

Green economy e transizione ecologica

*Contributo di Toni Federico al Green Economy Report 2023
della Fondazione per lo Sviluppo sostenibile*



Fondazione per lo sviluppo sostenibile

Luglio 2023

Pagina vuota

Indice

Introduzione: un pianeta, due crisi	5
Ambiente a rischio: superati i nuovi limiti planetari	8
Le misure per la transizione ecologica	10
<i>Il Piano americano contro l'inflazione</i>	10
<i>Il piano quinquennale cinese</i>	13
<i>L'Europa lancia un Green Deal per la transizione ecologica</i>	16
Lo stato della lotta ai cambiamenti climatici	21
<i>Introduzione</i>	21
<i>L'anidride carbonica e il carbon budget</i>	26
<i>Il metano come gas serra</i>	30
<i>Eventi estremi, il caso delle ondate di calore</i>	32
<i>Il negoziato internazionale sul clima</i>	35
<i>Bonn 2023, ombre sull'Agenda della COP 28 di Dubai</i>	36
<i>Le Nazioni Unite</i>	39
<i>Climate washing and litigation</i>	39
La transizione energetica	42
<i>Introduzione</i>	42
<i>L'energia rinnovabile</i>	43
<i>La performance energetica globale</i>	45
<i>Gli investimenti nelle rinnovabili</i>	46
<i>Materiali critici ed economia circolare</i>	49
<i>La transizione energetica in Europa</i>	54
La natura in degrado	58
Il ruolo dell'innovazione	63
<i>La transizione digitale</i>	65
<i>L'idrogeno verde</i>	66
<i>La eliminazione del carbonio dall'atmosfera</i>	70
<i>Il settore agroalimentare</i>	72
Conclusioni	76
Immagini	80

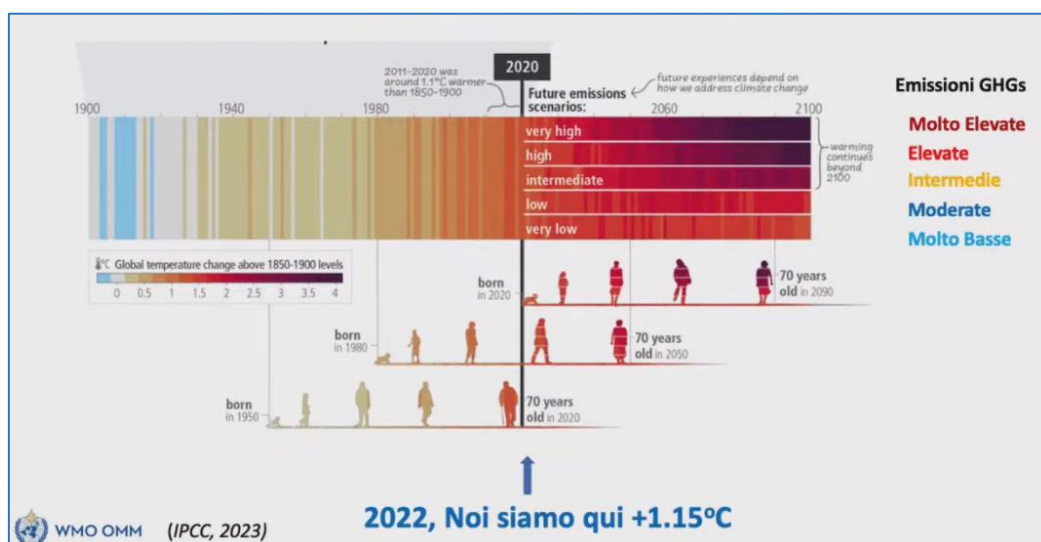
Pagina vuota

Introduzione: un pianeta, due crisi

Gli impatti dell'inquinamento atmosferico e delle altre matrici in tutto il mondo sono insostenibili. Oggi, più di un decesso su sei a livello globale è causato dall'inquinamento dell'aria, dell'acqua o del suolo. Poi c'è il cambiamento climatico con la sua forza devastante. La prima rivoluzione industriale ha le sue responsabilità, ma la dipendenza dell'economia dai combustibili fossili viene dopo, c'è chi dice dal 1970, anno dal quale sono state rilasciate l'80% delle emissioni di CO₂ derivanti dalla combustione di carbone, gas e petrolio, e il 60% di tutte le emissioni serra. Le temperature stanno ora aumentando a un ritmo senza precedenti. Ogni giorno ormai porta ondate di calore da record che mettono a dura prova le persone, le reti elettriche e i sistemi sanitari, cicloni di intensità crescente che devastano città e campi profughi, il fumo degli incendi che soffoca le città e le inondazioni che costringono milioni di persone a migrare.

Il clima che cambia e il *global warming* (Fig. IN_1) sono la minaccia più immediata per la nostra civiltà e per gli esseri viventi, ma un'altra crisi altrettanto minacciosa, la *perdita di biodiversità*, minaccia tutta la vita sulla Terra. Negli ultimi quattro secoli, l'uomo ha portato all'estinzione almeno 680 specie di mammiferi, uccelli, rettili, anfibi e pesci; ma come per il cambiamento climatico, il tasso di impatto è aumentato. Dal 1970 è documentato un calo di quasi il 70% delle popolazioni di specie selvatiche esistenti e negli oltre otto milioni di specie animali e vegetali sulla terra, il tasso di estinzione indotto dall'uomo è stimato da decine a centinaia di volte superiore ai tassi naturali. Molti di noi pensano e agiscono ancora supponendo che, se gli ecosistemi del nostro pianeta crollassero, potremmo sopravvivere senza l'aria, l'acqua e le risorse essenziali che essi forniscono. Non è così: il cambiamento climatico, l'inquinamento e la perdita di biodiversità hanno raggiunto livelli che minacciano la nostra sopravvivenza.

Figura IN_1. Anomalie della temperatura globale osservate dal 1900 (Fonte: WMO)



La risposta in campo è la *transizione ecologica*, costruita sull'economia *green*, l'energia rinnovabile e il recupero circolare della materia. Lo stesso modello di sviluppo è in transizione, perché abbiamo bisogno di strategie complete e su più fronti, dall'energia pulita e dal ripristino degli ecosistemi, all'istruzione delle donne nelle nazioni a basso reddito, che affrontino il clima, l'inquinamento, la biodiversità e la salute, la povertà e le altre disuguaglianze. A Parigi, nel 2015, il mondo ha accettato di limitare il riscaldamento *ben al di sotto* dei 2 °C, una soglia ora fissata a 1,5 °C dopo che gli scienziati hanno quantificato i rischi di un ulteriore riscaldamento. Nel dicembre 2022, i paesi della convenzione ONU sulla biodiversità hanno concordato il [*Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework*](#) che affronta i principali fattori di perdita di biodiversità e chiede la protezione del 30% di terra, oceani e acque dolci entro il 2030.

Le politiche attuate dall'Accordo di Parigi hanno già ridotto il riscaldamento previsto entro la fine del secolo da circa 4,5 a 2,8 °C. Il 2023 è l'anno del resoconto, lo *stocktake* che verrà fatto alla COP 28 di Dubai ben sapendo che, a otto anni di distanza, siamo ancora lontani dall'intraprendere la strada giusta. I fossili devono essere lasciati sotto terra, le emissioni di gas a effetto serra devono essere ridotte e infine eliminate attraverso l'efficienza, il miglioramento dell'uso del suolo e delle pratiche agricole e la transizione verso l'energia pulita. Dobbiamo investire nella natura, che ha il potenziale per assorbire fino a un terzo delle nostre emissioni di carbonio. E abbiamo bisogno che i paesi scrivano e attuino i propri [*piani d'azione nazionali per il clima*](#) (NDC) e anche per la biodiversità e che i finanziamenti affluiscono alla mitigazione del clima, alla resilienza climatica e alla biodiversità nei paesi a basso reddito e nelle principali aree di conservazione in tutto il mondo, in particolare quelle più vulnerabili. L'implementazione di soluzioni efficaci e positive per la natura è fondamentale per la lotta contro il cambiamento climatico come il *greening* dei quartieri a basso reddito nei grandi centri urbani che filtra l'inquinamento dall'aria, assorbe le precipitazioni per prevenire le inondazioni, fornisce luoghi in cui le persone possono stare nella natura, migliorando la loro salute fisica e mentale, aumenta gli *habitat* per la biodiversità e assorbe più carbonio.

Nel corso degli anni, non solo per iniziativa delle Nazioni Unite, abbiamo messo in campo strumenti globali di governo dello sviluppo per assicurarne la sostenibilità e l'equità. Nell'ordine, solo per citare i maggiori, l'*Agenda 21*, i Protocolli di Montreal e Kyoto, gli *obiettivi del Millennio*, l'*Agenda 2030* e gli Accordi di Parigi e di Kunming. Per noi europei il *Green Deal* del 2019 ha aperto i cantieri della transizione ecologica.

Se il 2023 è l'anno dei bilanci per il clima va fatto anche quello della sostenibilità, che non è confortante. Un gruppo indipendente di scienziati ha proposto [*una via da seguire*](#) alle Nazioni Unite. Il Rapporto ribadisce la [*necessità di un cambiamento trasformativo*](#)

per portare il mondo su un sentiero di sostenibilità articolato in sei linee: il benessere e le capacità umane; un'economia *green* sostenibile e giusta; sistemi alimentari sostenibili e modelli nutrizionali sani; decarbonizzazione dell'energia con accesso universale; sviluppo urbano e periurbano e ambiente come bene comune globale. Gli autori riconoscono che il percorso verso la sostenibilità deve includere anche l'abolizione di pratiche non sostenibili, ma tenendo conto della sofferenza economica e sociale che può causare. Ad esempio, aumentare la disponibilità di fonti rinnovabili non basta per affrontare il cambiamento climatico: anche i fossili devono essere gradualmente eliminati. C'è una resistenza attiva a questo cambiamento e una reale necessità di sostenere le comunità colpite, come quelle che hanno fatto affidamento sull'industria del carbone per decenni. Il ruolo della scienza, nella transizione, viene esplicitamente chiamato in causa e messo in discussione.

L'Europa, da parte sua, rilancia con un [*recente documento*](#) l'impegno della regione per la sostenibilità, già intrapreso con il *Green Deal*, con dieci linee generali di strategia:

1. Sviluppare un nuovo contratto sociale europeo. Con rinnovate politiche di *welfare* e attenzione a servizi sociali di qualità.
2. Approfondire il mercato unico per promuovere un'economia *net zero*. Con un *focus* sull'autonomia strategica aperta e sulla sicurezza economica.
3. Rafforzare l'offerta dell'UE sulla scena mondiale per *rafforzare la cooperazione* con i principali partner.
4. Sostenere i *cambiamenti nella produzione e nel consumo* verso la sostenibilità, mirando alla regolamentazione e promuovendo stili di vita equilibrati.
5. Verso una Europa degli *investimenti* con un'azione pubblica per catalizzare i flussi finanziari per le transizioni.
6. Rendere i *bilanci pubblici* idonei alla sostenibilità, attraverso un quadro fiscale e una spesa pubblica efficienti.
7. Spostare gli indicatori politici ed economici verso un benessere sostenibile e inclusivo, compreso l'*adeguamento del PIL* per diversi fattori.
8. Garantire che tutti gli europei possano contribuire alla transizione, aumentando la *partecipazione* al mercato del lavoro e concentrandosi sulle competenze future.
9. *Rafforzare la democrazia* ponendo l'equità generazionale al centro del processo decisionale, per rafforzare il sostegno alle transizioni.
10. *Integrare la protezione civile con la prevenzione civile*, rafforzando il pacchetto di strumenti dell'UE in materia di preparazione e risposta.

Ambiente a rischio: superati i nuovi limiti planetari

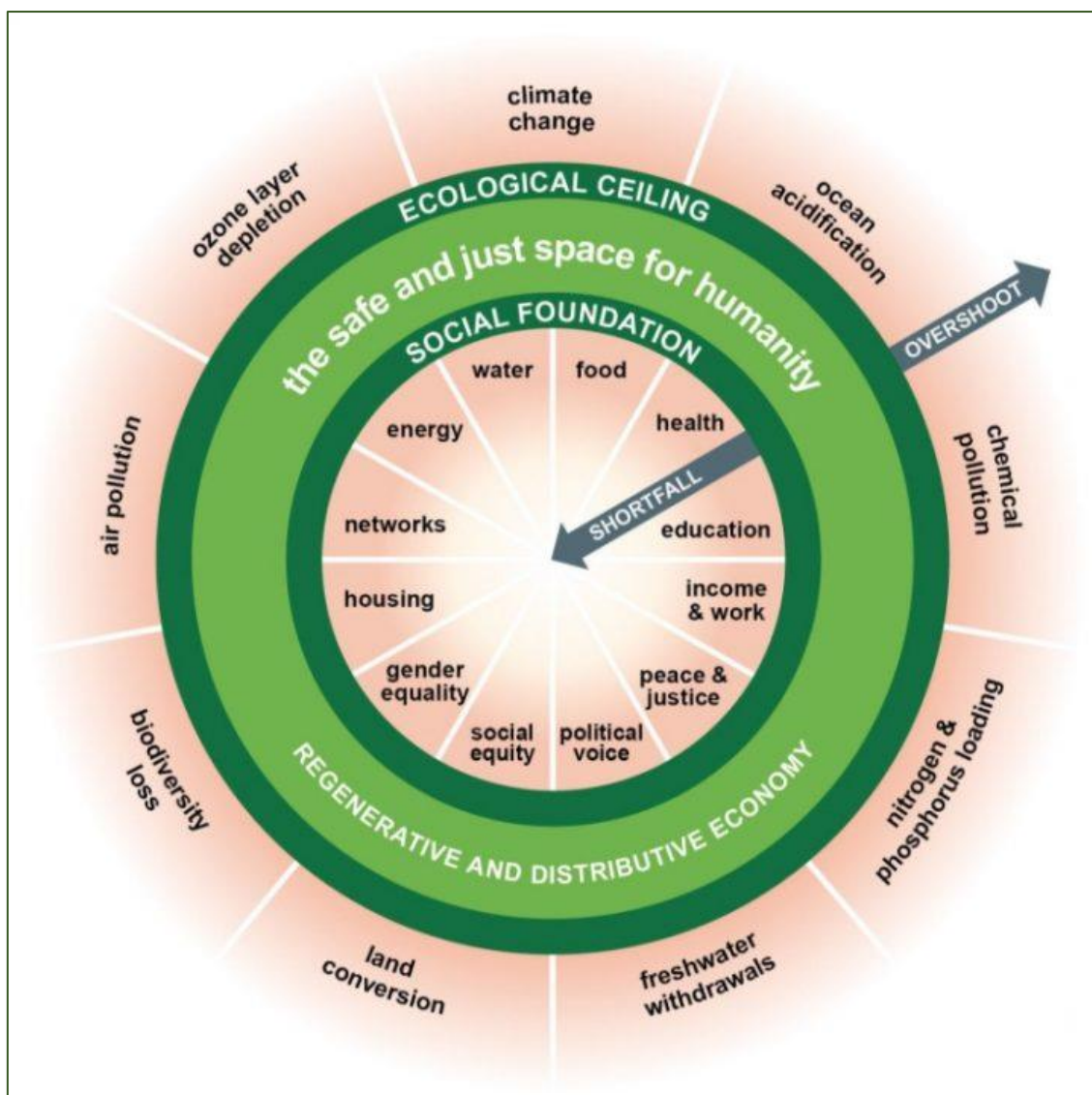
Quasi tutte le soglie globali di *Rockström* (*Planetary boundaries*) per il pianeta sono già state violate, anche per il clima, gli ecosistemi e l'acqua dolce. Il concetto dei limiti planetari fu reso pubblico per la prima volta nel 2009 da *Nature* mediante la definizione di una serie di soglie interconnesse il cui rispetto avrebbe garantito uno *spazio operativo sicuro* per l'umanità. Nel seguito il modello venne completato dall'inglese *K. Raworth* con la introduzione di altri limiti di natura sociale disegnando quella che in termini insiemistici si può definire una ciambella, uno spazio operativo entro il quale benessere, ambiente ed equità sociale garantirebbero un futuro sostenibile per l'umanità.

Quasi 15 anni dopo, nel maggio del 2023, il team di *Rockström* pubblica un *aggiornamento* dello studio ormai famoso del 2009, cercando di fare i conti con l'equità e la giustizia, gli stessi concetti con i quali sistemi planetari condivisi, come l'Agenda 2030 e i suoi SDG, stanno provando a misurarsi. Non v'è dubbio che concetti come equità e giustizia siano stati gravemente violati quasi ovunque all'ombra dei sistemi economici dominanti e della globalizzazione e vieppiù violentati da crisi planetarie, prima finanziarie, poi sanitarie e oggi militari, dove molti stanno pagando le colpe di pochi e una via d'uscita non si vede. Il nuovo studio rifiuta l'antropocentrismo concentrandosi su tutte le specie viventi e gli ecosistemi, sottolineando la giustizia intergenerazionale e introducendo la dimensione locale per la quantificazione degli impatti. L'aggiunta di considerazioni di giustizia rende i confini planetari più rigidi, tanto che, facendo i conti con l'equità, sette degli otto limiti del sistema terrestre globale sono già stati superati. Le nuove soglie definiscono le condizioni ambientali necessarie non solo affinché il pianeta rimanga stabile, ma per consentire alle società, alle economie e agli ecosistemi di tutto il mondo di prosperare.

L'attività umana mette sotto pressione la Terra in vari modi, dal riscaldamento superficiale, e quindi dal clima, alla perdita di biodiversità. Il primo *Rockström* del 2009 identifica nove sistemi globali interconnessi e stabilisce un confine planetario per ciascuno, cioè uno *spazio operativo* ambientalmente sicuro. Secondo alcuni quei limiti, concettualmente brillanti e politicamente seducenti, hanno l'inconveniente di dare quasi per persa la lotta per uno sviluppo sostenibile laddove gli autori identificano il cambiamento climatico e l'integrità della biosfera come confini che hanno entrambi il potenziale di causare al pianeta, se violati, un temibile cambiamento di stato, imprevedibile ed irreversibile.

Ora, più di un decennio dopo che i confini planetari furono proposti per la prima volta, lo *studio di aggiornamento* esplora come mantenere stabile il pianeta riducendo al minimo i danni per gli esseri umani e le altre specie, alla luce dell'equità.

Figura LP_1 Lo spazio operativo sostenibile per la società e l'ambiente (fonte: Rockstrom)



Vengono selezionati cinque dei nove sistemi planetari originali, clima, biosfera, acqua, sostanze nutritive e inquinamento atmosferico, e vengono proposti otto indicatori chiave, quantificabili e in grado di monitorare questi sistemi. Tra essi il *global warming*, l'area degli ecosistemi naturali e il flusso idrico superficiale sono stati scelti per essere implementabili per le parti interessate nelle città, nelle imprese, nei paesi di tutto il mondo. Per ciascun indicatore si valutano le condizioni necessarie per evitare danni rilevanti¹ sia su scala globale che locale, tenendo conto delle seguenti considerazioni di giustizia:

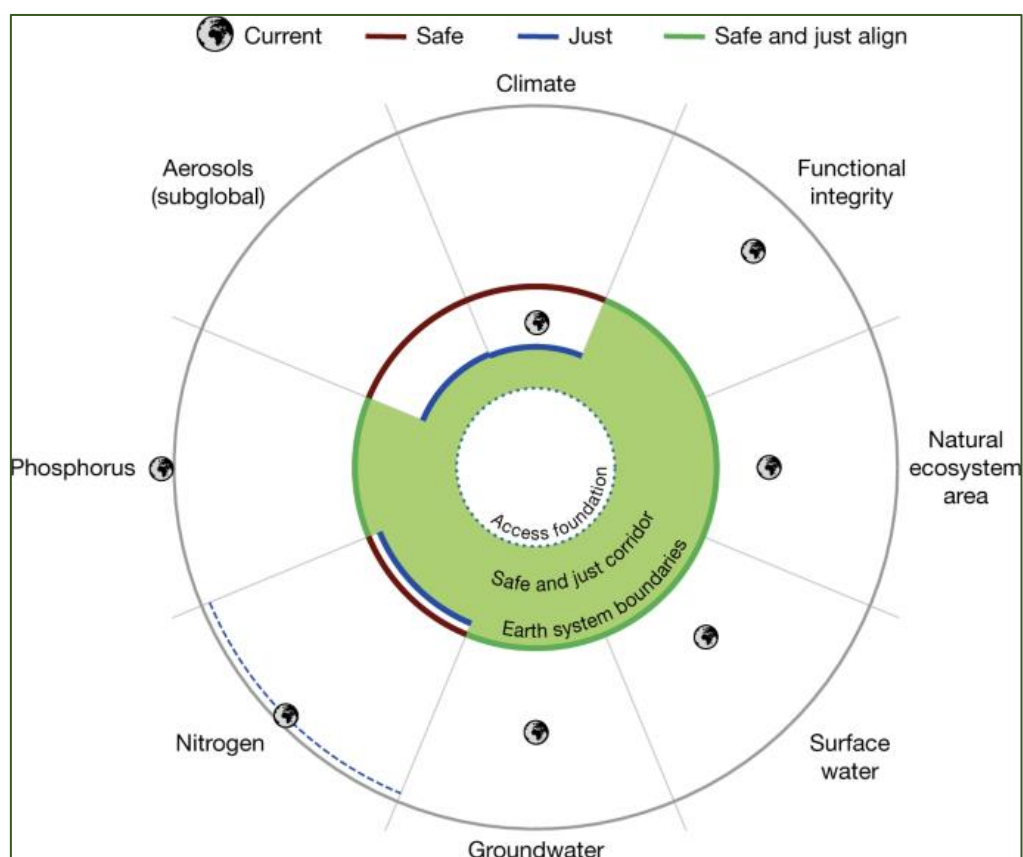
- Giustizia interspecie: dare la priorità ad altre specie ed ecosistemi oltre all'umanità.

¹ Vengono definiti *danni significativi* come gravi impatti negativi esistenziali o irreversibili su paesi, comunità e individui. Il termine viene ripreso dall'UE nel *Next Generation EU* e quindi nei PRR dove si stabilisce il principio di *do no significant harm*

- Giustizia intergenerazionale: considerare come le azioni intraprese oggi avranno impatto sulle generazioni future.
- Giustizia intragenerazionale: tenere conto di fattori, tra cui nazionalità, classe sociale e genere, che determinano la disuguaglianza, la vulnerabilità e la capacità di rispondere ai cambiamenti nei sistemi planetari.

La Fig. LP_2 mostra gli otto confini globali del sistema Terra proposti nello studio. Le linee rosse e blu mostrano rispettivamente i confini sicuro e giusto. L'ombreggiatura verde mostra dove si allineano i confini sicuri e giusti. Le icone della Terra mostrano lo stato del pianeta oggi. Dove questa immagine si trova al di fuori dei cerchi rosso, blu e verde, secondo i ricercatori, il confine globale del sistema Terra è già stato violato.

Figura LP_2. I nuovi limiti planetari evidenziano superamenti e rischi ecosistemici (fonte: Nature)



Le misure per la transizione ecologica

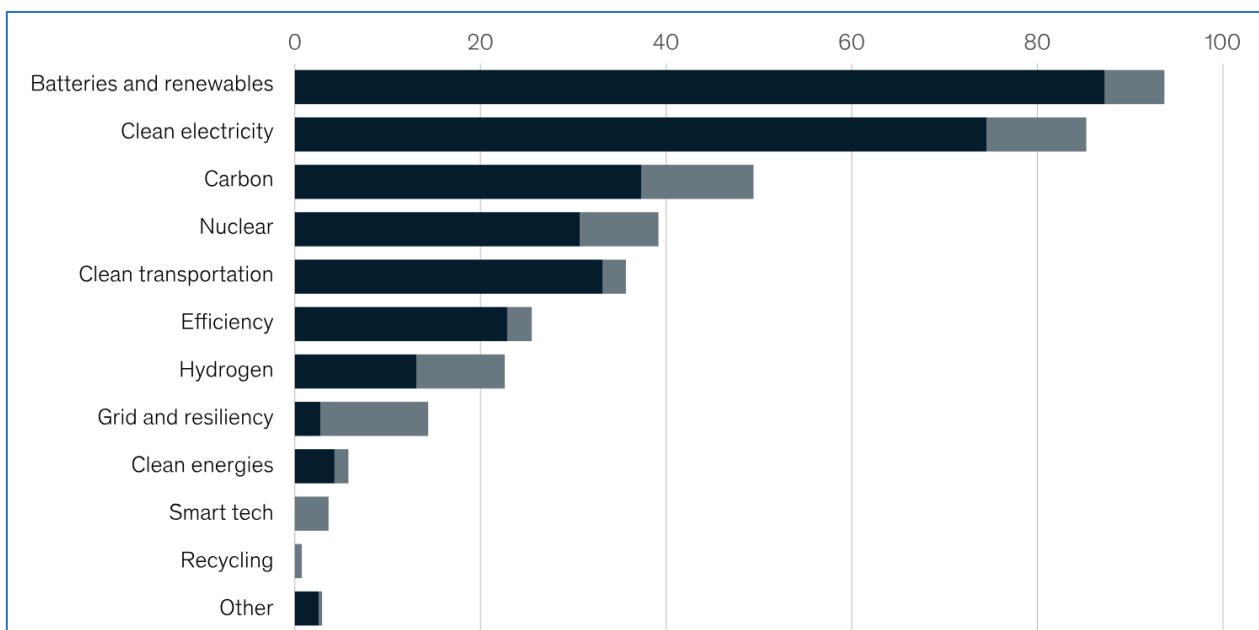
Il Piano americano contro l'inflazione

L'*Inflation Reduction Act* del 2022 (IRA), convertito in legge il 16 agosto 2022, orienta la nuova spesa pubblica federale degli Stati Uniti verso la riduzione delle emissioni di carbonio, la promozione dell'energia pulita, la riduzione dei costi sanitari e il miglioramento della correttezza fiscale dei contribuenti. L'IRA mobilita 500 miliardi di

dollari in nuove spese e agevolazioni fiscali che mirano restituire al Paese capacità produttiva, riportare gli investimenti sul territorio nazionale, incoraggiare l'approvvigionamento di forniture critiche interne o dai partner dell'area di libero scambio e avviare la ricerca, lo sviluppo e la commercializzazione di tecnologie all'avanguardia come l'idrogeno *green* o la cattura e lo stoccaggio del carbonio. Una quota è destinata direttamente alle priorità della giustizia ambientale e richiede ai destinatari di molti flussi di finanziamento di dimostrare gli impatti sull'equità e la giustizia distributiva.

Il *Congressional Budget Office* (CBO) stima che la legge ridurrà i deficit di bilancio di 237 miliardi di dollari nel prossimo decennio. L'IRA è il terzo atto legislativo approvato dalla fine del 2021 che cerca di migliorare la competitività economica, l'innovazione e la produttività industriale degli Stati Uniti. La *Bipartisan Infrastructure Law* (BIL), il *CHIPS & Science Act* e l'IRA hanno finalità parzialmente sovrapposte e insieme introducono 2.000 miliardi di dollari in nuove spese federali nei prossimi dieci anni, in un paese tradizionalmente refrattario agli interventi pubblici in economia.

Figura PM_1. I finanziamenti US da BIL e IRA per temi (fonte: McKinsey)

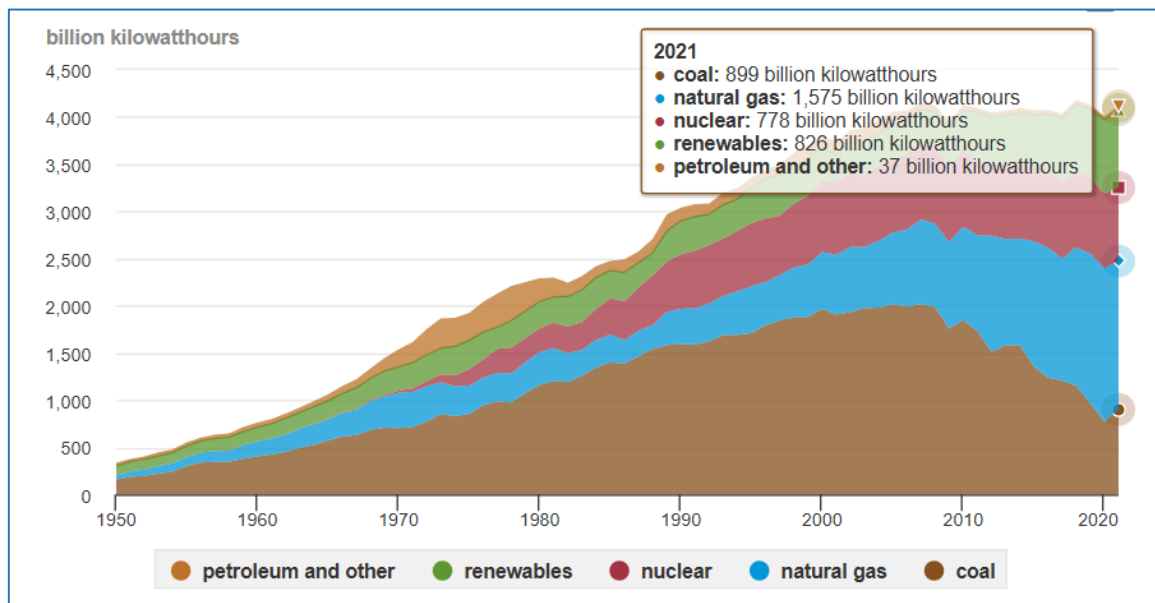


I crediti d'imposta sull'energia pulita e i crediti sui prodotti dell'IRA potrebbero catalizzare e amplificare gli effetti dei 70 miliardi di dollari in tecnologia per l'energia pulita e progetti dimostrativi finanziati nell'ambito del BIL. I due atti insieme raccolgono circa 370 miliardi di dollari di finanziamenti federali nei prossimi cinque-dieci anni per facilitare la transizione verso l'energia pulita (Fig. PM_1).

L'IRA destina quasi 400 miliardi di dollari di finanziamenti pubblici all'energia pulita, con l'obiettivo di ridurre sostanzialmente le emissioni di carbonio della nazione entro la fine di

questo decennio. I fondi saranno erogati attraverso incentivi fiscali, sovvenzioni e garanzie sui prestiti. All'elettricità pulita e alla rete elettrica *smart* è destinata la fetta più grande, seguite dai trasporti *green*, compresi gli incentivi per i veicoli elettrici (EV). L'ufficio del programma del US DOE riceverà circa 12 miliardi di dollari per espandere di dieci volte la sua capacità di prestito e creare un nuovo programma di 250 miliardi di dollari per aggiornare, riutilizzare o sostituire le infrastrutture energetiche.

Figura PM_2. Generazione elettrica in USA per sorgente (fonte EIA)



La maggior parte dei 394 miliardi di dollari in finanziamenti per l'energia e il clima è sotto forma di crediti d'imposta. Le società sono i maggiori destinatari, con un valore stimato di 216 miliardi di crediti d'imposta per catalizzare gli investimenti privati in energia pulita, trasporti e produzione. Molti degli incentivi fiscali previsti dal disegno di legge sono in erogazione diretta, il che significa che si può richiedere l'intero importo anche se il debito fiscale è inferiore al credito. Circa 43 miliardi di crediti d'imposta dell'IRA mirano a ridurre le emissioni rendendo più convenienti i veicoli elettrici, gli elettrodomestici ad alta efficienza energetica, i pannelli solari sul tetto, il riscaldamento geotermico e le batterie per lo stoccaggio domestico. A partire dal 2023, i veicoli elettrici idonei potranno beneficiare di un credito d'imposta fino a 7.500 e 4.000 US\$ rispettivamente per veicoli nuovi e usati. I miglioramenti domestici *green* potranno beneficiare di un credito d'imposta fino al 30% del costo totale, fino a \$ 1.200 US\$ all'anno. Per le pompe di calore, il credito arriva a 2.000 US\$ all'anno.

Per aiutare a costruire comunità di talenti scientifici, tecnologici, ingegneristici e matematici (STEM) più forti e diversificati, le imprese possono beneficiare di crediti d'imposta IRA solo se soddisfano i *requisiti salariali e di apprendistato ESG*. Molti

incentivi fiscali dell'IRA contengono anche obblighi di produzione o di appalti interni al Paese. Ad esempio, per sbloccare l'intero credito al consumo di veicoli elettrici, una percentuale dei minerali critici della batteria deve essere stata riciclata in Nord America o essere stata estratta o lavorata in un paese che ha un accordo di libero scambio con gli Stati Uniti. La stessa batteria deve essere stata fabbricata o assemblata in Nord America. Gran parte della nuova spesa nell'IRA è progettata per essere compensata da nuove entrate fiscali. La legge aumenta la tassa minima sulle grandi società al 15%, impone un'accisa dell'1% sui riacquisti di azioni proprie e fornisce nuovi finanziamenti per migliorare la riscossione delle imposte. In combinazione con i risparmi derivanti dalle iniziative sanitarie, il CBO stima che l'IRA ridurrà il disavanzo pubblici di 237 miliardi di dollari nei prossimi dieci anni.

Il Piano americano ha dato luogo a *preoccupazioni da parte dell'Europa*. I funzionari europei hanno riconosciuto le ambizioni ecologiche dell'IRA, ma sono preoccupati per il modo in cui sono progettati gli incentivi finanziari. Non è cosa da poco vedere gli Stati Uniti intraprendere un'azione di primo piano nella lotta contro il cambiamento climatico, ma alcuni elementi dell'IRA sarebbero discriminatori, perché progettati a beneficio dei produttori di tecnologie climatiche con sede negli Stati Uniti. Uno dei principali obiettivi dell'IRA, ad esempio, è la produzione di veicoli elettrici (EV). Attualmente, l'Europa detiene oltre un quarto della produzione globale di veicoli elettrici, mentre gli Stati Uniti solo il 10%. Ora, con l'IRA, va in campo un regime di sovvenzione fino a 7.500 US\$ per veicolo se il 40% dei componenti critici utilizzati nelle batterie viene estratto negli Stati Uniti (o partner di libero scambio), che salirà all'80% entro il 2026 e se il 50% delle batterie viene assemblato negli Stati Uniti, raggiungendo il 100 per cento entro il 2028. Ciò costringerà le aziende a spostare le loro catene di approvvigionamento sul suolo statunitense se desiderano competere nei mercati USA e internazionali. Con incentivi simili disponibili per le imprese dell'idrogeno verde, della cattura del carbonio e delle industrie eoliche e solari, il timore è che molte aziende *green* che cercano di investire nell'EU rinuncino per rimanere competitive. In effetti Tesla ha annunciato a settembre 2022 che avrebbe sospeso i suoi piani per produrre batterie in Germania, e non è l'unica.

