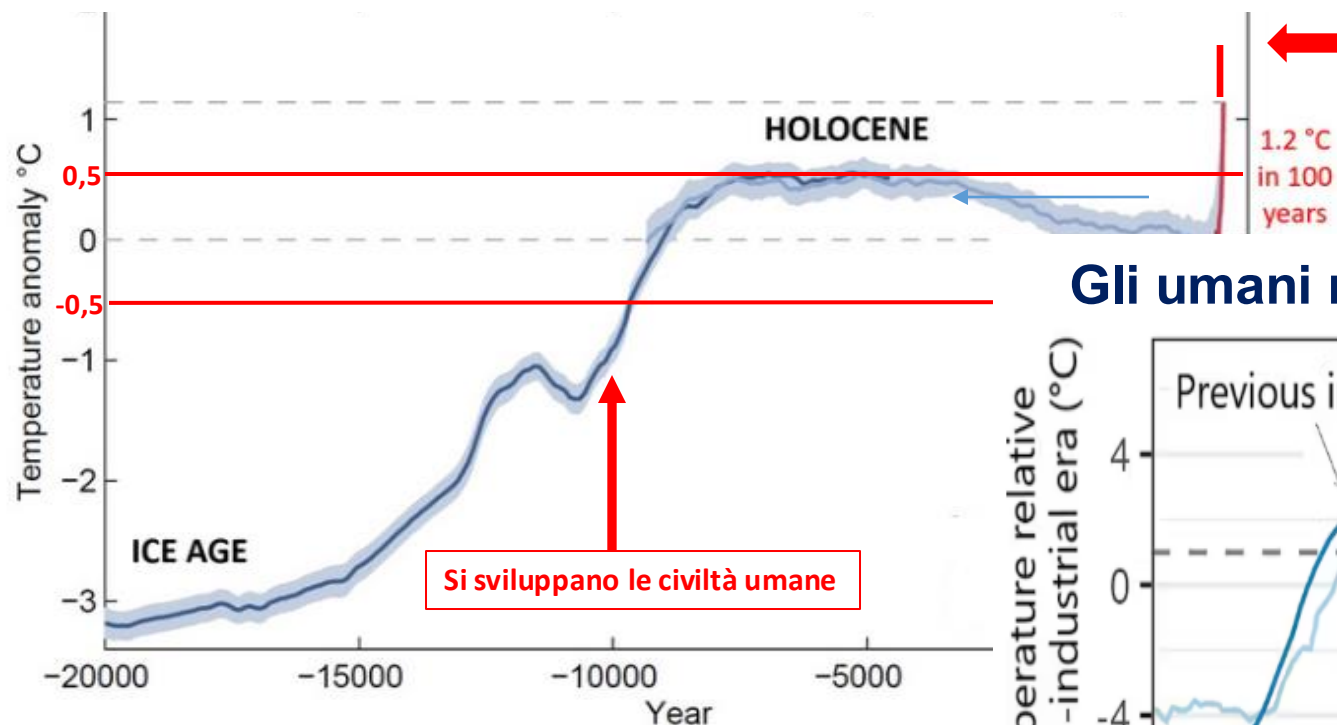


E le più alte temperature medie da quando esistono le società umane

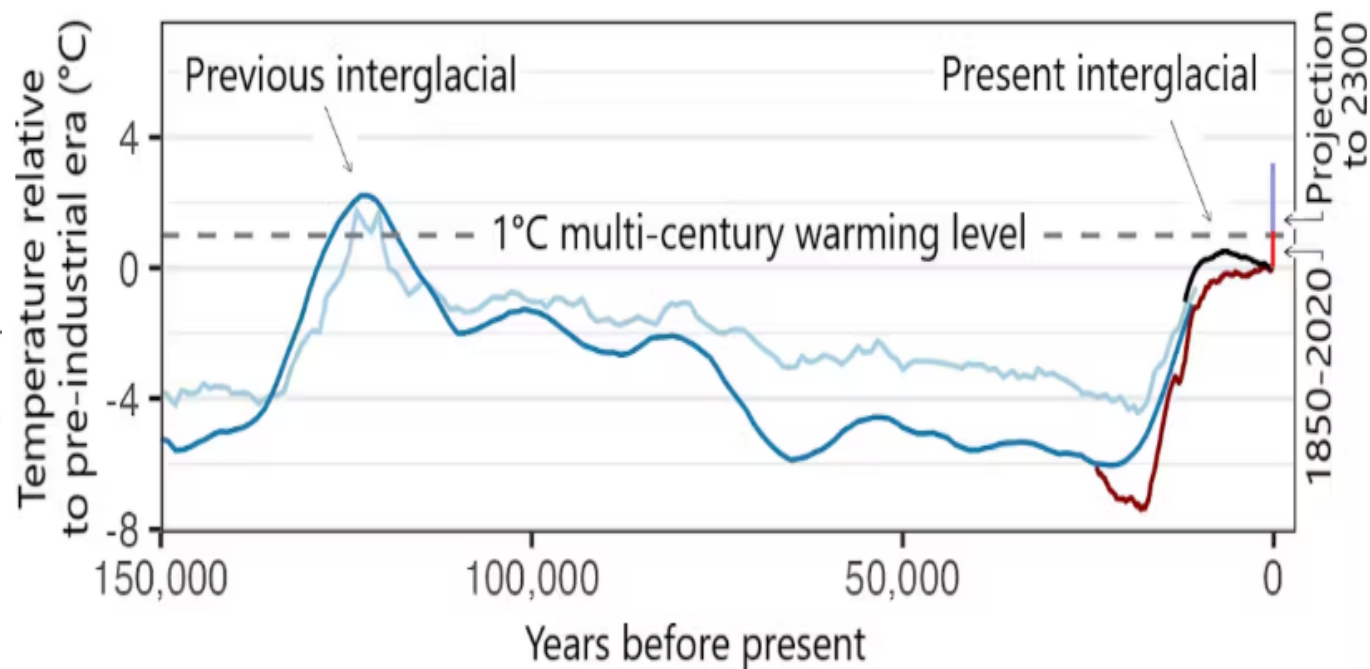


Variazioni della temperatura terrestre dall'ultima era glaciale

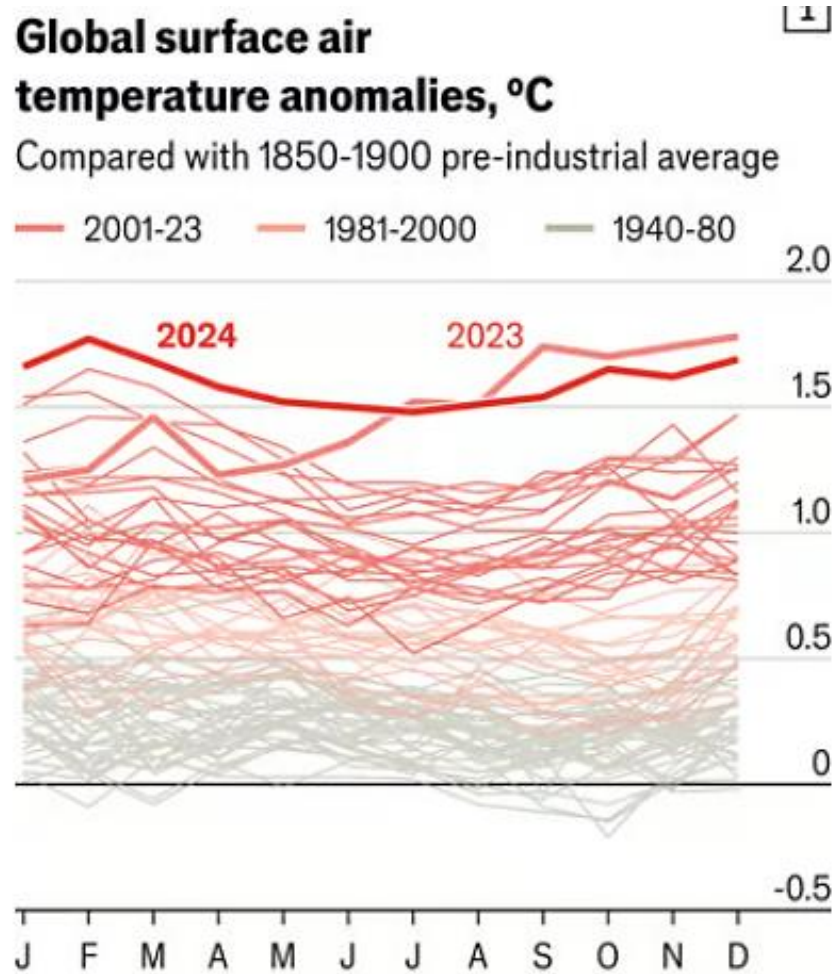
Le più alte temperature medie da quando esistono le società umane



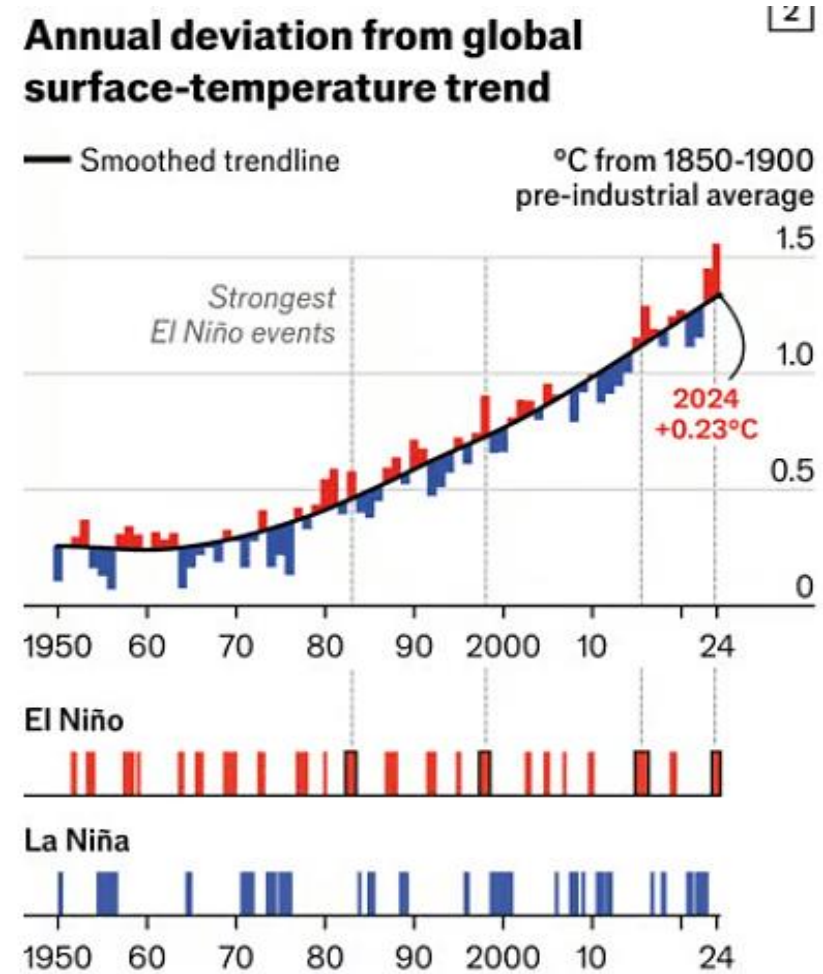
Gli umani non hanno mai vissuto con questo clima



Per un anno, nel 2024, abbiamo già oltrepassato la soglia +1.5 gradi



Source: Copernicus, ERA5



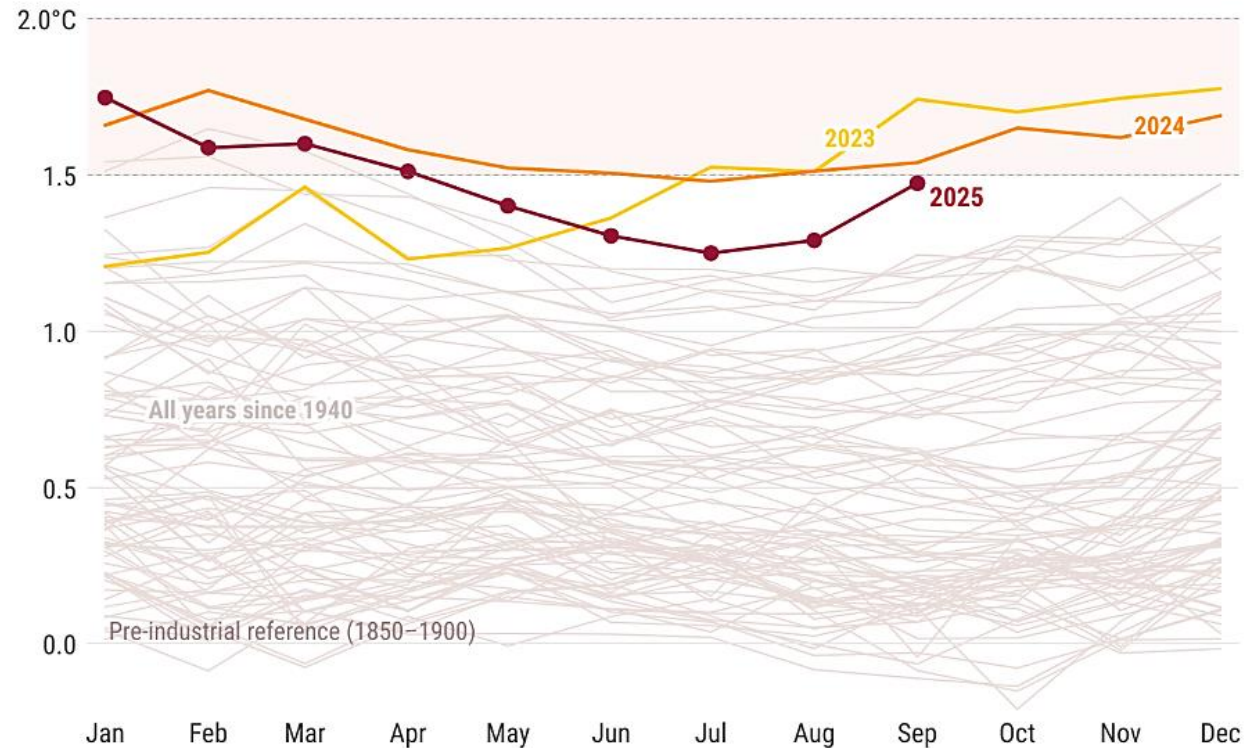
Source: Copernicus, ERA5

E nel 2025 ci siamo andati molto vicini



Monthly global surface air temperature anomalies

Data source: ERA5 • Reference period: pre-industrial (1850–1900) • Credit: C3S/ECMWF