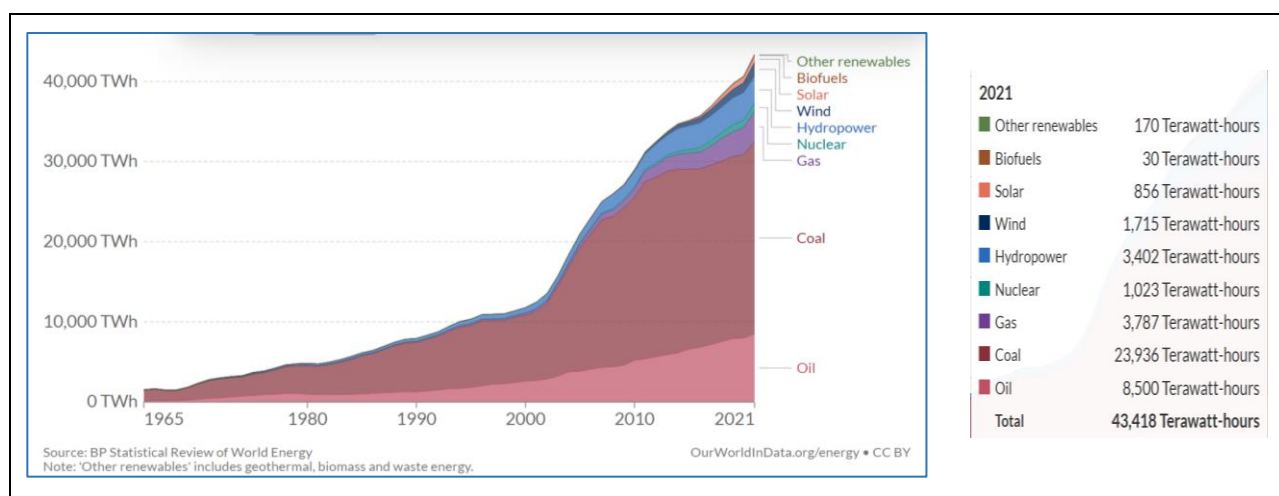
Il piano quinquennale cinese

La Cina ha reso pubblico ad aprile 2022 il suo tredicesimo piano quinquennale, dal 2021 al 2025, sullo sviluppo di tecnologie energetiche per promuovere la crescita *green* e la trasformazione digitale del settore energetico. Il Paese si concentrerà sullo sviluppo di nuove tecnologie per rendere più efficiente, conveniente e affidabile l'approvvigionamento di energie rinnovabili come l'energia eolica, solare, biomassa e geotermica. Sono previste novità tecnologiche nella generazione e nell'utilizzo dell'energia dell'idrogeno e sarà

istituito un nuovo sistema di distribuzione elettrica per ospitare fonti di energia rinnovabile mediante il potenziamento degli stoccaggi di energia con una pluralità di tecnologie. Il piano prevede, in perfetto stile cinese, anche l'innovazione per rendere più efficiente l'energia nucleare e fossile. Il Piano dichiara infatti che la Cina piloterà sistemi energetici intelligenti regionali e applicherà tecnologie digitali a settori energetici tradizionali come l'estrazione del carbone e la produzione di carburanti tradizionali.

Nel campo dell'utilizzo dell'energia rinnovabile, dovrebbe essere studiata la tecnologia chiave di una turbina eolica terrestre e marina da 8-10 MW e verrà realizzato un sistema di controllo intelligente e un sistema di gestione delle operazioni dei parchi eolici su larga scala. Dovrebbero essere sviluppate le tecnologie chiave per l'industrializzazione di celle solari fotovoltaiche ad alta efficienza e il livello di efficienza della conversione energetica del sistema di generazione di energia fotovoltaica dovrebbe essere migliorato. Lo stesso vale per la tecnologia di integrazione di sistema e la tecnologia di efficienza delle centrali solari termiche. Attività di ricerca e sviluppo sarà dedicata alla tecnologia idroelettrica per le complesse situazioni geologiche e per l'utilizzo dell'energia marina e geotermica per le quali si promuoveranno progetti pilota. Nel campo della trasmissione dell'energia rinnovabile, il Piano si concentra sui progressi della tecnologia di base dell'energia rinnovabile e sulla distribuzione basata un gran numero di reti di energia rinnovabile distribuita. Si promuoveranno gli studi sulle linee di trasmissione in corrente continua ad alta tensione e sulle infrastrutture di trasmissione flessibile per promuovere la rete di interconnessione energetica, rafforzare la costruzione della rete di trasmissione e delle reti di distribuzione *smart*, migliorare lo sviluppo dell'energia distribuita e l'utilizzo delle micro-reti.

Figura PM_2. Produzione di energia in Cina per sorgente (fonte: OurWorldinData)



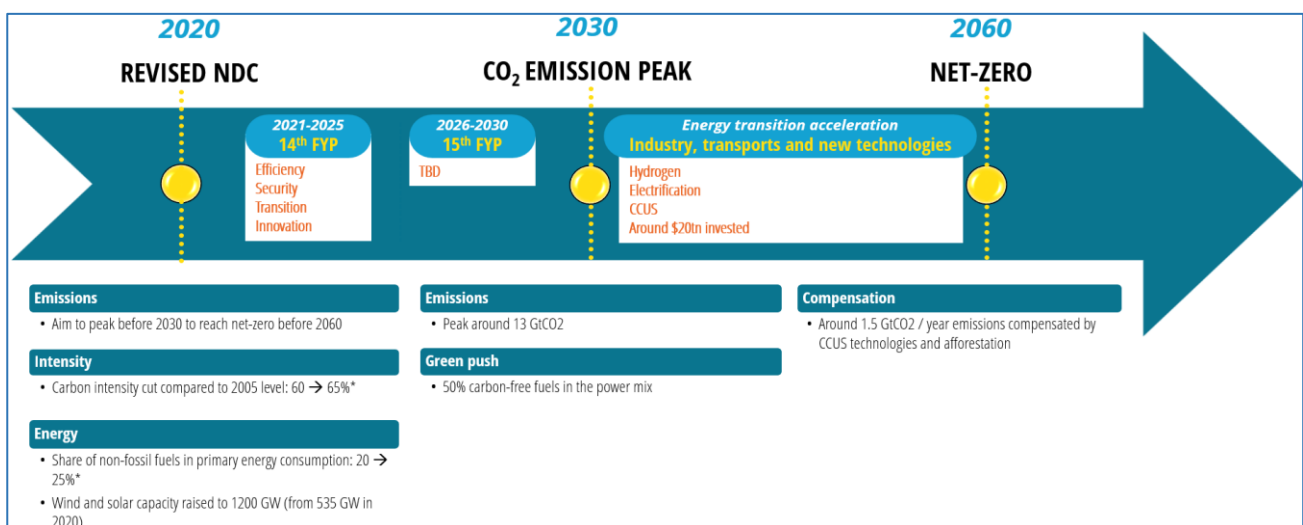
Per il *carbone* si svilupperà una nuova tecnologia di pirolisi *carbon flash* con lo studio del meccanismo di reazione dell'idrogenazione del carbone nella pirolisi e l'innovazione del

controllo di qualità. Per il *petrolio* il Piano vuole migliorare l'utilizzo completo del greggio, portare il tasso di desolforazione oltre l'80% e il tasso di conversione oltre il 70%. Si parla, un po' misteriosamente, di un miglioramento della natura della benzina e del diesel e della struttura della composizione del petrolio per soddisfare l'attuale domanda cinese di petrolio più pulito.

Sul versante minerario si svilupperanno le tecnologie e le attrezzature intelligenti per l'estrazione del carbone, anzitutto robotizzando il lavoro e rendendo più sicuro il lavoro dei minatori. Per le condutture sottomarine si svilupperanno tubi flessibili e materiali isolanti bagnati, si miglioreranno le condutture sottomarine in acque profonde e la capacità di progettazione e produzione dei tratti verticali delle *pipeline* e si implementerà un funzionamento sicuro con le dovute capacità di supporto per lo sviluppo di giacimenti di petrolio e gas in acque profonde nel Mar Cinese Meridionale. Il Piano punta sulla tecnologia di perforazione orizzontale, sul completamento dello sfruttamento di giacimenti di gas densi, sullo sviluppo di tecnologie di perforazione e finitura di pozzi orizzontali e di pozzi di gas densi, facendo in modo di garantire che la durata media del ciclo di perforazione orizzontale a 1000 metri sia inferiore a 65 giorni.

L'importante priorità del Piano nel campo della tecnologia energetica è promuovere la cooperazione internazionale e gli scambi multilaterali, rafforzare la collaborazione con paesi e regioni nel campo dell'energia nucleare, dell'efficienza energetica, dei sistemi ad elevata percentuale di consumo di energia rinnovabile, dello sviluppo non convenzionale di petrolio e gas, dei materiali energetici avanzati e della cattura del carbonio.

Figura PM_3. La roadmap cinese verso la decarbonizzazione (fonte: Enerdata)



La Cina è di gran lunga il primo emettitore di CO₂. I dati, disponibili non senza difficoltà, ci dicono che la Cina sta affrontando le contraddizioni e i limiti della sua economia ad alta

intensità di carbonio. La qualità dell'aria domestica è preoccupante, mentre l'economia del carbone è sempre meno competitiva rispetto al passato. Nel 2022, la crescita è stata lenta con un aumento del PIL di appena il 3%, il minimo, 2020 a parte, da circa 50 anni. Gli obiettivi di mitigazione del riscaldamento globale sono fortemente condizionati dagli sforzi della Cina, che oggi è un leader di fatto nei negoziati internazionali per ridurre le emissioni. La sfida del paese per decarbonizzare l'approvvigionamento energetico necessario per favorire la sua crescita è immensa.

L'Europa lancia un Green Deal per la transizione ecologica

La sequenza delle politiche e misure a far data dalla pubblicazione a fine 2019 del Green Deal della neoeletta Presidente Von der Leyen, racconta di uno sforzo senza precedenti per portare l'Europa al vertice della competizione mondiale per la transizione ecologica. Senza dimenticare poi che, a poche settimane di distanza, l'intera economia mondiale si sarebbe fermata a causa della pandemia di Covid 19 e che avrebbe dovuto ripartire in un quadro avvelenato dalla speculazione sulle materie prime e dall'invasione russa dell'Ucraina. I passi salienti corrispondono ad una serie di azioni, politiche e misure ed in particolare:

NextGenerationEU. È la proposta per un rilancio europeo dopo il Covid-19 presentata il 27 maggio 2020. Il piano prevede il rafforzamento del Quadro Finanziario Pluriennale (QFP) 2021-2027 con il nuovo strumento *NextGen* che reperisce risorse finanziarie grazie all'innalzamento temporaneo del massimale delle risorse proprie al 2% del reddito nazionale lordo dell'EU. Questo ha consentito alla Commissione, forte del suo elevato *rating* creditizio, di contrarre sui mercati finanziari prestiti per 750 miliardi di euro convogliati verso i programmi dell'EU. Il rimborso sarà spalmato nei futuri bilanci nell'arco di un lungo periodo, con inizio non prima del 2028 e completato entro il 2058. L'obiettivo viene perseguito all'insegna dell'equità e della condivisione. Per mettere a disposizione i fondi il prima possibile, così da poter rispondere ai bisogni più urgenti, la Commissione ha proposto una modifica del quadro finanziario pluriennale 2014-2020 al fine di provvedere già nel 2020 risorse per ulteriori 11,5 miliardi di euro. I fondi reperiti da *Next Generation EU* s'incanalano in tre linee di investimento: sostegno agli Stati membri per investimenti e riforme mediante un nuovo dispositivo per la ripresa e la resilienza da 560 G€ che dà supporto finanziario per investimenti, riforme e per la resilienza delle economie nazionali, anche nell'ottica della transizione verde e digitale, assicurandone la stretta coerenza con le politiche dell'Unione; incentivazione degli investimenti privati mediante un nuovo strumento di sostegno alla solvibilità, in grado di essere operativo fin dal 2020 con una dotazione di 31 G€, che mobilita risorse private al fine di aiutare con urgenza le imprese europee economicamente sostenibili che operano nei settori, nelle

regioni e nei paesi più colpiti ed un nuovo programma per la salute EU4Health, forte di una dotazione di 9,4 G€.

Fit for 55. È il pacchetto di misure, datato metà 2021, con cui l'esecutivo EU imposta la *roadmap* per tradurre in pratica il *Green Deal*. È lo sforzo legislativo più poderoso mai tentato finora per accelerare la transizione ecologica. Il pacchetto contiene 13 proposte legislative sull'energia e sul clima, che hanno lo scopo di mettere l'Unione Europea in condizione di centrare l'obiettivo di ridurre le emissioni di gas serra del 55% entro il 2030 come previsto dalla Legge sul Clima. Alcuni dei provvedimenti sono un aggiornamento della legislazione già esistente, per allinearla con il *Green Deal* e con i nuovi *target*. Tra le disposizioni legislative, rilevante il raddoppio del sistema ETS con un gemello che coprirà i trasporti e il riscaldamento degli edifici. L'ETS si allarga ad aviazione e settore marittimo. Il vecchio ETS dovrà abbattere le emissioni dei settori coinvolti del 61% entro il 2030 rispetto ai livelli del 2005 (l'obiettivo precedente era -43%), con fattore di riduzione lineare al 4,2% e un taglio del tetto una tantum di 117 milioni di permessi. Il nuovo ETS avrà un obiettivo di taglio delle emissioni del 43% al 2030 sui livelli del 2005, sarà in vigore dal 2025 e avrà un tetto solo l'anno successivo. Per attenuare gli impatti sociali e per una transizione giusta sarà speso il 25% dei proventi del nuovo ETS che sono stimati in 72 miliardi di euro tra il 2025 e il 2032. Per ottenerli, i paesi membri dovranno co-finanziare gli interventi al 50%. L'ammontare mobilitato dal fondo sarà quindi di 145 G€.

Arriva la proposta della tassa sul carbonio alla frontiera, la CBAM, per prevenire la delocalizzazione degli impianti, il *carbon leakage* e tutelare l'industria europea. Sale al 40% l'obiettivo per le rinnovabili, mentre quello sul consumo primario e finale di energia al 36-39% e diventerà vincolante. Resta l'*Effort Sharing*, con obiettivi tarati sul PIL pro capite. La CO₂ assorbita dai pozzi di carbonio naturali viene portata a 310 Mt al 2030. La riduzione delle emissioni medie delle auto nuove sarà del 55% dal 2030 e del 100% dal 2035 rispetto ai livelli del 2021. Tutte le nuove auto immatricolate a partire dal 2035 saranno a emissioni zero. Ci sarà una nuova strategia forestale dell'UE. Saranno modificate la direttiva sulle energie rinnovabili (RED), sulla tassazione dell'energia e la direttiva sull'efficienza energetica (EED). Il testo stabilisce i nuovi obiettivi vincolanti sulle rinnovabili nel mix europeo, ma decide anche quali fonti di energia possono essere considerate pulite. Hanno fatto molto discutere il ruolo riservato alla bioenergia e la definizione di *low-carbon* da cui dipende quanto spazio avrà il gas fossile. Insieme alla RED, buona parte dell'efficacia del pacchetto *Fit for 55* nel raggiungere gli obiettivi climatici dipenderà dal compromesso che l'EU raggiungerà sulla revisione della direttiva sull'efficienza energetica. L'obiettivo di risparmio energetico al 32,5% va aumentato. Ma il punto più problematico è la suddivisione dei compiti in quote nazionali.

Si farà la revisione del regolamento sull'uso del suolo, il cambiamento di uso del suolo e la silvicoltura (LULUCF). Critico anche il fronte della riqualificazione degli edifici, che deve potenziare la *Renovation Wave* presentata a ottobre 2020. La maggior parte del parco immobiliare UE è vecchia e inefficiente, al punto che gli edifici sono responsabili di circa il 40% del consumo energetico totale nell'UE a 27 e del 36% delle emissioni di gas a effetto serra derivanti dall'energia. Riqualificare il patrimonio edilizio è, quindi, una misura essenziale ma molti Paesi, e l'Italia tra essi, ricca di un patrimonio edilizio storico senza uguali, si trovano in gravi difficoltà.

REPower EU. Varata nel maggio del 2022, è la risposta europea all'invasione russa dell'Ucraina e alle perturbazioni del mercato energetico mondiale da essa causate. Si propone di risparmiare energia, produrre energia pulita quanto serve e diversificare l'approvvigionamento energetico. Accelerare la transizione ecologica ed energetica è la risposta migliore all'aggressione ed è esattamente in opposizione ai suoi fini di indebolire l'Europa. Con questa iniziativa si riduce la dipendenza dai combustibili fossili russi, si sono ridotti i consumi energetici quasi del 20%, è stato introdotto un tetto al prezzo del gas e un tetto globale al prezzo del petrolio ed abbiamo raddoppiato il ritmo di diffusione delle energie rinnovabili.

Il *Piano industriale del Green Deal* intende migliorare la competitività dell'industria europea a zero emissioni e accelerare la transizione verso la neutralità climatica. Lo fa creando un ambiente più favorevole per aumentare la capacità di produzione dell'UE per le tecnologie e i prodotti *net zero* necessari per raggiungere gli obiettivi climatici dell'Europa. Considerato dai più una risposta all'IRA americana, il Piano si poggia su quattro cardini: un ambiente normativo affidabile e semplificato; un accesso più rapido ai finanziamenti; una crescita qualitativa e quantitativa delle competenze necessarie e dei green job associati e sulla facilitazione di un regime di scambi commerciali aperto ed equo.

La *legge europea per il ripristino della natura*. Del giugno 2023. È il passo obbligato per rendere concrete la *Strategia sulla biodiversità* e quella sul sistema alimentare, la *Farm to Fork*. Il voto in commissione Ambiente è finito 44 pari con il rischio di far naufragare l'ultimo, grande tassello del *Green Deal*. Al di là dei dettagli tecnici dell'iter della proposta, il dato principale è politico: il Partito popolare europeo ha continuato a votare compatto insieme all'estrema destra sostenendo posizioni antiscientifiche. La proposta sulla *Nature restoration* avanzata dalla Commissione chiede di ripristinare almeno il 20% delle terre e dei mari europei entro fine decennio, per poi salire al 100% entro il 2050. In Consiglio l'Italia ha votato contro la proposta della Commissione. Il Parlamento dell'UE, ha infine adottato in luglio con 336 voti contro 300, la destra italiana compresa, e 17 astenuti la *Nature Restoration Law*. Inutile *l'appello ai Parlamentari europei* lanciato dalla nostra Fondazione per togliere l'Italia dallo sgradevole ruolo di ultima della classe.

Durante il suo discorso al *World Economic Forum* 2023 di Davos, in Svizzera, Ursula von der Leyen, presidente della Commissione europea, ha iniziato a delineare come l'UE intende incentivare le industrie *green* nei prossimi anni. Il piano è quello di rendere l'Europa la patria della tecnologia pulita e dell'innovazione industriale sulla strada verso lo zero netto facendo leva su quattro approcci chiave.

Il primo dei punti chiave è il *contesto normativo* che concerne la riduzione della burocrazia, in termini di tempo e di facilità di accesso. Per aiutare a potenziare l'eolico, le pompe di calore, il solare, l'idrogeno pulito, lo stoccaggio del carbonio e altri settori destinati a svolgere un ruolo essenziale nella strategia *net-zero* dell'EU, il nuovo piano industriale del *Green Deal*, porrà un focus strategico sulle autorizzazioni rapide e semplificate per i siti di produzione di tecnologia climatica. Il *Net Zero Industry Act* va di pari passo con un altro atto legislativo chiave, il ***Critical Raw Materials Act***. Con la Banca mondiale che prevede che la transizione all'energia pulita farà aumentare la domanda di alcuni minerali critici fino al 500% entro il 2050, l'UE sta cercando di razionalizzare questa crescita. Il *Critical Raw Materials Act*, che è in parte una risposta all'IRA, è ampiamente considerato come una politica progettata per ridurre la dipendenza dell'Europa dalla Cina, che fornisce il 98% della domanda EU delle terre rare.

In termini di *finanziamento*, il secondo punto, il modo più rapido per l'EU di raccogliere fondi per i settori *green*, sostenuto da Francia e Germania, è allentare le regole sugli aiuti di Stato. L'aiuto di Stato è qualsiasi meccanismo attraverso il quale un'azienda può ricevere sostegno o ottenere un vantaggio distorsivo rispetto ai concorrenti a seguito dell'intervento del governo, ed è strettamente regolato nell'EU per salvaguardare la competitività. Alcune economie minori, e tra esse l'Italia, esprimono il timore che l'allentamento degli aiuti di Stato vada a vantaggio solo di chi ha più riserve. Infatti, nell'ambito di una regolazione simile, il pacchetto di sostegno in risposta alla guerra in Ucraina, oltre i due terzi dei 727 miliardi di dollari di aiuti di Stato approvati sono stati erogati solo da Francia e Germania. Ci sono anche timori che l'IRA americana, tutta basata sulla distribuzione di denaro pubblico, possa portare a una dannosa guerra commerciale transatlantica sulla tecnologia climatica. In risposta Von der Leyen ha suggerito di adattare temporaneamente le norme sugli aiuti di Stato a breve termine, preparando al contempo a medio termine un Fondo sovrano europeo a beneficio delle imprese di tutta l'EU. Europa e Stati Uniti, si è detto, dovrebbero costruire catene del valore transatlantiche, non spezzarle. L'IRA è sicuramente più rivolta verso l'interno di quanto l'UE avrebbe voluto, soprattutto considerando il modo in cui la Cina sta avanzando nell'innovazione e nella produzione di tecnologia climatica come priorità nel suo piano quinquennale.

Competenze e commercio sono il terzo e quarto pilastro della politica europea. Sulle competenze, von der Leyen ha affermato che la transizione è buona solo quanto i lavoratori qualificati che la gestiscono. Con l'UE che prevede di creare 2,5 milioni di posti di lavoro aggiuntivi entro il 2030, se raggiungerà gli obiettivi del *Green Deal* sarà necessaria una crescita significativa del numero di *green job* qualificati. Per quanto riguarda il commercio, l'EU sta cercando di sfruttare al massimo gli accordi commerciali esistenti, ad esempio con il Canada e il Regno Unito. Nel frattempo, l'EU sta cercando di finalizzare accordi con Messico, Nuova Zelanda e Australia. Questi accordi commerciali stabiliscono le regole per l'acquisto e la vendita di beni e servizi tra l'EU e altri paesi. In tal modo, il commercio diventa più facile e meno limitato, il che a sua volta consente alle catene di approvvigionamento, comprese quelle nei settori della tecnologia climatica, di essere transnazionali a un costo più competitivo.

Sul piano interno ed in previsione delle elezioni parlamentari del 2024, la Commissione europea sta lottando per preservare la sua visione per la transizione ecologica dell'Europa, di fronte alla accresciuta resistenza politica alle sue leggi incentrate sulla protezione ambientale e sulla transizione ecologica. Le leggi non finalizzate si stanno accumulando in Parlamento mentre l'Europa si sta avvicinando alle elezioni del prossimo giugno. Il loro destino è incerto in vista di un nuovo Parlamento europeo con una composizione diversa. Più di 30 leggi ambientali sono state proposte dalla Commissione negli ultimi due anni e la maggior parte è stata approvata con successo. Ma i due disegni di legge rimanenti, uno con obiettivi vincolanti per i paesi per ripristinare gli *habitat* naturali danneggiati e l'altro che fissa l'obiettivo di dimezzare l'uso di pesticidi chimici entro il 2030, stanno incontrando una forte opposizione. La legislazione sulla natura proposta mira a ripristinare almeno il 20% degli ecosistemi degradati dell'UE entro il 2030. La questione sta, ad esempio, dividendo il governo federale in Belgio, dove il primo ministro cerca di fermarla contro il parere del ministro del clima che spinge per l'approvazione. Dalla IUCN arriva una sollecitazione a tutte le istituzioni dell'EU per garantire l'adozione di un regolamento ambizioso per il ripristino della natura e oltre 150 scienziati hanno resa pubblica una dichiarazione di sostegno alla legge che recita: "Se l'EU vuole ripristinare la salute, la produttività e la resilienza delle sue terre e dei suoi mari e fare in modo che la natura continui a sostenere la sicurezza alimentare europea, l'occupazione, la mitigazione dei cambiamenti climatici e l'economia, deve approvare e attuare la sua legge sul ripristino della natura".

Dall'esterno l'Indonesia e la Malesia, i due principali produttori di olio di palma, continuano a contestare la nuova legge sulla deforestazione dell'EU, che ritengono possa essere dannosa per le piccole imprese agricole. I due paesi accusano l'Europa di politiche

discriminatorie minacciando di ostacolare i colloqui commerciali con l'EU e rivendicando un trattamento più equo. *EurActiv* riferisce che le regole proposte dall'EU per ridurre drasticamente le emissioni industriali, anche dalle aziende agricole più grandi, hanno diviso il Parlamento europeo, dove la commissione ambientale è a favore di soglie più severe per le aziende agricole industriali e la commissione agricola vuole una maggiore flessibilità.

In questo quadro ***l'EU ha inasprito i criteri*** per ciò che può essere accettato come un investimento *green* dopo le forti critiche alla sua proposta originale. Continua tuttavia a concedere quote per le industrie ad alta intensità di combustibili fossili come l'aviazione. Per ottenere la qualifica *green*, secondo la tassonomia europea, entro il 2030 i carburanti sostenibili per l'aviazione dovranno aumentare del 15% nel mix dei carburanti di un aereo, un +5% rispetto ai precedenti criteri lanciati ad aprile 2023, che erano stati etichettati come non scientifici dagli ambientalisti. I carburanti sostenibili per l'aviazione, ricavati da colture e rifiuti organici, attualmente costituiscono circa lo 0,05% del carburante per aeromobili. Ma gli aerei saranno considerati sostenibili anche se raggiungono determinati criteri di efficienza quando funzionano con il carburante tradizionale per aerei. Il trasporto marittimo, anch'esso considerato difficile da decarbonizzare, sarà soggetto a requisiti simili.

L'Unione Europea sta tentando di finalizzare un pilastro chiave della sua agenda sul clima. Se approvata dai paesi e dai legislatori dell'UE, la nuova legge sulle energie rinnovabili sancirà un obiettivo vincolante per l'UE di ottenere il 42,5% della sua energia da fonti rinnovabili entro il 2030. L'approvazione della legge da parte dei paesi è stata ritardata di settimane, dopo la tardiva opposizione della Francia e altri paesi che cercano un trattamento più favorevole dell'energia nucleare. L'energia nucleare è a basse emissioni di carbonio, ma non è rinnovabile né sostenibile. Il gruppo di stati con interessi nel settore dell'energia nucleare, molti dei quali nell'Europa dell'Est, ha anche espresso preoccupazione per il destino dell'ammoniaca prodotta dall'idrogeno. Intanto, a seguito delle pressioni dei sindacati minerari, la Polonia ha rinviato un piano per ridurre la sua dipendenza dal carbone modificando lo stato dell'aggiornamento della sua politica energetica in vista delle elezioni a fine anno.

Lo stato della lotta ai cambiamenti climatici

Introduzione

Lo stato del clima globale con i dati 2022 mostra i cambiamenti su scala planetaria sulla terraferma, nell'oceano e nell'atmosfera causati da livelli record di gas serra che intrappolano il calore. Per quanto riguarda la temperatura globale, gli anni 2015-2022 sono stati gli otto più caldi mai registrati nonostante l'impatto di raffreddamento di un evento de ***La Niña*** negli ultimi tre anni. Lo scioglimento dei ghiacciai e l'innalzamento del livello

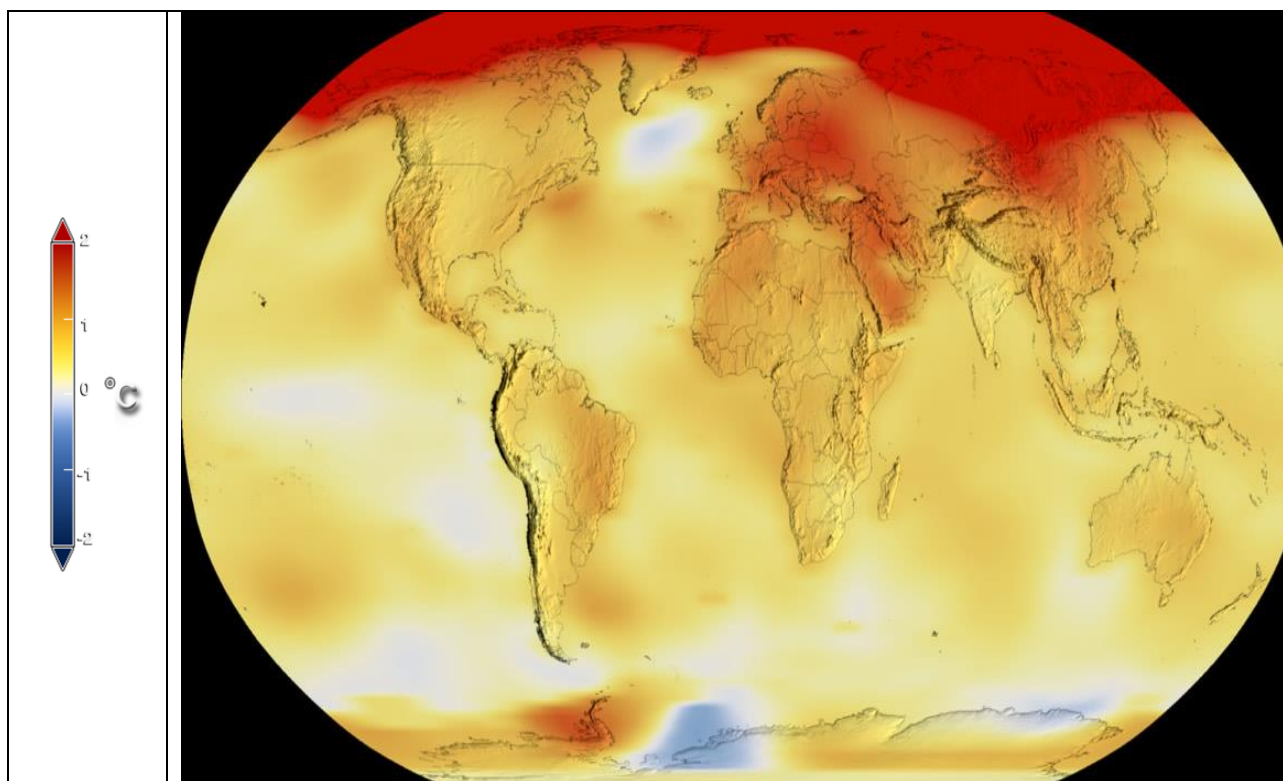
del mare - che ha nuovamente raggiunto livelli record nel 2022 - continueranno per migliaia di anni. Mentre le emissioni di gas serra continuano ad aumentare e il clima continua a cambiare, le popolazioni di tutto il mondo sopportano gravi eventi meteorologici e climatici estremi. Ad esempio, nel 2022, la siccità continua nell'Africa orientale, le precipitazioni da record in Pakistan e le ondate di caldo da record in Nordamerica, Cina e in Europa hanno colpito decine di milioni di persone, provocato l'insicurezza alimentare, aumentato la migrazione di massa e sono costate miliardi di dollari in perdite e danni, come riferiscono le Agenzie delle Nazioni Unite.

Nel corso dell'anno gli eventi pericolosi legati al clima e alle condizioni meteorologiche hanno provocato nuove migrazioni di popolazione e peggiorato le condizioni di molti dei 95 milioni di persone che già si stavano spostando all'inizio dell'anno. Non meno gravi sono gli impatti sugli ecosistemi e sulla natura dove il cambiamento climatico sta influenzando eventi ricorrenti in natura, i cui cicli siamo abituati a vedere riprodursi stabilmente, come la fioritura degli alberi o la migrazione degli uccelli.

Entrando nel merito della antropogenesi delle emissioni ad effetto serra, il protagonista è la CO₂ la cui concentrazione a Maun Loa nelle Hawaii continua a salire, [*siamo a 424 ppm*](#), ed è un triste dato di fatto contro tutto il movimento che, a vario titolo e con vari ruoli, si affanna a combattere il cambiamento climatico. Sappiamo che la temperatura media superficiale terrestre (TSM), indice del *global warming*, è sostanzialmente lineare con la concentrazione dei gas serra alla tropopausa, ed ha raggiunto nel 2016 gli 1,19 °C, scendendo nel 2022, il sesto anno più caldo della serie a 1,06 °C rispetto alla media preindustriale 1880-1900 ([*NOAA*](#)). L'effetto di raffreddamento è influenzato dall'oscillazione termica oceanica pluriennale de La Niña che, terminata presto nel 2022, sta lasciando il campo al temibile fenomeno opposto [*El Niño*](#). Date la enorme capacità termica degli oceani, ci vuole una grande quantità di energia termica per aumentare la TSM anche di poco: +1°C dall'era preindustriale (1880-1900) piccolo aumento all'apparenza, comporta un aumento significativo dell'energia accumulata in atmosfera. Quell'energia sta determinando estremi di temperatura regionali e stagionali, riducendo la copertura nevosa e il ghiaccio marino, intensificando le forti piogge e cambiando le gamme degli habitat per piante e animali, espandendone alcuni e restringendone altri. Come mostra la Fig. CC_1, la maggior parte delle aree terrestri si è riscaldata più velocemente della maggior parte delle aree oceaniche e l'Artico si sta riscaldando più velocemente della maggior parte delle altre regioni, a causa, fra l'altro, della tendenza delle correnti oceaniche sottomarine a portare energia verso nord. Lo stesso vale per l'Europa e l'Italia.

Sebbene il riscaldamento non sia uniforme in tutto il pianeta, la tendenza al rialzo della TSM mostra che le aree che si stanno riscaldando sono più di quelle che si raffreddano.

Fig. CC_1. Il global warming nelle sue diversità a fine 2021 (fonte: NASA)



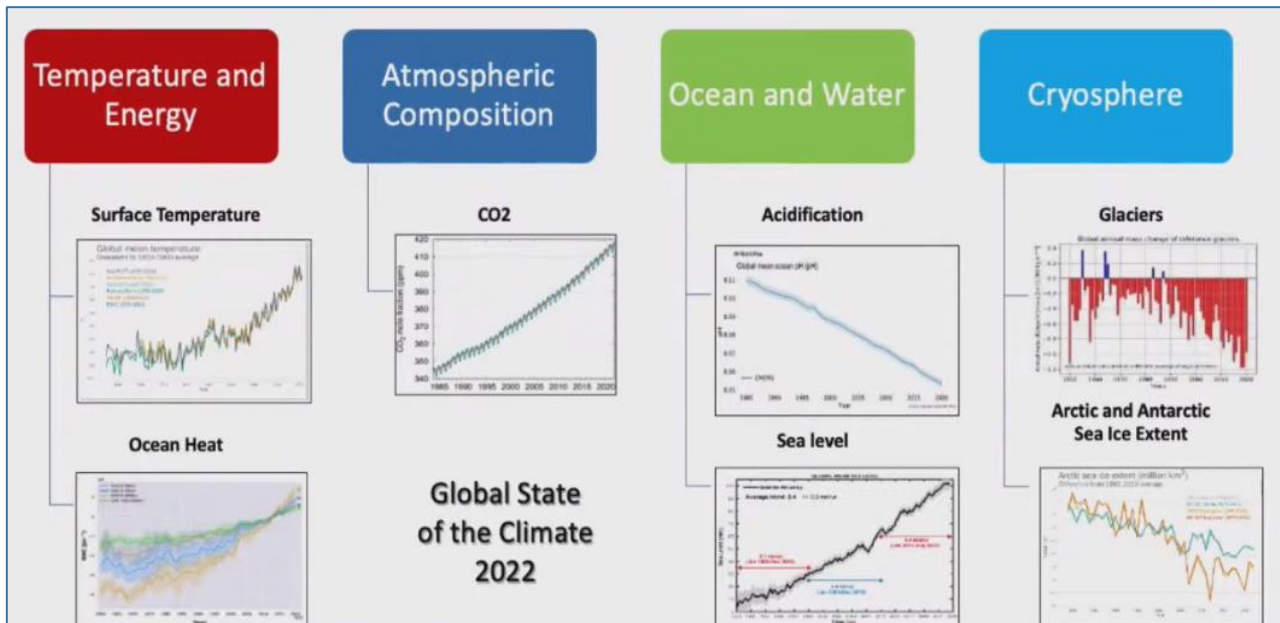
Secondo la NOAA, la temperatura combinata di terra e oceano è aumentata a un tasso medio di 0,08 °C per decennio dal 1880, ma più del doppio, 0,18 °C dal 1981. Oggi, le nostre attività, bruciare combustibili fossili e disboscare le foreste, aggiungono ogni anno all'atmosfera poco più di 40 Gtc di CO₂. Poiché si tratta di più carbonio di quanto i processi naturali possano rimuovere, la concentrazione di CO₂ in atmosfera non può che aumentare. Ai ritmi attuali i modelli prevedono che entro la fine di questo secolo, la TSM sarà tra 3 e 6 °C più calda rispetto alla media del 1901-1960. Solo se le emissioni annuali iniziano a diminuire in modo significativo entro il 2050, tale previsione si potrebbe dimezzare e l'Accordo di Parigi avere una *chance*.

La TSM è probabilmente la variabile di stato del sistema climatico di maggior importanza: salirà con la concentrazione dei GHG in un *trend* nel quale il sistema climatico potrebbe cambiare di stato e dunque non è l'indice più sensibile per leggere quelle che potrebbero essere le temute transizioni non lineari ed irreversibili. Il WMO suggerisce di caratterizzare il clima con sette variabili (Fig.CC_2).

Non ci sono più obiezioni sul fatto che lo stato del clima sia determinato da fattori di pressione i cui principali sono le emissioni antropogeniche di gas serra. I maggiori sono la CO₂, sostanzialmente sostenuta dai processi di combustione degli idrocarburi; il metano che procede in atmosfera dalle perdite antropogeniche degli impianti e delle condutture di

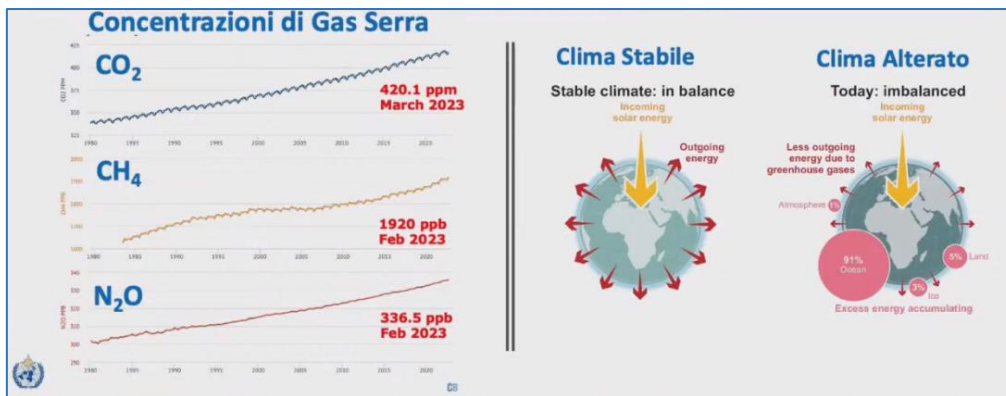
vario tipo, ma anche dall'agricoltura e dalla zootecnia così come il protossido d'azoto, N₂O. Quest'ultimo è noto come il gas esilarante, un tempo usato in anestesia, ma oggi quantifica oltre il 7% delle emissioni serra avendo un fattore di *warming* di ben 310 rispetto alla CO₂ e crescendo del 2% ogni dieci anni (Fig. CC_3).

Figura CC_2. Variabili di stato minime per il monitoraggio del clima (fonte: WMO)



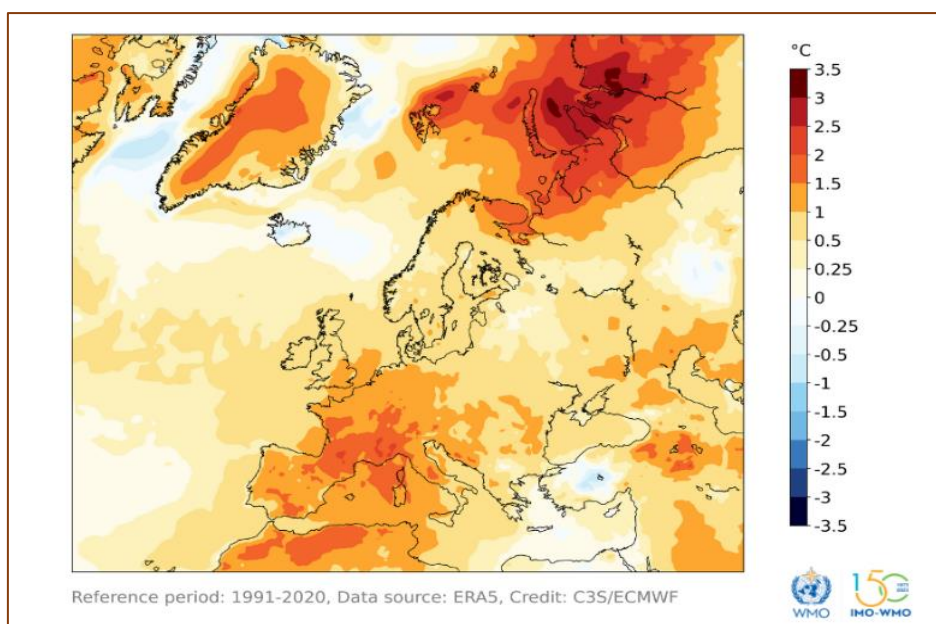
Il *Rapporto sullo stato del clima in Europa* del WMO e di Copernicus, registra per l'Europa il riscaldamento più veloce di tutte le altre regioni, il doppio rispetto alla media globale dagli anni '80 (Fig. CC_4). Gli eventi meteorologici e climatici ad alto impatto del 2022 hanno provocato oltre 16.000 vittime segnalate, di cui il 99,6% è stato attribuito a ondate di caldo. Nel 2022, la temperatura media annuale in Europa è stata tra la seconda e la quarta più alta mai registrata e per molti paesi dell'Europa occidentale e sudoccidentale l'anno scorso è stato l'anno più caldo mai registrato. *L'estate del 2022* è stata la più calda mai registrata e l'Europa ha sperimentato diverse ondate di calore eccezionali durante i mesi estivi, la più grave delle quali si è verificato a metà luglio, con temperature da record in molte località, compreso il Regno Unito dove la temperatura ha superato per la prima volta i 40 °C. Nel 2022, le temperature della superficie del mare nell'area del Nord Atlantico sono state le più calde mai registrate e ampie porzioni dei mari della regione sono state colpite da ondate di calore marine forti o addirittura gravi ed estreme. In alcune aree, in particolare il Mediterraneo orientale, il Baltico, il Mar Nero e l'Artico meridionale, i tassi di riscaldamento della superficie marina sono stati più di tre volte superiori alla media globale.

Figura CC_3. I principali fattori di pressione sullo stato del clima (fonte: WMO)



La siccità ha colpito gran parte della regione europea nel 2022, in particolare durante la primavera e l'estate. La combinazione di condizioni di siccità e caldo estremo ha alimentato numerosi incendi, dando luogo alla seconda area bruciata più grande per estensione mai registrata nella regione. Grandi incendi si sono verificati in Francia, Spagna, Portogallo, Slovenia e Cechia. Tuttavia, nel corso dell'anno, a settembre, diverse località dell'Europa meridionale sono state colpite da forti piogge e inondazioni. Nell'Italia centrale, ad esempio, le piogge torrenziali hanno provocato allagamenti nelle Marche il 15-16 settembre, un prodromo alla disastrosa alluvione della Romagna nel maggio – giugno del 2023. Nonostante il 2022 sia stato in gran parte caratterizzato da condizioni calde, alcune aree sono state interessate da ondate di freddo e forti nevicate, tra cui Turchia, Siria, Grecia e Montenegro. Una diffusa ondata di freddo ha colpito anche gran parte dell'Europa settentrionale e occidentale. Reykjavik, in Islanda, ha registrato il dicembre più freddo degli ultimi 100 anni.

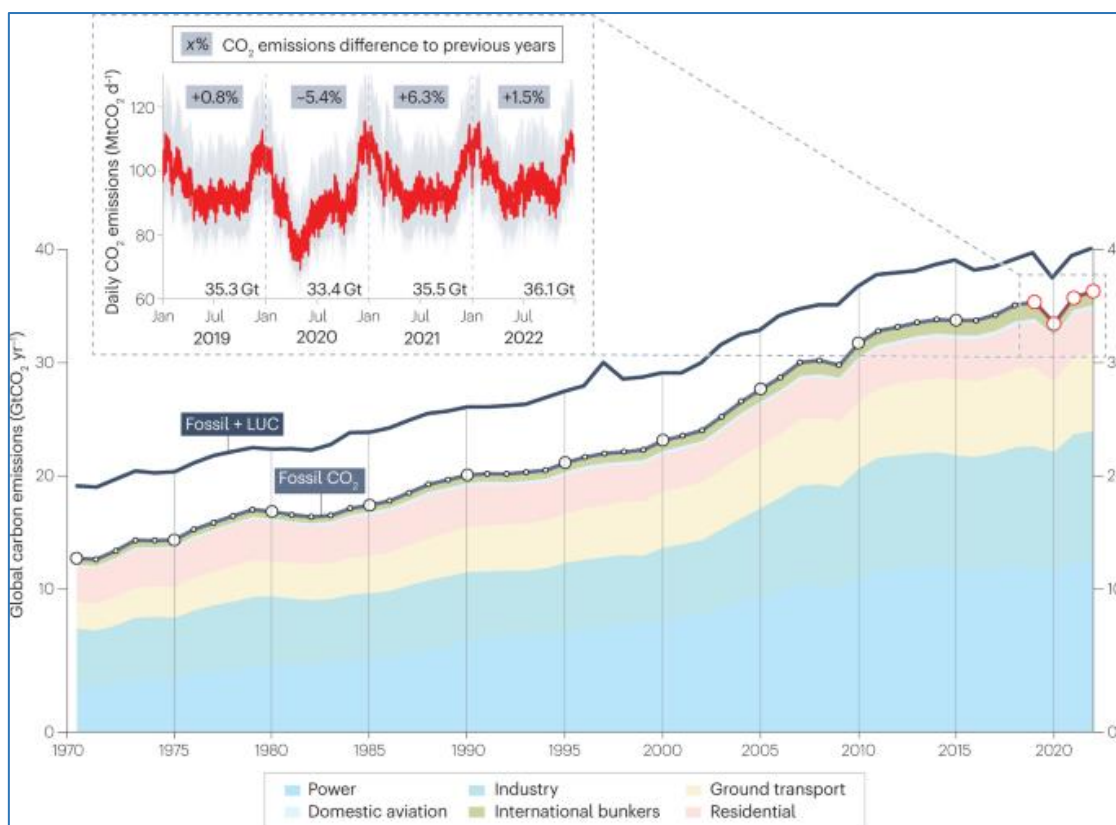
Figura CC_4. Anomalia media della temperatura superficiale in Europa nel 2022 (fonte:WMO)



L'anidride carbonica e il carbon budget

Le emissioni globali di CO₂ per il 2022 sono aumentate dell'1,5% rispetto al 2021 (+7,9% e +2,0% rispetto rispettivamente al 2020 e al 2019), superando le 36 Gt ([Nature](#)). Le emissioni del 2022 hanno limato dal 13 al 36% del *budget di carbonio* rimanente per limitare il riscaldamento a 1,5 °C, tanto che le emissioni residue consentite, il *budget*, potrebbero essere esaurite entro 2-7 anni con probabilità superiore al 50%.

Figura CC_5. Serie storica delle emissioni di CO₂ (fonte Carbon Monitor)



La pandemia di Covid-19 ha causato una riduzione annuale record delle emissioni globali di carbonio nel 2020, del 5,4% (1,9 Gt) rispetto al 2019. Un calo di breve durata, perché nel 2021 le emissioni globali sono tornate ai livelli pre-pandemia, aumentando del 6,3% (2,1 Gt). Nel 2022, le emissioni globali di CO₂ derivanti dalla combustione di fossili e dalla produzione di cemento hanno raggiunto 36,1 Gt (Fig. CC_5). Si tratta del 2,0% in più rispetto al 2019, anno in cui sono state emesse in atmosfera 35,3 Gt di CO₂.

Questi dati di crescita dal 2021 al 2022 sono ampiamente condivisi e suggeriscono che il *trend* non è affatto in flessione e che il picco delle emissioni è ancora lontano. Ne è prova la sostanziale invarianza della ripartizione settoriale delle emissioni di CO₂. Nel 2022 l'energia elettrica ha rappresentato il 39,3% delle emissioni totali di CO₂, l'industria il 28,9%, il trasporto terrestre il 17,9%, il residenziale il 9,9%, i bunkeraggi internazionali (aviazione e navigazione internazionale) il 3,1% e l'aviazione lo 0,9%. Dopo il rapido

rimbalzo nella maggior parte dei settori nel 2021, il tasso di aumento è tornato nel 2022 ai valori storici, +0,8% per la generazione elettrica; +1,1% per l'industria, +2,5% per i trasporti. Fa eccezione l'aviazione internazionale, che ha visto un aumento del 44% tra 2021 e 2022, pur rimanendo del 25% al di sotto dei livelli pre-pandemia del 2019.

Sono invece sostanzialmente cambiate le emissioni dei primi cinque emettitori mondiali che valgono nel 2022 23,3 Gt di CO₂, il 65% del totale. La Cina, il più grande emettitore mondiale, oggi al +5,6% rispetto ai livelli pre-pandemici del 2019, ha mostrato la prima flessione delle emissioni: aumentate dell'1,2% nel 2020 nonostante la pandemia, e del 6,0% nel 2021, sono diminuite dell'1,5% nel 2022. Gli Stati Uniti e l'Europa salgono rispettivamente del 3,2% e dello 0,5% nel 2022 dal 2021, arrivando a livelli solo leggermente diversi rispetto al 2019, 0,9% in meno negli USA e 0,4% in più nell'EU. Le emissioni dell'India hanno continuato a crescere rapidamente, aumentando del 7% nel 2022 rispetto al 2021, 7,9% in più rispetto al 2019, e sono sulla buona strada per superare l'UE come terzo più grande emettitore al mondo nel 2023. Le emissioni in Russia, il quinto maggior emettitore, sono aumentate ogni anno dal 2019 al 2021, ma scendono dell'1,8% nel 2022.

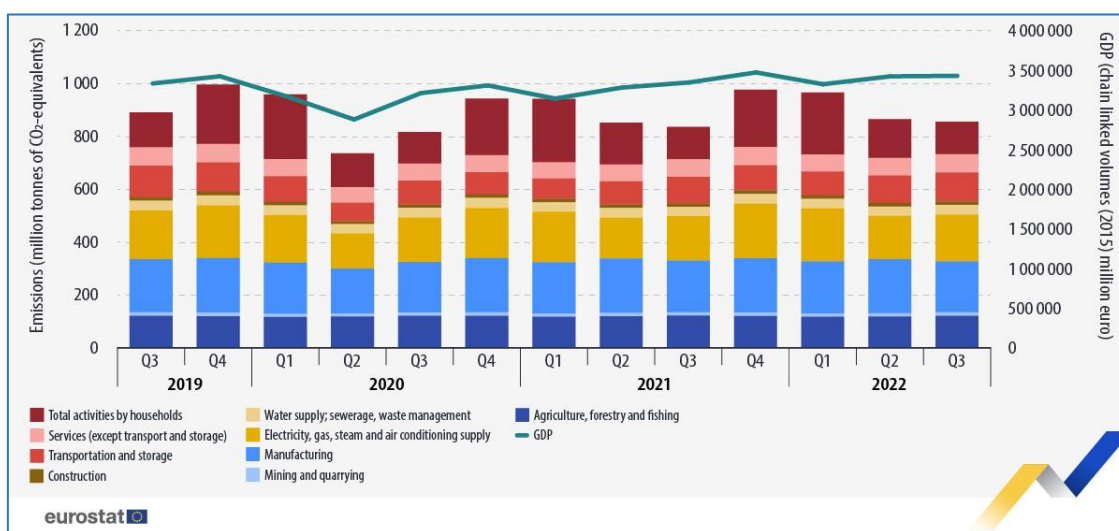
La IPCC aveva avvertito che le emissioni globali non avrebbero raggiunto il picco prima del 2025 ma il *budget* di carbonio se ne sta andando. Secondo il rapporto *IPCC SR15* del 2018, il *budget* di carbonio rimanente a partire dal 2020 per limitare il riscaldamento antropogenico a 1,5 °C e 2 °C rispetto ai livelli preindustriali, è rispettivamente di 400 e 1.150 Gt, con una probabilità del 67%, e 300 e 900 Gt con probabilità dell'83%. Le emissioni del 2022 hanno utilizzato il 10% del *budget* degli 1,5 °C, che si aggiunge al 9,9 del 2021 e al 9,4% del 2020. Rimangono nel portafoglio 283 Gt di CO₂. Se l'attuale tasso di crescita delle emissioni persiste, il budget di 1,5 °C sarà esaurito in soli 7 anni (67% di probabilità). Per il *budget* a 2 °C di 1.150 Gt (67% di probabilità), nel 2022 è stato utilizzato il 3,5%, lasciando 1.033 Gt. Se le emissioni continuano così, rimangono 26 anni prima dell'esaurimento.

Stime più recenti, tuttavia, *calcolano un budget inferiore*. A partire da gennaio 2022, il raggiungimento dell'obiettivo di 1,5 °C dell'accordo di Parigi lascerebbe solo 300 Gt con il 50% di probabilità o 110 Gt con il 66% di probabilità. Questo budget verrebbe utilizzato entro 1,7 anni. Per i 2 °C, rimarrebbero solo 1.265 o 990 Gt con rispettivamente il 50% e il 66% di probabilità. Le emissioni del 2022 hanno utilizzato il 4,1% del budget dei 2 °C (66% di probabilità), lasciando 950 Gt, che saranno esaurite in 24 anni. Se si considerano i contributori al riscaldamento antropogenico diversi dalla CO₂, come metano, protossido di azoto e gas fluorurati, il bilancio di carbonio rimanente diventa ancora più avaro.

Il tempo per raggiungere gli obiettivi climatici internazionali sta pericolosamente diminuendo. Settori ad alte emissioni come l'energia, i trasporti e l'industria dovrebbero aumentare gli sforzi di decarbonizzazione aprendosi all'energia rinnovabile. I Paesi dovrebbero agire immediatamente per raggiungere i loro impegni *net-zero*, richiedendo cooperazione internazionale e sforzi coordinati per sostenere la transizione e restituire speranza di successo agli sforzi climatici globali.

In Europa, nel 2022, le emissioni di CO₂ derivanti dalla combustione di petrolio e derivati, gas naturale, carbone e torba per usi energetico nel territorio dell'UE a 27 hanno raggiunto le 2,4 Gt, -2,8% rispetto all'anno precedente. Le emissioni di CO₂ dovute al consumo di energia rappresentano circa il 75% di tutte le emissioni di gas a effetto serra di origine antropica nell'EU. Il mix di combustibili, gli standard abitativi, la crescita economica, le dimensioni della popolazione, i trasporti e le attività industriali sono alcuni dei fattori che influenzano le emissioni derivanti dal consumo di energia (Fig. CC_6).

Fig. CC_6. Emissioni serra in MtCO_{2eq} per settori dell'economia (fonte: Eurostat)

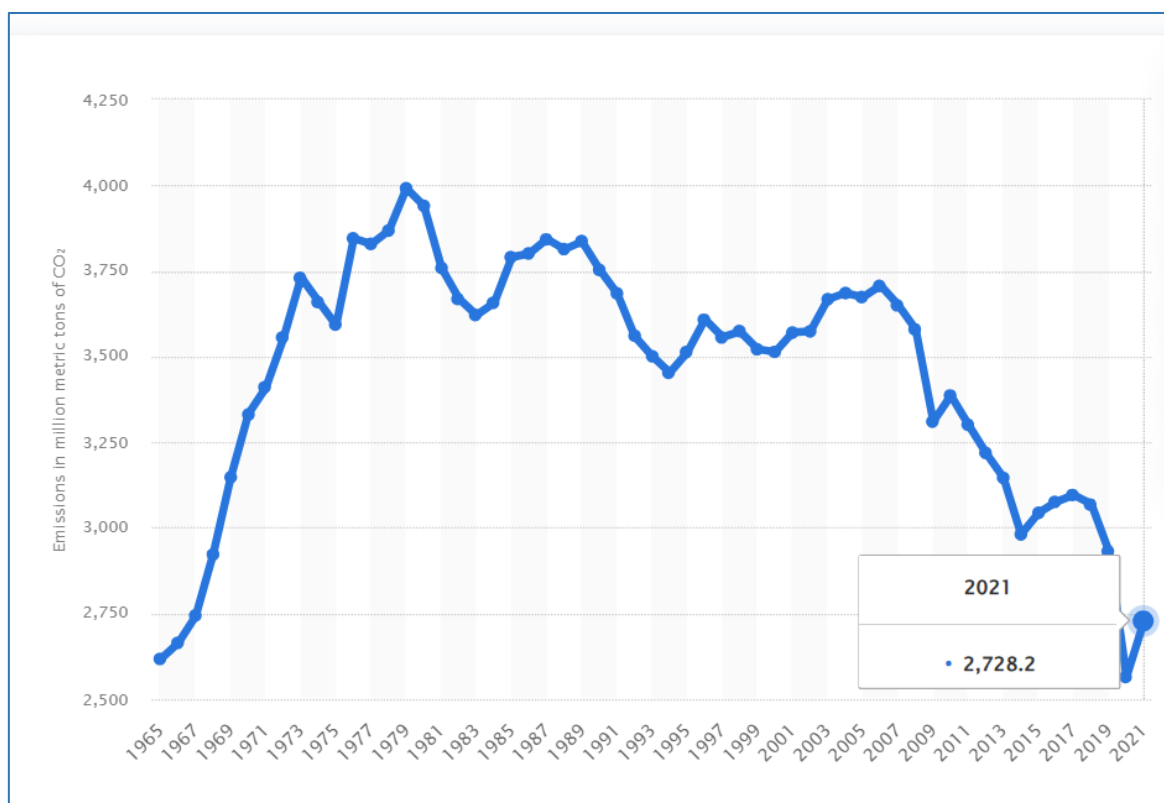


Nel 2022, le emissioni di CO₂ derivanti dall'uso energetico territoriale sono diminuite in 17 paesi. Il calo maggiore è stato registrato nei Paesi Bassi (-12,8%), seguiti da Lussemburgo (-12%), Belgio (-9,7%) e Ungheria (-8,6%). All'opposto, la Bulgaria ha registrato il maggiore aumento delle emissioni (+12%), seguita da Portogallo (+9,9%) e Malta (+4,1%). I dati mostrano che la Germania da sola rappresenta un quarto delle emissioni totali di CO₂ per uso energetico. Seguono nel 2022 l'Italia e la Polonia (ciascuna con il 12,4%) e la Francia (10,7%). I dati aggregati mostrano che le emissioni di CO₂ da combustibili fossili solidi (carbone e scisti bituminosi, esclusa la torba) sono leggermente aumentate a livello EU (+3%), mentre le emissioni da petrolio e prodotti petroliferi sono rimaste approssimativamente invariate, come nel 2021 (+1%). Le emissioni di CO₂ da gas naturale sono invece diminuite significativamente (-13%), riflettendo, tra l'altro, gli sforzi

profusi dai Paesi dell'UE per raggiungere l'obiettivo volontario di riduzione della domanda di gas introdotto nell'agosto 2022.

In particolare, l'Europa a 27 ha il quarto settore energetico al mondo per emissioni di CO₂. Ha emesso 712 Mt di CO₂ nel 2022, pari al 5,7% del totale del settore energetico mondiale. Con 230 Mt, la Germania è di gran lunga il peggior emettitore davanti a Polonia, Italia e Spagna. La Polonia ha l'elettricità a più alta intensità di carbonio con 692 gCO₂/kWh, a causa del suo uso massiccio di carbone contro la media EU di 255 g CO₂/kWh.

Figura CC_7. Emissioni storiche non LULUCF di CO₂ in Europa a 27 (Fonte: Statista)



La prospettiva storica europea delle emissioni e degli assorbimenti di gas a effetto serra è regolata da *tre politiche fondamentali*: il sistema di scambio di quote di emissione dell'UE (ETS), la legislazione sulla condivisione degli sforzi (*effort sharing*) e la legislazione sulle emissioni e gli assorbimenti da LULUCF. Il sistema *cap-and-trade* dell'ETS copre le grandi centrali elettriche, i grandi impianti industriali, il cemento, i grandi impianti di teleriscaldamento e l'aviazione, che rappresentano circa il 40% delle emissioni totali. Le emissioni ETS sono diminuite del 37% tra il 2005 e il 2021, in gran parte a causa della decarbonizzazione del settore energetico. Il *dip* del 12% del 2020, dovuto alle misure per la pandemia di Covid-19 è stato seguito da un rimbalzo del 7% nel 2021.

Gli obiettivi nazionali di riduzione dei gas a effetto serra sono disciplinati dalla legislazione *sull'effort sharing*. Riguardano settori come i trasporti, l'edilizia, l'industria non ETS,

l'agricoltura e i rifiuti. Queste emissioni sono diminuite del 13% tra il 2005 e il 2021, molto meno delle riduzioni osservate nelle emissioni ETS. Le proiezioni al 2030 presentate dagli Stati membri ne indicano una riduzione del 29% contro una riduzione del 37% delle emissioni ETS rispetto al 2005.

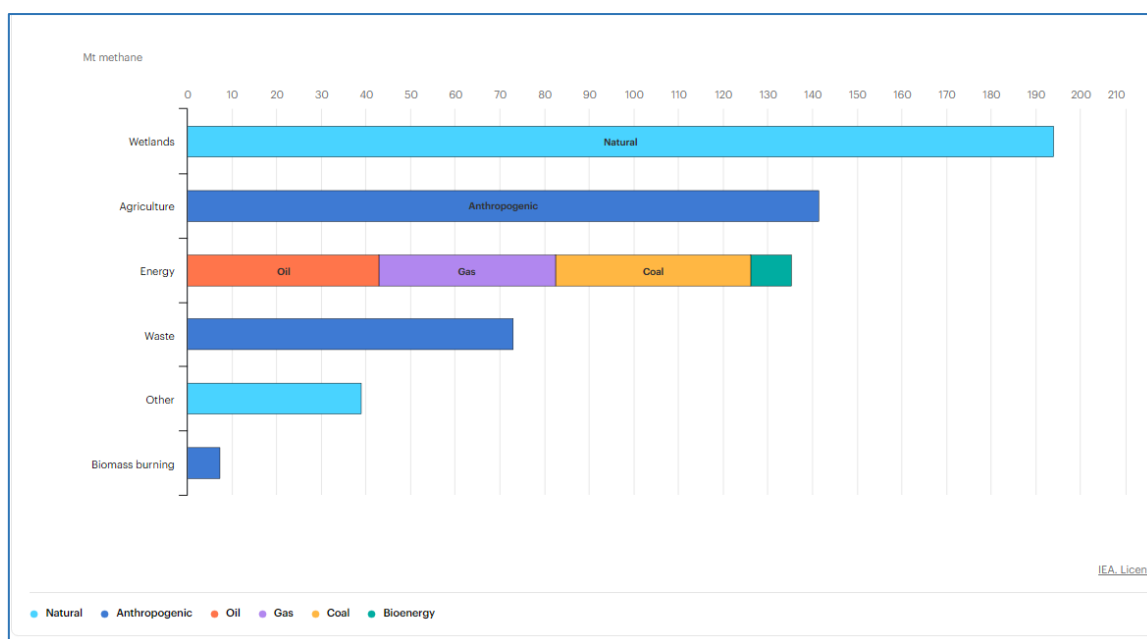
Il settore degli usi del suolo in Europa, LULUCF, ha consentito assorbimenti netti di carbonio di circa 230 Mt CO_{2eq} nel 2020, il 7% delle emissioni GHG totali. Stime preliminari per il 2021 sembrano indicare un peggioramento dell'8% rispetto al 2020, *trend* che fa seguito alla perdita di circa un terzo delle capacità di assorbimento nell'ultimo decennio. Non ci sono per ora misure capaci di invertire questa tendenza.

Il metano come gas serra

Il metano brucia dando CO₂ ed acqua. A parità di energia emette meno CO₂ degli altri combustibili fossili. Liberato in atmosfera è invece un gas serra ed un pericoloso inquinante intermedio per la qualità dell'aria. Le vicende dell'esplosione dei prezzi, il blocco delle *pipeline Nord Stream*, gli attentati e la guerra in Ucraina hanno portato l'attenzione del mondo sul metano, il secondo gas serra per importanza ma il primo combustibile fossile che sta facendo da protagonista in varia misura in tutte le transizioni nazionali. Il gas naturale estratto con il *fracking* ha reso gli Stati Uniti indipendenti dal punto di vista energetico ed addirittura capaci di vendere metano a tutto il mondo. Questo gas ha dunque cambiato il corso della storia dei rapporti politici internazionali, è un protagonista di tutte le economie del mondo e della stessa transizione energetica, ma è anche un pericoloso gas serra.

Il metano ha un *Global Warming Potential*, GWP, di 25 volte a 100 anni rispetto alla CO₂, ha una vita in atmosfera più breve, di circa 12 anni contro oltre 100, ed è responsabile di circa il 30% del *global warming* a partire dalla rivoluzione industriale. Il settore energetico, che comprende petrolio, gas naturale, carbone e bioenergia, rappresenta circa il 40% delle emissioni di metano antropogeniche. La concentrazione di metano nell'atmosfera è attualmente circa due volte e mezzo superiore ai livelli preindustriali. L'aumento è accelerato negli ultimi anni. Le emissioni globali annue di metano sono di circa 580 Mt. Queste includono le emissioni da fonti naturali (circa il 40% delle emissioni) e il restante 60% che ha origine dall'attività umana. La più grande fonte antropica è l'agricoltura, responsabile di circa un quarto delle emissioni, seguita dal settore energetico, che comprende le emissioni di metano da tutti i settori, carbone, petrolio, gas naturale e biocarburanti.

Figura CC_8. Emissione di metano in Mt nel 2022 per sorgente (fonte: IEA)

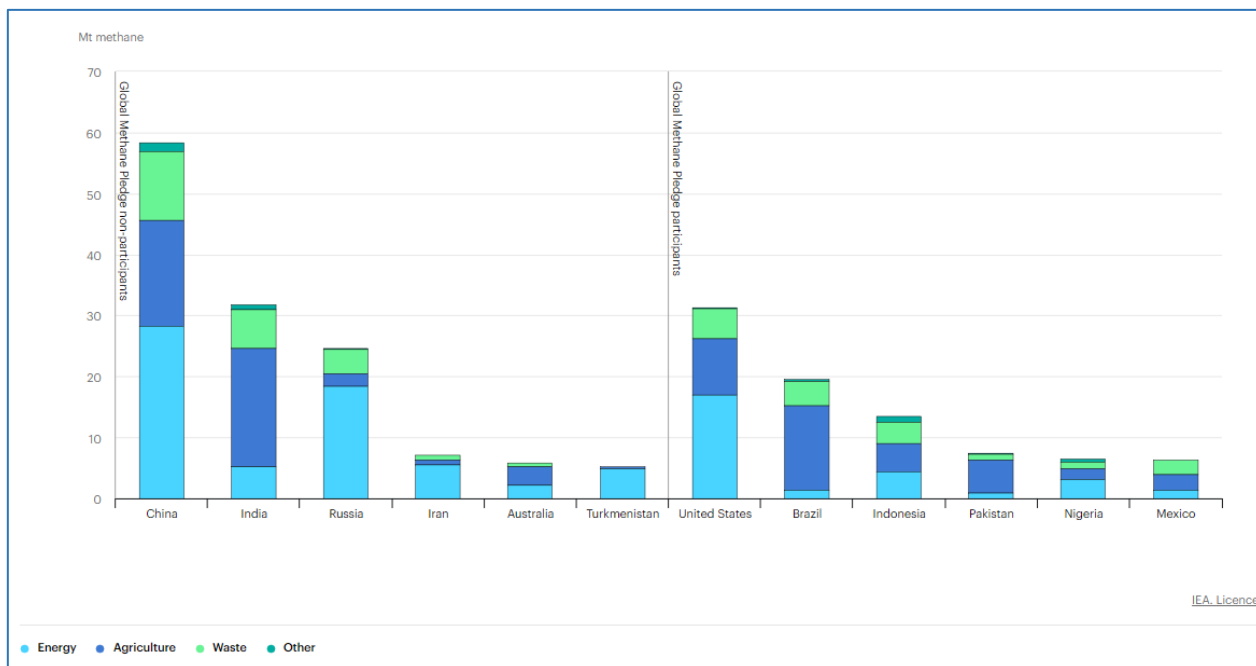


Secondo *stime IEA*, circa 9 Mt di emissioni di metano provengono dalla bioenergia, a causa della combustione incompleta durante l'uso tradizionale della biomassa per cucinare nei mercati emergenti e nelle economie in via di sviluppo. Questo processo, altamente inquinante, è una delle principali fonti di degrado della qualità dell'aria negli ambienti chiusi ed è responsabile di circa 2,5 milioni di morti premature ogni anno. Con i combustibili fossili, le emissioni di metano possono verificarsi in qualsiasi momento durante la produzione, la lavorazione, il trasporto, fino all'uso finale. Un *leakage* di 4 Mt di metano, il 3%, è correlato all'energia, cioè all'uso finale di prodotti petroliferi e gas naturale. Questa stima si basa sui fattori di emissione pubblicati dall'IPCC per il consumo di energia nelle abitazioni, nelle industrie e nel settore dei trasporti ma è probabilmente inferiore alla realtà. I dati delle emissioni delle miniere di carbone abbandonate e dei pozzi di petrolio e gas, pur significative, non sono disponibili per la maggior parte dei paesi. La *US EPA* le ritiene responsabili di quasi il 5% del metano legato all'energia negli Stati Uniti e un recente studio ha stimato che le miniere abbandonate potrebbero rappresentare quasi un quinto delle emissioni di metano derivanti dalla produzione mondiale di carbone.

La politica climatica ha da poco iniziato ad occuparsi del metano. Alla COP 26 di Glasgow, a fine 2021, si è costituito il *Global Methane Pledge* per promuovere l'azione per ridurre le emissioni di metano. Guidato dagli Stati Uniti e dall'Unione Europea, il *Pledge* conta ora 111 paesi partecipanti, tra cui il Giappone, la Corea e i principali produttori come l'Iraq e l'Arabia Saudita, che insieme sono responsabili del 45% delle emissioni globali di metano causate dall'uomo (Fig. CC_9). Aderendo al patto, i paesi si impegnano a lavorare insieme per ridurre collettivamente entro il 2030 le emissioni di metano di almeno il 30% rispetto

al 2020. È un obiettivo che, per confronto, pesa sul cambiamento climatico, in misura pari alla decarbonizzazione dell'intero settore globale dei trasporti.