PROGRAMME OF
THE EUROPEAN UNION



IMPLEMENTED BY

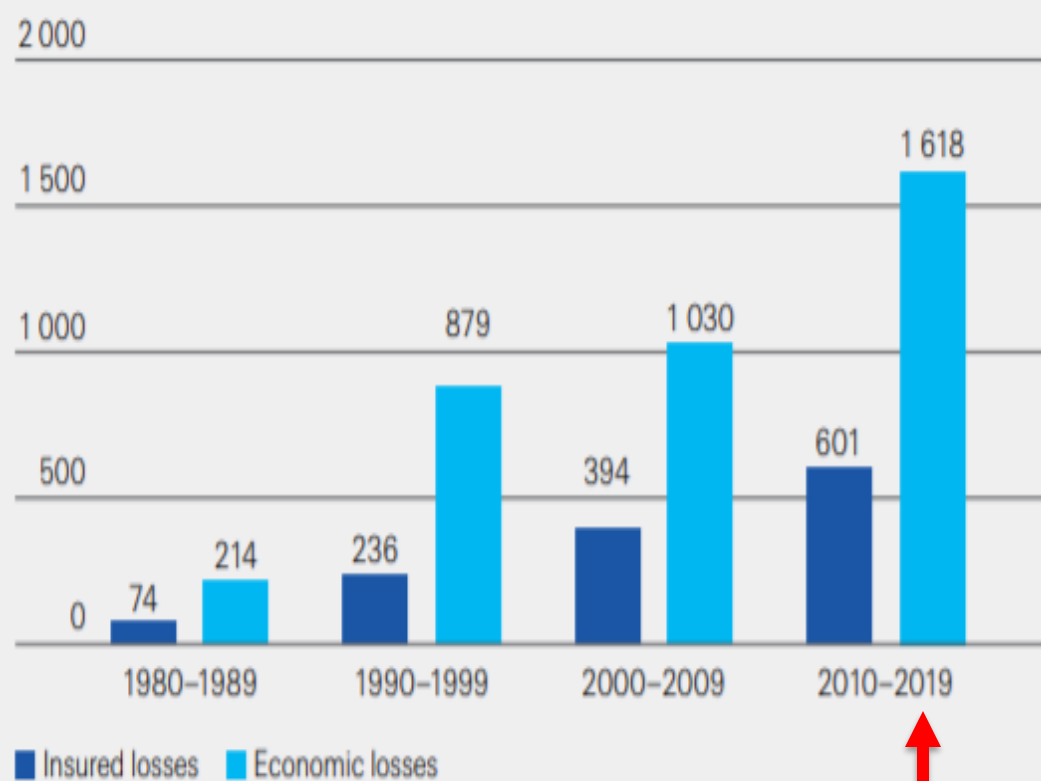


Monthly global surface air temperature anomalies ($^{\circ}\text{C}$) relative to the 1850–1900 pre-industrial reference period from January 1940 to August 2025, plotted as time series for each year. The year 2025 as well as the two warmest calendar years are shown in colour: 2025 in dark red, 2024 in orange, and 2023 in yellow. All other years are shown with thin grey lines. Data source: ERA5. Credit: C3S/ECMWF.

Gli impatti ambientali: perdite economiche da eventi estremi climatici

Figure 7

Global economic versus insured losses resulting from weather-related catastrophes, 1980–2019, (USD billion, 2019 prices)

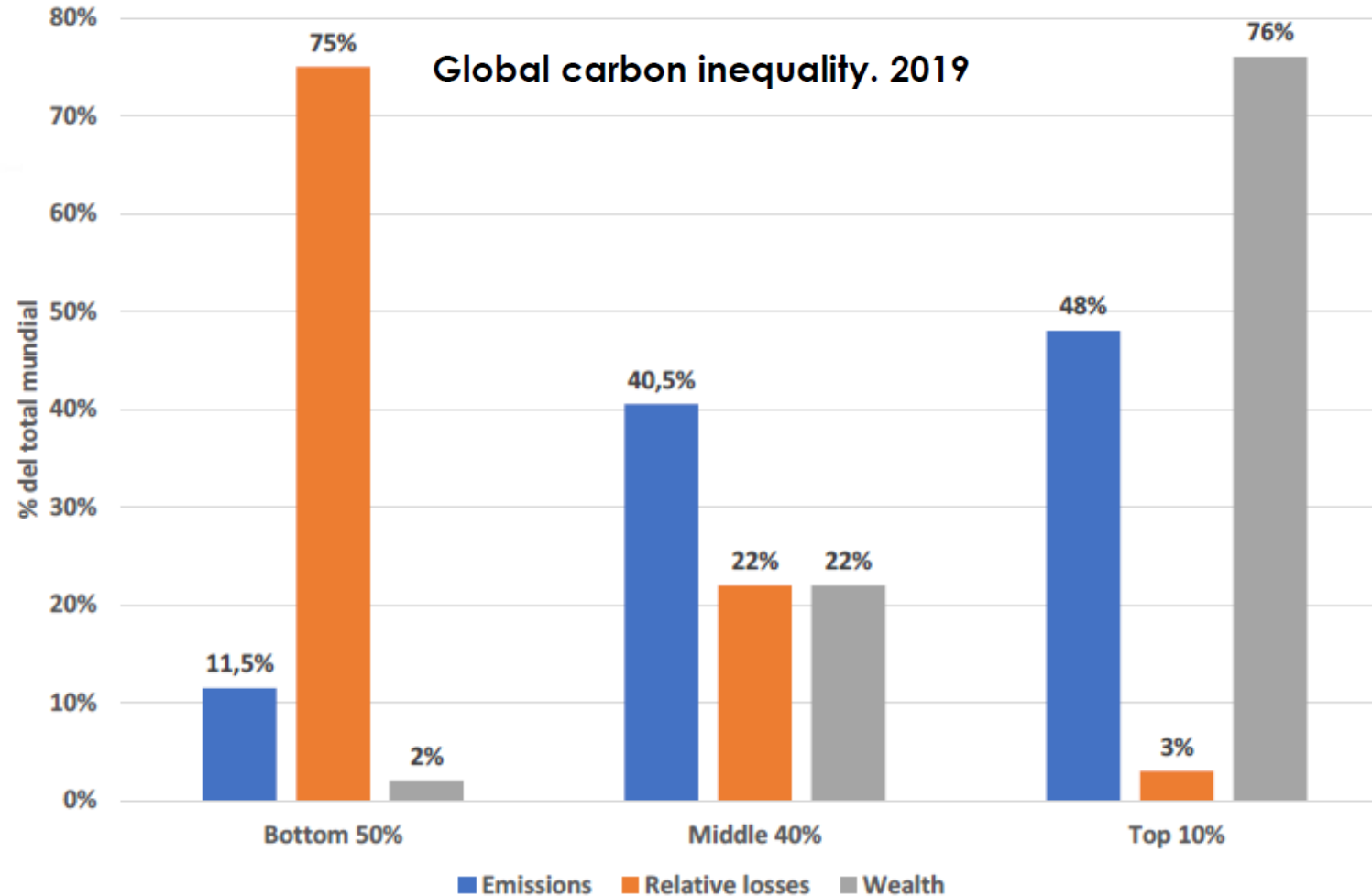


Source: Swiss Re Institute

162 billions per year on average

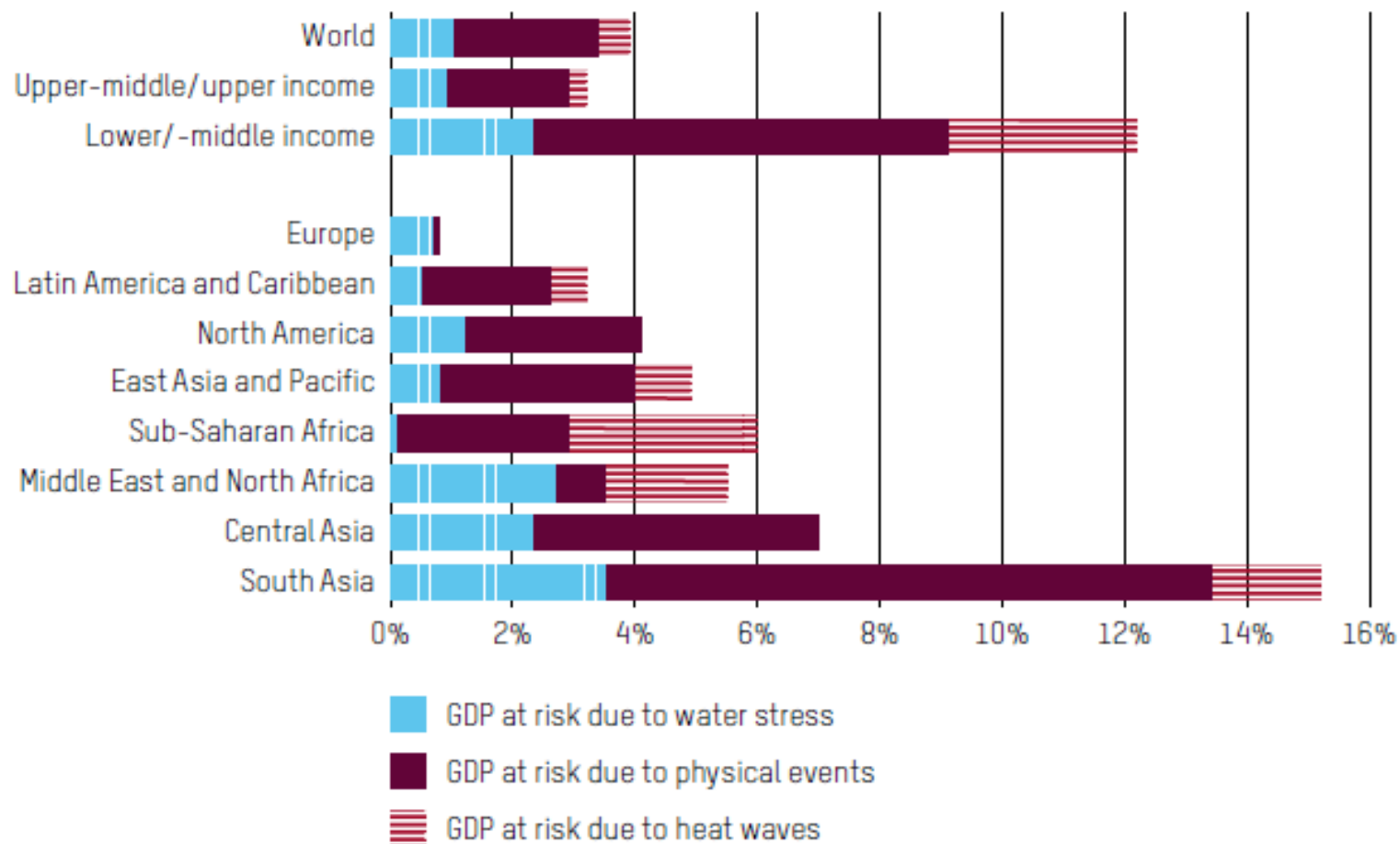
Il livello medio dei costi globali da eventi estremi ha raggiunto 280 billions nel 2023, lo 0,28% del GDP, di cui 108 billions assicurati

I costi degli impatti degli estremi climatici sono distribuiti in modo iniquo



Source: Chancel et al. (2023)

L'Europa e' la regione piu' fortunata (meno a rischio)



Il Sud Est Asiatico è 10 volte più esposto dell'Europa ai cambiamenti climatici

Non ci sono solo gli eventi estremi (inondazioni, siccità,...). Gli impatti sociali del cambiamento climatico sono spesso esclusi dai costi

Disuguaglianza economica: I cambiamenti climatici colpiscono in modo sproporzionato le comunità a basso reddito, che spesso hanno meno risorse per adattarsi ai cambiamenti delle condizioni. La povertà tende ad aumentare

Sicurezza alimentare e idrica: L'alterazione dei periodi di precipitazioni può interrompere la produzione agricola, causando scarsità di cibo e prezzi più alti.

Rischi per la salute: L'aumento delle temperature e il cambiamento del clima possono portare alla diffusione di malattie, patologie legate al caldo e problemi respiratori dovuti alla scarsa qualità dell'aria.