Figura CC_9. I primi 12 emettitori di metano nei vari settori, dentro e fuori dal Pledge (fonte: IEA)



Eventi estremi, il caso delle ondate di calore

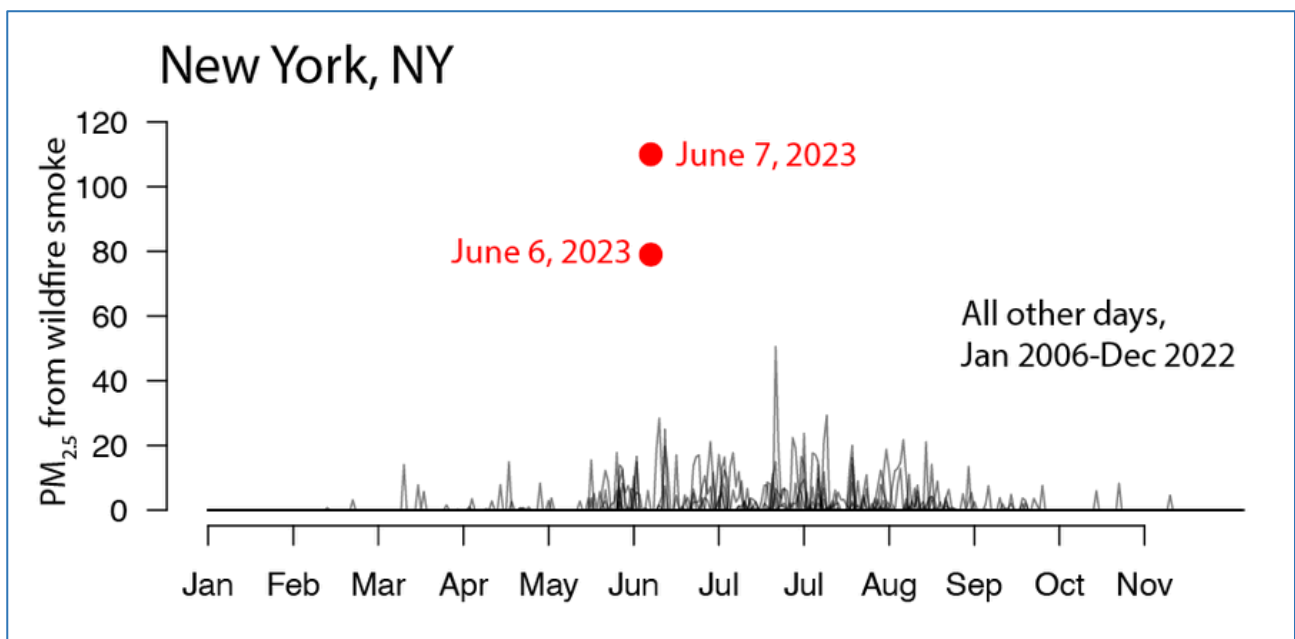
I pericoli del cambiamento climatico sono infiniti. Nei passati Rapporti abbiamo prospettato i temibili cambiamenti di stato planetari, irreversibili salti nel buio. Ma la realtà quotidiana, ad appena 1 grado di anomalia, ci mette di fronte a eventi estremi, alcuni localizzati con andamenti aleatori, inondazioni, siccità, tifoni etc. ma il timore cresce per le ondate di calore che sono pervasive, ingravescenti e colpiscono tutti, anche i paesi ricchi. Si stanno sviluppando dappertutto, ma terribile e controintuitivo è il caso del Canada, in piena primavera.

Gli *incendi in Canada*, che stanno attualmente avvolgendo di fumo le aree del Nord America sono, esacerbati drasticamente dal cambiamento climatico. Uno studio del 2021 della NOAA ha rilevato che il cambiamento climatico è stato il principale fattore dell'aumento del clima caldo e secco negli Stati Uniti occidentali. Entro il 2090, dichiarano nel 2022 le Nazioni Unite, si prevede che gli incendi globali aumenteranno di intensità fino al 57% grazie ai cambiamenti climatici. Il Canada è sulla buona strada per vivere la sua più grave stagione di incendi boschivi mai registrata. Fa parte di una tendenza che secondo gli esperti si intensificherà man mano che i cambiamenti climatici renderanno il clima più caldo e secco e le stagioni degli incendi più lunghe diffuse. Il paese ha già visto bruciare il 1.400% della normale quantità di territorio per questo periodo dell'anno. Più di 400 incendi si sono accesi in tutto il Canada in un solo giorno. Gli incendi stanno

bruciando in quasi ogni provincia e territorio del Canada. Entro la fine del secolo, secondo l'agenzia delle risorse naturali del Canada, il cambiamento climatico potrebbe raddoppiare ogni anno la superficie bruciata dagli incendi. Ciò potrebbe richiedere un pesante tributo alla sicurezza umana, agli ecosistemi e alla qualità dell'aria, minacciando al contempo l'approvvigionamento di legname.

Gli incendi hanno costretto decine di migliaia di persone ad abbandonare le loro case da maggio e hanno creato fumo che ha degradato la qualità dell'aria a centinaia di chilometri di distanza negli Stati Uniti, fino a New York, un fenomeno mai visto. All'inizio di giugno, il livello di particolato nell'aria dovuto al fumo è diventato così malsano che molte città degli Stati Uniti hanno stabilito dei record (Fig. CC_10).

*Figura CC_10. La qualità dell'aria a New York in giugno per effetto degli incendi in Canada
(fonte: The Guardian)*



Alcune città canadesi hanno vissuto condizioni molto peggiori. A volte, era pericoloso respirare ovunque, dal Minnesota e dall'Indiana alle sezioni della regione del *Mid-Atlantic* e del sud, secondo il governo degli Stati Uniti. La visibilità è diminuita a livelli sorprendenti in molte città, tra cui New York, Toronto, Cincinnati e altrove. In alcuni punti, il fumo degli incendi ha ricoperto il cielo di una foschia arancione.

Entro domenica 4 giugno, circa 3,3 milioni di ettari erano già bruciati - circa 13 volte la media di 10 anni - e più di 120.000 persone erano state almeno temporaneamente costrette a lasciare le loro case. La nuvola di fumo che ha inondato la costa orientale nei giorni seguenti ha chiarito nei fatti come la minaccia del cambiamento climatico per la salute umana possa trascendere i confini nazionali” (*Washington Post*). Il servizio meteorologico nazionale degli Stati Uniti ha emesso avvisi sulla qualità dell'aria praticamente per l'intera

costa atlantica (Reuters). *Heatmap News* afferma che l'evento è già uno dei peggiori eventi di inquinamento da incendi boschivi nella storia degli Stati Uniti con emissioni di carbonio stimate a un record di 160 milioni di tonnellate.

Figura CC_11. Colonne di fumo dagli incendi delle colline canadesi (fonte: Reuters)



Le temperature globali hanno superato tutti i record lunedì 3 luglio 2023, quando la temperatura media mondiale ha raggiunto i 17 °C, appena sopra il precedente record di 16,9 °C dell'agosto 2016, secondo i dati del [*National Center for Environmental Prediction*](#). Martedì, la temperatura media ha toccato i 17,2 °C. Ormai i più valutano vicino il superamento degli 1,5 °C. Ciò avviene quando un'ondata di calore di tre settimane in Messico ha ucciso almeno 100 persone per le temperature salite vicino ai 50 °C. Circa il 64% dei decessi è avvenuto nello stato settentrionale di *Nuevo Leon*, al confine con il Texas; la maggior parte degli altri si trovava nelle vicinanze di *Veracruz*, sulla costa del Golfo. A livello globale giugno è stato di 0,5 al di sopra della temperatura media dello stesso mese nel periodo 1991-2020, secondo il [*Copernicus Climate Change Service*](#)

dell'Unione europea. Anche la Cina sta vivendo da diverse settimane una grave ondata di calore, che spinge i governi locali a chiedere ai residenti e alle imprese di ridurre il consumo di elettricità. Gli esperti meteorologici hanno previsto che le temperature estreme potrebbero eclissare il periodo torrido dello scorso anno, che è durato per più di due mesi. Le città settentrionali della Cina si preparano a un caldo più torrido. I meteorologi hanno emesso una serie di avvisi nelle parti settentrionali del paese poiché si prevedeva che le temperature avrebbero superato i 40 °C in alcune aree. Lo stato del Texas è alla sua terza settimana di una brutale ondata di calore che ha spinto l'indice di calore, una misura che considera sia la temperatura che l'umidità, a 48°C percepiti e oltre in alcune aree. I meteorologi federali affermano che non c'è una tregua in vista. L'ondata di calore del 2023 arriva un anno dopo che le temperature estreme hanno ucciso migliaia di persone nel Regno Unito e in altre parti d'Europa, e due anni dopo che una cappa di calore si è abbattuta sugli Stati Uniti occidentali, uccidendo dozzine di persone, tra cui 69 nell'Oregon. Proprio la scorsa settimana, quella contea ha intentato una causa contro le compagnie di combustibili fossili e i loro facilitatori sulla base del fatto che dovrebbero essere ritenute responsabili del disastro del 2021.

Almeno *96 persone sono morte* per le condizioni ambientali durante un'ondata di calore rovente in due degli stati più popolosi dell'India negli ultimi giorni. I decessi sono avvenuti nello stato settentrionale dell'Uttar Pradesh e nel Bihar orientale, dove negli ultimi giorni sono state registrate temperature di 45 °C. Le ondate di caldo sono comuni a giugno, quando il caldo estivo raggiunge la massima intensità prima che arrivi il monsone. Molti indiani escono per guadagnarsi da vivere sotto il sole cocente, con solo un panno umido avvolto intorno alla testa.

Il negoziato internazionale sul clima

Le nubi all'orizzonte sono nere. Non si riesce a capire se, nonostante i gravissimi fenomeni estremi registrati in questi anni, stia prevalendo una forma esiziale di rassegnazione o se lo schieramento delle multinazionali dei fossili sia troppo forte rispetto alle buone intenzioni o alla ormai conclamata debolezza delle Nazioni Unite. Intanto il ripido cammino del negoziato sta facendo il suo corso. In giugno, a Bonn, si è tenuto, come ogni anno, l'incontro degli *staff* tecnici della Convenzione in preparazione della COP 28 di quest'inverno a Dubai, particolarmente delicato perché questo è l'anno dello *stocktake*, il primo anno di controllo e rendicontazione sugli adempimenti dell'Accordo di Parigi. La COP 28 si tiene nel paese più legato ai combustibili fossili e più ostile alla transizione energetica.

Bonn 2023, ombre sull'Agenda della COP 28 di Dubai

I delegati avevano il compito di gettare le basi in vista dell'*inventario globale* (GST) per valutare i progressi verso gli obiettivi climatici. A conti fatti i negoziatori non sono riusciti a concordare nemmeno l'ordine del giorno iniziale della COP 28 fino al giorno prima della chiusura della sessione di due settimane e tutto l'incontro è stato dominato dalle richieste di pagamento dei danni climatici da parte dei paesi vulnerabili. I negoziati di Bonn sono stati avvelenati dalle polemiche sul presidente designato, Al Jaber, che è l'amministratore delegato della compagnia petrolifera nazionale araba ed era presente a Bonn. Con una *lettera aperta* ne erano state chieste le dimissioni a maggio. Non sappiamo quanto a denti stretti Al Jaber ha ammesso che una riduzione graduale dei combustibili fossili è *inevitabile*, ma in quanto tempo non lo ha detto, mentre ha dichiarato che esiste la possibilità per la COP 28 di discutere un obiettivo di triplicare l'energia rinnovabile entro il 2030.

Il testo finale della COP 27 di Sharm chiedeva di includere un invito a ridurre gradualmente i combustibili fossili, come era stato proposto da India, UE, Stati Uniti e altri. La COP 28 non può concludersi senza impegnarsi per un'eliminazione graduale completa ed equa dei combustibili fossili e fissare obiettivi ambiziosi per le energie rinnovabili. Il *Report AR 6 IPCC* evidenzia la necessità di tagli rapidi nell'uso di combustibili fossili al fine di limitare il riscaldamento a 1,5 °C ma, alla sessione plenaria di chiusura di Bonn, gran parte dei negoziatori ha condiviso la preoccupazione che il dettato dell'IPCC non si riflette nell'esito dei colloqui. L'accordo sul *phase-out* dei fossili, ovviamente, non s'è trovato.

Una delle principali aree di contesa a Bonn è stata l'inclusione all'ordine del giorno del *programma di lavoro sulla mitigazione*, MWP, lanciato a Glasgow, che mira ad aumentare urgentemente l'ambizione di tutti i paesi in questo decennio critico a partire dal fatto che gli sforzi collettivi dei paesi sono ben al di sotto di quanto sarebbe necessario per raggiungere gli obiettivi di Parigi. La Svezia, presidente di turno dell'EU ha chiesto formalmente che il MWP fosse aggiunto all'ordine del giorno a Bonn incentrandolo su una transizione energetica giusta e aprendo il negoziato alle energie rinnovabili, l'efficienza energetica e le reti elettriche, ma non all'eliminazione graduale dei combustibili fossili. La Cina e il G77 puntavano invece sui piani nazionali di adattamento (NAP). Il costo economico delle azioni per mitigare il cambiamento climatico è un onere pesante per molti paesi in via di sviluppo. Pagare per la mitigazione, l'adattamento e le perdite e i danni - così come scuole, ospedali e altri elementi chiave dello sviluppo, semplicemente non è una possibilità per molti paesi. Per giorni la contrapposizione ha dominato il negoziato. Il Sud del mondo ha battuto il tasto dell'incapacità dei paesi sviluppati di soddisfare l'obiettivo di Copenhagen dei 100 miliardi di dollari all'anno entro il 2020 per il GCF. In effetti,

togliendo i prestiti e i finanziamenti non specifici per il clima, il GCF nel 2020 era in realtà a meno di un quarto dell'obiettivo. Alla fine, salomonicamente, il MWP e il punto proposto sul sostegno finanziario sono stati eliminati dall'ordine del giorno. Se ne parlerà, hanno detto, in vista della COP 28 e così l'eliminazione graduale dei combustibili fossili è sempre più lontana.

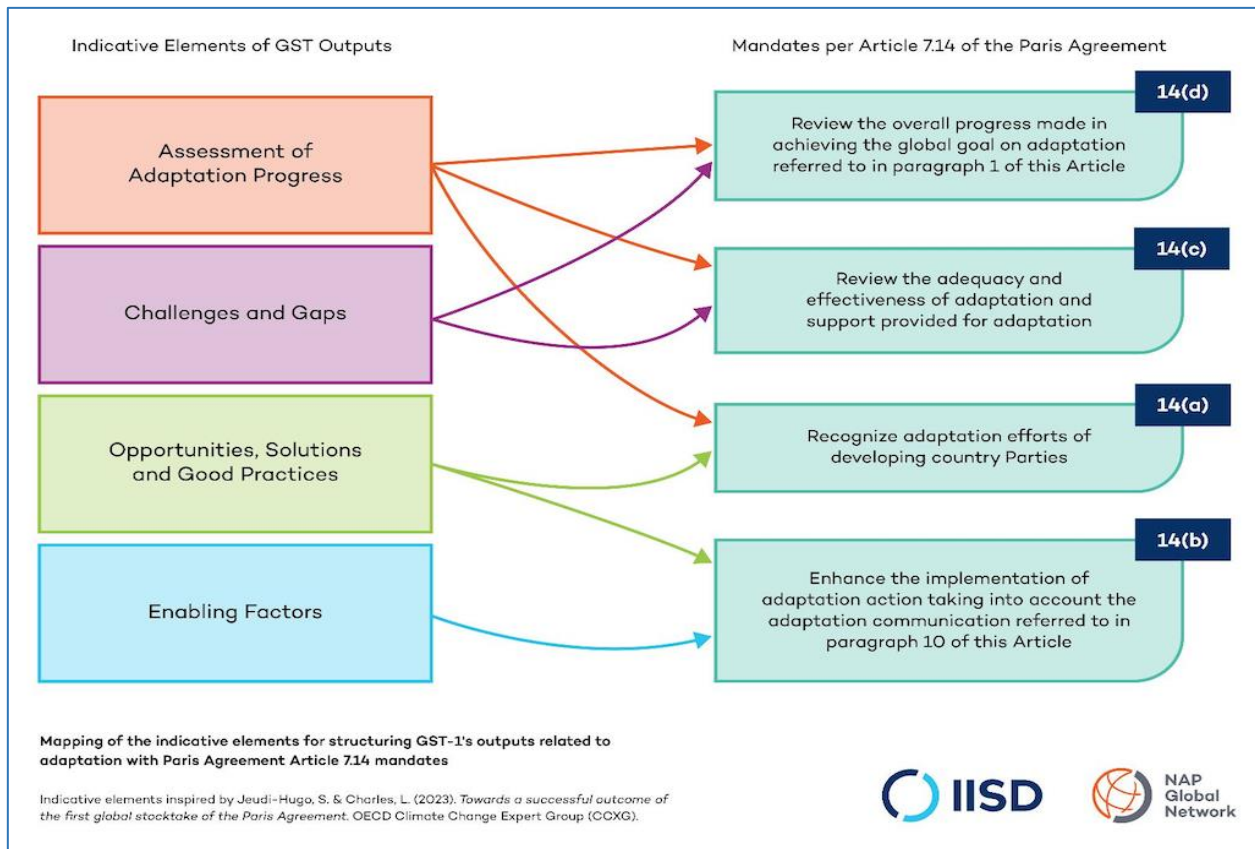
Il fallimento del GCF ha alimentato la discussione sulla riforma della Banca mondiale e il presidente francese Emmanuel Macron convocato a Parigi a fine giugno un vertice su un nuovo patto di finanziamento globale tra il nord e il sud del mondo. Lo scetticismo è generale: si dice che gli Stati Uniti, l'EU e i loro alleati vogliono che i paesi in via di sviluppo si affidino agli investimenti e ai prestiti del settore privato e che vogliono allargare l'elenco dei donatori in modo che anche le nazioni in via di sviluppo relativamente ricche, come la Cina e gli stati del Golfo, debbano contribuire. Dal Nord si obietta che si tratta di un modo dei paesi del mondo fossile, Cina compresa, di sfuggire al tema dell'eliminazione graduale.

Al di là dell'inesausta bega tra le due sponde c'è il fatto che Alla COP 28 avrà luogo il *primo inventario globale* (GST), che fornirà uno sguardo su dove si trova il mondo, dove deve andare e come arrivarci, se si vuole affrontare il cambiamento climatico. Questo è un elemento centrale dell'accordo di Parigi. Si sa bene che le nazioni non sono sulla buona strada per raggiungere gli obiettivi degli NDC e che questi stessi obiettivi non sono sufficienti per limitare il riscaldamento a 1,5 °C. Nel corso dei negoziati, in linea con altre discussioni su elementi quali adattamento, mitigazione e perdite e danni, i flussi finanziari, i mezzi di attuazione e la responsabilità storica dei paesi sviluppati sono diventati il fulcro di molti disaccordi. Un apologo dell'Australia, a fronte della richiesta del G77 e della Cina di avere una quota equa del *Carbon budget*, cui gli Stati Uniti si sono opposti con durezza, affronta la questione delle responsabilità storiche dicendo che, dopo Parigi, i paesi sviluppati hanno intrapreso obiettivi assoluti di riduzione delle emissioni in tutta l'economia. Abbiamo sviluppato le nostre economie, hanno detto, in un periodo in cui non c'erano alternative ai combustibili fossili e quando c'era poca comprensione scientifica o consenso multilaterale sul danno rappresentato dalle emissioni di gas serra e sulla necessità di affrontare il cambiamento climatico come una questione internazionale. Alla fine, questo disaccordo non ha fatto deragliare il negoziato, lasciando alla COP 28 il ruolo di essere la "COP GST", come molti l'hanno soprannominata, ma una formulazione concordata non è stato possibile trovarla.

Per quanto riguarda l'*adattamento* sono stati quattro i punti sul tavolo, vale a dire l'obiettivo globale sull'adattamento (GGA), il Comitato per l'adattamento, il Programma di lavoro di Nairobi e i piani nazionali di adattamento (NAP). Investire sull'adattamento è poco attrattivo per il settore privato, molto meno che per la mitigazione, le rinnovabili o

l'idrogeno. La maggior parte del mondo si sta già adattando, per pure ragioni di sopravvivenza.

Figura CC_12. La struttura che deve avere il GST a norma dell'accordo di Parigi (fonte: IISD)



Stabilito a Glasgow, l'obiettivo globale sull'adattamento è un programma biennale progettato per sviluppare un quadro chiaro per il GGA prima della COP 28, dove dovrebbe essere adottato. Stabilire obiettivi globali per la riduzione della vulnerabilità e la riduzione della mortalità da eventi estremi e disastri legati al clima è assolutamente necessario, ma qualsiasi obiettivo su tali risultati dovrà essere di natura quantitativa, come ad esempio ridurre la mortalità a zero. Non possiamo avere un obiettivo a metà strada perché non sarebbe etico. La realtà è che solo quaranta paesi hanno già completato i propri NAP, e si riporta che altri 100 ci stiano lavorando.

Il Presidente saudita della COP 28 si dice abbia ascoltato a lungo i delegati, senza però lasciar trapelare alcuna delle modalità con le quali intenderebbe condursi a Dubai. Il *team* della COP 28 non ha fatto altro che respingere le critiche che gli sono piovute addosso da tutte le parti ma ha trovato il modo di sottolineare l'importanza di coinvolgere le imprese dei combustibili fossili nella transizione energetica. Senza spiegarne il motivo.

Le Nazioni Unite

Se l'aria che tira è quella di Bonn e di Dubai, quanto valgono le dichiarazioni accorate del Segretario Generale Guterres a valle dell'incontro di Bonn? Il clima è nelle mani delle Nazioni Unite e delle giovani generazioni. Anche la guerra lo è. Forse siamo vicini alla fine di un'illusione. Guterres, in giugno, in un incontro con i leader climatici della società civile di tutto il mondo ha detto che i paesi devono eliminare gradualmente il carbone e altri combustibili fossili. Limitare l'aumento della temperatura globale a 1,5 °C è ancora possibile, ma richiede una riduzione del 45% delle emissioni di carbonio entro il 2030, ha detto, puntando il dito contro l'industria dei combustibili fossili che nel 2022 ha battuto il record di 4.000 miliardi di \$ di entrate inaspettate. I paesi devono decidersi a lasciare petrolio, carbone e gas nel terreno e aumentare massicciamente gli investimenti nelle energie rinnovabili. Ha chiesto un'agenda per l'accelerazione e ha invitato i governi a eliminare gradualmente il carbone entro il 2040, a porre fine ai finanziamenti internazionali pubblici e privati per il carbone e a spostare i sussidi dai combustibili fossili alle energie rinnovabili. Tuttavia, per ogni dollaro speso in trivellazione ed esplorazione di petrolio e gas, solo quattro centesimi sono andati all'energia *green* e alla cattura del carbonio messi insieme. Guterres ha sottolineato che l'industria dei combustibili fossili dovrebbe utilizzare le sue enormi risorse per guidare e non per ostacolare la transizione verso l'energia rinnovabile. La realtà è che l'industria attualmente non sta nemmeno raggiungendo i modesti obiettivi di riduzione delle emissioni che ha essa stessa dichiarato. Le compagnie dei combustibili fossili devono anche desistere dallo spaccio di influenza e dalle minacce legali progettate per fermare la decarbonizzazione come ha tentato di fare con i i recenti tentativi di sovvertire le alleanze *net zero*, invocando la legislazione *antitrust*. I governi sono fondamentali per mettere le cose in chiaro, così come le istituzioni finanziarie. I loro piani dovrebbero includere una strategia esplicita per eliminare progressivamente le risorse di combustibili fossili dai loro portafogli per garantire l'allineamento con l'obiettivo *net zero* e tutte le attività di *lobbying* dovrebbero essere denunciate. Le istituzioni finanziarie di tutto il mondo devono porre fine ovunque a prestiti, sottoscrizioni e investimenti nel carbone, comprese infrastrutture, centrali elettriche e miniere, e porre fine ai finanziamenti e agli investimenti nell'espansione e nell'esplorazione e di nuovi giacimenti di petrolio e gas, investendo invece nella giusta transizione. Non è questo il linguaggio dei negoziati. Per Guterres forse si tratta solo di disperazione.

Climate washing and litigation

Si apre un altro fronte, quello della *climate litigation*. C'è stato un successo per i giovani in Olanda, che sono riusciti a citare in giudizio la Shell. Sedici giovani del Montana, dai 5 ai 23 anni, si sono appellati all'articolo II della Costituzione dello Stato che recita: "Lo Stato

e ogni persona devono mantenere e migliorare un ambiente pulito e sano in Montana per le generazioni presenti e future”. Hanno denunciato lo Stato che in 20 anni, il Montana ha adottato misure solo a favore dell'industria dei combustibili fossili.

Nell'ultimo anno sono stati intentate a livello globale *26 cause di climate washing* contro le aziende, in leggero calo rispetto ai 27 del 2021, ma in netto aumento rispetto ai due anni precedenti. Gli avvocati, che lavorano per conto di attivisti e altri soggetti preoccupati dagli scarsi progressi nella riduzione delle emissioni di gas serra, hanno intentato 2.341 cause legali in tutto il mondo, metà delle quali dal 2015. La maggior parte delle cause è stata intentata negli Stati Uniti. I gruppi ambientalisti hanno chiesto la immediata chiusura dello sfruttamento in corso di tre giacimenti petroliferi *offshore* norvegesi, chiedendo un'ingiunzione del tribunale contro il governo. *Greenpeace* e *Nature and Youth* hanno affermato di aver chiesto al tribunale distrettuale di Oslo di sospendere i campi *Breidablikk* di *Equinor* e *Yggdrasil* e *Tyrving* di *Aker BP*, sostenendo che il governo non era riuscito a valutare il loro impatto sul clima. Una contea dell'Oregon ha citato in giudizio le principali compagnie petrolifere e del carbone e gruppi industriali, chiedendo oltre 50 miliardi di dollari per contrastare i danni causati da condizioni meteorologiche estreme alimentate dal cambiamento climatico. *ClientEarth*, un ente di beneficenza di diritto ambientale chiamando in causa la *Shell* di cui è *shareholder*, ha dichiarato che stava impugnando la decisione del tribunale di Londra di archiviare la sua causa contro il consiglio di amministrazione del colosso energetico per presunta cattiva gestione del rischio climatico. Il gruppo ha affermato che chiederà all'Alta Corte di riconsiderare la decisione in un'udienza sul caso, la prima importante causa di investitori contro i dirigenti aziendali per la presunta incapacità di prepararsi adeguatamente per il *phase out* dai combustibili fossili. Le città di Parigi e New York lo scorso anno si sono unite a una coalizione di associazioni e autorità locali che hanno citato in giudizio la multinazionale francese *Total Energies* per non aver combattuto adeguatamente il cambiamento climatico, contenzioso di cui la major petrolifera si è pentita. Sebbene la gamma di casi sia ampia, un documento del *Grantham Research Institute* della *London School of Economics* di *Lord Stern* ha rilevato un nesso causale tra contenzioso e prezzi delle azioni, con un deposito o una sentenza del tribunale sfavorevole che riduce il valore di un'impresa in media dello 0,41%, rispetto ai valori attesi. Ma non sono solo le grandi compagnie petrolifere ad affrontare cause legali sul clima. Anche le autorità di regolamentazione e i governi devono affrontare le pressioni dei tribunali. All'inizio di quest'anno, i cittadini colpiti dai cambiamenti climatici hanno citato in giudizio i governi di oltre 30 paesi europei in tre casi distinti dinanzi alla Corte europea dei diritti dell'uomo, sostenendo che l'inerzia dello stato ha violato i loro diritti umani. A febbraio, un ente di beneficenza ambientale ha affermato che l'organismo di vigilanza del mercato britannico ha agito illegalmente approvando documenti che consentivano a una






società petrolifera e del gas di quotarsi a Londra, anche se non aveva descritto correttamente i rischi legati al clima. David Greene, membro del comitato della *London Solicitors Litigation Association* (LSLA), rappresenta una donna del Surrey, in Gran Bretagna, che ha presentato ricorso alla Corte Suprema contro un permesso di trivellazione petrolifera locale nella sua zona per motivi di cambiamento climatico. Questa denuncia è incentrata sulla natura delle valutazioni di impatto ambientale e sui requisiti delle autorità di pianificazione per riconoscere le conseguenze della concessione di autorizzazioni per combustibili fossili e altri progetti, non solo per il progetto in quanto tale, ma anche, a lungo termine, per l'uso del suolo ai fini del progetto e per il contributo alle emissioni che aggravano il riscaldamento globale. Le aziende del fossile e le industrie estrattive stanno affrontando una raffica di contenziosi che aumenterà coinvolgendo gli stessi amministratori in relazione alle decisioni che prendono per conto delle società.

La transizione energetica

Introduzione

Una strada condivisa per valutare lo stato dell'energia a livello mondiale è lo schema degli obiettivi dello *SDG 7 dell'Agenda 2030*. In Fig. TE_1 è riportato l'*assessment* per punti dell'energia globale e la evoluzione degli indicatori nel decennio. Il quadro non è confortante nella prospettiva di una transizione energetica che deve accelerare per raggiungere gli obiettivi di decarbonizzazione al 2030 e 2050.

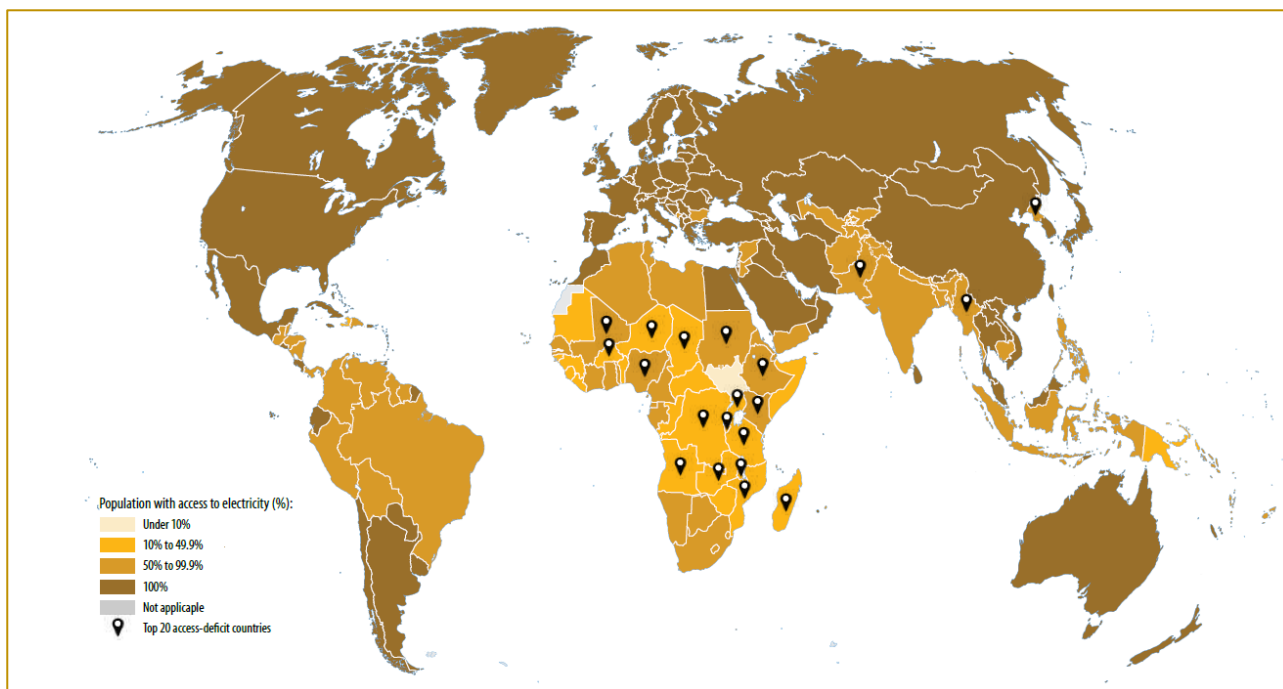
Figura TE_1. Lo stato globale dell'energia visto attraverso gli obiettivi dell'Agenda 2030 (fonte: IRENA)

	INDICATOR	2010	LATEST YEAR
	7.1.1 Proportion of population with access to electricity	1.1 billion people without access to electricity	675 million people without access to electricity (2021)
	7.1.2 Proportion of population with primary reliance on clean fuels and technology for cooking	2.9 billion people without access to clean cooking	2.3 billion people without access to clean cooking (2021)
	7.2.1 Renewable energy share in total final energy consumption	16% share of total final energy consumption from renewables	19.1% share of total final energy consumption from renewables (2020)
	7.3.1 Energy intensity measured as a ratio of primary energy and GDP	5.53 MJ/USD primary energy intensity	4.63 MJ/USD primary energy intensity (2020)
	7.a.1 International financial flows to developing countries in support of clean energy research and development and renewable energy production, including in hybrid systems	11.9 USD billion international financial flows to developing countries in support of clean energy	10.8 USD billion international financial flows to developing countries in support of clean energy (2021)

Nel 2010 l'84% della popolazione mondiale aveva accesso all'elettricità. Questo dato è aumentato al 91% nel 2021, il che significa che più di un miliardo di persone ha ottenuto l'accesso all'energia in dieci anni. Tuttavia, il ritmo di crescita dell'accesso è rallentato nel 2019-2021 rispetto agli anni precedenti perché, se gli sforzi di elettrificazione rurale hanno contribuito a questo progresso, rimane un ampio *deficit* all'interno delle aree urbane. Nel

2021, 567 milioni di persone nell'Africa subsahariana non hanno ancora energia elettrica. Si tratta di oltre l'80% della popolazione mondiale senza questo beneficio. La mancanza di accesso in questa regione è rimasta pressoché invariato rispetto al 2010.

*Figura TE_2. Quota della popolazione mondiale con accesso all'elettricità nel 2021
(fonte: IRENA)*



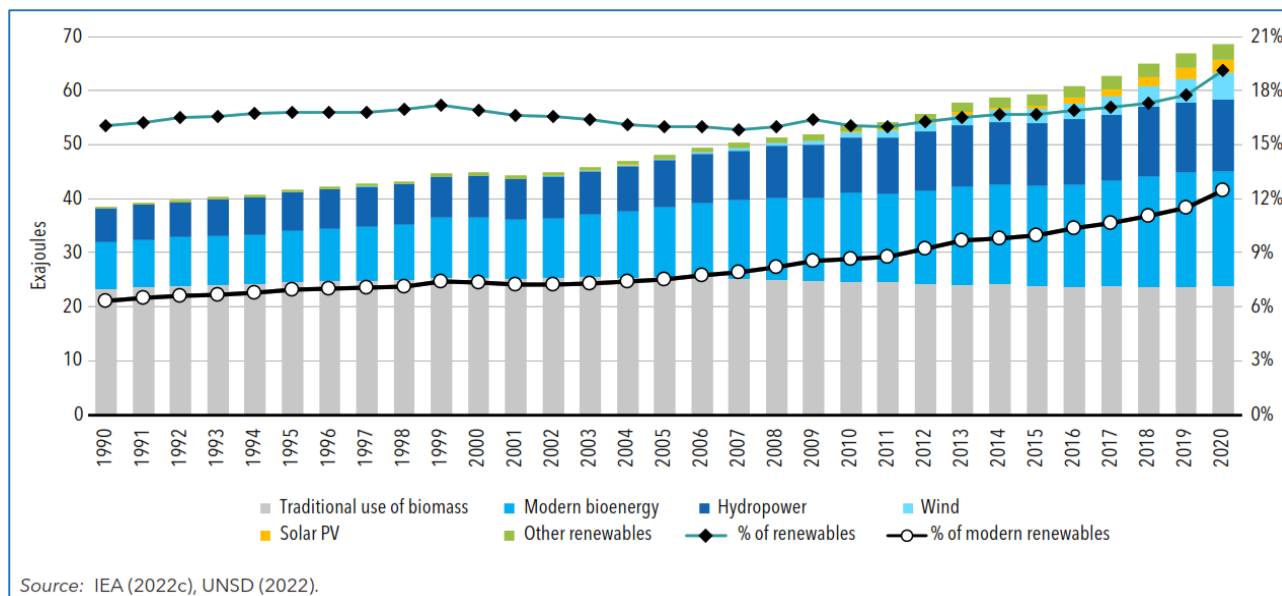
Il mondo è ancora lontano dal raggiungere la disponibilità universale a una energia pulita per cucinare entro il 2030. Fino a 2,3 miliardi di persone usano ancora combustibili e tecnologie inquinanti in casa, soprattutto nell'Africa sub-sahariana e in Asia. L'uso della biomassa tradizionale può significare che le famiglie trascorrono fino a 40 ore alla settimana raccogliendo legna da ardere e cucinando, cosa che impedisce di fatto alle donne di cercare un impiego o di partecipare agli organi decisionali locali e ai bambini di andare a scuola. Secondo le stime del WHO del 2019, 3,2 milioni di morti premature ogni anno sono attribuibili all'inquinamento atmosferico domestico creato dall'utilizzo di combustibili e tecnologie *indoor* inquinanti.

L'energia rinnovabile

Nel 2020, in pandemia, il consumo globale di energia diminuiva del 4,7% ma il consumo di energia rinnovabile, compresa la tradizionale biomassa, ha continuato a crescere del 2,6% su base annua a livello globale, portandosi al 19,1% (Fig. TE_3) di un totale che è in lenta tendenza al rialzo, 3% negli ultimi dieci anni, soprattutto per l'accelerata diffusione dell'elettrico. L'uso di elettricità rinnovabile nel consumo globale è cresciuto dal 26,3% nel 2019 al 28,2% nel 2020, il più grande aumento in un solo anno dall'inizio del monitoraggio. L'elettricità rappresenta un terzo del consumo globale di energia rinnovabile, compresi gli

usi tradizionali di biomassa e la metà degli usi moderni. Rappresenta inoltre circa il 90% dell'aumento anno su anno della quota di rinnovabili nel mix energetico, trainata dalla continua espansione della capacità eolica e solare fotovoltaica.

Figura TE_3. Consumo di energia rinnovabile e quota del consumo totale per tecnologia (fonte: IEA)



La metà del consumo energetico finale globale, 175 EJ, viene usata per produrre *calore*, con i combustibili fossili che soddisfano oltre i tre quarti della domanda. Le fonti rinnovabili sono solo il 24% dell'energia utilizzata per il riscaldamento e più della metà è rappresentata dalla biomassa, 1% congiunturale in più nel 2020.

Il settore dei *trasporti* è il settore degli usi finali con la più bassa penetrazione di energia rinnovabile, con solo il 4% del consumo finale di energia nel 2020 e solo il 9% del consumo mondiale di forme moderne di energia rinnovabile. I biocarburanti liquidi rappresentano il 90% dell'energia rinnovabile consumata per i trasporti. Il resto è elettricità rinnovabile per veicoli e treni, che è aumentata di 0,02 EJ su base annua nel 2020. Una frazione di questa crescita è attribuibile al crescente numero di veicoli elettrici su strada, da 7,1 milioni nel 2019 a 11,3 milioni nel 2020.

Il settore *agroalimentare* consuma il 30% percento dell'energia mondiale, ma la maggior parte di quell'energia è combustibile fossile.

Esistono forti disparità regionali nella quota di rinnovabili nel mix energetico. Nel 2020, quasi la metà dell'aumento globale del consumo di energia rinnovabile moderna è venuto dall'Asia orientale con lo sviluppo di energia eolica, idroelettrica e fotovoltaica. L'Europa ha rappresentato più di un quarto di quella crescita, grazie alle condizioni favorevoli per l'energia idroelettrica e all'espansione dell'eolico e del fotovoltaico. La quota di energie rinnovabili è cresciuta più rapidamente in America Latina e in Europa (2,8 e 1,5% nel

2020). L'uso moderno della bioenergia è diminuito dell'8% in Nord America, in parte a causa della riduzione dei consumi dell'industria della cellulosa e della carta e nel settore del riscaldamento residenziale a causa di un inverno mite nel 2019-2020. L'uso tradizionale della biomassa ha continuato a diminuire in Asia orientale e sud-orientale, compensato dall'aumento dei consumi nell'Africa sub-sahariana, in parte per effetto della crescita demografica.

Gli sforzi per aumentare la quota delle energie rinnovabili nel riscaldamento e nei trasporti, che rappresentano oltre i tre quarti del consumo energetico globale, rimangono fuori scala per sperare di raggiungere gli obiettivi climatici di Parigi di 1,5 °C. I flussi finanziari pubblici internazionali a sostegno dell'energia rinnovabile nei paesi in via di sviluppo ammontano a 10,8 miliardi di dollari nel 2021, il 35% in meno rispetto alla media 2010-2019 e solo circa il 40% del valore massimo del 2017, pari a 26,4 miliardi di dollari. Nel 2021, solo 19 paesi hanno ricevuto contributi per l'80% degli impegni presi dai paesi sviluppati.

La performance energetica globale

Il parametro di elezione è l'intensità energetica, la misura di quanta energia utilizza l'economia globale per ogni dollaro di PIL. È migliorata dal 2010 al 2020 dell'1,8% all'anno, meglio dell'1,2% all'anno nei decenni precedenti. Il tasso di miglioramento dell'intensità energetica è però rallentato negli ultimi anni ed è sceso allo 0,6% nel 2020, l'anno della pandemia, il peggiore per la dinamica dell'intensità energetica a partire dalla crisi finanziaria del 2008. I miglioramenti annuali fino al 2030 devono ora essere in media del 3,4% per raggiungere il terzo obiettivo dello SDG 7. Le Nazioni Unite raccomandavano un tasso di miglioramento annuo del 2,6% tra il 2010 e il 2030 per raggiungere l'obiettivo, ma il progresso globale è stato sempre più lento, tranne che nel 2015. Il dato più basso dal 2010 è lo 0,6% del 2020. Secondo lo Scenario *IEA Net Zero Emissions by 2050* lo scarso risultato fino ad oggi implica che l'intensità energetica globale deve ora migliorare di almeno il 3,4% fino al 2030 per raggiungere l'obiettivo SDG e del 4,2%.

Fondamentale per raggiungere qualsiasi obiettivo è migliorare l'intensità energetica nei primi 20 paesi consumatori di energia, che rappresentano circa i tre quarti del PIL mondiale e del consumo energetico. Nel periodo 2010-20, 14 su 20 hanno ottenuto miglioramenti più rapidi rispetto al decennio precedente, ma solo cinque (Cina, Regno Unito, Indonesia, Giappone e Germania) hanno superato il livello prescritto del 2,6%. Il miglioramento è raddoppiato in sei paesi nel 2010-20 rispetto al 1990-2010: Messico, Francia, Indonesia, Giappone, Turchia e Italia, a riprova che tutti i paesi possono raddoppiare la loro *performance* indipendentemente dal grado di sviluppo. Andando ad esaminare i settori, nel periodo 2010-20 l'intensità energetica è migliorata in tutti, ad

eccezione dell'edilizia residenziale. Prodotti chimici, minerali non metallici e metalli hanno abbassato la loro intensità energetica a un tasso medio annuo dell'1-2% mentre le produzioni meno energivore miglioravano del 2-4% all'anno nello stesso periodo. L'intensità è diminuita più rapidamente nel trasporto merci, al 2,2% annuo, un calo molto più marcato rispetto allo 0,4% osservato tra il 2000 e il 2010. Nel settore dei servizi, l'intensità energetica è migliorata dell'1,8% annuo tra il 2010 e il 2020. È migliorato in modo significativo anche per l'agricoltura, dallo 0,7% annuo nel 2000-10 all'1,6% tra il 2010 e il 2020. Passi indietro invece, dall'1,9% nel primo decennio all'1,1% del secondo, nel settore residenziale, che rappresenta quasi un terzo del consumo globale di energia.

La tecnologia e le risorse necessarie per raddoppiare l'efficienza energetica entro il 2030, il *target* dello SDG 7, sono tutte disponibili, compresa la digitalizzazione, che sta già rimodellando il panorama energetico. Pur se non sono disponibili i dati con la dovuta precisione, in particolare per l'acciaio, il cemento e l'*housing*, quello che è certo è che, al momento, il ritmo lento del miglioramento dell'efficienza energetica è una grande opportunità persa per la transizione energetica. Rendere l'efficienza energetica una priorità nelle politiche e negli investimenti nei prossimi anni non è dunque più oltre rimandabile.

Gli investimenti nelle rinnovabili

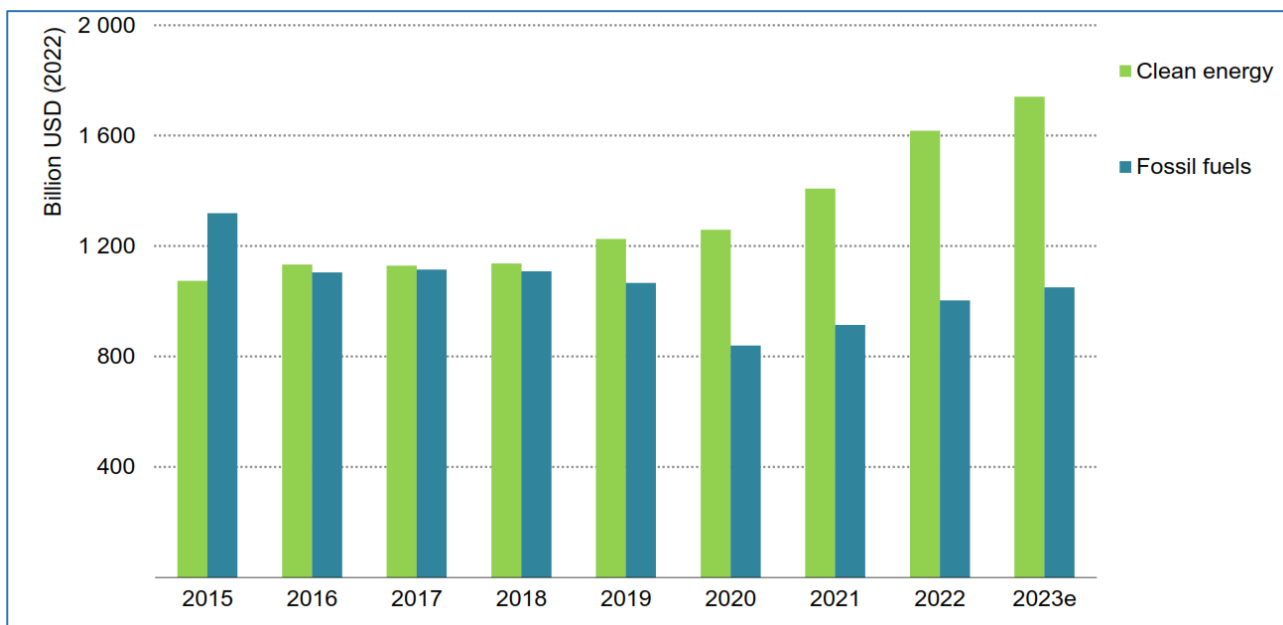
La IEA segnalava nel 2021, ancora in piena pandemia, che il mondo non stava investendo abbastanza per soddisfare il suo futuro fabbisogno energetico e che si doveva fare in fretta per evitare pericolose turbolenze sui mercati dell'energia. È esattamente quello che è successo, anche per cause che non erano prevedibili. Questo quadro sta iniziando a cambiare: gli investimenti energetici globali stanno aumentando e si avviano a superare l'aumento degli investimenti in combustibili fossili di quasi tre volte. L'elettrificazione *green* sta guidando la transizione. Se continua a crescere al ritmo iniziato nel 2021, la spesa aggregata nel 2030 per l'energia, le reti e lo stoccaggio a basse emissioni e l'elettrificazione degli usi finali supererebbe i livelli richiesti per soddisfare gli impegni climatici annunciati dal mondo, gli NDC. Per alcune tecnologie, in particolare quella solare, corrisponderebbe all'investimento necessario per raggiungere la stabilizzazione a 1,5 °C della anomalia termica superficiale media del pianeta.

Tuttavia, i progressi sono fortemente irregolari. L'espansione e la modernizzazione delle reti è in ritardo in molti paesi. L'aumento del solare e dell'eolico deve essere accompagnato da spese per tecnologie che garantiscono maggiore flessibilità nell'offerta di energia. I colli di bottiglia stanno nelle catene del valore e nelle competenze. Gli squilibri geografici negli investimenti devono essere affrontati, con investimenti in energia rinnovabile in molti paesi emergenti e in via di sviluppo dove le economie crescono solo lentamente e il numero di persone senza accesso a moderni servizi energetici rimane ostinatamente alto.

Secondo l'ultimo *Rapporto sugli investimenti energetici mondiali dell'IEA*, circa 2.800 miliardi di dollari dovrebbero essere investiti a livello globale nell'energia nel 2023, di cui oltre 1.700 destinati a tecnologie pulite, energie rinnovabili, veicoli elettrici, reti, stoccaggio, combustibili a basse emissioni, miglioramenti dell'efficienza e pompe di calore, ed anche all'energia nucleare. Il resto, oltre mille miliardi di dollari, andrà a carbone, gas e petrolio. Si prevede che gli investimenti annuali in energia pulita aumenteranno del 24% tra il 2021 e il 2023, trainati da fonti rinnovabili e veicoli elettrici, rispetto a un aumento del 15% degli investimenti in combustibili fossili nello stesso periodo. L'investimento nel solare è destinato a superare per la prima volta quanto destinato al settore petrolifero. Ma oltre il 90% di questo aumento proviene dalle economie avanzate e dalla Cina, presentando un serio rischio di nuove linee di demarcazione nell'energia globale se le transizioni energetiche pulite non saranno avviate negli altri paesi.

La ripresa dalla pandemia di Covid-19 e la risposta alla crisi energetica globale hanno fornito un notevole impulso agli investimenti globali nell'energia pulita (Fig. TE_4). Il periodo di intensa volatilità nei mercati dei combustibili fossili causati dalla guerra in Ucraina ha accelerato la diffusione delle tecnologie energetiche *green*, anche se ha provocato una corsa a breve termine per l'approvvigionamento di petrolio e gas.

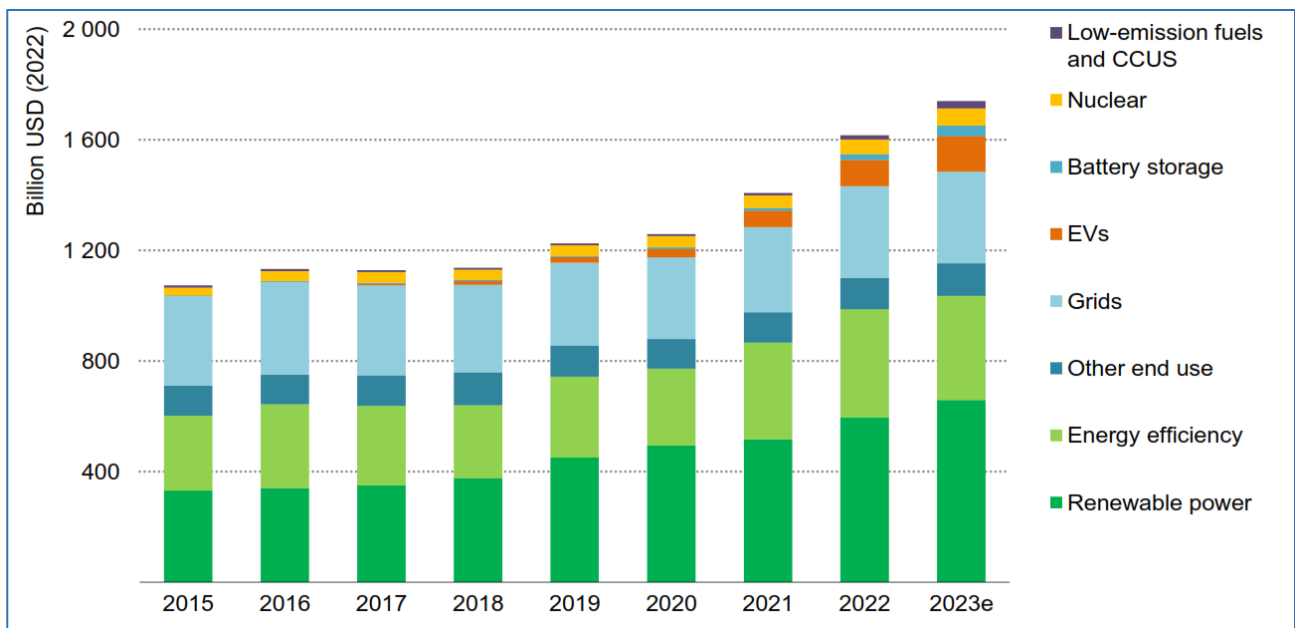
Figura TE_4. Investimenti energetici globali nell'energia pulita e nei combustibili fossili (fonte IEA)



Gli investimenti *green* sono stati stimolati da una varietà di fattori: il miglioramento dell'economia in un momento di costi dei fossili alti e volatili, interventi pubblici di grande portata come l'*Inflation Reduction Act* (IRA) degli Stati Uniti, le nuove iniziative in Europa, Giappone e Cina e il forte allineamento internazionale degli obiettivi di sicurezza climatica ed energetica, in particolare nelle economie dipendenti dalle importazioni. Le strategie

industriali di tutti i paesi cercano di rafforzare i loro punti d'appoggio nella *green economy* e gli stessi consumatori si vanno orientando verso usi finali più elettrificati. La domanda di auto elettriche EV è in piena espansione, con vendite che dovrebbero aumentare di oltre un terzo quest'anno dopo un 2022 da record. La previsione di spesa in EV, in rapporto al prezzo medio dei veicoli elettrici in un dato paese, è più che raddoppiata dal 2021, raggiungendo 130 miliardi di dollari nel 2023. Le vendite globali delle pompe di calore hanno registrato una crescita a due cifre dal 2021.

Figura TE_5. Gli investimenti nel 2023 nelle energie rinnovabili, guidati dal solare, e dai veicoli elettrici (fonte: IEA)

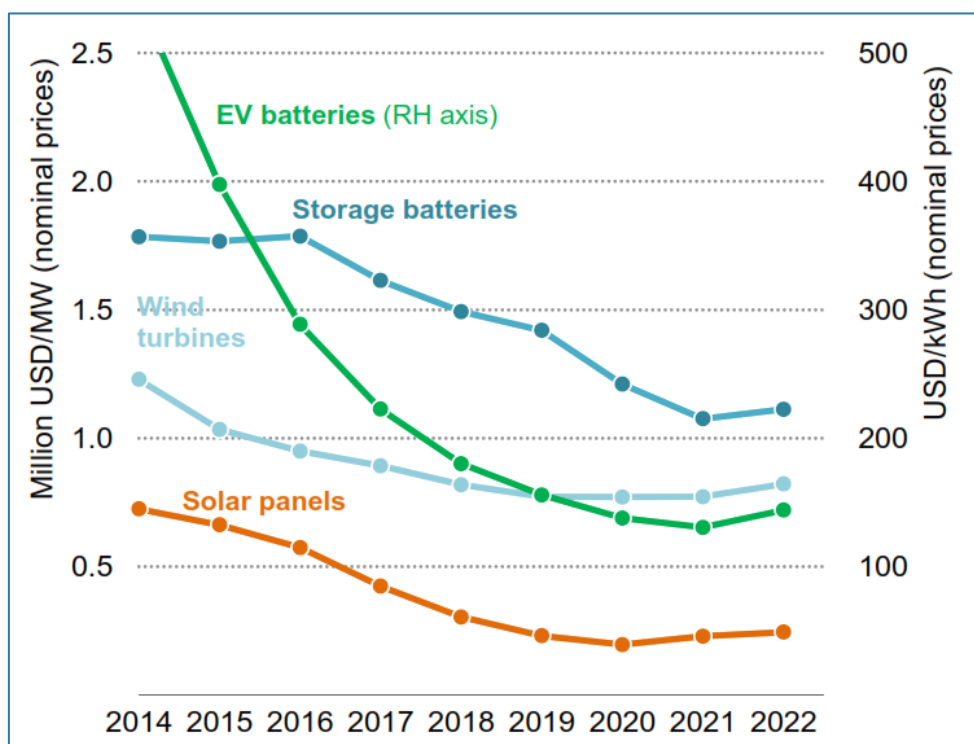


Una transizione sicura verso l'energia *green* dipende dalla resilienza e dalla diversificazione delle filiere tecnologiche. Secondo le *Prospettive tecnologiche dell'IEA* sono necessari investimenti cumulativi fino a 1.200 miliardi di dollari al 2030 nella produzione di energia pulita e nella fornitura di minerali critici per mettersi in linea per lo scenario di 1,5 °C, in aggiunta agli investimenti nel settore energetico che abbiamo quotato in precedenza (Fig. TE_5). Vendite record di veicoli elettrici, forti investimenti nelle batterie per lo stoccaggio dell'energia, che dovrebbero avvicinarsi a 40 miliardi di dollari nel 2023, il doppio del 2022, e una spinta da parte dei governi ad accrescere le catene di approvvigionamento nazionali hanno, ad esempio, scatenato un'ondata di nuovi progetti di produzione di batterie agli ioni di litio in tutto il mondo. Se tutti gli annunci si dovessero concretizzare, potrebbero essere disponibili entro il 2030 5,2 TWh di nuova capacità di stoccaggio.

Per il momento, la Cina è l'attore principale in ogni fase della produzione mondiale di batterie, ad eccezione dell'estrazione dei minerali critici. I nuovi progetti annunciati potrebbero in qualche modo erodere questo primato, per ora solido. Nel 2022, oltre il 75% della capacità produttiva di batterie si trovava in Cina. Tuttavia, anche se spettano loro i due terzi delle aggiunte annuali di capacità globale fino

al 2030, la quota di capacità globale della Cina potrebbe diminuire di quasi il 10% entro la fine del decennio.

Figura TE_6. Prezzi medi 2023 per alcune tecnologie green (fonte: IEA)



Su tutto il quadro della transizione energetica aleggia il dubbio che le forniture dei minerali critici possano mantenere il passo della domanda. Grazie ai prezzi elevati e al crescente sostegno politico, gli investimenti nell'estrazione di minerali critici sono aumentati del 30% nel 2022.

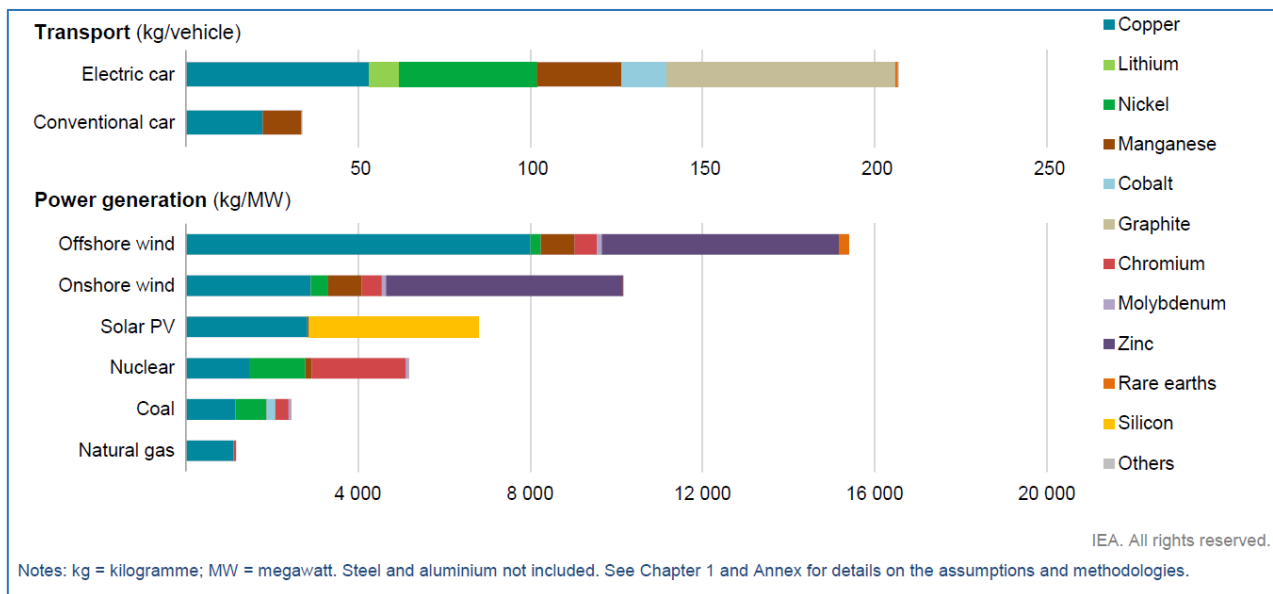
Materiali critici ed economia circolare

Gli avversari della transizione ecologica avanzano dubbi sulla disponibilità dei materiali necessari per una transizione energetica *net-zero*, che appare effettivamente imponente. Sostengono che si passerebbe da uno stato di scarsità dei combustibili fossili ad uno, ancor più grave, di scarsità di materie prime, che farebbe lievitare i prezzi e fermerebbe di fatto la transizione. Non tengono conto della, chiamiamola, *superiorità termodinamica* della materia rispetto all'energia. Per il II Principio l'energia di un combustibile bruciato non si recupera, ma la materia è sempre recuperabile purché si disponga di sufficiente energia e di adeguate tecnologie circolari, a partire dal *circular design* dei manufatti. La chiave della praticabilità della transizione sta dunque nei paradigmi dell'economia circolare, riuso, riciclo etc.

La costruzione di impianti solari fotovoltaici (PV), eolici e dei veicoli elettrici (EV) generalmente richiede più minerali rispetto alle loro controparti fossili. A parità di prestazioni un'auto elettrica richiede sei volte l'apporto di tipologie minerali di un'auto

convenzionale e un impianto eolico *onshore* richiede nove volte più risorse minerarie rispetto a generatore turbogas. Parliamo di litio, nichel, cobalto, manganese e grafite per le batterie, di terre rare per i magneti permanenti delle turbine eoliche e dei motori elettrici. Le reti elettriche necessitano di rame e alluminio. In uno scenario che rispetta gli obiettivi dell'Accordo di Parigi, la domanda totale aumenta a cavallo del 2030 di oltre il 40% per rame e terre rare, 60-70% per nichel e cobalto e quasi il 90% per il litio giustificando le preoccupazioni per la volatilità dei prezzi e la sicurezza degli approvvigionamenti.

Figura TE_7. Minerali usati nelle varie tecnologie green (fonte: IEA)

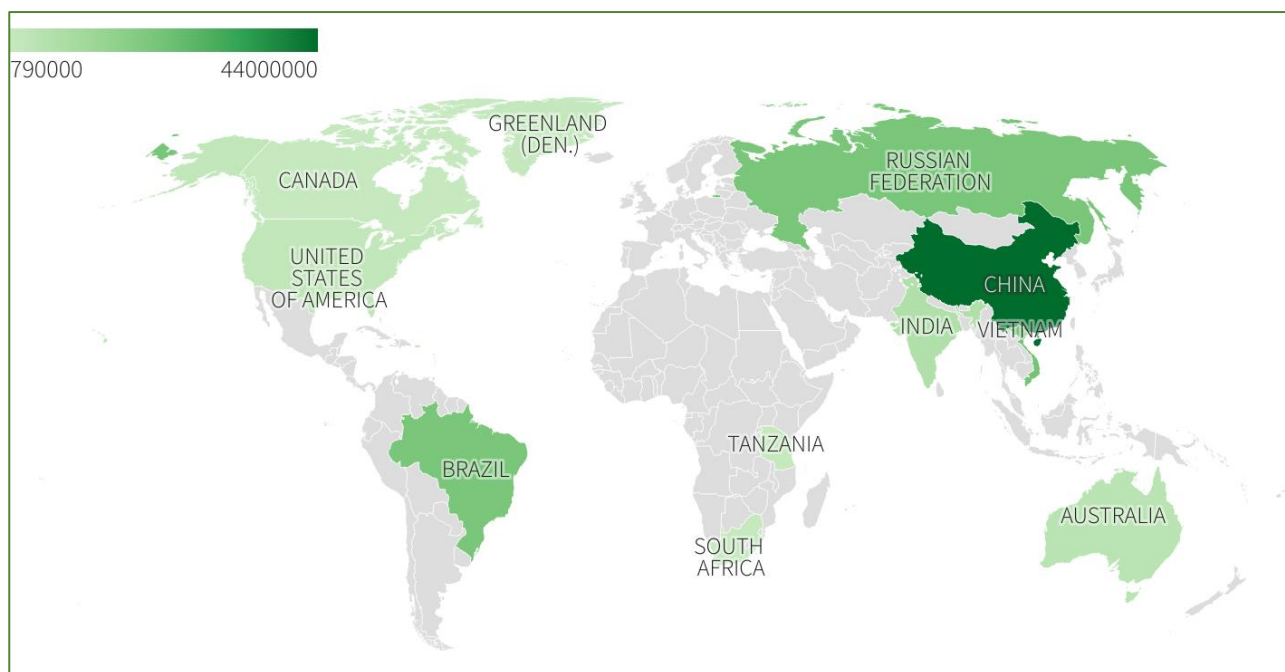


Secondo l'IEA la decarbonizzazione al 2050 richiederà sei volte più minerale al 2040 rispetto ad oggi. Il litio vede una domanda in crescita di oltre 40 volte, seguito da grafite, cobalto e nichel (circa 20-25 volte). L'espansione delle reti elettriche significa il raddoppio della domanda di rame nello stesso periodo.

L'aumento della produzione di energia a basse emissioni di carbonio triplica la domanda di minerali di questo settore entro il 2040. L'eolico è il primo, il solare PV segue da vicino, a causa dell'enorme volume di capacità aggiunto. L'energia idroelettrica, la biomassa e il nucleare hanno un fabbisogno di minerali relativamente basso. La rapida crescita dell'idrogeno come vettore energetico è alla base della forte domanda di nichel e zirconio per gli elettrolizzatori e di metalli del gruppo del platino per le celle a combustibile. Le traiettorie della domanda sono soggette alle grandi incertezze delle tecnologie e delle politiche: la più grande fonte di variabilità della domanda viene dall'incertezza sul rigore delle politiche climatiche. Le transizioni verso l'energia *green* offrono opportunità e sfide per le aziende minerarie. Oggi le entrate dalla produzione del carbone sono dieci volte

superiori a quelle dei minerali della transizione energetica, uno scenario che verrà travolto nel corso della transizione.

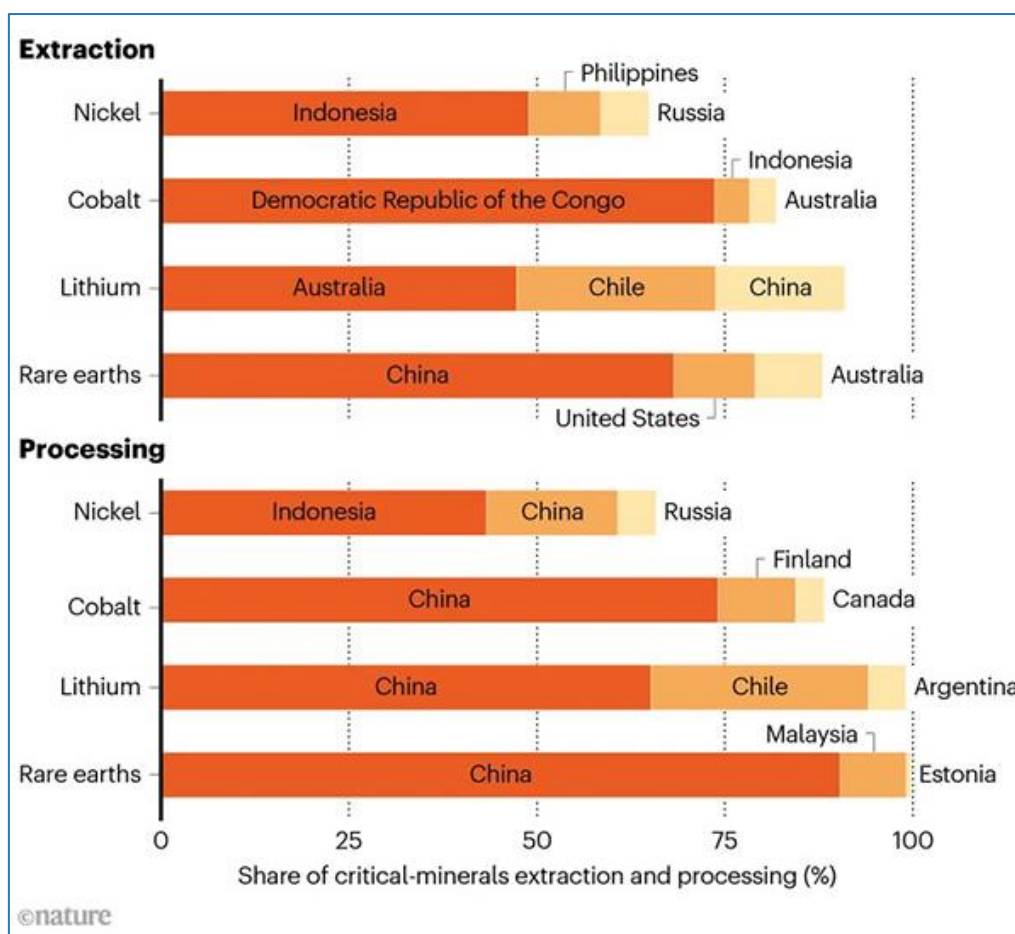
Figura TE_8. Le Riserve mondiali di terre rare in tonnellate (fonte: Reuters)



Le materie prime sono un elemento significativo nella struttura dei costi di molte tecnologie necessarie nella transizione energetica. Nel caso degli ioni di litio delle batterie, l'apprendimento tecnologico e le economie di scala hanno ridotto i costi complessivi del 90% nell'ultimo decennio. Ciò però significa che i costi delle materie prime ora contano di più, il 50-70% dei costi totali della batteria, rispetto al 40-50% di cinque anni fa. Nel caso delle reti, rame e alluminio rappresentano attualmente circa il 20% del totale dei costi di investimento. Capiterà che alcuni minerali come il litio minerale e il cobalto vadano in *surplus*, mentre il litio chimico, il nichel ed elementi chiave delle terre rare (ad es. neodimio e disprosio) potrebbero andare in deficit.

I piani di approvvigionamento e investimento di oggi sono orientati ad una azione graduale e insufficiente per il *net zero*. Si consideri poi che la produzione di molti minerali per la transizione energetica sono ancor più concentrati del di petrolio o del gas naturale (Fig. TE_10). Per litio, cobalto e terre rare (Fig. TE_8), le prime tre nazioni produttrici del mondo controllano ben oltre i tre quarti della produzione globale. In alcuni casi, un singolo paese controlla la metà della produzione mondiale, come per cobalto e terre rare. La concentrazione è ancora più elevata per le operazioni di trasformazione, dove la Cina ha una forte presenza su tutta la linea. La quota di raffinazione della Cina è di circa il 35% per il nichel, del 50-70% per litio e cobalto e quasi del 90% per le terre rare.