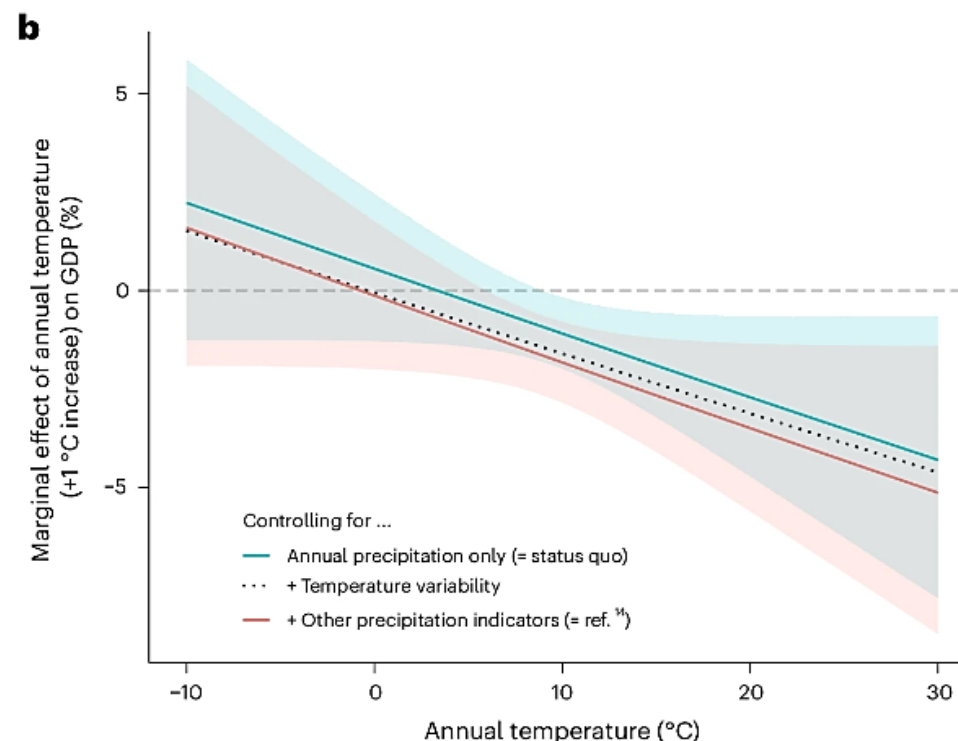
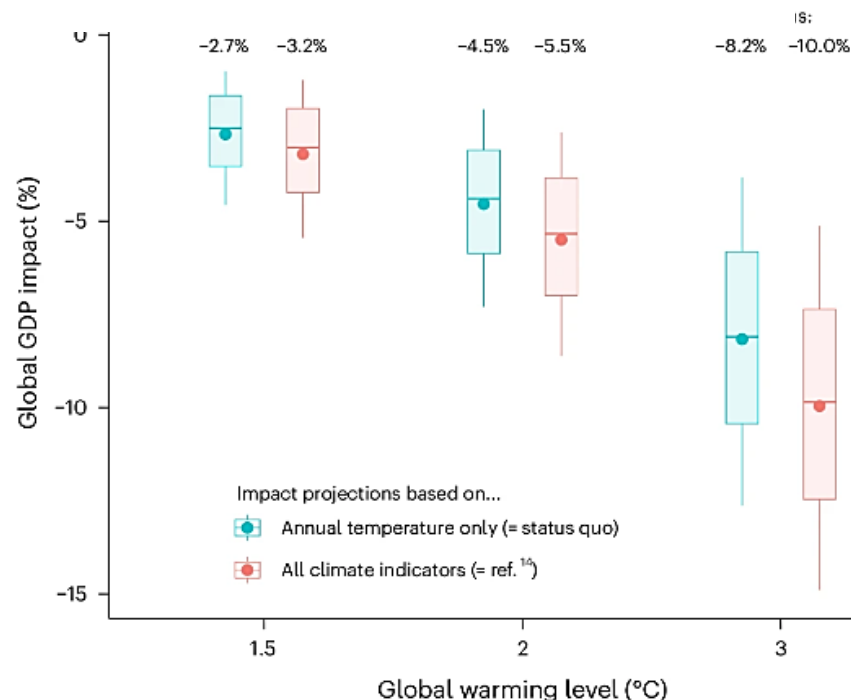
Spostamenti e migrazioni: Con l'innalzamento del livello del mare e la maggiore frequenza di eventi meteorologici estremi, molte comunità, soprattutto quelle che vivono in aree vulnerabili, potrebbero essere costrette a trasferirsi.

Conflitti e sicurezza: La scarsità di risorse e gli spostamenti possono portare a conflitti per l'acqua, il cibo e la terra.

Perdite di patrimonio culturale: le comunità indigene e altre con profondi legami con la loro terra possono subire la perdita del patrimonio culturale quando i loro ambienti cambiano o diventano inabitabili.

L'impatto sul GDP mondiale della variazione attesa di sei indicatori climatici

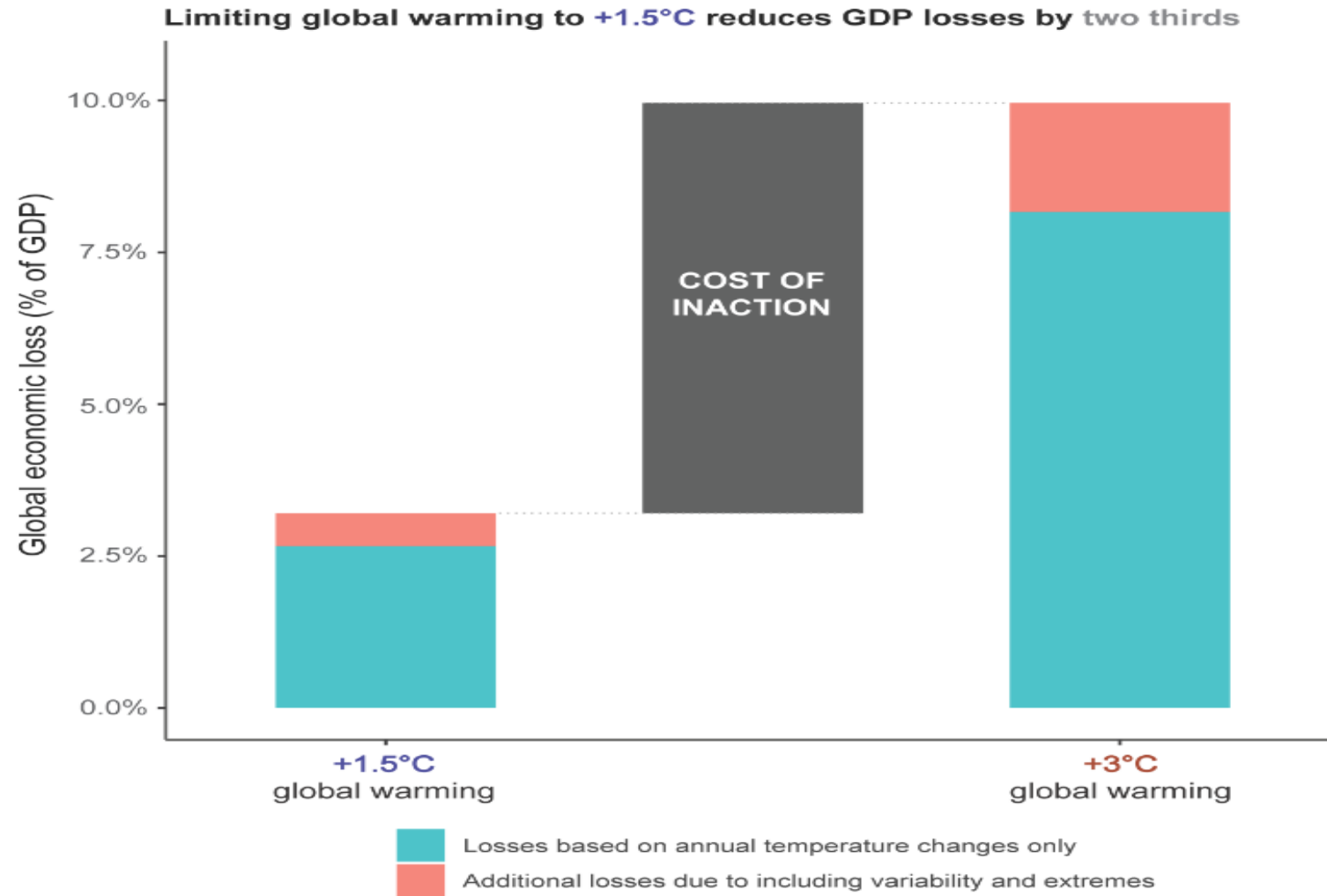
From: [Climate damage projections beyond annual temperature](#)



Source: Climate damage projections beyond annual temperature, Paul Waidelich, Fulden Batibeniz, James Rising, Jarmo S. Kikstra & Sonia I. Seneviratne, *Nature* 2024

In questo studio recente pubblicato su *Nature* vengono usati risultati empirici da oltre 1.600 regioni in tutto il mondo negli ultimi 40 anni per proiettare i danni subnazionali del cambiamento climatico

Il costo del «non fare» è molto elevato



This chart shows a nearly 7% difference between global GDP loss when global warming rises 1.5 degrees and 3 degrees Celsius or more. Figure: Paul Waidele et. al.

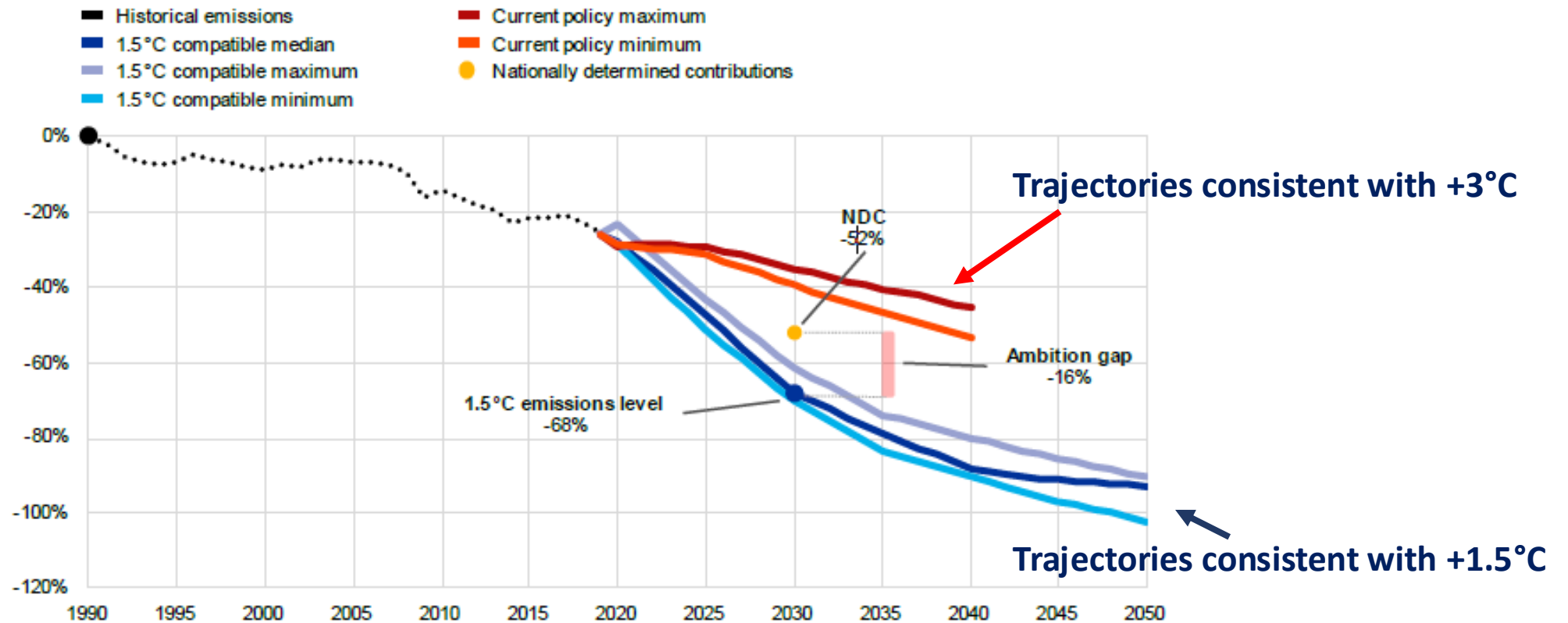
Global GDP = about 110 trillions in 2024

C'è un ampio consenso sul fatto che siamo diretti verso un +3 gradi

Substantial ambition gap between 1.5°C-compatible scenarios and current policies

Historical and projected EU GHG emission reductions compared with 1990 levels

(percentages)



Source: Climate Analytics.

Notes: LULUCF stands for land use, land-use change and forestry. MtCO₂e stands for metric tonnes of carbon dioxide equivalent.