Figura TE_9. I primi tre produttori per i minerali critici (fonte: Nature)

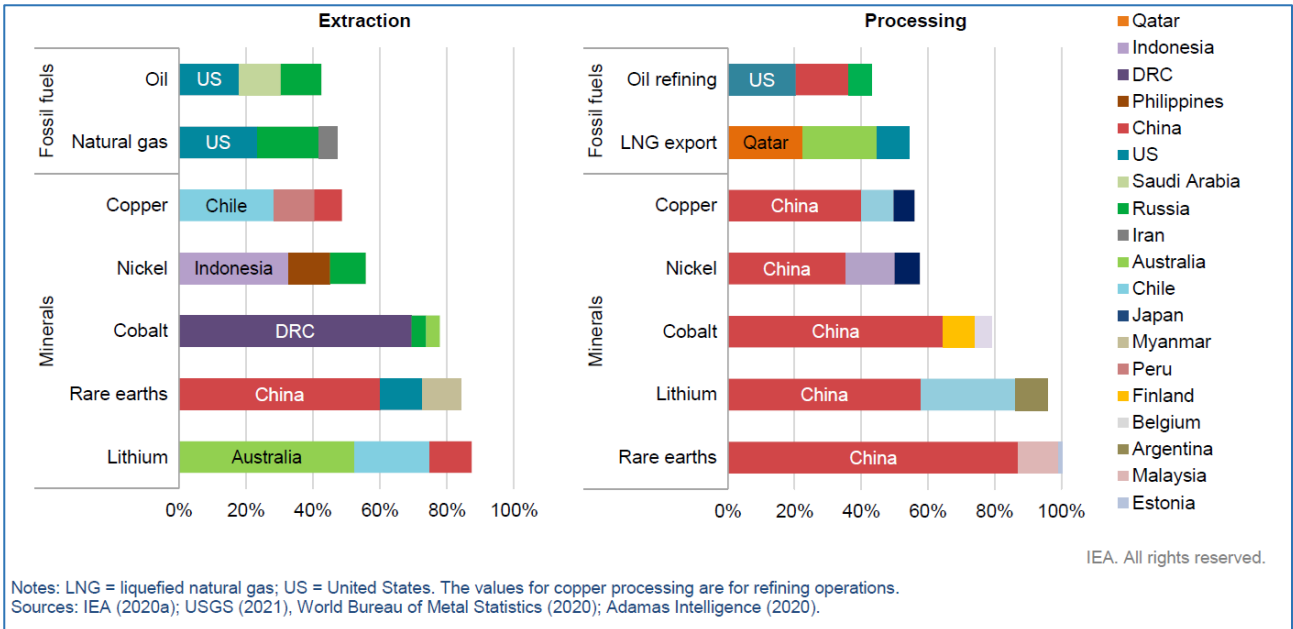


Le preoccupazioni relative alle risorse si riferiscono alla qualità piuttosto che alla quantità. Negli ultimi anni, la qualità del minerale ha continuato a scendere per una serie di materie prime, come per il rame cileno. La produzione e la lavorazione delle risorse minerarie dà luogo a problematiche ambientali e sociali che, se mal gestite, possono danneggiare le comunità locali fino ad interrompere l'approvvigionamento. Consumatori e investitori chiedono sempre più minerali prodotti in modo sostenibile e responsabile. Gli *asset* minerari sono inoltre esposti ai crescenti rischi climatici. Rame e litio, ad esempio, sono particolarmente vulnerabili alla scarsità di acqua. Tutta la tematica della sicurezza cambierà con la transizione.

Sussistono differenze significative tra la sicurezza petrolifera e quella mineraria. Nel caso di una crisi dell'approvvigionamento di petrolio, da tempo soggetta agli interessi strategici dei paesi produttori e dei loro cartelli, tutti i consumatori che guidano auto a benzina o camion a gasolio risentono dei prezzi più alti. Ne è stato un esempio eclatante l'esplosione speculativa dei prezzi del gas naturale ai danni dell'Europa proprio mentre era soggetta allo *shortage* delle forniture russe. Al contrario, una carenza o il picco del prezzo di un minerale per eccesso di domanda, influisce solo sulla fornitura di nuovi veicoli elettrici o

impianti solari ed eolici. I produttori di energia rinnovabile o i consumatori che guidano veicoli elettrici o utilizzano l'energia elettrica di generazione fotovoltaica non devono sborsare sovrapprezzi e non sono danneggiati.

Figura TE_10. La concentrazione geografica dei minerali critici è peggiore di quella dei fossili (fonte: IEA)



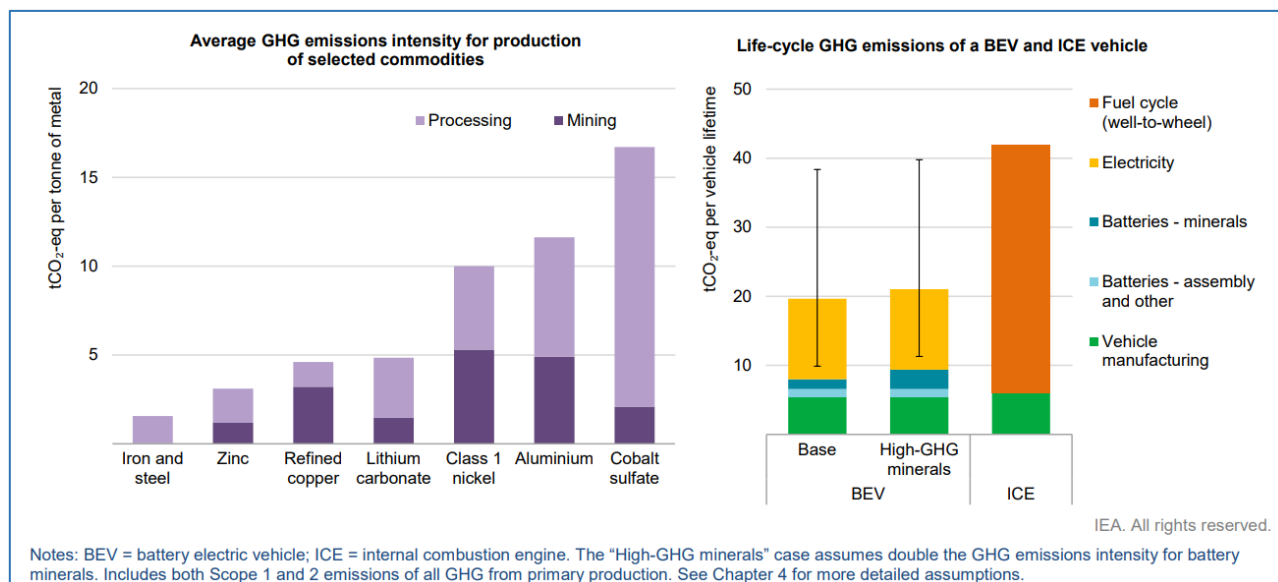
E siamo al punto dell'economia circolare: il riciclo allevia la pressione sulla fornitura primaria di minerali vergini. Per molti metalli le pratiche di riciclaggio sono ben consolidate, ma non è ancora così per materiali come il litio e le terre rare. I flussi di rifiuti emergenti dalle tecnologie energetiche pulite, batterie e turbine eoliche, cambieranno il quadro. La quantità di batterie per veicoli elettrici esaurite che raggiungono la fine della loro prima vita aumenterà dopo il 2030, in un momento in cui la domanda di minerali è ancora in rapida crescita. L'IEA prudentemente stima che entro il 2040 le quantità riciclate di rame, litio, nichel e cobalto da batterie esauste potrebbero ridurre la domanda di questi minerali in media di circa il 10%, ma molto di più nei paesi più evoluti tecnologicamente.

Andranno affrontati gli impatti ambientali e sociali dei minerali critici, comprese le emissioni associate all'estrazione e alla lavorazione, i rischi derivanti dai rifiuti e la gestione delle risorse idriche non meno che gli impatti derivanti da un'inadeguata sicurezza dei lavoratori, le violazioni dei diritti umani come il lavoro minorile e la corruzione.

Le emissioni lungo la catena di approvvigionamento minerario non cancellano il chiaro vantaggio climatico delle tecnologie *green*. Nel ciclo di vita totale le emissioni di gas serra dei veicoli elettrici sono in media circa la metà delle auto con motore a combustione, con il potenziale per un'ulteriore riduzione del 25% con elettricità a basse emissioni di carbonio (Fig. TE_11), ma le impronte ambientali, sociali e gestionali (ESG) dei minerali e del loro

trattamento dovranno essere fortemente migliorate e controllate lungo tutti i percorsi delle catene del valore.

Figura TE_11. Emissioni serra del ciclo dei minerali ed emissioni LCA dei veicoli BEV vs. ICE
(fonte: IEA)



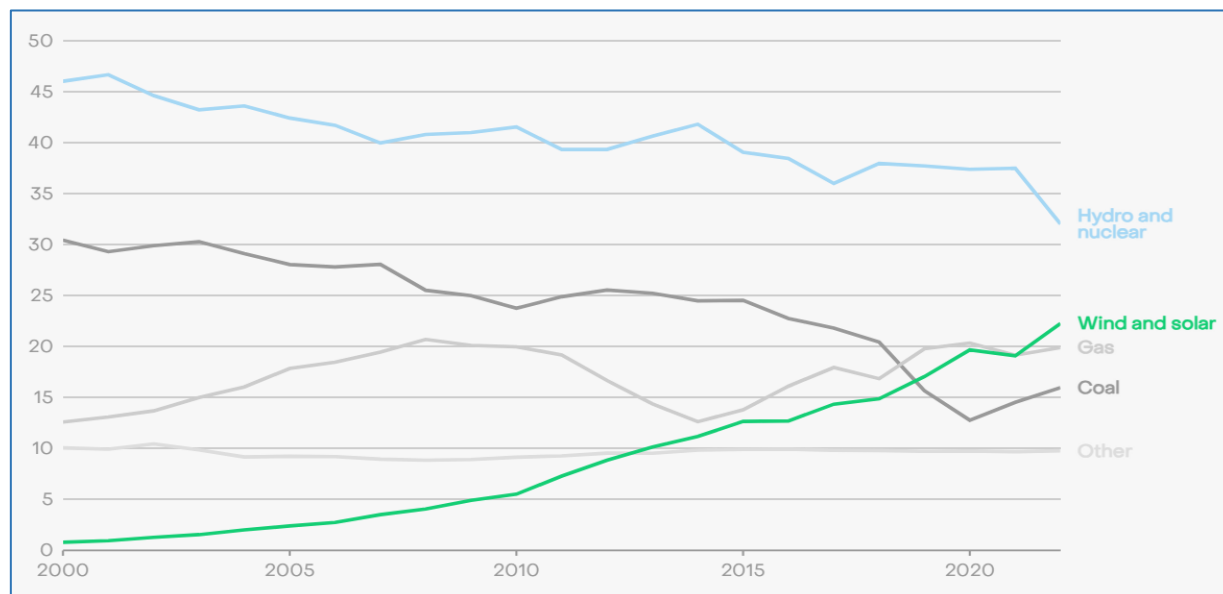
La transizione energetica in Europa

L'Unione Europea non ha riserve di combustibili fossili salvo il carbone. Non dispone nemmeno di materiali radioattivi, uranio, torio, etc. La transizione energetica verso le fonti rinnovabili autoctone è pertanto una pura e semplice questione di sopravvivenza. Abbiamo avuto per anni l'idroelettrico e il geotermico che oggi, sfruttati appieno, continuano a fare la loro parte. Con il *phase out* del carbone in atto, combustibile con cui l'Europa ha fatto la sua rivoluzione industriale ed ha accumulato gravi responsabilità storiche nell'inquinamento dell'aria e nelle emissioni climalteranti, un'Europa senza transizione sarebbe un'Europa senza energia. La lezione delle crisi, in primis quella della globalizzazione dei mercati, ci ha insegnato che le catene del valore devono essere per quanto più possibile internalizzate, se l'Europa non vuole essere sballottata da crisi di mercato che non può controllare e se vuole ristabilire almeno parte del suo tradizionale primato tecnologico. La sfida avviene dunque sulle energie *green*, sulle materie prime critiche e sull'innovazione tecnologica, risorse tutte emigrate da tempo in altri paesi. Con il *Green Deal* del 2019 l'Europa ha saputo darsi obiettivi concreti, ma non senza contraddizioni. Quasi contemporaneamente alla *COP 26 di Glasgow* il percorso della decarbonizzazione europea ha saputo assumere il ruolo di guida per il mondo intero.

I paesi europei sono stati costretti ad accelerare la loro capacità di energia rinnovabile dopo la pandemia e la crisi ucraina. Il piano *REPowerEU* mira ad aumentare la quota di energie rinnovabili nel consumo finale di energia fino al 45% entro la fine del decennio. I dati della

transizione sono che l'energia verde dell'UE sta già facendo una differenza significativa. L'energia solare ed eolica ha generato più di un quinto (22%) della sua elettricità nel 2022, superando per la prima volta il gas fossile (20%, Fig. TE_12).

Figura TE_12. Quote di produzione elettrica in Europa al 2022 (fonte: Ember)

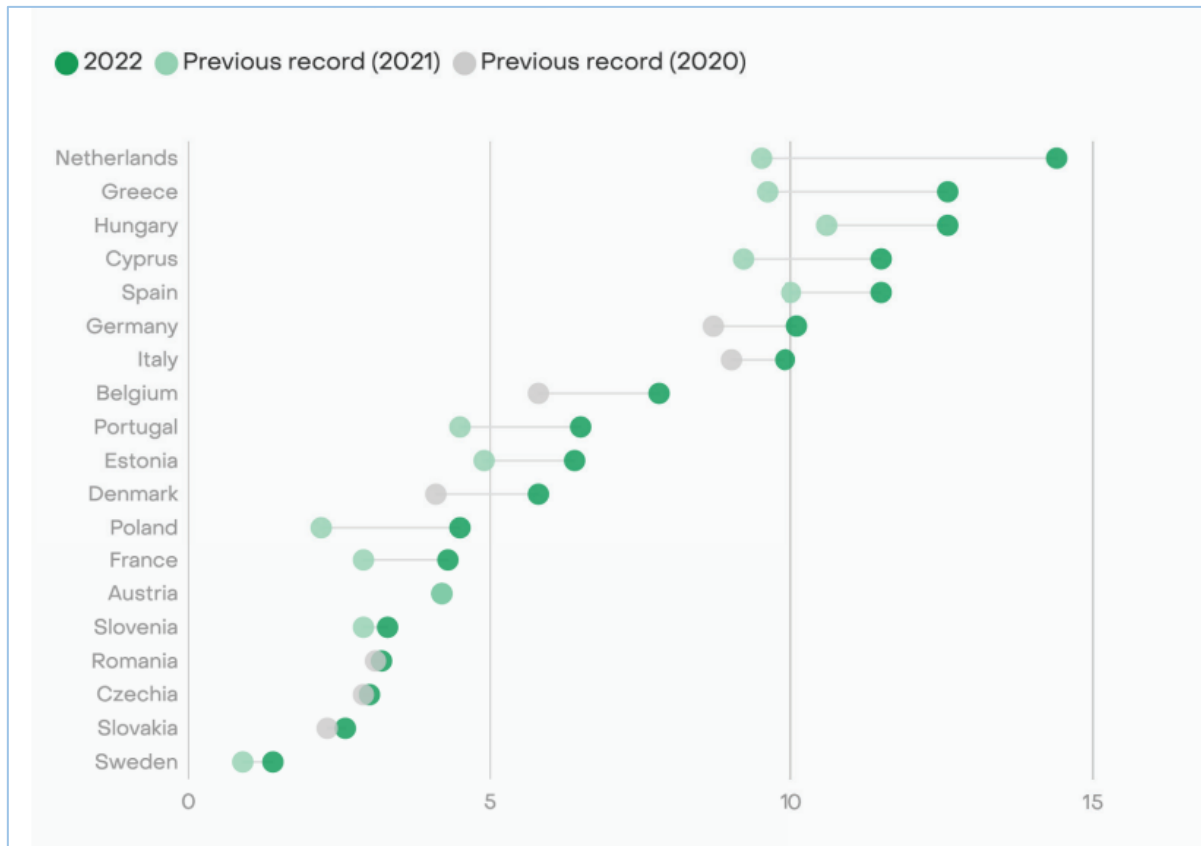


Dal carbone abbiamo ricavato solo il 16% dell'elettricità dell'UE lo scorso anno, con un aumento di appena l'1,5%. L'aumento record della produzione di energia solare ed eolica ha contribuito anche a compensare il deficit di energia nucleare, per crisi tecnica e di manutenzione, e idroelettrica, compromessa dalla siccità. L'energia solare è aumentata più velocemente, registrando un record del 24% l'anno scorso, che ha quasi raddoppiato il record precedente, con l'eolico in crescita dell'8,6%. Nel 2022 sono stati aggiunti 41 GW di capacità di energia solare, quasi il 50% in più rispetto all'anno precedente. Venti paesi dell'EU hanno raggiunto nuovi record solari nel 2022, con Germania, Spagna, Polonia, Paesi Bassi e Francia che hanno avuto gli score migliori (Fig. TE_13). I Paesi Bassi e la Grecia, che raggiungerà il suo obiettivo di capacità solare per il 2030 entro la fine di quest'anno, hanno generato per la prima volta più energia dal solare che dal carbone.

L'impatto della crisi energetica in Europa è stato mitigato da un calo significativo dei consumi elettrici nel 2022, del 7,9% su base annua nell'ultimo trimestre alle soglie dell'inverno, vicino al calo del 9,6% in pandemia a metà del 2020. La diminuita domanda di elettricità è stato il fattore principale del calo del 9% della produzione di gas e carbone in quel periodo. Le 26 centrali a carbone poste in *standby* di emergenza per l'inverno hanno funzionato a una capacità media di appena il 18%. Nonostante abbia importato 22 Mt di carbone in più nel corso del 2022, l'EU ne ha utilizzato solo un terzo. La produzione di

gas è stata molto simile rispetto al 2021, in aumento solo dello 0,8%. Ha rappresentato il 20% del mix elettrico dell'EU nel 2022, rispetto al 19% dell'anno precedente.

Figura TE_13. Performance % dei paesi europei in energia solare nel 2022 rispetto al 2021
(fonte: Ember)



Con 2809 TWh, pari a 6,31 MWh di domanda pro capite, l'EU rappresenta nel 2022 il 10% della domanda mondiale di elettricità. La Germania ha la domanda più alta, 556 TWh, il 20% del totale dell'EU. Segue la Francia con 484 TWh, l'Italia con 322 e la Spagna con 265. I paesi nordici della Finlandia, 15 MWh, e della Svezia, 13 MWh hanno la più alta domanda pro capite, mentre la Romania a 3 MWh è il fanalino di coda. La produzione di elettricità nell'EU è ancora fortemente dipendente dai combustibili fossili. Il 39%, 1.104 TWh di elettricità è generata da carbone, gas e altre fonti fossili. Il carbone produce il 16%, 447 TWh e il gas il 20%, 557 TWh. Il nucleare rimane il principale contribuente con il 22% 613 TWh. L'eolico è arrivato al 15%, 420 TWh e il solare produce 203 TWh, il 7,3%: combinati, eolico e solare producono più elettricità di qualsiasi altra fonte. L'idroelettrico ha prodotto 283 TWh, il 10%, la bioenergia il 6% e altre rinnovabili lo 0,2%.

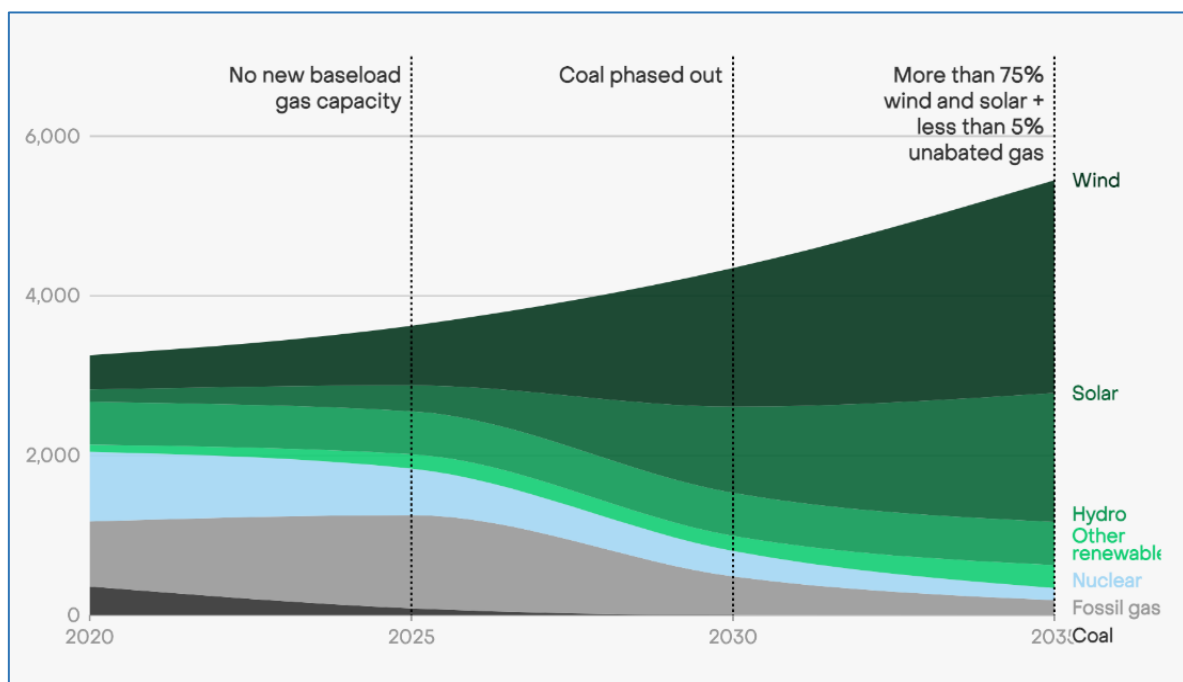
Il trend all'accelerazione delle nuove rinnovabili prosegue nel 2023, anche con la ripresa dell'energia idroelettrica. Se la domanda di elettricità continuerà a diminuire, si stima che la generazione di combustibili fossili potrebbe precipitare del 20% nel 2023, [secondo il WEF](#). Il forte calo del consumo di gas significa che il settore energetico sarà

probabilmente il segmento dove più rapida sarà la diminuzione della domanda di gas durante il 2023, contribuendo a riportare la calma nei mercati europei anche senza il gas russo.

Per rispettare l'obiettivo dell'Accordo di Parigi del 2015 di limitare il riscaldamento globale a non più di 1,5 °C rispetto ai livelli preindustriali, l'Europa deve decarbonizzare completamente il proprio sistema energetico entro la metà degli anni '30 (Fig. TE_14) e deve a tal fine poter disporre di investimenti al di là dei piani esistenti, nonché di un'azione immediata per affrontare gli ostacoli all'espansione delle infrastrutture per l'energia *green*. Secondo il WEF una tale mobilitazione stimolerebbe l'economia europea, consoliderebbe la posizione dell'EU come leader nella lotta al cambiamento climatico non meno che nei mercati internazionali. L'ultimo obiettivo proposto dall'EU del 45% di energia rinnovabile per il 2030 vedrebbe entro quell'anno, il 69% dell'elettricità dell'EU generata da fonti rinnovabili.

I dati ed il contesto geopolitico europeo, nient'affatto chiaro per il futuro, dimostrano che i combustibili fossili non sono la soluzione ma causano piuttosto prezzi dell'elettricità alle stelle e insicurezza energetica. Intanto la temuta ripresa del carbone non si è concretizzata ed ha dato luogo ad alti livelli delle scorte che limiteranno la domanda di importazione di carbone per il 2023. La domanda di elettricità, pur diminuita significativamente nel quarto trimestre del 2022 a causa del risparmio energetico e del clima mite, è destinata ad aumentare durante la transizione e dovrà essere soddisfatta con l'energia rinnovabile

Figura TE_14. Il percorso dell'Europa nelle tecnologie green per rispettare gli 1,5 °C di Parigi (fonte: Ember)



La natura in degrado

La transizione ecologica ha tra le sue priorità il recupero degli ecosistemi naturali. Per molte soluzioni innovative e sostenibili ai problemi dello sviluppo si invocano i servizi ecosistemici e si prospettano soluzioni che imitano la natura per la rigenerazione urbana, per la regimazione delle acque o per fare fronte agli eventi estremi. Lavorare con la natura e non contro: questa la filosofia al centro delle *Nature based solutions*, NBS, un nuovo filone di *ecologia applicata* che da alcuni anni si sta facendo strada conquistando spazio anche nelle maggiori istituzioni a livello planetario². La UE è stata tra le prime a dichiarare di voler diventare leader nell'innovare NBS per costruire società più resilienti e sostenibili, facendone uno dei pilastri del *Green Deal* e dei programmi che gestiscono fondi importanti. A luglio il Parlamento europeo ha votato di stretta misura la *Nature Restoration Law*, contrari i parlamentari dello schieramento del governo italiano. Gli obiettivi della legge, vincolanti per gli stati membri, prevedono di mettere in atto misure di ripristino che coprano almeno il 20 per cento del territorio terrestre e marino dell'Unione entro il 2030, secondo gli impegni internazionali del programma della UN CBD *Kunming-Montreal Global Biodiversity*. La perdita netta di spazi verdi urbani dovrà essere annullata entro il 2030, invertito il trend del declino degli impollinatori entro il 2030, 25.000 km di fiumi tornati a scorrimento libero entro il 2030. Il testo ridurrà i rischi per la sicurezza alimentare e non impone la creazione di nuove aree protette nell'EU né bloccherà nuove infrastrutture di energia rinnovabile che sono dichiarati di interesse pubblico.

Dal canto suo l'*IUCN* si è preoccupata di darne una definizione formale: “Azioni per proteggere e gestire in modo sostenibile le risorse naturali e gli ecosistemi... in grado di portare benefici sia per la qualità della vita umana che per la biodiversità”. E per garantire che le NBS siano davvero tali e non un'ennesima occasione di *greenwashing*, ha sviluppato una serie di standard globali, otto criteri e una serie di indicatori presentati nel 2020 cui dovranno uniformarsi progetti e strategie NB.

Qualche esempio per capire di che si tratta: per ridurre l'impatto nefasto dei fenomeni estremi del *climate change*, come tifoni, tsunami, tempeste sempre più violente, si può ricorrere alla protezione/rigenerazione e ampliamento delle barriere naturali costiere costituite dai mangrovieti, dalle aree umide o dalle strutture coralline. Operazioni che garantiscono anche una fonte vitale di cibo e di materiali per le popolazioni locali. Da parte sua la Cina ha lanciato nel 2018 e potenziato nel 2021, in occasione della COP 15 di Kungmin, l'utilizzo diffuso di NBS per mitigare gli impatti devastanti degli eventi climatici

² Estratto dal contributo di Grazia Francescato al *Position Paper ASviS* contro il *Greenwashing*, 2023, in corso di pubblicazione

estremi e contemporaneamente per rafforzare la resilienza degli abitanti delle coste. È stato calcolato che le NBS già attuate potranno far risparmiare ben 57 miliardi di dollari per danni climatici in Cina e in tutto il sud est asiatico, mentre a livello mondiale i benefici globali per i servizi ecosistemici garantiti dalle NBS sul fronte della lotta al cambiamento climatico raggiungono la cifra vertiginosa di 170 miliardi di dollari. La strada è sicuramente quella giusta, non solo per mitigare le devastazioni del clima impazzito, ma anche per fronteggiare il degrado del suolo, per rigenerare gli ecosistemi, le foreste, le zone umide, per tutelare il ciclo idrico e insieme per rafforzare la resilienza, la *food security* e la qualità di vita delle popolazioni.

Ma non mancano problemi e contraddizioni, le più gravi delle quali riguardano i diritti dei popoli indigeni. Sono loro i grandi esperti dell'arte di convivere con la natura senza consumarne le risorse in maniera eccessiva ed autodistruttiva. Un documento di [Cuencas sagradas](#), redatto da alcune etnie indigene dell'Ecuador e del Perù, non solo critica la strategia UE "30 by 30" varata dalla UE per tutelare la biodiversità, ma mette in guardia rispetto a iniziative popolari quanto ingannevoli di piantumazione di alberi per salvare il mondo, che possono poi rivelarsi manovre di *greenwashing*. [Survival International](#), dichiara che laddove le NBS vengono presentate come una soluzione o un contributo alla lotta contro i cambiamenti climatici, il rischio è che si trasformino in un modo nuovo ed accattivante per parlare del *carbon offsetting* che, mediante la finanziarizzazione della natura, permette agli inquinatori di continuare ad inquinare, all'industria della conservazione di intascare miliardi e agli speculatori di guadagnarci sopra.

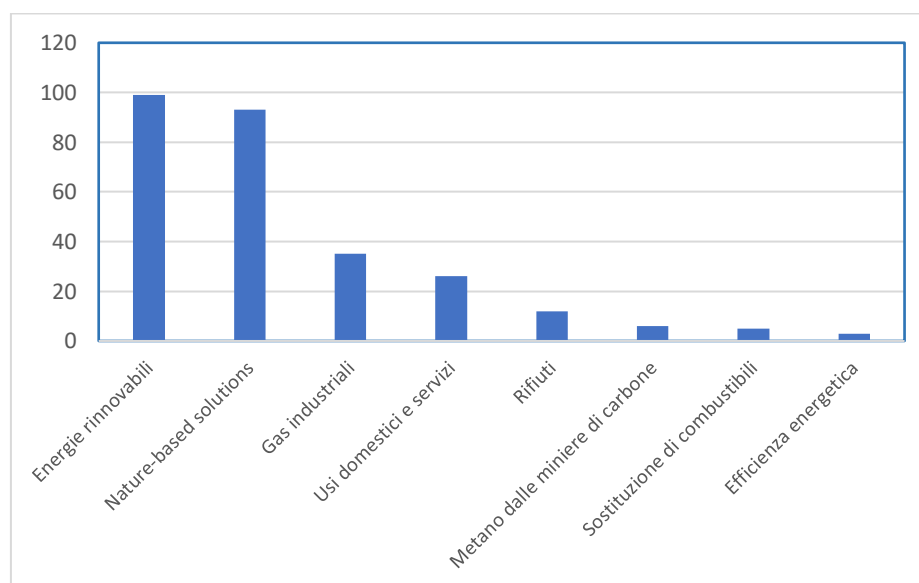
Figura ND_1. Non agire contro la natura



In quest'ottica i territori dei popoli indigeni e delle comunità locali sono considerati una riserva di carbonio commercializzabile sul mercato ed acquistabile dalle grandi aziende per poter dire di compensare le emissioni. Capita quindi che gli indigeni vengano sfrattati dalle loro terre, privati dei loro mezzi di sussistenza e soggetti a violazioni dei diritti umani.

Il ricorso alla riforestazione per compensare talune emissioni di CO₂ (*offsetting*) fa leva sul ruolo svolto dal suolo e dalle foreste nel ciclo naturale del carbonio, che le vede capaci, a certe condizioni, di assorbire e stoccare la CO₂ atmosferica³. Si è così sviluppato un mercato di crediti volontari spinto dalla rapida diffusione degli obiettivi di mitigazione da parte delle aziende. Con la crescita del mercato, il ruolo dei crediti di carbonio nel raggiungimento degli obiettivi di emissione è stato oggetto di crescente attenzione. Secondo un *Rapporto della World Bank*, nel 2021 le dimensioni del mercato volontario del carbonio hanno superato per la prima volta un miliardo di dollari per anno. In termini di CO₂ equivalente, nel 2022 *i crediti emessi* sono arrivati a 279 MtCO₂eq, con un calo del 19% rispetto al livello raggiunto nel 2021 (354 MtCO₂eq), ma un incremento del 49% rispetto al 2020 (187 MtCO₂eq). Le transazioni relative ai crediti forestali e a quelli legati alle variazioni di uso del suolo sono più che raddoppiate tra il 2020 e il 2021. Nel 2022, il 76% dei crediti emessi ha avuto origine da progetti di energie rinnovabili e da *nature-based solutions*. Per quest'ultimo settore, il 49% proveniva da progetti di afforestazione/ riforestazione, il 29% da progetti di miglioramento della gestione forestale, il 22% da progetti di sequestro del carbonio in agricoltura (Fig. ND_2).

Figura ND_2. Distribuzione dei crediti emessi (in MtCO₂eq) per settore di provenienza (fonte: Climate Focus)

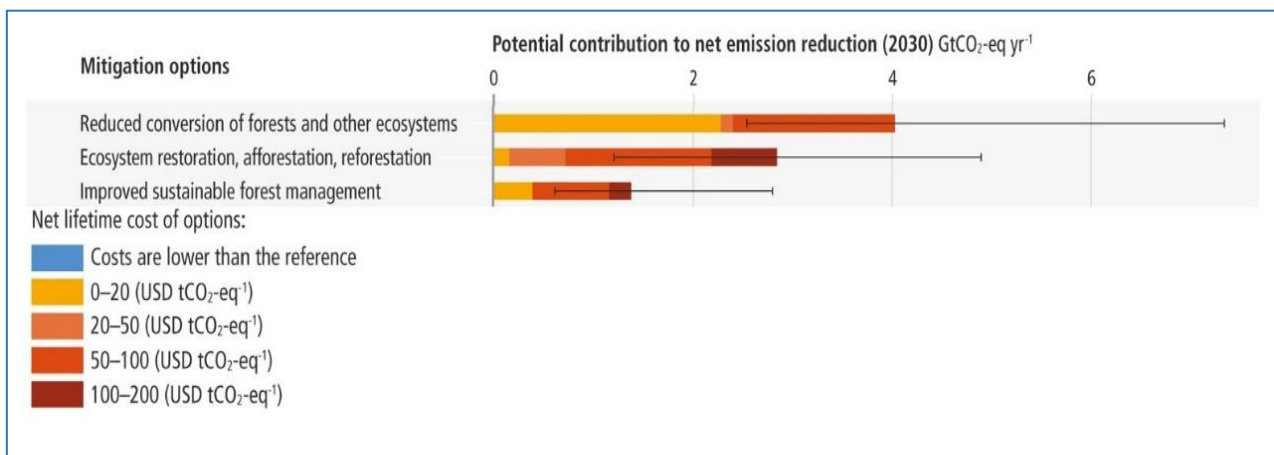


³ Estratto dal contributo di Domenico Gaudioso al *Position Paper ASviS* contro il *Greenwashing*, 2023, in corso di pubblicazione

Il mercato dei crediti è stato messo sotto la lente di ingrandimento. *Molte analisi* riguardano i crediti provenienti dalle NBS, delle quali si mettono in discussione, in particolare, l'addizionalità (non devono provenire da attività che avrebbero comunque avuto luogo anche senza l'intervento umano) e la permanenza (gli accumuli realizzati devono dare sufficienti garanzie di essere stabili nel tempo). Tra queste iniziative, ha avuto molta eco la *indagine promossa dal Guardian*, che ha denunciato che oltre il 90% delle compensazioni di carbonio della foresta pluviale da parte del più grande certificatore di crediti di carbonio non ha praticamente alcun valore ambientale.

La scienza è chiara. Raggiungere gli obiettivi dell'Accordo di Parigi, ovvero limitare il riscaldamento globale ben sotto i +2 °C rispetto all'epoca preindustriale, e fare tutto il possibile per fermarsi a +1,5 °C, richiederà non solo una rapida e drastica riduzione delle emissioni di gas serra, ma anche la rimozione di quantità crescenti di CO₂ dall'atmosfera. L'obiettivo è di raggiungere la neutralità climatica in pochi decenni, e successivamente continuare a sottrarre CO₂ in modo da ridurre la concentrazione e quindi diminuire le temperature. Una sfida colossale.

Figura ND_3. Contributi potenziali delle NBS alla riduzione delle emissioni al 2030 (fonte: IPCC AR6)

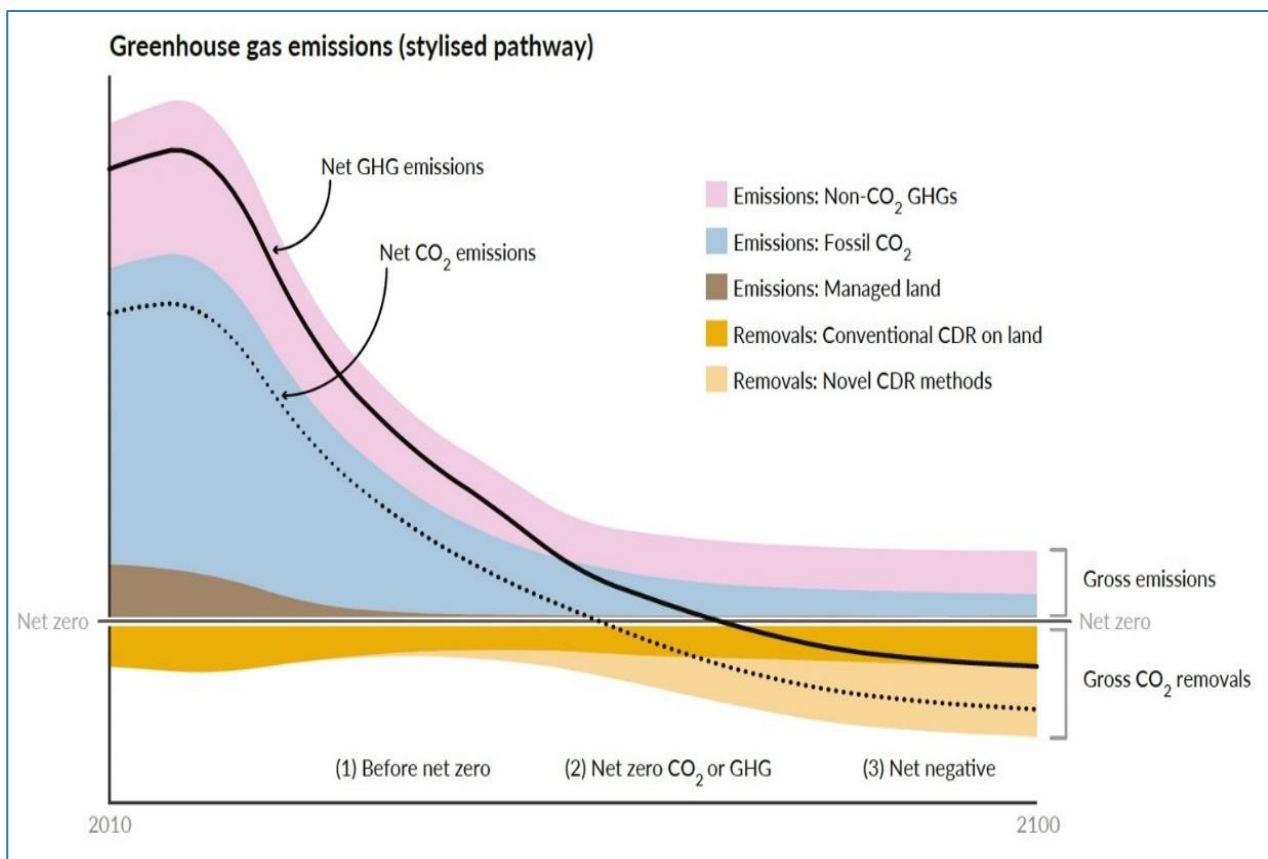


Su quanto potrà essere questo contributo, tuttavia, c'è ancora molta incertezza. Le attività di CDR oggi rimuovono dall'atmosfera poco più di 2 Gt/anno di CO₂, circa il 5% delle emissioni globali, ma la quasi totalità deriva da attività di afforestazione, riforestazione e gestione delle foreste. Un ulteriore assorbimento di CO₂ da parte delle foreste può essere conseguito col miglioramento della gestione, l'espansione forestale, il ripristino delle foreste degradate e la protezione delle foreste primarie dalla deforestazione. La dettagliata analisi del AR6 – WG3, considerando il prezzo del carbonio pari a 100 \$/tCO₂, stima il potenziale di rimozione di CO₂ nel 2030 pari a 7,3 GtCO₂/anno, in rialzo rispetto alle stime dei *report* precedenti. È da notare che il potenziale maggiore, ed anche il meno costoso, è nella riduzione della deforestazione, seguito dal ripristino delle foreste degradate

(*restoration*), dall'espansione forestale (*afforestation* e *reforestation*) ed infine dal miglioramento della gestione delle foreste esistenti.

Quel che è certo, però, è che anche piantando mille miliardi di alberi, che sequestrerebbero, si stima, circa 200 GtC, non riusciremmo a ridurre di due terzi l'aumento di CO₂ di origine antropica (300 GtC), ma al massimo di un terzo, perché gli oceani e le foreste fanno da tampone. Comunque ci vorrebbero 50 -100 anni perché quegli alberi sequestrino 200 GtC con una media di 2-4 GtC all'anno, rispetto alle attuali emissioni di 11 GtC all'anno. Siamo ben lontani dalla prospettiva di risolvere i due terzi del problema climatico. E proprio perché rimboschire richiede molto tempo, oggi dovrebbe essere tabù tagliare foreste mature e ricche di specie, che sono grandi riserve di carbonio e di una diversità biologica preziosa.

Figura ND_4. Traiettorie di riduzione delle emissioni di gas-serra verso l'obiettivo net-zero (fonte UniOxford)



⁴ Oxford University, 2023, The state of Carbon dioxide removal. A global, independent scientific assessment

Il ruolo dell'innovazione

La Banca mondiale ha ospitato in questo 2023 a Bilbao, in Spagna, la conferenza Innovate4Climate (I4C), allo scopo di intensificare l'azione per il clima mediante l'innovazione e trovare le soluzioni finanziarie. Il vertice ha riunito dal 23 al 25 maggio 1.500 rappresentanti del settore finanziario pubblico e privato di tutto il mondo. La conferenza ha messo in luce tre temi, la finanza per il clima, i mercati del carbonio e la giusta transizione, ma ha avuto anche sessioni sulla finanza per l'adattamento e sui sistemi agroalimentari. Diversi relatori hanno sottolineato la necessità di aumentare lo sforzo finanziario globale per raggiungere gli obiettivi dell'Accordo di Parigi, decarbonizzare l'economia globale e aumentare la resilienza sistemica ai cambiamenti climatici.

In anni recenti c'è stata anche innovazione nella comprensione economica del cambiamento climatico. Non molto tempo fa economisti, politici e imprenditori dichiaravano apertamente di ritenere esserci contraddizione tra azione per il clima e crescita economica. Il costo dell'azione doveva essere soppesato rispetto ai benefici dei costi evitati in un lontano futuro, con il tasso di sconto al centro del dibattito. Questa visione è stata in gran parte sostituita dalla consapevolezza che un'azione intelligente contro il cambiamento climatico non solo ne impedisce gli impatti più gravi, ma porta a una maggiore efficienza, promuove nuove tecnologie e riduce i rischi. Questi benefici a loro volta stimolano gli investimenti, generano posti di lavoro, creano economie più sane, aumentano i mezzi di sussistenza e il benessere dei cittadini, anche a breve termine. Quando nel 2019 il IPCC ha dimostrato che i rischi di un riscaldamento medio di 2 °C erano semplicemente eccessivi e ha raccomandato un limite di 1,5 °C, molti hanno temuto che la *leadership* climatica mondiale sarebbe crollata di fronte a un ostacolo molto più ripido da scalare. È successo il contrario. Una volta che l'entità dello sforzo necessario è diventata evidente, la maggior parte dei *leader* ha dichiarato il massimo impegno per gestire i rischi e cogliere le opportunità. Ci sono, è vero, leader economici e politici, così come segmenti critici della popolazione, che hanno interessi acquisiti nel mantenere lo status quo e stanno resistendo al cambiamento, ma l'assunzione di responsabilità sta prevalendo.

La scala della trasformazione richiesta per limitare il riscaldamento richiede una quota di energie rinnovabili nella produzione di energia dal 25 di oggi a quasi il 100% entro il 2050, e il carbone *unabated* (siamo alle solite) dovrà essere eliminato sei volte più velocemente di quanto non sia oggi. Dobbiamo rinnovare i nostri edifici con riscaldamento e raffreddamento a zero emissioni e migliorare l'efficienza energetica a un tasso del 2,5-3,5% entro il 2030, significativamente superiore al tasso odierno dell'1-2%. La FAO prevede che i raccolti aumenteranno nei prossimi decenni, ma ciò deve avvenire senza consumo

ulteriore di suolo, senza invadere le foreste, mantenendo la salute dei terreni così come la quantità e la qualità dell'acqua.

L'innovazione sarà fondamentale per raggiungere questi obiettivi. La nuova *roadmap net zero* dell'IEA rileva che la decarbonizzazione necessaria entro il 2030 è in gran parte realizzabile con tecnologie prontamente disponibili, ma entro la metà del secolo quasi la metà delle riduzioni delle emissioni richieste richiederà tecnologie che non sono ancora sul mercato. La dipendenza da tecnologie ancora in fase di sviluppo è ancora maggiore per i settori più difficili da abbattere, come i trasporti a lunga distanza e l'industria pesante. Cattura e stoccaggio diretto della CO₂, batterie avanzate ed elettrolizzatori di idrogeno - possono fornire circa il 15% di riduzioni cumulative delle emissioni tra il 2030 e il 2050. I prezzi delle batterie sono diminuiti di quasi il 90% nell'ultimo decennio. L'IPCC e le *National Academies of Sciences* suggeriscono che, entro la metà del secolo, potrebbe essere necessario rimuovere ogni anno 8-10 GtCO₂, ma è opinione corrente che le NBS non basteranno e, anche con la massima innovazione, non potranno superare le 5-6 GtCO₂. Qualche forma di cattura tecnologica sarà necessaria.

L'appello all'innovazione non può in nessun caso essere una scusa per ritardare la transizione ecologica e l'azione climatica e non è necessario attendere l'avvio di nuove tecnologie. Nel settore delle costruzioni, ad esempio, disponiamo già di materiali e conoscenze in abbondanza per rinnovare i prodotti in modi che non emettono emissioni di gas serra e catturino persino le emissioni che abbiamo prodotto. La sfida, tuttavia, è superare le barriere che impediscono a residenti e proprietari, privati e commerciali, di apportare miglioramenti. La regolamentazione è una soluzione e anche l'innovazione può aiutare. Ma queste soluzioni devono essere integrate dalle giuste infrastrutture: reti elettriche migliorate, soluzioni di stoccaggio dell'energia e trasporto di idrogeno, adeguate strutture di ricarica per sostenere questi servizi essenziali. La natura globale della crisi climatica richiede un'innovazione che mobiliti un'ampia varietà di persone e organizzazioni in tutto il mondo per trovare e implementare soluzioni globali, ma anche capaci di adattarsi ai contesti locali. *Costruire resilienza sistemica* significa affrontare gli effetti del cambiamento climatico che sono dentro il nostro sistema, per come storicamente è stato costruito. Molte soluzioni per l'adattamento si basano su processi e competenze esistenti e, soprattutto, sul collegamento tra persone, natura, strutture finanziarie e tecnologia in modi nuovi e intelligenti. C'è un rischio nella accattivante narrativa dell'innovazione, laddove suggerisce che potremmo fare a meno di modificare i nostri stili di vita e i nostri comportamenti per affrontare la crisi climatica. Cambiare tutto perché nulla cambi. In realtà bisogna imparare a fare le cose in modo diverso e dobbiamo scegliere le tecnologie e le soluzioni già disponibili ed essere disposti a cambiare stile di vita quanto necessario perché siano efficaci.

La transizione digitale

La *transizione ecologica*, così come delineata nel *Green Deal* europeo, definisce un percorso di sostenibilità e combatte il cambiamento climatico e il degrado ambientale. Sentiamo spesso collegare ad essa la *transizione digitale*, che ha probabilmente motivazioni diverse e diverse convenienze, oltretutto una tempistica decisamente più breve ed obiettivi molto più a portata di mano. Le tecnologie digitali stanno trasformando le società e le economie, non senza contraddizioni e pericoli. Nel *Green Deal*, l'Unione europea mira a sfruttare le tecnologie digitali per la sostenibilità e la prosperità e per aumentare la consapevolezza ed il ruolo di cittadini ed imprese. Vanno gestite entrambe perché il *green* ha bisogno di tecnologie abilitanti e quelle digitali lo sono appieno. Le tecnologie digitali forniscono funzioni indispensabili per la transizione: il *monitoraggio* può fornire informazioni in tempo reale ed essere un catalizzatore per l'economia e per la stessa politica e anche una chiave per la conoscenza e la trasparenza; la *modellistica* e la *simulazione* computerizzate possono migliorare l'efficienza di ogni processo, ad esempio simulandone l'intero ciclo di vita dei prodotti; la *virtualizzazione* di produzione e consumo possono ridurre l'impatto ambientale spostando attività economiche sulla rete; la *gestione dei sistemi* può far fronte alla crescente complessità ottimizzando le operazioni come, ad esempio, in una *smart city*; l'informazione digitale e le *tecnologie della comunicazione* consentono nuovi livelli di partecipazione e di interazione. I dati e l'analisi dei dati sono la spina dorsale della transizione ecologica: le moderne tecnologie della comunicazione ed i sensori digitali possono aiutare a raccogliere e diffondere tali dati. Si può fare molto con l'Intelligenza Artificiale, che aggiunge all'informatica i riconoscimenti visivi e vocali e forme codificate di ragionamento, piuttosto che straparlare, al solito, *pour épater le bourgeois*.

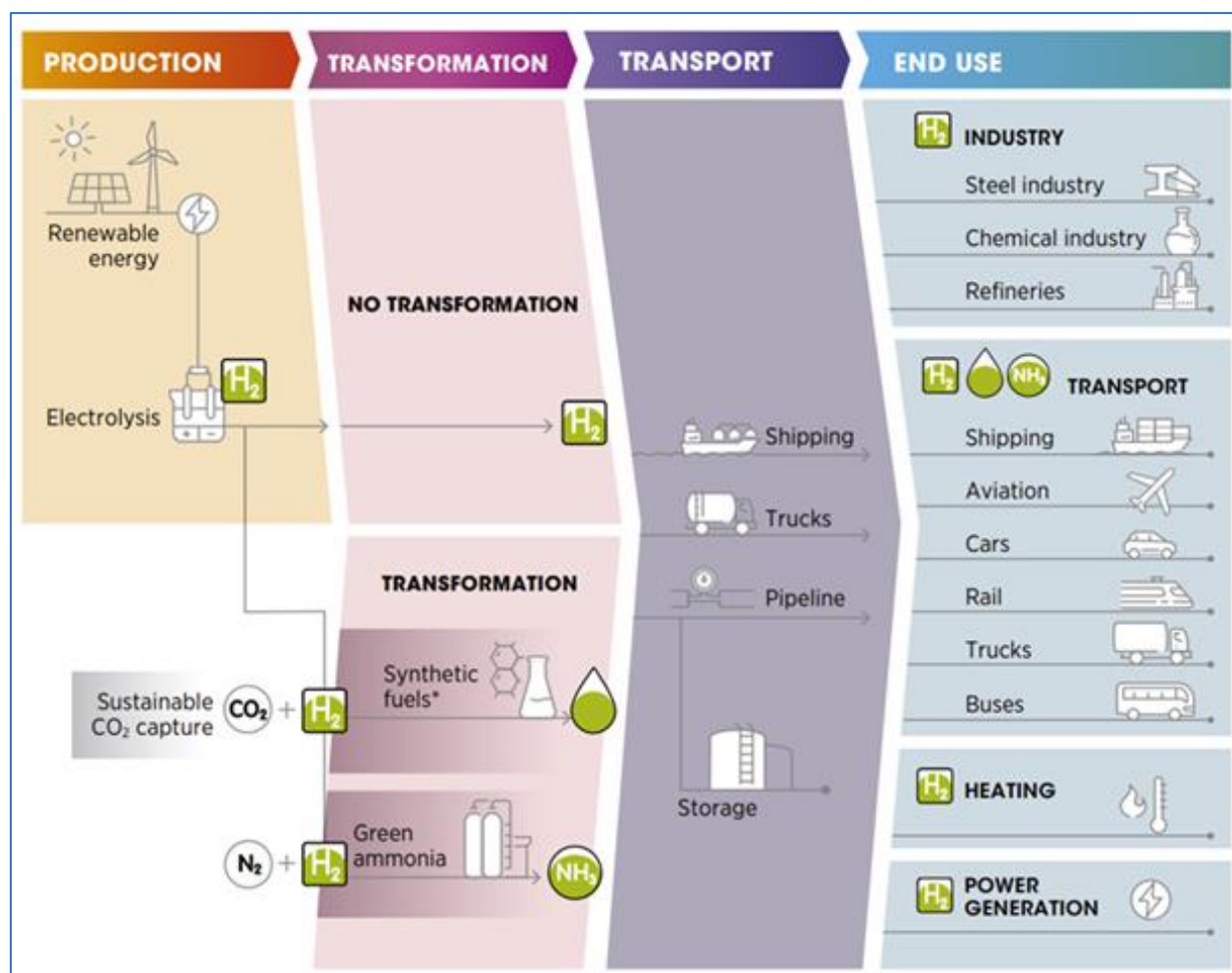
Nel settore agricolo, migliori sistemi di gestione possono aumentare la produttività attraverso pianificazione e controllo più accurati di mangime, acqua, energia, fertilizzanti e pesticidi. Nella rigenerazione urbana i parametri abitativi, urbanistici e trasportistici permettono di ottimizzare tutti i funzionamenti e perfino gli spazi, con le riunioni a distanza, lo *smart working* o gli acquisti *online*. Nel settore energetico, le tecnologie digitali sono ormai parte integrante di sistemi sempre più complessi e distribuiti e dare un contributo determinante al risparmio energetico. Nel settore industriale si ricorre alla robotica ed all'informatica nelle chiavi dell'efficienza, della competitività e anche della sicurezza. Le informazioni sulle parti e sui materiali utilizzati nei prodotti e l'uso dei *database blockchain*, sono una chiave indispensabile per l'economia circolare e per consentire una migliore manutenzione, maggiore riciclaggio e riutilizzo. Nel settore della mobilità e dei trasporti, la simulazione e i controlli telematici possono aiutare a ottimizzare i flussi di

traffico e limitare congestione e inquinamento. La gestione informatizzata dello *sharing* può essere decisiva per diminuire i volumi dei veicoli circolanti e i costi della mobilità.

L'idrogeno verde

Sull'idrogeno si gioca una partita forse decisiva per la transizione ecologica e quella energetica. È ancora un gas che potrebbe allungare la vita dei motori a combustione interna e delle caldaie per il riscaldamento perché si comporta in modo non dissimile dal gas naturale e, bruciando, emette solo vapor d'acqua. Ha però applicazioni dirette di grande rilevanza, perché può alimentare le celle a combustibile per il trasporto pesante e aiutare lo stoccaggio dell'energia rinnovabile in eccedenza, pur con la perdita di molti punti di efficienza. È un potentissimo elemento riducente, cosa che lo rende prezioso in molte applicazioni industriali a cominciare dalla siderurgia. In combinazione con l'azoto, abbondante in atmosfera, dà ammoniaca, un composto facilmente trasportabile e trasformabile, ma può essere stoccato e trasportato in molti altri modi.

Figura IN_1. Il ciclo industriale dell'idrogeno verde (fonte: IRENA)



Il suo problema è che non esiste in natura, a differenza dei fossili, e va prodotto industrialmente. Lo si può fare in molti modi, col metano, con gli idrocarburi, con il

nucleare ed altri processi ancora, che però non sono sostenibili. Questo spiega perché oggi una economia dell'idrogeno è inesistente. Le prospettive ci sono invece con l'idrogeno *green*, prodotto con i *surplus* elettrici rinnovabili.

La produzione globale di idrogeno industriale è per ora di circa 75 Mt/anno come idrogeno puro e altri 45 Mt come miscela con altri gas. Ciò equivale al 3% della domanda globale di energia finale, pari al consumo energetico annuo della Germania. L'idrogeno verde, ricavato mediante l'elettrolisi rinnovabile dell'acqua, e gli *e-fuel*, derivati combinandolo con la CO₂ atmosferica, sono interessanti sostituti dei combustibili fossili nelle applicazioni in cui l'elettrificazione diretta è irrealizzabile. Sebbene ciò li renda cruciali per la neutralità climatica, è tanto indispensabile quanto impegnativo aumentarne rapidamente l'offerta. L'idrogeno verde eliminerebbe i problemi di sostenibilità associati ai biocarburanti che sono carbonicamente neutri ma bruciano inquinando come gli altri e danno luogo a seri problemi di sostenibilità nei paesi produttori delle materie prime, olio di palma e derivati. Queste caratteristiche, oltre alla sua versatilità, hanno stimolato quella che potremmo chiamare una ondata di interesse, di obiettivi politici ed anche di investimenti nell'idrogeno. Inoltre, in risposta alla scarsità energetica strutturale dell'Europa messa in luce dalla crisi energetica, un'introduzione accelerata sul mercato dell'idrogeno è considerata un'opzione chiave per ridurre la dipendenza dalle importazioni di combustibili fossili. L'idrogeno svolge quindi un ruolo centrale in molti degli scenari di emissioni *net zero* e in gran parte dei Piani energetici dei vari Paesi.

Mentre il dibattito e la ricerca sull'idrogeno ruotano tradizionalmente attorno a domande relative alla fattibilità di applicazioni, mercati nei vari settori, oggi è in primo piano la questione della disponibilità dell'offerta. La scalabilità è un fattore di successo critico per le tecnologie di mitigazione del clima ma, finora, nessuno studio ha analizzato in maniera convincente e definitiva la possibile espansione dell'idrogeno verde dall'elettrolisi, una tecnologia agli esordi, che deve sperimentare una capacità di implementazione alla scala necessaria e una rapida innovazione. Questa esigenza rende critica perfino la richiesta di un simultaneo aumento di dieci volte dell'energia rinnovabile, che pure sarebbe già possibile a costi competitivi. Gli annunci dei progetti di elettrolisi indicano uno slancio esponenziale nel futuro, con tassi di crescita annui a tre cifre, ma l'80% di capacità rinnovabile aggiuntiva annunciato per essere *online* entro il 2023 non è ancora supportato da ***decisioni di investimento*** di portata adeguata.

Secondo l'IRENA l'efficienza energetica, l'elettrificazione e le energie rinnovabili possono raggiungere ***il 70% della mitigazione*** necessaria per l'Accordo di Parigi, e all'idrogeno verrà richiesto di decarbonizzare gli usi finali dove altre opzioni sono meno mature o più costose, come l'industria pesante, i trasporti a lungo raggio e lo stoccaggio dell'energia:

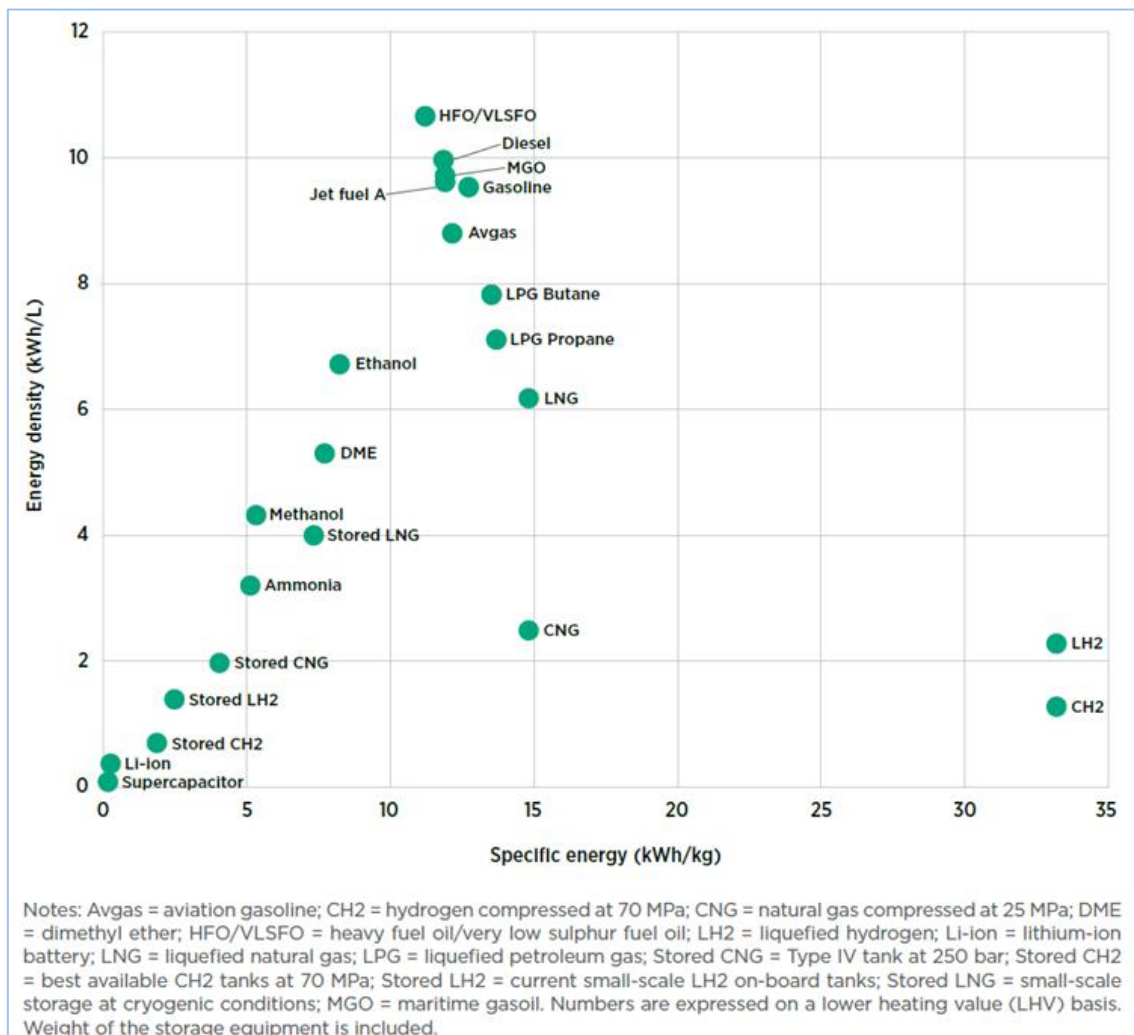
l'idrogeno potrebbe contribuire al 10% della mitigazione necessaria e al 12% della domanda finale di energia. Alla fine del 2021, il 47% della produzione globale di idrogeno proviene dal gas naturale, il 27% dal carbone, il 22% dal petrolio e solo il 4% è *green* e proviene dall'elettrolisi. L'elettricità aveva una quota rinnovabile media globale di circa il 33% nel 2021, il che significa che solo l'1% circa della produzione globale di idrogeno è prodotta con energia rinnovabile. L'idrogeno elettrolitico da produzione dedicata è rimasto limitato ai progetti dimostrativi per una capacità totale di 0,7 GW nel 2021. Al contrario, lo scenario 1,5°C richiederebbe 4-5 TW entro il 2050, con un tasso di crescita più rapido rispetto a quello sperimentato dal solare fotovoltaico (PV) e dall'eolico fino ad oggi.

L'uso dell'idrogeno come vettore energetico rimane limitato per ora principalmente ai veicoli stradali. A giugno 2021 più di ***40.000 veicoli elettrici a celle a combustibile*** erano in circolazione in tutto il mondo, di cui quasi il 90% in quattro paesi: Corea, Stati Uniti, Repubblica popolare cinese e Giappone. Alla fine del 2020 c'erano circa 6.000 autobus elettrici a celle a combustibile (il 95% di quelli in Cina) e più di 3.100 camion elettrici a celle a combustibile. Questi totali sono piccole frazioni della flotta globale di veicoli. Il pieno valore dell'idrogeno, tuttavia, si realizza completamente solo quando viene ulteriormente convertito in derivati. L'idrogeno può essere combinato con il carbonio della CO₂ atmosferica per produrre idrocarburi con praticamente qualsiasi molecola. Può essere utilizzato per produrre ammoniaca, che può essere utilizzata come materia prima per i fertilizzanti (la maggior parte dell'uso attuale) o per il trasporto dell'idrogeno. Può anche essere utilizzato per produrre metanolo, combustibili sintetici o anche come agente riducente per sostituire il carbone nella produzione siderurgica. Una volta convertita in questi prodotti, la densità energetica aumenta ulteriormente, rendendo conveniente il trasporto a lunga distanza e lo stoccaggio a lungo termine. Pertanto, la conversione in derivati dell'idrogeno sblocca efficacemente il commercio globale di energia rinnovabile. L'ammoniaca liquida ha, ad esempio, quasi otto volte la densità di energia (per m³) delle batterie agli ioni di litio e più di 20 volte la densità di energia gravimetrica (per kg) (Fig. IN_2).

La maggiore densità energetica delle materie prime derivate dall'idrogeno aumenta effettivamente la distanza a cui l'energia può essere trasportata in modo conveniente, collegando regioni capaci di produrre energia rinnovabile a basso costo con i centri di domanda che hanno un potenziale rinnovabile limitato o energia rinnovabile costosa. Il commercio globale di energia attraverso i derivati dell'idrogeno è una evidente fonte di vantaggi economici per i paesi importatori poveri di energia a basso costo. Ma occorre superare non pochi colli di bottiglia. Oggi, con i prezzi medi dei combustibili fossili per

barile a lungo termine di 75 US\$ e 4-6 US\$/GJ per il gas naturale, l'idrogeno rinnovabile è da due a tre volte più costoso. Le *pipeline* dell'idrogeno possono essere più costose tra il 10 e il 50%. Le celle a combustibile e i serbatoi di stoccaggio per il trasporto su strada sono molte volte più costosi dei motori a combustione interna. I carburanti sintetici per l'aviazione possono attualmente essere da tre a sei volte più costosi del carburante per *jet* da petrolio fossile.

Figura IN_2. Densità ed energia specifica dei combustibili (fonte: IRENA)



Il vantaggio di costo per il trasporto rispetto alle opzioni basate sui combustibili fossili può invece essere del 50-75% per l'ammoniaca, del 150% per il metanolo e del 30-40% per l'acciaio. Non esiste poi un *modo certificabile per differenziare l'idrogeno* a basse emissioni di carbonio dall'idrogeno di origine fossile. Ciò significa che manca il legame tra incentivi (di mercato e politici) e produzione, e che non c'è modo per i consumatori di conoscere l'origine e l'impatto ambientale dell'idrogeno acquistato. L'idrogeno non è oggi sul mercato, il che significa che i prezzi non sono regolati e c'è scarsa trasparenza dei prezzi e sulla concorrenza. A livello globale, ci sono solo circa 4.500 km di gasdotti per l'idrogeno

e quindi occorrono investimenti massicci. L'idrogeno *green* si fa solo con i *surplus* di energia rinnovabile come stabilisce anche la [recente normativa europea](#). Ciò non farà che aumentare il ritmo annuale richiesto per lo sviluppo della capacità elettrica rinnovabile, e rendere più impegnativa la decarbonizzazione.

La eliminazione del carbonio dall'atmosfera

L'importanza del CDR (*Carbon Dioxide Removal*) è stata delineata nel [Rapporto Speciale IPCC sugli 1,5 °C di riscaldamento globale](#), pubblicato nel 2018 su richiesta formale della COP 21 di Parigi. Al punto C3 del [SR15 SPM](#) si dichiara: “Tutti i percorsi che limitano il riscaldamento globale a 1,5 °C con un *overshoot* limitato o nullo, richiedono la rimozione di CO₂ dall'atmosfera, nell'ordine di 100-1000 GtCO₂ nel 21° secolo. Il CDR verrebbe utilizzato per compensare le emissioni residue e, nella maggior parte dei casi, raggiungere emissioni nette negative per riportare, dopo un picco, il riscaldamento globale a 1,5 °C. Nel recente [sesto Assessment Report IPCC - WG3](#), IPCC è ancora di più entrato nel dettaglio sui diversi tipi di CDR, considerando queste tecnologie come una delle opzioni del portafoglio della mitigazione e [scrivendo](#) che “I metodi e i livelli di implementazione del CDR nei percorsi di mitigazione studiati attraverso modelli globali variano a seconda delle ipotesi su costi, disponibilità e vincoli”.

Rimozione diretta (CDR, DAC), cattura e sequestro del carbonio (CCS, CCUS, BECCS etc.) e perfino le [tecnologie di geoingegnerizzazione](#) del clima sono tutti [wishful thinking](#) più o meno pericolosi, senza che vi sia finora alcun tentativo di approssimare il problema alla scala necessaria. La pericolosità degli immaginifici metodi di geoingegnerizzazione è tale che, per fortuna, se ne sta parlando solo in piccole comunità scientifiche e non è emerso nulla ai livelli politico-gestionali. Qualcosa in più si è fatto con la CCS e derivati, eliminazione della CO₂ dal gas naturale minerario in Norvegia e in Algeria, poco o niente sugli impianti di generazione elettrica. Qui la illusoria potenzialità tecnica della CCS ha addirittura modificato il linguaggio del negoziato internazionale sul clima, dove ormai si parla di *phase out* delle emissioni di carbonio *unabated*, lasciando intendere un via libera agli impianti industriali che si dotassero di CCS. Un impianto di CCS, fra l'altro, aumenta le emissioni di CO₂ di non meno del 50% e tutto questo dovrebbe essere catturato e stoccato. Il fatto che non si facciano passi avanti può far pensare che la CCS non sia altro che un espediente dialettico per allungare la vita agli impianti elettrici ed industriali che emettono CO₂.

La rimozione dell'anidride carbonica è invocata in tutti i percorsi di decarbonizzazione che sono stati elaborati dall'IPCC, dall'IEA e da molti altri autorevoli soggetti, per limitare il riscaldamento globale a 1,5 - 2 °C rispetto ai livelli preindustriali. Richiedono che la transizione inizi subito ma anche la rimozione della CO₂ dall'atmosfera perché non saremo

in grado di eliminare completamente le emissioni di carbonio nei tempi richiesti. I settori *hard to abate* come l'aviazione e il trasporto marittimo rimarranno grandi fonti di gas serra anche negli scenari più ottimistici. Le emissioni residue significherebbero che non si può raggiungere un obiettivo di emissioni zero e avremo bisogno di togliere CO₂ per raggiungere la neutralità. Storicamente, questo ha significato piantare o mantenere alberi e foreste, ma non basta, ed occorrerà rimuovere la CO₂ dall'atmosfera e immagazzinarla nel terreno, negli oceani e nei prodotti industriali. In un modo o nell'altro l'ecosistema terra cattura ogni anno 2 Gt di CO₂, niente di più.