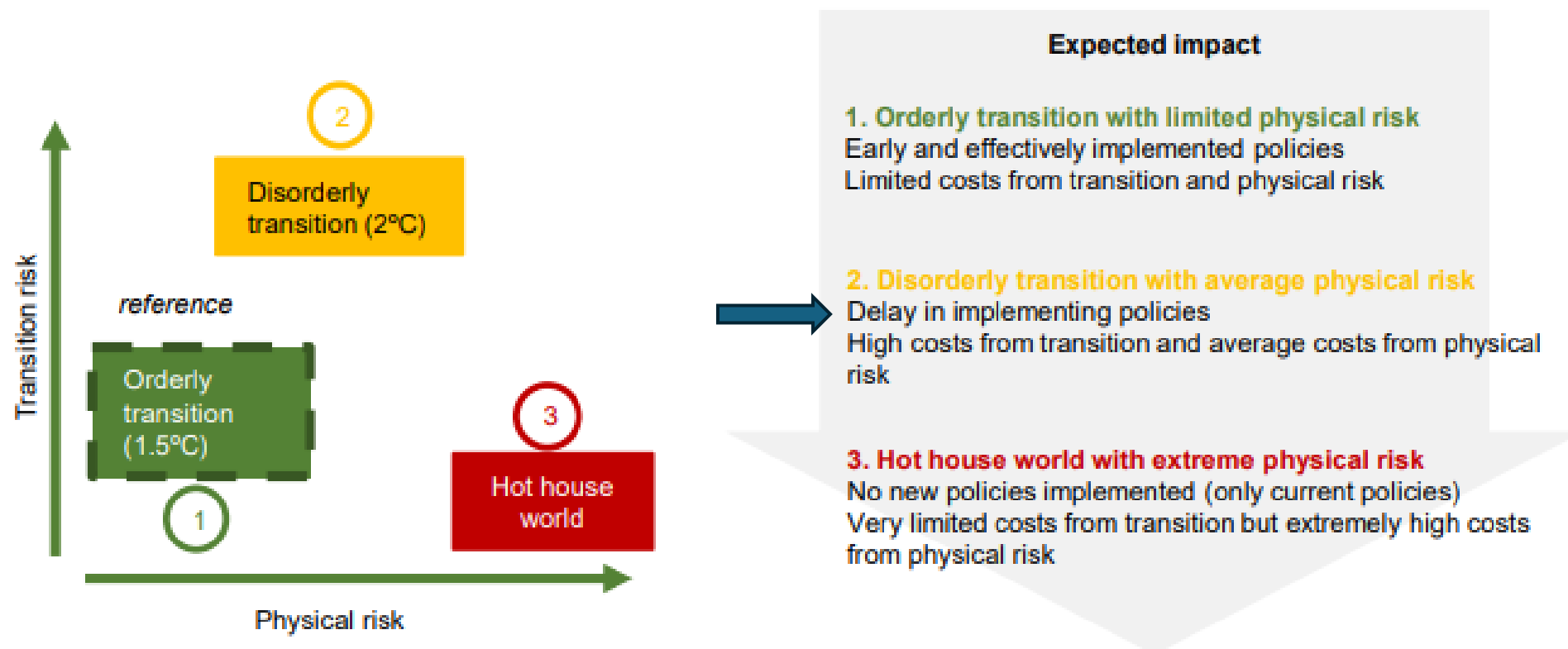
La transizione verso un'economia a zero emissioni sembra quindi indispensabile, anche da un punto di vista economico ed industriale, non solo ambientale.

Le domande da porsi ora riguardano tempi e modi:

- Conviene accelerare o ritardare la transizione ?**
- Con quali strumenti è preferibile ridurre le emissioni ?**

Tre scenari da uno studio della Banca Centrale Europea

Representation of the three scenarios in terms of physical and transition-risk levels

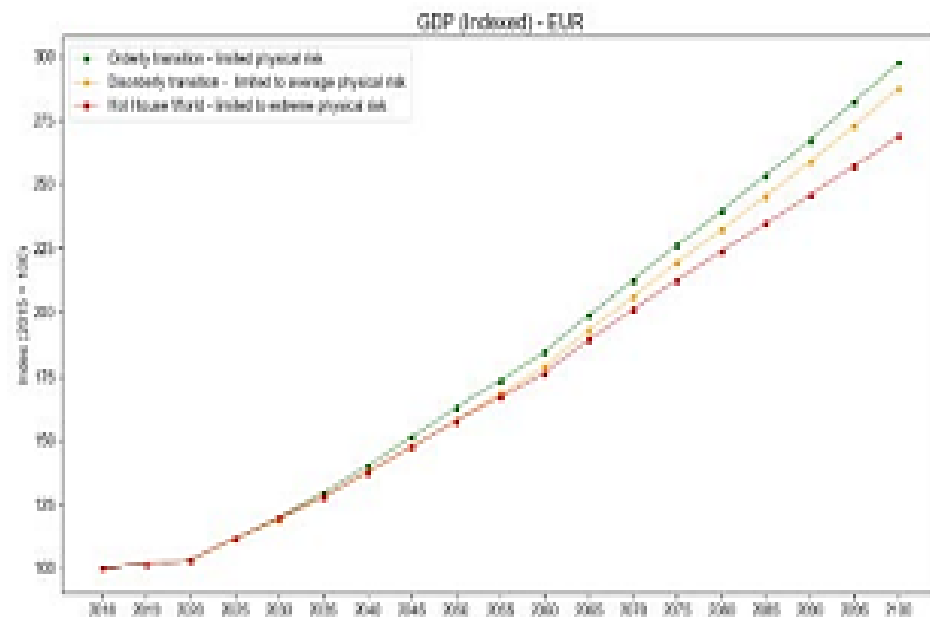


Source: ECB.

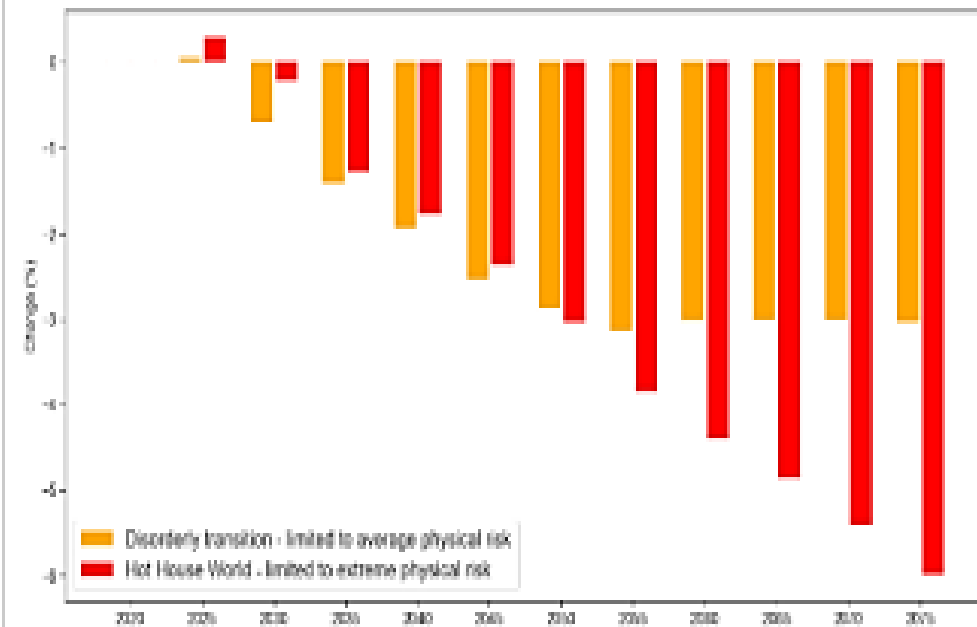
Note: The colours represent the expected impact in terms of global warming (green for meeting Paris Agreement targets with 1.5°C increase in temperature compared to pre-industrial levels; yellow for meeting the Paris Agreement targets with 2°C increase in temperature compared to pre-industrial levels; red for not meeting the Paris Agreement targets). The scenarios are organised in the graph based on the combination of transition and physical risks.

Projected paths for real GDP

Indexed, 2005 = 100



Percentage differences as compared with the orderly transition scenario

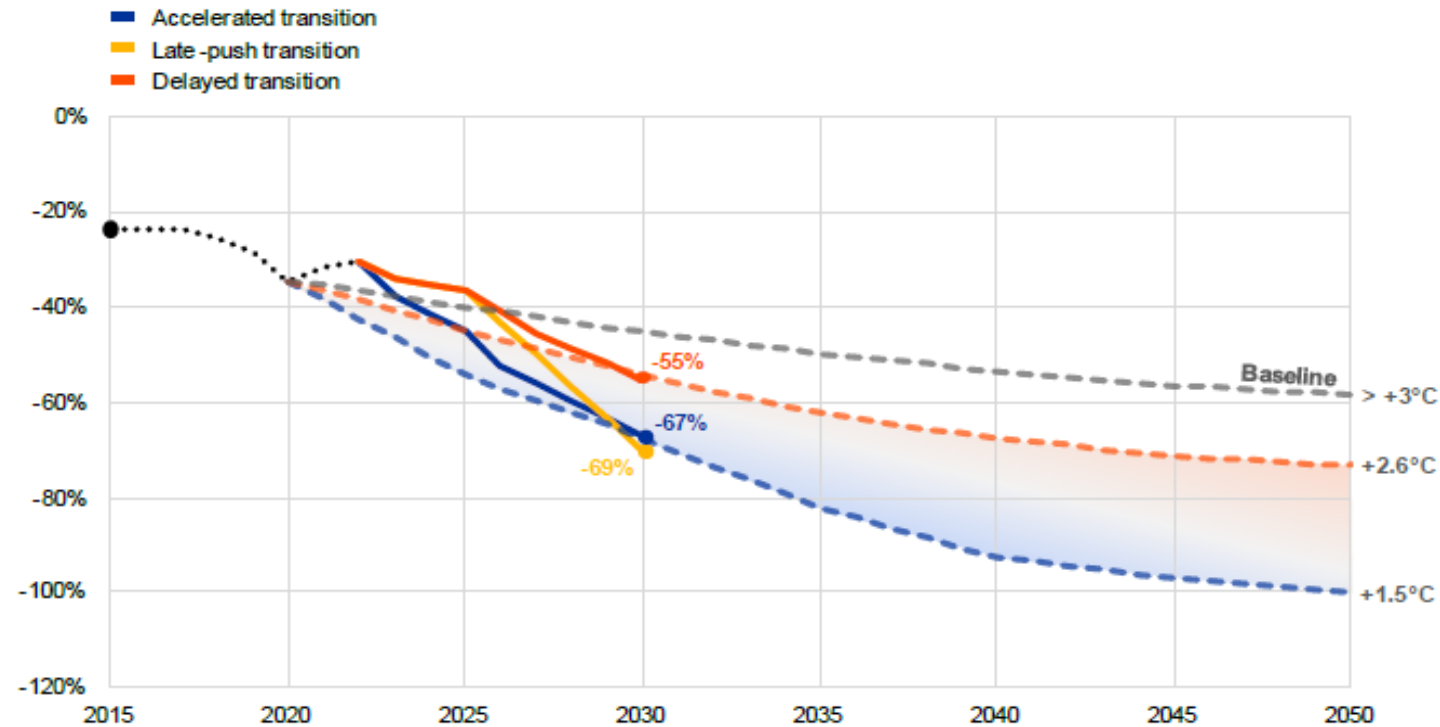


Source: ECB calculation based on NGFS climate scenarios (2020b).

Ritardare la transizione aumenta i costi della transizione

Anche un secondo studio della BCE perviene alla stessa conclusione: non conviene ritardare la transizione

GHG emissions' pathways were calibrated to assess the impact of transition policies on the real economy



Source: ECB calculations based on European Environmental Agency (EEA), Eurostat and NGFS climate scenarios data.

Notes: Historical aggregated data on emissions were provided by the EEA and available until 2020. Quarterly emissions data for 2021 and 2022 were taken from Eurostat and aggregated at yearly frequency to complete the time series. The temperature increase refers to the year 2100. The emissions pathways until 2050 correspond to the NGFS net zero 2050 (+1.5°C), nationally determined contributions (+2.6°C) and current policies (>+3°C) scenarios.



Non conviene ritardare la transizione

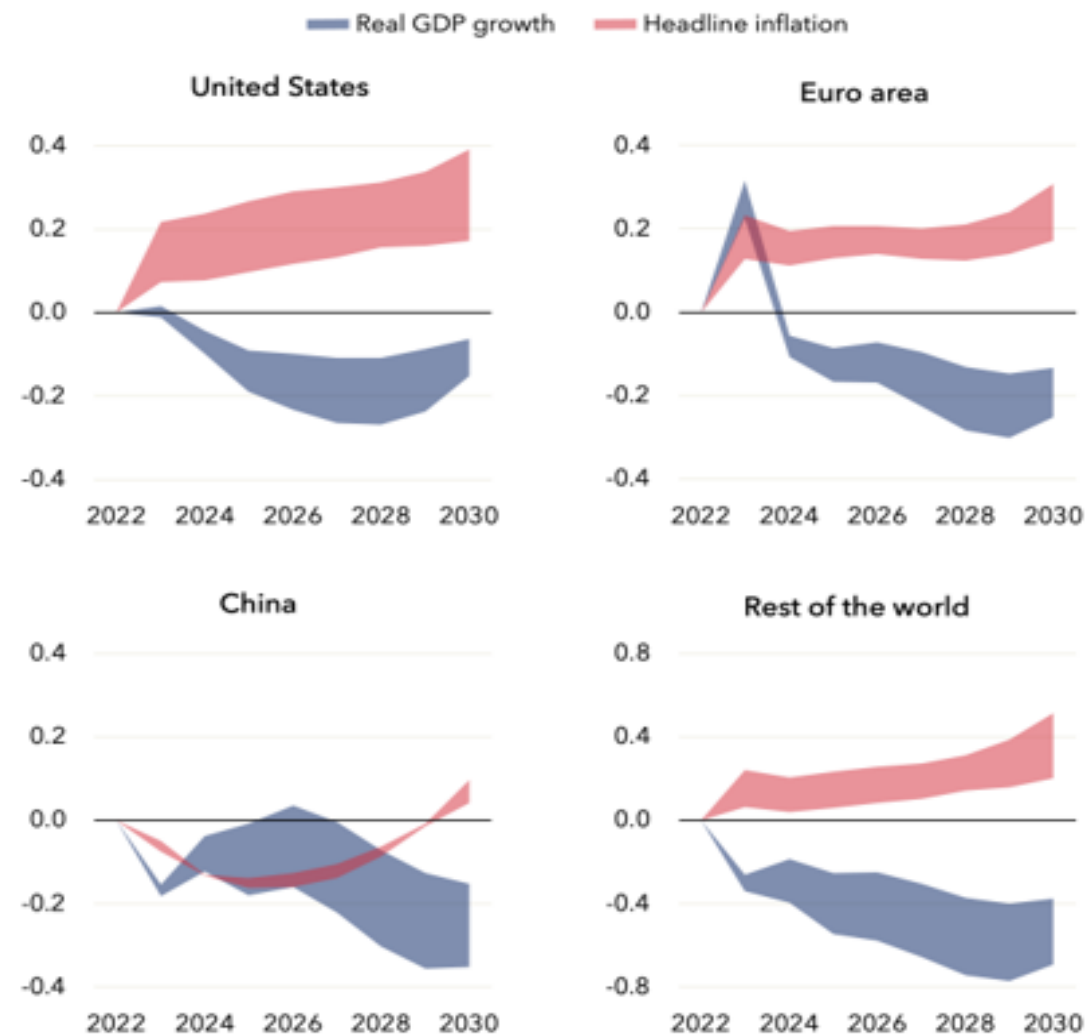
1. I risultati degli stress test climatici della BCE rivelano che una **transizione accelerata fornirebbe vantaggi significativi per le aziende, le famiglie e il sistema finanziario**, rispetto a uno scenario di transizione tardiva
2. **Tuttavia l'impatto della transizione sarebbe altamente eterogeneo tra i settori economici**, con il rischio di perdite elevate in alcuni settori se la transizione dovesse avvenire in ritardo e bruscamente
3. Per raggiungere gli obiettivi è necessario lo **sviluppo di alcune tecnologie chiave**

From “*The Road to Paris: stress testing the transition towards a net-zero economy*”, European Central Bank, Dic 2024

**Da uno studio del
Fondo Monetario
Internazionale:
i costi di breve
periodo della
transizione sono
significativi**

Short-term costs

The impact of climate mitigation policies on output and inflation depends on how fast regions can transition to clean electricity.
(percentage points)



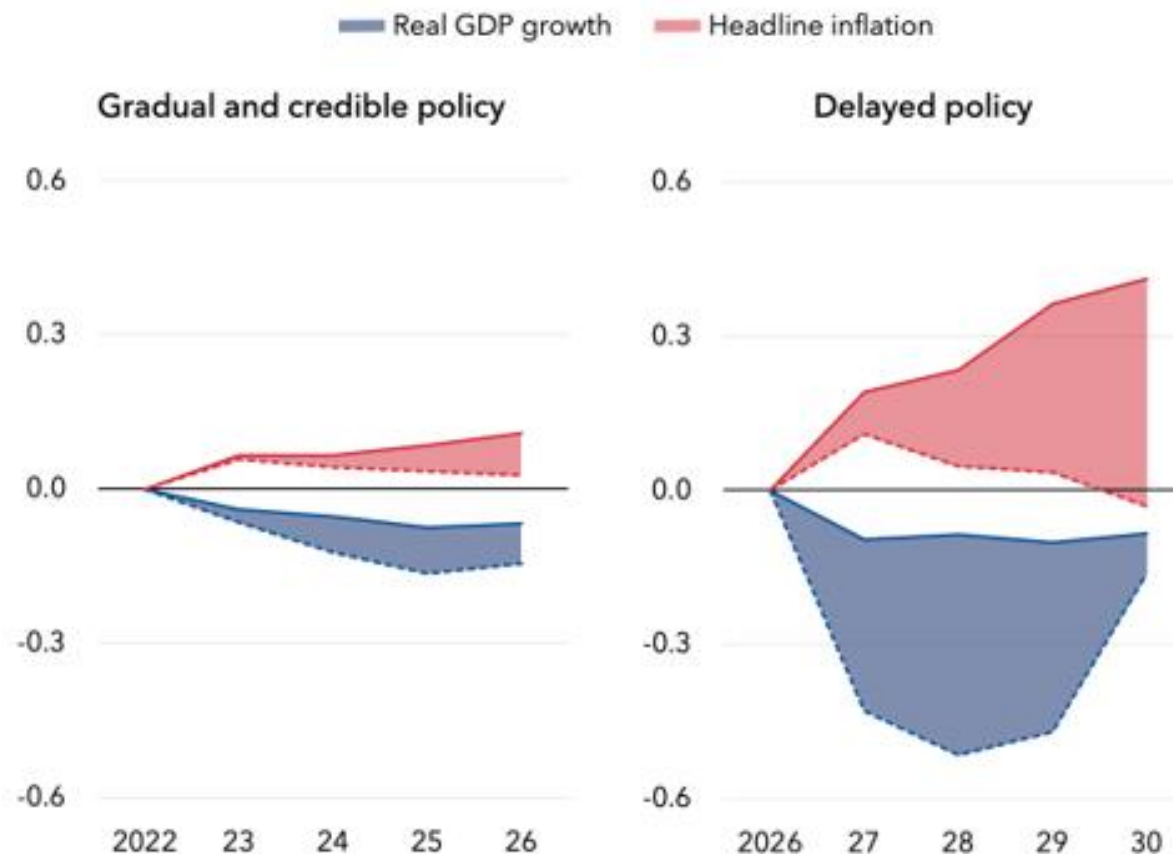
Sources: Global Macroeconomic Model for the Energy Transition and IMF staff estimates.
Note: The chart shows the range of values for growth and inflation for different assumptions on the speed of clean electricity transition; slower transition comes with higher inflation and lower GDP growth.

Ma una transizione ritardata risulta essere più costosa, con meno crescita e più inflazione

Time to act

Delaying the transition to a low-emission economy significantly increases the costs to GDP.

(percentage points)



Source: Global Macroeconomic Model for the Energy Transition; and IMF staff estimates.

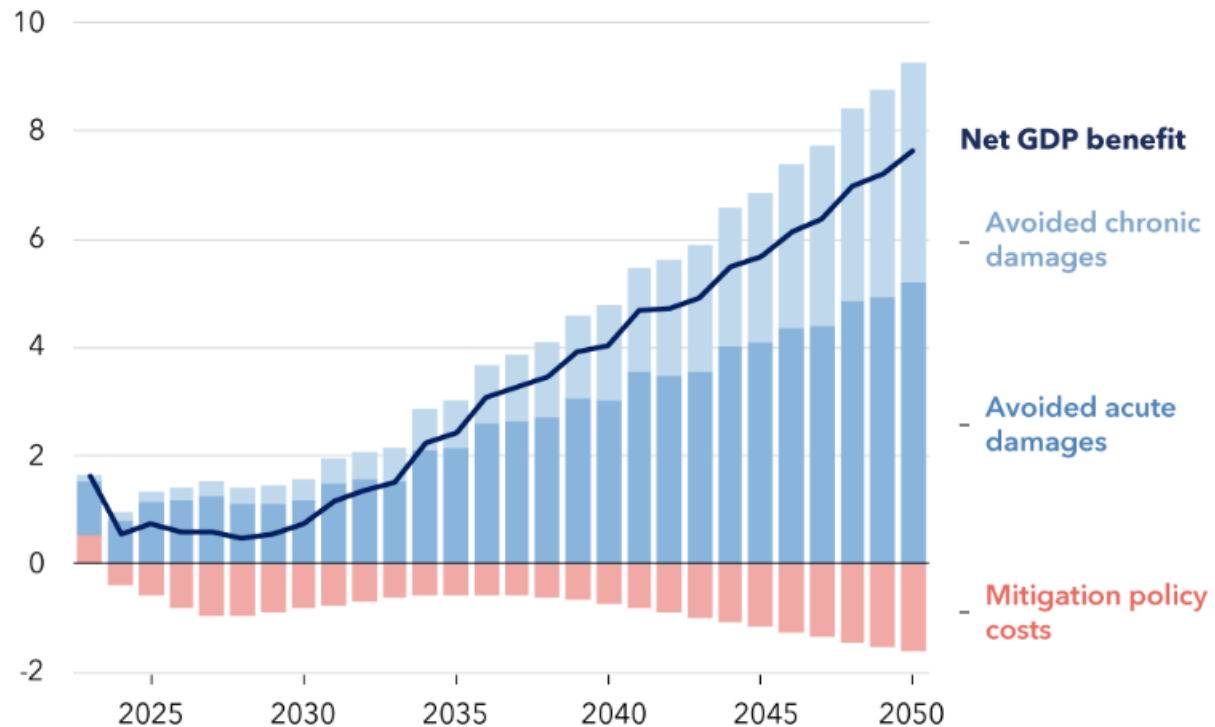
Note: The chart shows the range of values for growth and inflation for different monetary policy objectives in the United States; stabilizing an expanded core inflation index that includes GHG taxes (dotted line) is more costly in terms of growth.

IMF

I benefici economici di una transizione accelerata superano i suoi costi

The economic benefits of accelerating the transition to a low-carbon economy vastly outweigh its cost.

World potential GDP benefit under net zero carbon emissions by 2050
(percent deviation from reference scenario)

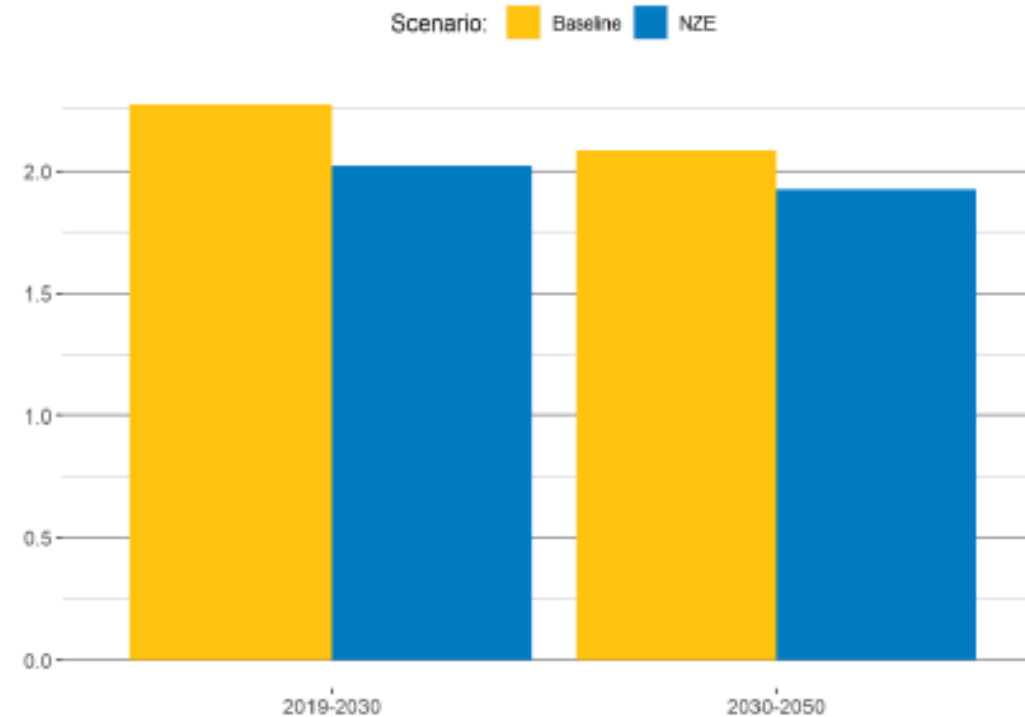


Sources: NGFS (2023), Scenarios Portal; IIASA (2023), NGFS Phase 4 Scenario Explorer; and IMF staff calculations. Note: NiGEM model with REMIND-MagPIE inputs. The reference scenario is the Current Policies scenario with no transition but physical risk.

OCSE: L'impatto sul PIL Global della transizione green nel 2030 e 2050

Figure 3.4. Average annual growth of the global economy remains robust in the *NZE Ambition* scenario

Average annual growth rate of GDP (%)

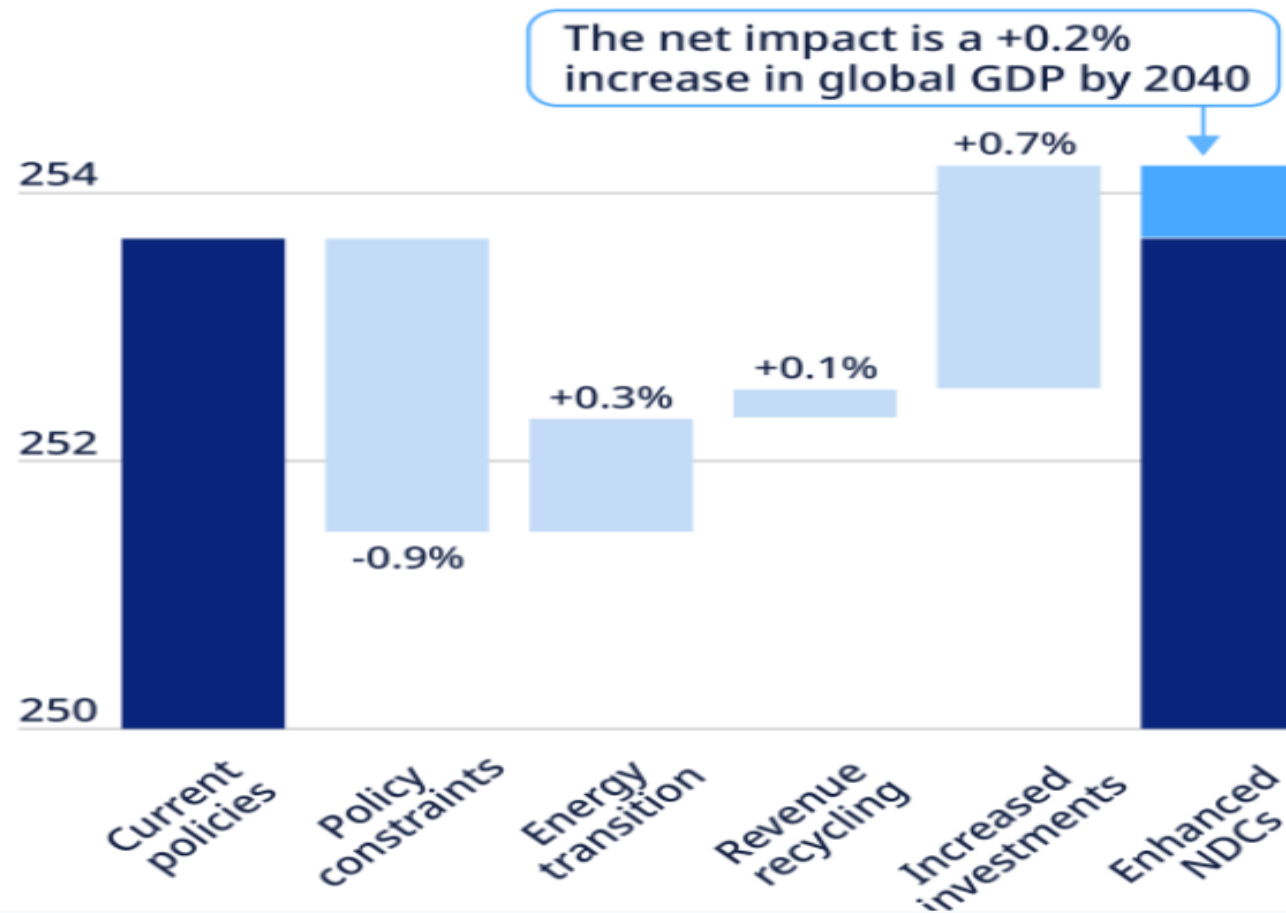


Source: OECD ENV-Linkages model.

OCSE: Non solo non conviene ritardare. Accelerare la transizione ha un impatto positive sulla crescita

Impact of "Enhanced NDCs" scenario on global GDP in 2040

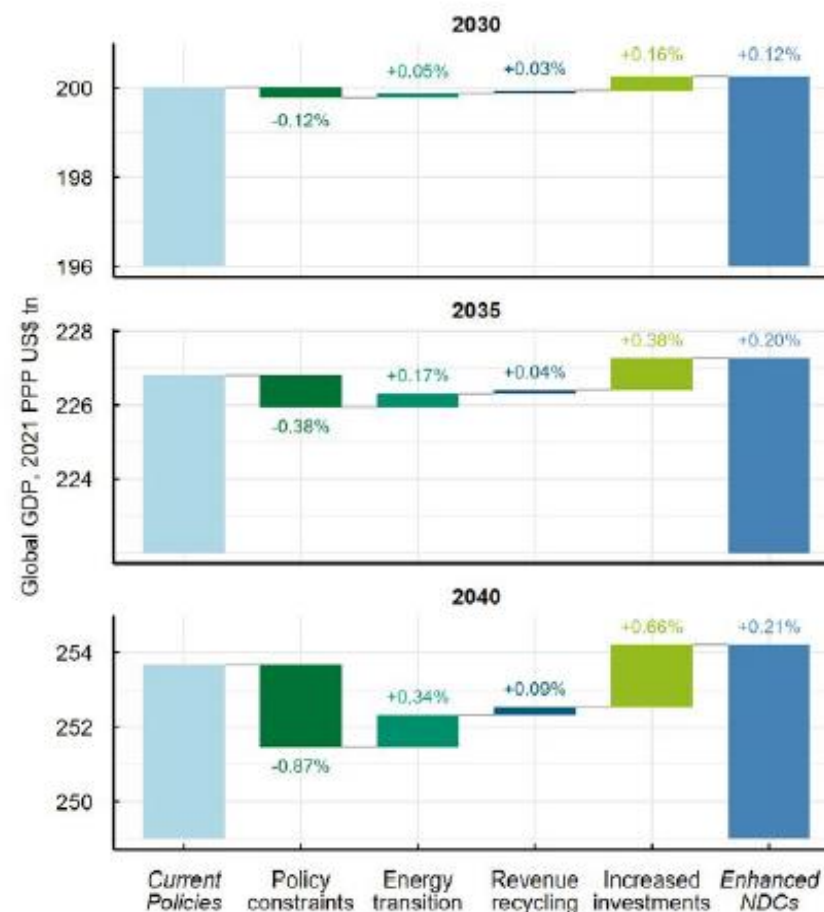
Decomposition of change in global GDP compared to "Current policies" baseline, in 2021 trillion USD (PPP)



L'impatto sul PIL Globale della transizione green nel 2030, 2035 e 2040

Figure 1.2. *Enhanced NDCs can increase global GDP in the near term*

Decomposition of changes in global GDP between the *Current Policies* and *Enhanced NDCs* scenarios, in 2021 USD (PPP)

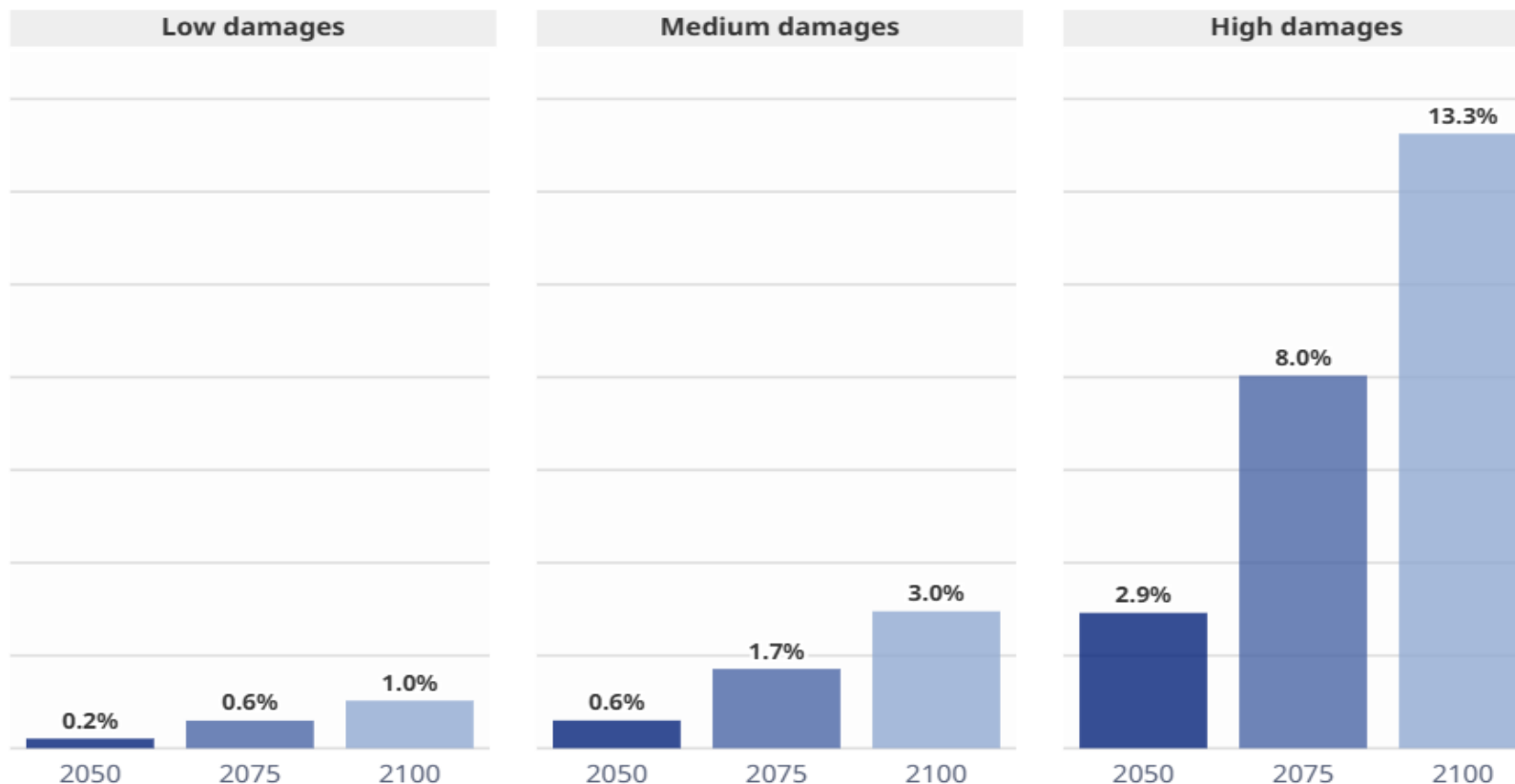


Note: The figure presents projected changes in global GDP (in trillion constant 2021 USD at Purchasing Power Parity (PPP)) between the *Enhanced NDCs* and the *Current Policies* scenarios for the years 2030, 2035, and 2040 decomposed by the main mechanisms connecting climate action to economic outcomes. The bars for *Current Policies* and *Enhanced NDCs* show the absolute level of global GDP (in trillion 2021

Una transizione accelerata reduce inoltre i danni da cambiamento climatico

Economic benefits from reduced climate damages under an "Enhanced NDCs" scenario

Avoided global GDP loss, compared with current policies, in % points, by damage estimation method



NDCs: Nationally Determined Contributions. Low damages: DICE 2023 – Medium damages: Howard & Sterner 2017 – High damages: Kotz et al. 2024.

Source: OECD (2025), Investing in Climate for Growth and Development: The Case for Enhanced NDCs

Minori danni significa anche minori costi per le finanze pubbliche

In sintesi:

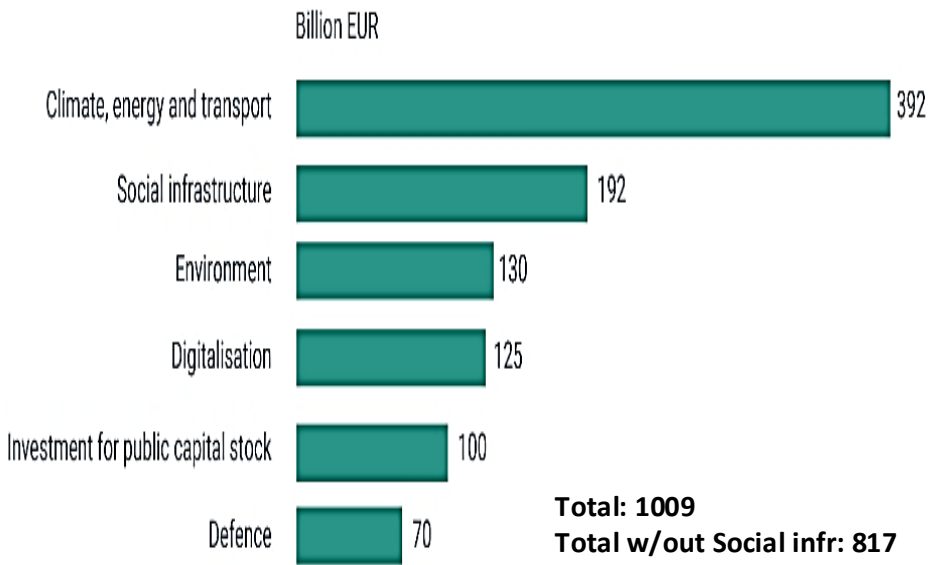
- I costi economici ed occupazionali della transizione sono limitati, almeno in aggregato. Se la transizione viene accompagnata da una intelligente politica industriale, può anche favorire la crescita.
- I costi aumentano se la transizione viene ritardata o realizzata in modo frammentario.
- Tuttavia:
 - I costi sono distribuiti in modo molto diverso tra differenti **settori**
 - I costi sono distribuiti in modo diseguale tra classi di reddito diverse e tra gruppi differenti di **lavoratori**
 - I costi sono distribuiti in modo molto diverso tra gruppi di paesi ed **aree geografiche**
 - Costi e benefici sono distribuiti in modo diseguale nel tempo e tra **generazioni**

Il problema della transizione non è tanto il livello dei costi o dei benefici ad essa associati, ma la loro distribuzione

E sono necessari ingenti investimenti

Fabbisogno di investimenti annui addizionali nella EU

Annual additional investment needs (EC estimates)



Source: Investment needs to avoid a decline in the public capital stock: (EC, 2020f); social infrastructure (EC, 2021e); climate, energy, and transport; environment and digitalisation (EC, 2022a).

FIGURE 2
Annual additional investment needs (2025-2030) Draghi's Report

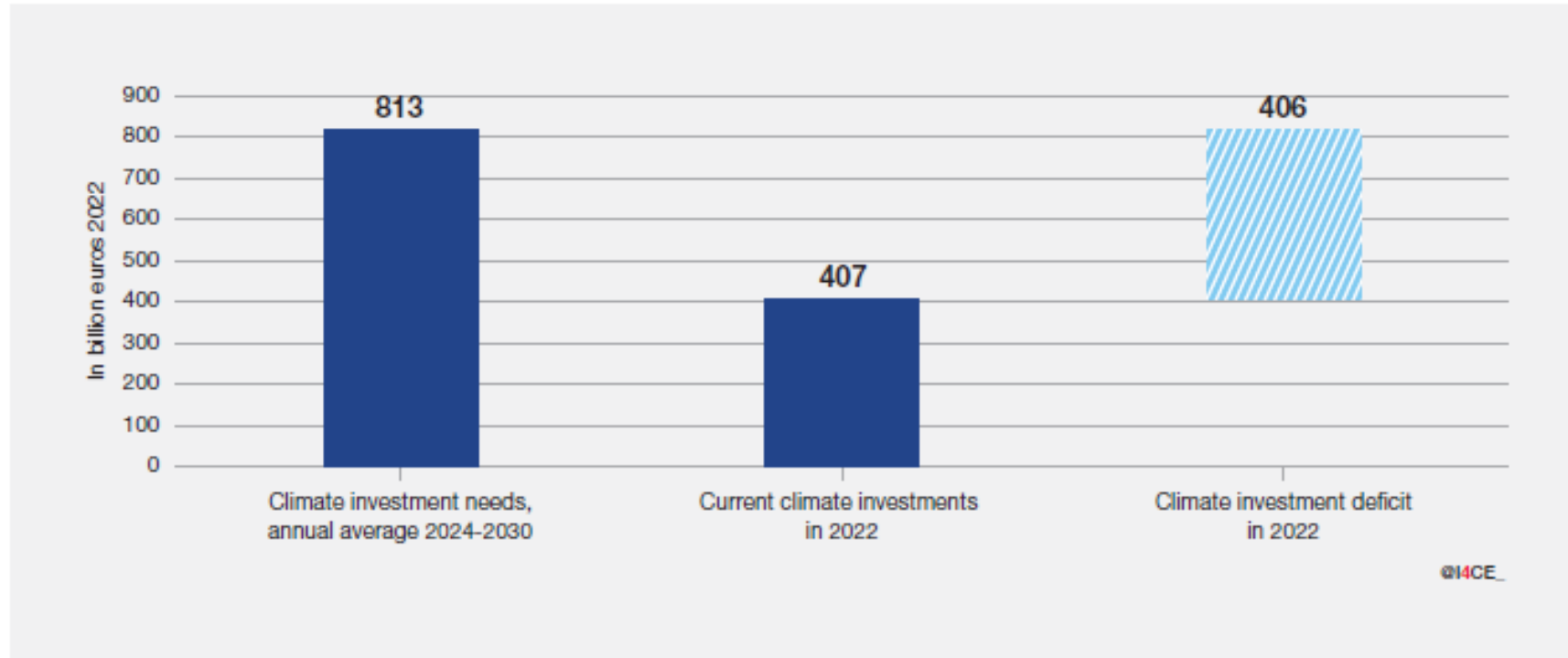
Investment category	2025-2030	
Achieving the energy transition	Energy (including the deployment of clean technologies)	300
	Transport (including charging infrastructure)	150
	Total	450
Becoming a leader in digital technologies	150	
Strengthening defence and security capabilities	50	
Boosting productivity through breakthrough innovation	100;150	
<u>Total annual additional investment needs</u>	<u>750;800</u>	
ECB estimate	771	

Source: Draghi's report on THE FUTURE OF EUROPEAN COMPETITIVENESS — PART B

Per la transizione green, gli investimenti addizionali necessari in Italia sono circa 45 miliardi all'anno, di cui 23,9 nelle PMI

Fabbisogno di investimenti aggiuntivi in EU

FIGURE 1. THE CURRENT CLIMATE INVESTMENT DEFICIT IN THE ENERGY, BUILDINGS AND TRANSPORT IS ESTIMATED AT €406BN EUROS PER YEAR

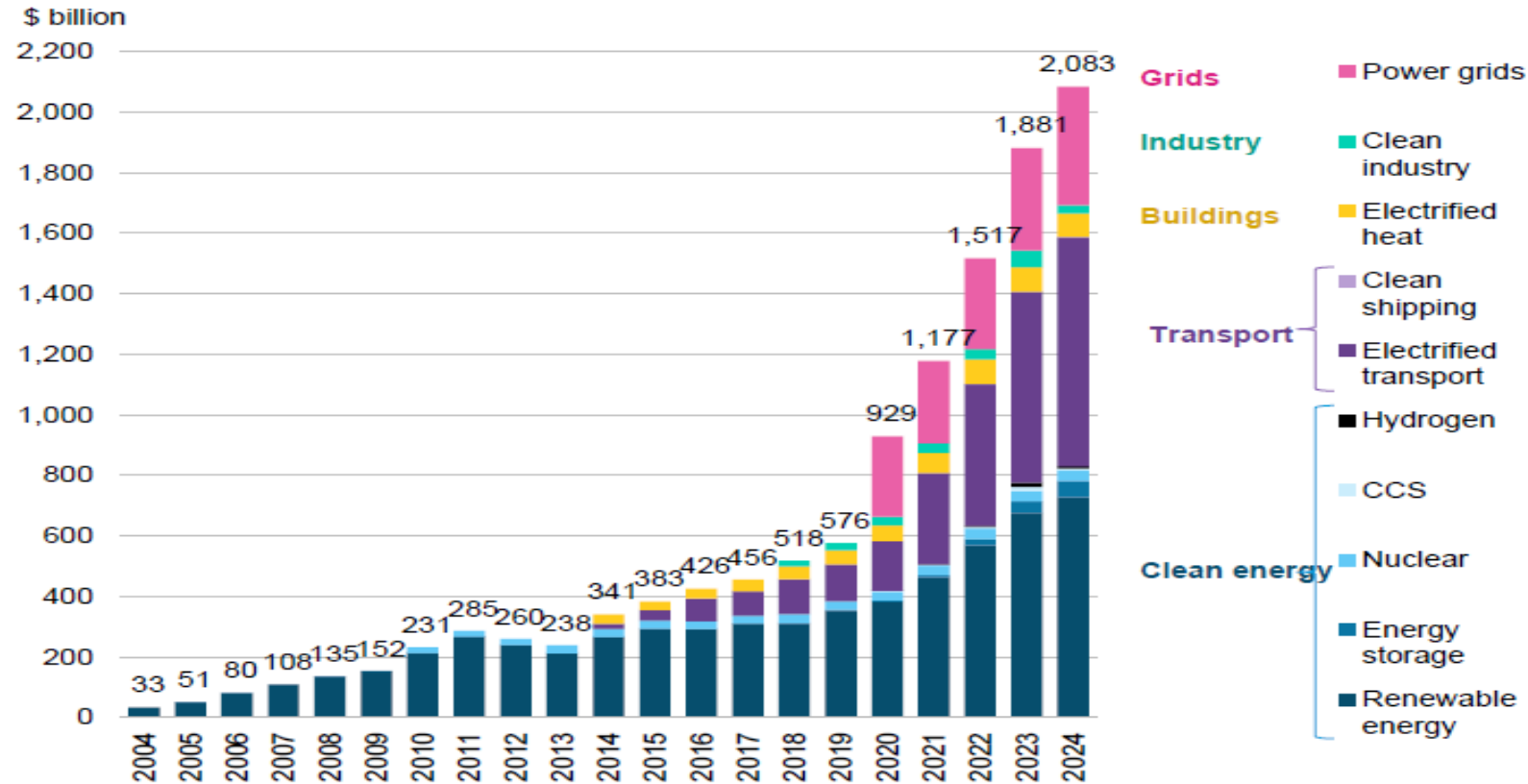


Source: I4CE. All figures are in billion euros 2022. On the left, this graph represents the average climate investment needs for the EU to reach its climate objectives in the energy, buildings and transport systems (813 billion euros). It compares them to the 2022 investments for the same perimeter (407 billion euros). The difference between them gives the climate investment deficit (406 billion euros).

THE EU OVERALL CLIMATE INVESTMENT DEFICIT IS THE SUM OF 22 SECTORAL EU CLIMATE INVESTMENT DEFICITS AND SURPLUSES. THE BIGGEST DEFICITS ARE IN WIND POWER, ELECTRICITY GRIDS, ENERGY RENOVATION OF BUILDINGS, HEAT PUMPS, RAILWAY AND ELECTRIC PASSENGER CARS

Gli investimenti nella transizione energetica sono molto cresciuti nell'ultimo decennio, raddoppiati nell'ultimo quadriennio

Global investment in energy transition, by sector



Source: BloombergNEF. Note: Start years differ by sector but all sectors are present from 2020 onwards; see [Methodology](#) for more detail. Most notably, nuclear figures start in 2015 and power grids in 2020. CCS refers to carbon capture and storage.

Gli investimenti globali nella transizione energetica hanno superato per la prima volta i 2 trilioni di dollari

Distribuzione settoriale degli investimenti nella transizione

I settori che contribuiscono di più all'investimento sono:

- **trasporto elettrificato** per 757 miliardi di \$,
- **energia rinnovabile** per 728 miliardi di \$
- **reti elettriche** per 390 miliardi di \$.

Insieme, questi tre settori hanno rappresentato il **90%** dell'investimento totale lo scorso anno.

Tutti e tre sono cresciuti a nuovi livelli record, con il trasporto elettrificato in aumento del **20%** (nonostante i timori di un rallentamento dei veicoli elettrici), le reti elettriche in aumento del **15%** e le energie rinnovabili in aumento dell'**8%**.

Distribuzione settoriale degli investimenti nella transizione

- Lo **stoccaggio dell' energia** continua ad accelerare fortemente, con una crescita del 36% nel 2024 che porta il totale impegnato a 53,9 miliardi di dollari.
- Il **trasporto marittimo pulito**, che include gli acquisti di imbarcazioni a zero emissioni, sebbene ancora esiguo in termini relativi, è quadruplicato a 452 milioni di dollari.
- Gli altri settori hanno visto fortune contrastanti nel 2024:
 - Gli investimenti **nucleari** sono rimasti invariati a 34,2 miliardi di dollari.
 - Il **riscaldamento elettrificato degli edifici** è sceso del 5,2% a 77 miliardi di dollari.
 - **CCS e industria pulita** si sono entrambi dimezzati, rispettivamente a 6,1 miliardi di dollari e 27,8 miliardi di dollari.
 - Gli investimenti in **idrogeno** sono scesi del 42% a 8,4 miliardi di dollari.

A fronte dei benefici economici ottenibili attraverso la trasformazione industriale necessaria per azzerare le emissioni di gas serra, sono richiesti importanti investimenti

Al netto degli effetti distributivi, i benefici sulla crescita e sulle finanze pubbliche sono chiari

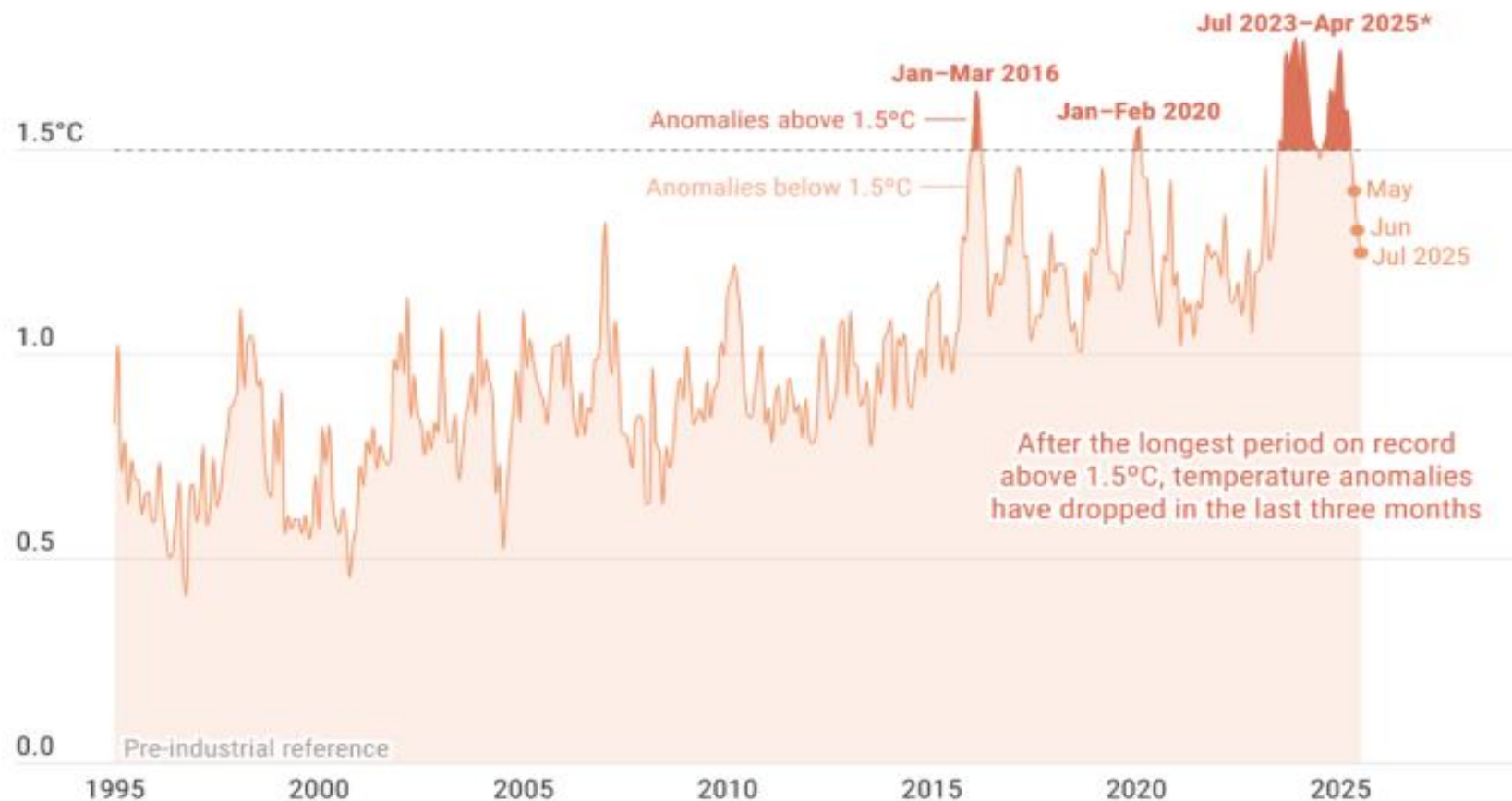
Ritardare la transizione ne aumenta i costi. Serve tuttavia aiutare la transizione con una efficace e lungimirante politica industriale

Grazie!



Global surface air temperature anomalies

Data source: ERA5 • Reference period: pre-industrial (1850–1900) • Credit: C3S/ECMWF



*Temperature anomaly in July 2024 was below 1.5°C, at 1.48°C



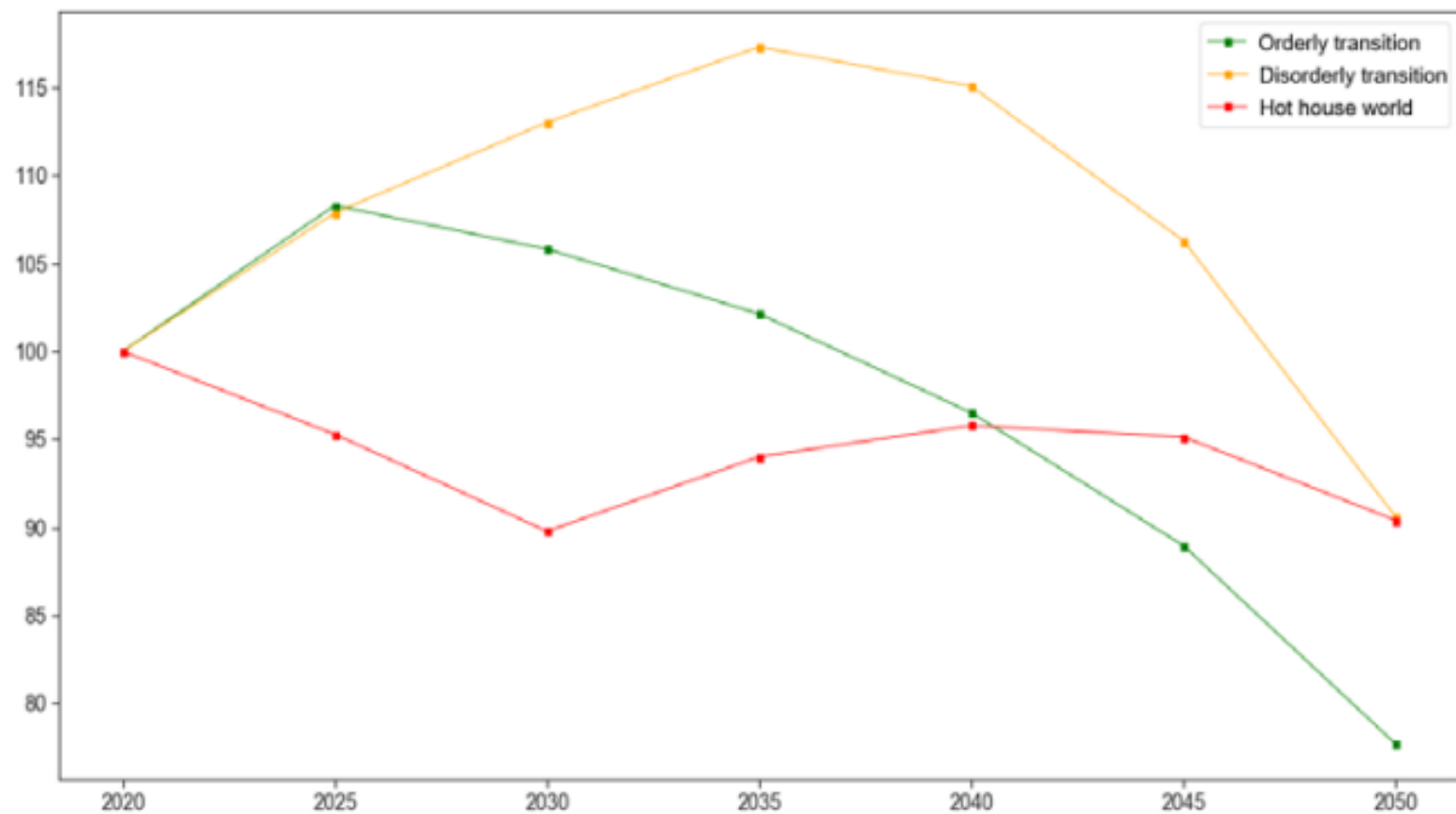
PROGRAMME OF
THE EUROPEAN UNION



ECMWF

Projected energy price paths

(indexed, 2015 = 100)

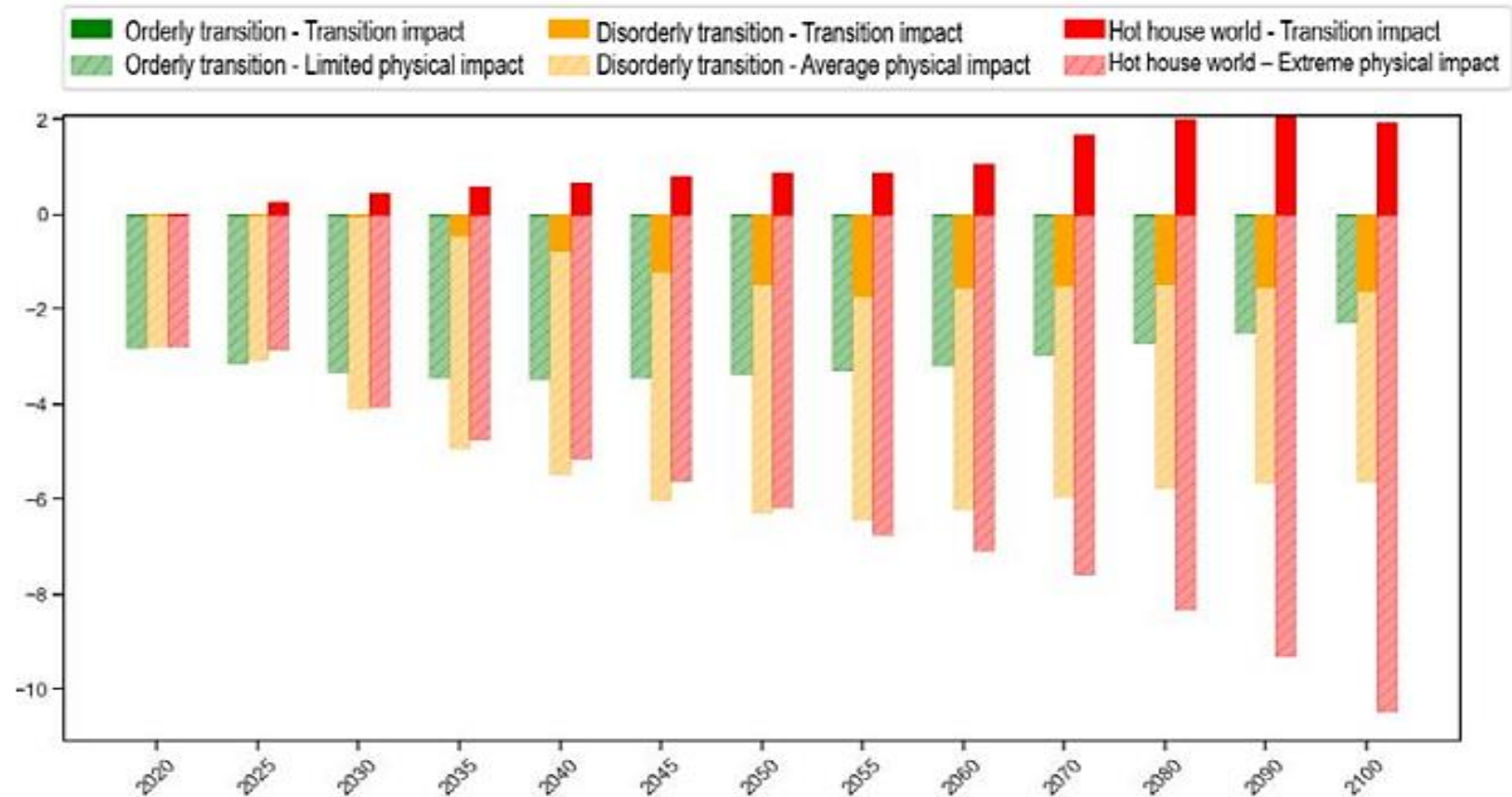


Source: ECB calculations based on NGFS reference scenarios (2020b).

Decomposition of real GDP between transition and physical impact

GDP impact over time relative to the orderly transition scenario without physical risk

(percentages)



Source: ECB calculation based on NGFS climate scenarios (2020b).

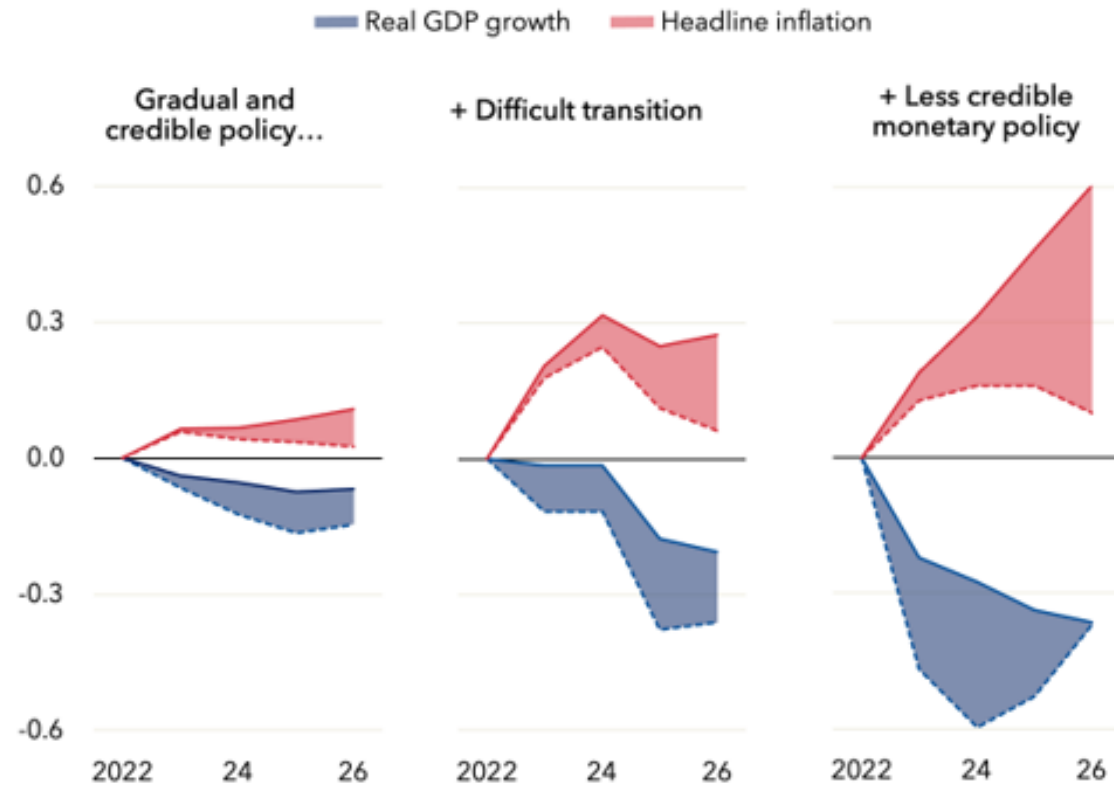
Notes: The filled bars represent the impact on GDP of transition costs, while the dashed bars represent the impact on GDP of damage from physical risk. The filled and dashed bars are cumulative where the effects are negative: in the hot house world scenario, where the impact from transition risk brings a benefit and increases GDP, the physical risk damage is equal to the dashed and the filled portion of the bars. In the absence of a reference scenario under the NGFS scenarios (2020b), all GDP effects are calculated against the orderly transition scenario without physical risk, this explains why the transition costs under this scenario are zero.

La transizione ritardata è più costosa (barre arancioni) e aumenta il livello dei danni (barre gialle)

Trade-offs

Less credible monetary policy widens the output-inflation trade-off, increasing the short-term costs of transitioning to a low-emission economy.

(percentage points)



Source: Global Macroeconomic Model for the Energy Transition; and IMF staff estimates.

Note: The chart shows the range of values for growth and inflation for different monetary policy objectives in the United States; stabilizing an expanded core inflation index that includes GHG taxes (dotted line) is more costly in terms of growth.

IMF