Nature immagina una sorta di macchina del tempo partendo dal fatto che nel 2022, il mondo ha emesso 40,5 Gt di CO₂. Prendiamo ad esempio gli *hub* di cattura diretta, proposti negli Stati Uniti che estrarranno un Mt di CO₂ ogni anno. A quel ritmo, per ogni anno di funzionamento al suo pieno potenziale, ogni *hub* riporterebbe l'atmosfera indietro nel tempo di 13 minuti, ma quei 13 minuti significano un altro intero anno emissioni di CO₂. Se tutti sulla Terra piantassero un albero - 8 miliardi di alberi - una volta che gli alberi fossero maturi torneremmo indietro nel tempo di appena 43 ore ogni anno. Si capisce che non ci possono essere alternative ai tagli alle emissioni radicali e immediati. Se riducessimo le emissioni a circa il 10% dei livelli attuali, 4 Mt di CO₂ in un anno: un impianto DAC in grado di rimuovere un Mt sarebbe una macchina del tempo che ci riporterebbe indietro di 2 ore invece di 13 minuti. A quel punto, ci vorrebbero 4.000 impianti, naturalmente alimentati interamente da energia rinnovabile, per raggiungere il *net zero* in un dato anno.

In realtà, le emissioni residue saranno probabilmente il 18% del nostro totale attuale, quindi dovremo aumentare notevolmente la cattura del carbonio per raggiungere lo zero netto, ma forse si tratta di un obiettivo industrialmente perseguibile. Nel frattempo, è necessario trovare metodi di cattura che riducano al minimo l'uso del suolo e il consumo di energia e possano essere scalati rapidamente ed economicamente. Farlo ora è essenziale, in modo da avere la tecnologia disponibile in futuro, quando sarà efficace e quando potrà essere utilizzata per rimuovere le emissioni nella misura richiesta. Non tutte le tecniche che funzionano in laboratorio funzioneranno nel mondo reale. Alcune potrebbero comportare costi elevati per la biodiversità e l'ambiente. L'umanità non ha mai rimosso un inquinante atmosferico su scala globale, continentale o addirittura regionale: abbiamo solo chiuso la fonte e lasciato che la natura si occupasse di ripulire. È il caso dei clorofluorocarburi causa della distruzione dell'ozono stratosferico, dell'anidride solforosa e delle piogge acide, degli ossidi di zolfo e di azoto e dello *smog* fotochimico. Dobbiamo rallentare l'orologio al carbonio, conclude *Nature*, prima di poterlo riportare indietro.

Lo stesso *Green Deal* prospetta per l'Europa una decarbonizzazione “netta” al 2050 facendo affidamento su possibili metodi di cattura. La Commissione ha pertanto indetto una

consultazione pubblica fino ad Agosto 2023, chiedendo “Quale ruolo possono svolgere queste tecnologie nella decarbonizzazione dell'economia dell'EU rispettivamente entro il 2030, il 2040 e il 2050 e quali misure sono necessarie per ottimizzarne il potenziale, anche nella realizzazione di infrastrutture di trasporto e stoccaggio della CO₂ in tutta l'EU”.

Il settore agroalimentare

I sistemi agroalimentari danno luogo a circa il 30% delle emissioni globali e richiedono molti *input*, come fertilizzanti, acqua e macchinari, per coltivare cibo e trasportarlo ai consumatori. Ma il settore riceve poco più del 4% dei finanziamenti globali per il clima. L'Uruguay ha fornito un esempio di trasformazione riuscita nel suo paese, dove il governo ha realizzato un progetto finanziato dalla Global Environment Facility che ha ridotto del 10% le emissioni di gas serra derivanti dalla produzione di bestiame e ripristinato le terre degradate in tre anni. Hanno raggiunto questo successo grazie a buone pratiche, come la modifica della stagione riproduttiva, il monitoraggio delle condizioni del corpo degli animali e il lavoro con pascoli naturali per migliorarne la dieta

Durante la conferenza I4C di Bilbao, la Banca mondiale ha dichiarato che i governi di tutto il mondo spendono più di 600 miliardi di dollari ogni anno per sostenere i loro settori agricoli, ma gran parte di quel denaro va a sussidi che non vanno necessariamente a beneficio dell'ambiente o aumentano la produttività. Nell'ambito del suo piano d'azione per il cambiamento climatico 2021, la Banca si impegna ad allineare tutti i suoi investimenti con gli obiettivi dell'Accordo di Parigi, a partire dal 1° luglio di quest'anno.

I sistemi agroalimentari globali, istituzioni, infrastrutture, pratiche e colture che definiscono i modelli predominanti di produzione e consumo alimentare, sono tra le principali cause del cambiamento climatico, del degrado ecologico e del declino rurale. Molta parte delle discussioni scientifiche sull'agricoltura sostenibile si è concentrata per anni sul mantenimento dei principali modelli di consumo puntando sugli impatti ambientali negativi della produzione, sull'efficienza energetica e sulla logica della crescita verde, piuttosto che su una vera e propria transizione di sistema verso nuovi regimi energetici. Ridurre il consumo di carne e passare a diete a base vegetale, ridurre le perdite di raccolto e gli sprechi alimentari e apportare miglioramenti tecnologici e gestionali alla produzione alimentare sono elementi vitali per un sostanziale cambiamento del sistema agroalimentare, ma non si può fare a meno di ripensare alle strutture istituzionali, politiche ed economiche alla base dell'insostenibilità del sistema agroalimentare. L'industria agroalimentare ha creato enormi distretti agroindustriali che continuano a promuovere la produzione zootecnica e la conseguente sovrapproduzione di cereali da foraggio e la stessa deforestazione. Come le crisi alimentari globali del 2008 e del 2010, la guerra in Ucraina evidenzia la necessità di ripensare i modi in cui, a livello locale, locale, nazionale e

internazionale, i sistemi agroalimentari e il discorso sulla sicurezza alimentare sono basati su continuo ricorso ai combustibili fossili a buon mercato.

L'innalzamento delle temperature e del livello del mare, i cambiamenti nelle precipitazioni e nella temperatura dell'acqua, l'acidificazione degli oceani e gli eventi meteorologici estremi più frequenti e intensi, influenzeranno tutti come e dove produciamo il nostro cibo. I cambiamenti climatici aumenteranno la pressione sulla terra e sull'acqua, riducendo al contempo la crescita dei raccolti, ad eccezione di poche regioni. Si prevede che la produttività diminuirà per circa la metà delle attività di pesca in tutto il mondo a causa degli impatti dei cambiamenti climatici sugli stock. Col passare del tempo, gli agricoltori, i produttori di acquacoltura e i pescatori subiranno una crescente pressione per adattare le loro pratiche e tecnologie per affrontare queste sfide.

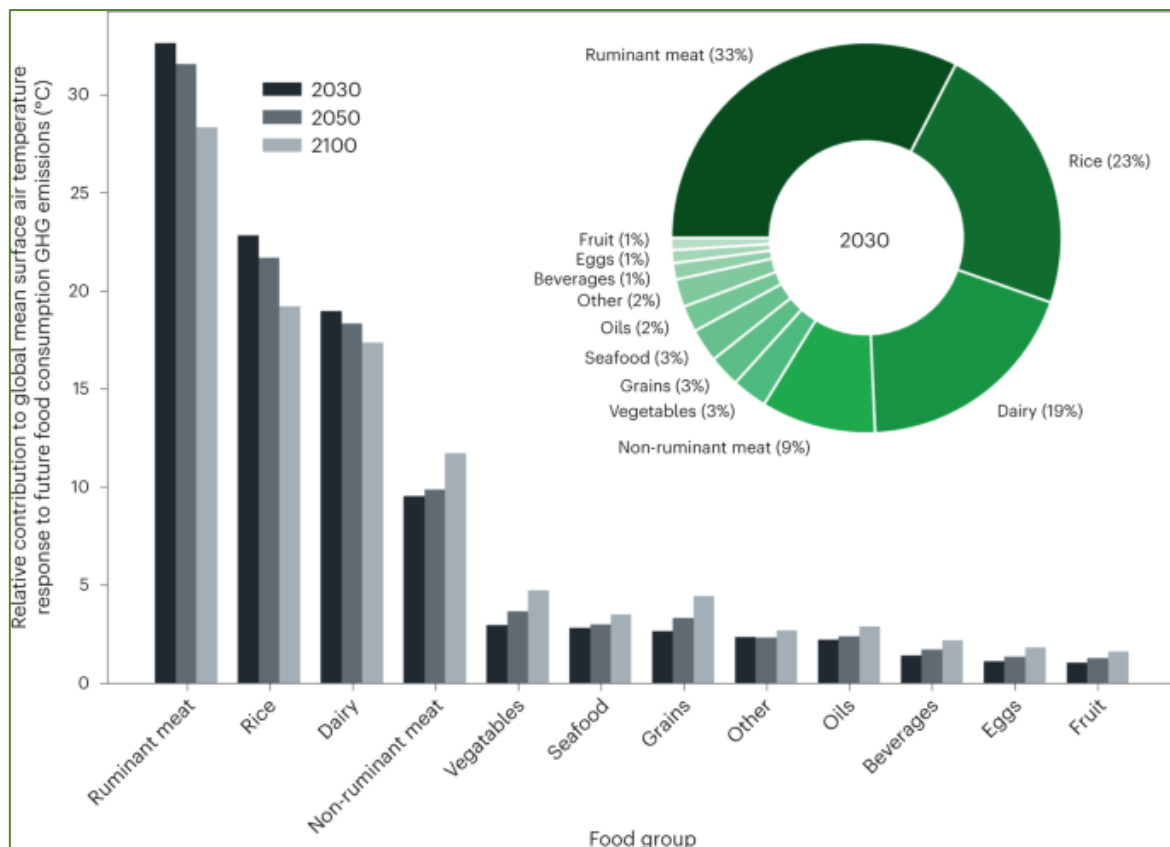
Il settore agricolo, insieme alla silvicoltura e ad altri usi del suolo, contribuisce a quasi un quarto di tutte le emissioni di gas serra di origine antropica. La metà di questa quota proviene dalle emissioni agricole dirette, principalmente dal bestiame, e la maggior parte del resto dalla deforestazione di cui l'agricoltura è il motore principale. Le emissioni dell'industria della pesca globale rappresentano solo il 4% delle emissioni derivanti dalla produzione alimentare, ma sono cresciute del 28% tra il 1990 e il 2011, con un piccolo aumento della produzione. La riduzione delle emissioni derivanti dalla produzione alimentare ha finora ricevuto meno attenzione nelle politiche di mitigazione dei gas serra rispetto a quelle derivanti dall'energia, dai trasporti e da altri settori industriali; di conseguenza le emissioni dell'agricoltura potrebbero diventare la fonte dominante delle emissioni globali entro la metà del secolo. Pertanto, raggiungere gli obiettivi dell'Accordo di Parigi sarà impossibile senza che il settore faccia la sua parte. Le politiche a livello internazionale, nazionale e settoriale devono però lavorare insieme per evitare di spostare semplicemente le emissioni di carbonio da un luogo all'altro. Nei paesi a basso reddito, tutto questo deve essere realizzato senza minacciare né la sicurezza alimentare né i diritti umani. In particolare delle popolazioni indigene.

Uno studio recente dimostra che il solo consumo alimentare globale potrebbe aggiungere quasi 1 °C al riscaldamento terrestre entro il 2100. Il 75% di questo riscaldamento è determinato da alimenti che sono fonti elevate di metano (carne di ruminanti, latticini e riso). Tuttavia, oltre il 55% del riscaldamento previsto può essere evitato grazie a miglioramenti simultanei delle pratiche di produzione, all'adozione universale di una dieta sana e alla riduzione degli sprechi alimentari a livello di consumatore e vendita al dettaglio.

Il settore agricolo è responsabile di quasi la metà delle emissioni di metano, di due terzi delle emissioni di protossido di azoto e del 3% delle emissioni di CO₂ derivanti dalle attività umane in tutto il mondo. Questi tre gas serra rappresentano l'80% del

riscaldamento lordo odierno (29, 5 e 46%, rispettivamente), suggerendo che l'agricoltura potrebbe essere responsabile di circa il 15% degli attuali livelli di riscaldamento. Tuttavia, solo un terzo dei paesi fa riferimento a misure di mitigazione dell'agricoltura nei propri NDC. La CO₂ può durare centinaia di anni nell'atmosfera, viene emessa lungo tutta la catena di approvvigionamento alimentare da fonti quali l'uso di energia dai macchinari per la coltivazione e il trasporto dei prodotti. Il metano, con GWP 100⁵, ha una vita atmosferica di circa un decennio e viene emesso principalmente dall'allevamento del bestiame e dal riso, attraverso la fermentazione enterica, la gestione del letame e la metanogenesi della risaia. Il protossido di azoto, con GWP 250, dura circa un secolo ed è emesso attraverso l'uso di fertilizzanti sintetici, le colture che fissano l'azoto e l'escrezione dei ruminanti nei pascoli. La Fig. IN_5 riporta in proiezione gli impatti degli alimenti in termini di riscaldamento globale.

Figura IN_5. Contributo degli alimenti al global warming (fonte: Nature)



⁵ Il GWP quantifica l'energia assorbita da emissioni di un GHG diverso dalla CO₂ rispetto a quello della stessa massa di CO₂ su un orizzonte temporale specificato (ad esempio, 100 o 20 anni). Si ottiene la CO_{2eq} moltiplicando il GWP per le emissioni e ottenendo la quantità di CO₂ che produrrebbe lo stesso impatto sul riscaldamento in un determinato periodo di tempo

Sul piano delle soluzioni e della transizione ecologica si parla prevalentemente dell'uso delle rinnovabili in agricoltura, degli usi dei suoli agricoli e, ancor di più degli allevamenti di bestiame e della produzione della carne in laboratorio. Queste novità arrivano a fronte della crescente consapevolezza pubblica dei danni degli allevamenti e si parla più che mai dell'urgente necessità di eliminare carne e latticini dalla nostra dieta per ridurre le emissioni globali di gas serra. Una tendenza al rialzo del consumo di carne e latticini – in gran parte nelle parti più ricche del mondo – ha portato la produzione di carne bovina a raddoppiare negli ultimi 50 anni. La produzione di bestiame contribuisce al 14,5% delle emissioni globali di gas serra, ad un terzo delle emissioni globali totali di metano e al 65% delle emissioni globali di protossido di azoto, che l'industria afferma di poter ridurre pur continuando a crescere.

Le soluzioni innovative proposte sono alquanto bizzarre. Si va dalle maschere per le mucche che catturano i loro rutti pieni di metano, all'editing genomico per allevare mucche a basso contenuto di metano, tutto è *orientato a cambiare le mucche*, non il comportamento dei consumatori. Gli additivi per mangimi che lavorano per sopprimere la produzione di metano nel sistema digestivo dei ruminanti, alghe intrasportabili compresse, sono una di queste innovazioni.

L'Europa, per parte sua, riferisce che nel 2017 l'agricoltura rappresenta il 10% delle sue emissioni GHG, superando i settori dell'energia, dei trasporti, residenziale e commerciale. Due tipi di gas serra in particolare sono associati alle pratiche agricole. Il settore agricolo ha ridotto le proprie emissioni GHG del 19% tra il 1990 e il 2017. Le emissioni di metano dovute alla fermentazione enterica del sistema digestivo dei bovini sono diminuite del 21% nello stesso periodo. Nell'ambito del *Green Deal*, la strategia *Farm to Fork* delinea il quadro per una transizione verso un sistema alimentare sostenibile, in cui gli agricoltori possono continuare a soddisfare la domanda di cibo della società proteggendo al contempo il clima. La *PAC è lo strumento chiave* per sostenere gli agricoltori in questa transizione, consentendo agli agricoltori di fornire alimenti sicuri, sani e prodotti in modo sostenibile per la società; di guadagnare un reddito stabile ed equo, tenendo conto dell'intera gamma di beni pubblici che forniscono e di proteggere le risorse naturali, migliorare la biodiversità e contribuire alla lotta contro il cambiamento climatico. Anche qui la spinta e le azioni per l'innovazione tecnologica e la nuova conoscenza sono fortemente supportate.

Conclusioni

Gli impegni sul clima già presi dai paesi più industrializzati, che si sono simbolicamente riuniti nel G7 nel giugno 2023 a Hiroshima, senza la Cina, sono ancora una volta insufficienti e incapaci di rimuovere le distorsioni del mercato che ostacolano la transizione ecologica. Nel 2020 e nel 2021, il G7 ha speso più di 725 miliardi di dollari in misure *green*, come energia pulita, efficienza energetica, veicoli elettrici e ricerca sull'innovazione, come parte di pacchetti per la ripresa economica dal rallentamento globale che ha accompagnato la pandemia di Covid-19. Ma la questione dei combustibili fossili da eliminare è rimasta fuori dall'agenda.

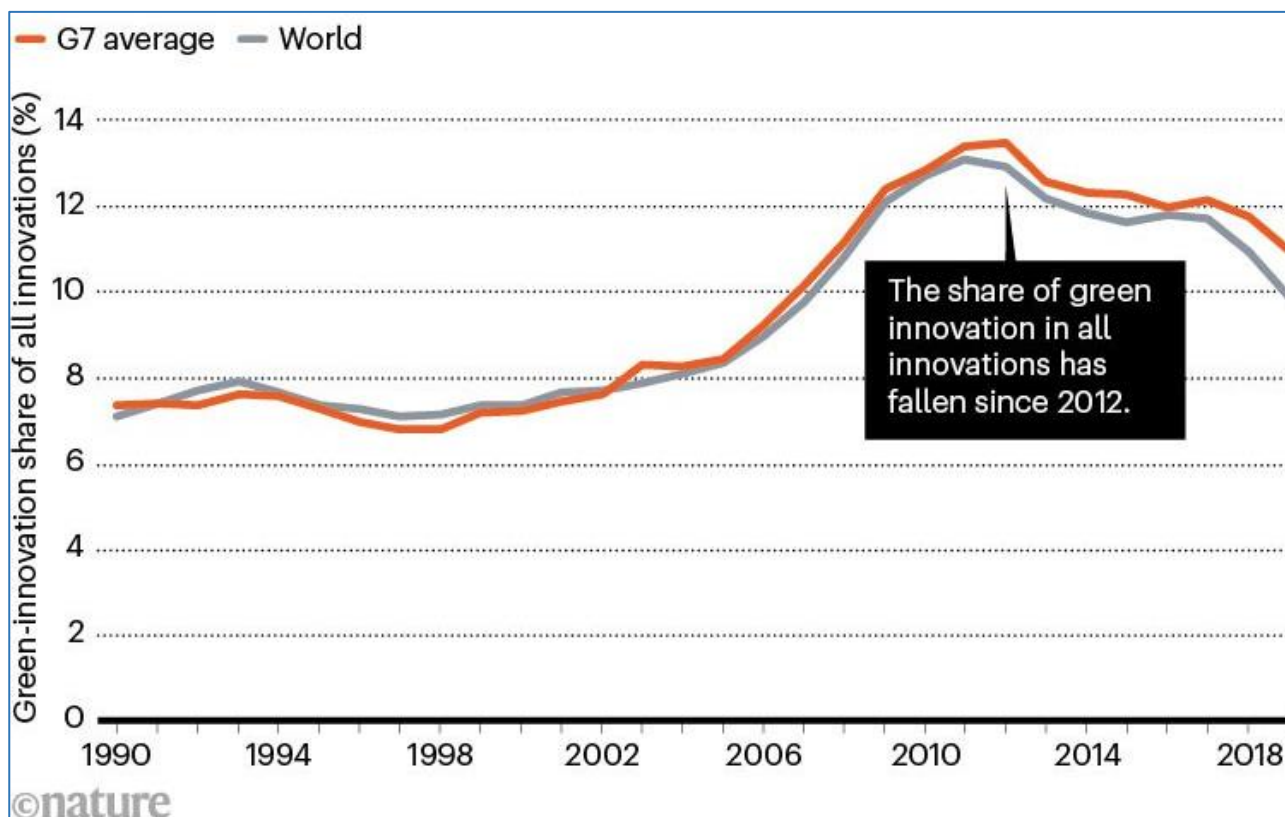
Le sovvenzioni, i SAD, come incentivi per l'aumento della produzione, cancellazioni e detrazioni fiscali e riduzione dei prezzi pagati dai consumatori per petrolio, carbone e gas ammontano ancora in media a 63 GUS\$ all'anno pari a 62 \$ a persona. I prezzi artificialmente bassi scoraggiano la rapida crescita dell'energia a basse emissioni di carbonio e hanno contribuito a stimolare un aumento post-pandemia del consumo di combustibili fossili e delle emissioni di gas serra. Aggiungendo i costi ambientali e sanitari dell'uso dei combustibili fossili, compresi gli impatti climatici, l'inquinamento, la congestione del traffico e gli incidenti stradali, nonché le mancate entrate fiscali, *la sottovalutazione dei combustibili fossili* sta costando ai paesi più avanzati quasi 1.200 GUS\$ all'anno, il 2,8% del loro PIL 1.186 \$ pro capite. Per il resto del mondo, il costo è di 4.700 GUS\$.

Quello che più preoccupa è che gli investimenti pubblici in ricerca e sviluppo delle tecnologie *green* stanno diminuendo proprio quando sono più necessari (Fig. CL_1). Sebbene le rinnovabili abbiano assorbito una quota crescente della spesa pubblica in R&S energetica dagli anni '90 agli anni 2000, raggiungendo un picco del 15-30% del totale in tutte le economie del G7 nel 2010, dal 2015 tale quota è scesa a circa il 10-20% del totale. La R&S finanziata dai governi relativa all'ambiente è bloccata all'1,5-3% per 6 delle economie del G7 e ad appena lo 0,3% negli Stati Uniti nel 2021. Nel periodo 2016-19, il G7 ha rappresentato il 70% dell'innovazione verde globale, con Stati Uniti e Giappone che hanno prodotto ciascuno il 21% e la Germania l'11%.

Il *Climate Club*, lanciato al vertice del 2022 in Germania, per stimolare l'introduzione di politiche climatiche più ambiziose non è ancora partito né è stato esteso ad altri Paesi. Si sta valutando se imporre o meno tasse sulle merci importate, sulla base delle loro emissioni di carbonio incorporate, come intende fare l'Europa con la CBAM. L'obiettivo è decarbonizzare le industrie ad alta intensità di emissioni, come cemento, prodotti chimici,

ferro e acciaio, proteggendo al contempo queste industrie dalla concorrenza in paesi che non hanno adottato iniziative simili.

Figura CL_1. La discesa della spesa pubblica nella ricerca green dei paesi avanzati (fonte: Nature)



La transizione ecologica è un momento chiave per l'economia mondiale da cui derivano obblighi per tutti i paesi avanzati, ovviamente comprendendo la Cina ed anche l'India.

In primo luogo, vanno eliminati gradualmente tutti i sussidi per il consumo e la produzione di combustibili fossili nei prossimi cinque anni. Ciò consentirebbe di risparmiare denaro e rendere le economie più sostenibili, indipendenti dal punto di vista energetico e sicure. In secondo luogo, vanno introdotti gradualmente meccanismi di *carbon pricing* più efficaci, si tratti di tasse sul carbonio o schemi di scambio di quote di emissione. Per ora, infatti, i prezzi del carbonio rimangono troppo bassi per incentivare la decarbonizzazione e la portata di questi meccanismi è troppo ristretta. Si calcola che per essere sulla buona strada per le emissioni *net zero* entro il 2050, il prezzo del carbonio deve arrivare a 75 – 100 US\$ per tonnellata e coprire più settori. Il sistema ETS di scambio di quote di emissione dell'Unione europea ha raggiunto livelli di prezzo più elevati, ma copre solo energia, produzione pesante e aviazione. Il prezzo del carbonio in Giappone è estremamente basso, 2 US\$/tCO_{2eq}, ma copre tutti i settori con alcune eccezioni. Gli Stati Uniti attualmente non hanno uno schema nazionale di tariffazione del carbonio, ma potrebbero incoraggiare gli stati e le città a tassare e scambiare il carbonio in modo più ampio, come

fanno attualmente la California, l'Oregon, Washington e la [Regional Greenhouse Gas Initiative](#) di 12 stati orientali.

In terzo luogo, i paesi sviluppati dovrebbero indirizzare le entrate fiscali verso priorità *green*, compresi gli investimenti in R&S in materia di energia pulita e infrastrutture di trasporto. I governi dovrebbero compensare gli effetti negativi sul reddito, sull'occupazione e sulla disuguaglianza aumentando il salario minimo, fornendo pagamenti o riqualificazione per i lavoratori sfollati e indirizzando i dividendi sul reddito e gli sgravi fiscali alle famiglie vulnerabili. Politiche di questo tipo in Italia, Francia, Germania, Spagna, Norvegia ed Estonia hanno attutito gli impatti dell'impennata dei prezzi dell'energia in seguito all'invasione russa dell'Ucraina. Compensare completamente il 20% più povero di tutte le famiglie europee per l'impennata dei prezzi dell'energia del 2021-22 sarebbe costato a ciascuna nazione, in media, lo 0,4% del Pil.

Il quarto punto riguarda l'estensione degli impegni ad un numero crescente di Paesi, non solo per evitare il *dumping* sul carbonio e la delocalizzazione ma soprattutto per avere più forza e probabilità di successo. Come incentivo, si potrebbero abbassare i prezzi minimi del carbonio per i mercati emergenti e le economie in via di sviluppo. Inizialmente, il prezzo minimo del carbonio potrebbe essere solo per la produzione di energia e le industrie ad alta intensità di carbonio come cemento, ferro, acciaio e prodotti chimici. Successivamente, potrebbe essere esteso ad altri settori e fonti dell'industria, dei servizi, dei trasporti e dell'agricoltura. I singoli paesi potrebbero fissare prezzi del carbonio più elevati per raggiungere impegni e obiettivi di mitigazione più ambiziosi. Potrebbe essere adottata una tassa sulle importazioni di carbonio, un addebito sul carbonio incorporato nelle importazioni da regioni che devono ancora adottare il prezzo minimo del carbonio, quello che in Europa chiamiamo *aggiustamento del carbonio alla frontiera*. Ad oggi l'opposizione dei paesi che sono o si presentano come in via di sviluppo non sembra lasciare una strada facile a questo tipo di iniziativa.

C'è infine l'eterna questione dell'assistenza ai mercati emergenti e alle economie in via di sviluppo per adottare le politiche e gli investimenti necessari. Si parla da anni di *transizione giusta*, ma la questione del finanziamento, delle inadempienze e delle *perdite e danni* continua a scavare un fosso incolmabile e paralizzante tra Nord e Sud del mondo. Una via ancora sperimentale è quella dei [meccanismi di cooperazione finanziaria](#) in cui i donatori aiutano a finanziare investimenti specifici nelle economie emergenti, con l'obiettivo di ridurre la dipendenza dai combustibili fossili e l'eccessiva dipendenza dal carbone, per accelerare una transizione verso l'energia pulita. Il primo partenariato è stato istituito tra i membri del G7 e il Sudafrica alla COP 26 di Glasgow. Lo scorso anno sono stati avviati altri due partenariati con Indonesia e Vietnam e altri due sono previsti con Senegal e India.

Un'altra partnership con ispirazione analoga cerca di mobilitare 600 miliardi di dollari in investimenti infrastrutturali globali da fonti pubbliche e private entro il 2027. Gli Stati Uniti hanno già promesso 200 miliardi di dollari che includono il miglioramento delle reti di trasmissione per sostenere l'energia pulita, uno sviluppo urbano più sostenibile, la decarbonizzazione delle industrie e la creazione di reti di ricarica per i veicoli elettrici. Queste politiche dovrebbero idealmente essere concepite per raggiungere contemporaneamente obiettivi di riduzione della povertà, sviluppo e mitigazione del clima, specialmente nelle aree rurali. Sono promettenti le politiche che stanno convertendo i sussidi ai combustibili fossili per supportare l'espansione dei servizi di energia rinnovabile nelle aree rurali scarsamente servite e, utilizzando i proventi della tariffazione del carbonio, per finanziare soluzioni basate sulla natura, come piantare foreste, e creare posti di lavoro e mezzi di sussistenza nelle regioni povere. I partenariati sono quanto mai lodevoli, ma si basano su una reciproca convenienza dei finanziatori e dei beneficiari. Il nocciolo duro del negoziato climatico sta altrove, dove i paesi poveri e quelli vulnerabili richiedono con durezza e con una organizzazione politica ben strutturata e protetta che l'occidente proceda ai pagamenti promessi e non mantenuti, come il *Green Climate Fund* di Obama, e a quelli non ancora promessi, come i fondi per i risarcimenti *Loss and Damage*, usciti in qualche modo vincenti alla COP 27 di Sharm el Sheik.

.
. .
.

Immagini

Figura IN_1. Anomalie della temperatura globale osservate dal 1900 (Fonte: WMO): l'originale fa parte della presentazione WMO al Convegno di I4C di quest'anno. Io ho solo una copia

Figura LP_1 Lo spazio operativo sostenibile per la società e l'ambiente, prima figura in [L'economia della "ciambella", Sette mosse per pensare come un economista del XXI secolo - L'Economy](#) Nota: alla revisione del testo in data 7 luglio il sito Long Term Economy risultava in manutenzione

Figura LP_2 I nuovi limiti planetari evidenziano superamenti e rischi ecosistemici, prima figura in [Safe and just Earth system boundaries | Nature](#)

Figura PM_1. I finanziamenti US da BIL e IRA per temi (fonte: McKinsey): Sesta figura in: [What's in the Inflation Reduction Act \(IRA\) of 2022 | McKinsey](#)

Figura PM_2. Generazione elettrica in USA per sorgente (fonte EIA): seconda figura in: [Electricity in the U.S. - U.S. Energy Information Administration \(EIA\)](#)

Figura PM_3. Produzione di energia in Cina per sorgente (fonte: OurWorldinData): disponibile in: [China: Energy Country Profile - Our World in Data](#)

Figura PM_4. La roadmap cinese verso la decarbonizzazione (fonte: Enerdata): tratto da: [Energy transition: all eyes on China – New Enerdata brief \(mailchi.mp\)](#)

Fig. CC_1. Il global warming nelle sue diversità a fine 2021 (fonte: NASA) in: [GISS2021F-Rolling1peryear-RollingAverageperyear.2021_print.jpg \(1024x576\) \(nasa.gov\)](#)

Figura CC_2. Variabili di stato minime per il monitoraggio del clima (fonte: WMO): l'originale fa parte della presentazione WMO al Convegno di I4C di quest'anno. Io ho solo una copia

Figura CC_3. I principali fattori di pressione sullo stato del clima (fonte: WMO): l'originale fa parte della presentazione WMO al Convegno di I4C di quest'anno. Io ho solo una copia

Figura CC_4. Anomalia media della temperatura superficiale in EWuropa nel 2022 (fonte:WMO): Seconda figura in: [WMO, C3S release sombre findings in joint State of the Climate in Europe 2022 report | Copernicus](#)

Figura CC_5. Serie storica delle emissioni in: <https://www.nature.com/articles/s43017-023-00406-z/figures/1>

Fig. CC_6. Emissioni serra in MtCO_{2eq} per settori dell'economia (fonte: Eurostat), in: [2c4bc06-0a0c-a473-b229-0348d600b46b \(1201x631\) \(europa.eu\)](#)

Figura CC_7. Emissioni storiche non LULUCF di CO₂ in Europa a 27 (Fonte: Statista), prima figura in: [EU carbon dioxide emissions 1965-2021 | Statista](#)

Figura CC_8. Emissione di metano in Mt nel 2022 per sorgente (fonte: IEA). In: [Sources of methane emissions, 2021 – Charts – Data & Statistics - IEA](#)

Figura CC_9. I primi 12 emettitori di metano nei vari settori, dentro e fuori dal Pledge (fonte: IEA), in: [The Global Methane Pledge – Global Methane Tracker 2022 – Analysis - IEA](#)

Figura CC_10. La qualità dell'aria a New York in giugno per effetto degli incendi in Canada (fonte: *The Guardian*) in: [Canada's wildfires are part of our new climate reality, experts and officials say | Canada | The Guardian](#)

Figura CC_11. Colonne di fumo dagli incendi delle colline canadesi (fonte: *Reuters*): Seconda foto in: [Canada on track for its worst-ever wildfire season | Reuters](#)

Figura CC_12. La struttura che deve avere il GST a norma dell'accordo di Parigi (fonte: *IISD*): Decima figura in: [Bonn climate talks: Key outcomes from the June 2023 UN climate conference - Carbon Brief](#)

Figura TE_1. Lo stato globale dell'energia visto attraverso gli obiettivi dell'Agenda 2030 (fonte: *IRENA*): Figura ES.1 in [Tracking SDG7: The energy progress report 2023 \(irena.org\)](#)

Figura TE_2. Quota della popolazione mondiale con accesso all'elettricità nel 2021 (fonte: *Irena*); Figura ES.2 come sopra

Figura TE_3. Consumo di energia rinnovabile e quota del consumo totale per tecnologia (fonte: *IEA*): Figura ES.5 come sopra

Figura TE_4. Investimenti energetici globali nell'energia pulita e nei combustibili fossili (fonte *IEA*), Fig. a pag. 8 in: [World Energy Investment 2023 \(windows.net\)](#)

Figura TE_5. Gli investimenti nel 2023 nelle energie rinnovabili, guidati dal solare, e dai veicoli elettrici (fonte: *IEA*), Fig. a pag. 10 come sopra

Figura TE_6. Prezzi medi 2023 per alcune tecnologie green (fonte: *IEA*), Fig. a pag. 15 come sopra

Figura TE_7. Minerali usati nelle varie tecnologie green (fonte: *IEA*): Fig. a pag. 6 in: [The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions \(windows.net\)](#)

Figura TE_8. Le Riserve mondiali di terre rare in tonnellate (fonte: *Reuters*): Terza figura in [newslink.reuters.com/public/32012015](#)

Figura TE_9. I primi tre produttori per i minerali critici (fonte: *Nature*): Seconda figura in: [The global fight for critical minerals is costly and damaging \(nature.com\)](#)

Figura TE_10. La concentrazione geografica dei minerali critici è peggiore di quella dei fossili (fonte: *IEA*), Fig. a pag. 13 come TE_7

Figura TE_11. Emissioni serra del ciclo dei minerali ed emissioni LCA dei veicoli BEV vs. ICE (fonte: *IEA*): Fig. a pag. 17 come TE_7

Figura TE_12. Quote di produzione elettrica in Europa al 2022 (fonte: *Ember*), Prima figura in [European Electricity Review 2023 | Ember \(ember-climate.org\)](#)

Figura TE_13. Performance % dei paesi europei in energia solare nel 2022 rispetto al 2021 (fonte: *Ember*): Fig. a pag. 26 come sopra

Figura TE_14. Il percorso dell'Europa nelle tecnologie green per rispettare gli 1,5 °C di Parigi (fonte: *Ember*) Fig. a pag. 9 come sopra

Figura ND_1, Non agire contro la natura Generica, può essere sostituita da altra figura analoga o anche eliminata

Figura ND_2. Distribuzione dei crediti emessi (in MtCO_{2eq}) per settore di provenienza: tradotta dalla fig. RENEWABLE ENERGY IN THE LEAD in <https://climatefocus.com/wp-content/uploads/2023/01/VCM-Dashboard-2022-Overview-1.pdf>.

Figura ND_3. Contributi potenziali delle NBS alla riduzione delle emissioni al 2030: Elaborazione Gaudioso dalla Fig. SPM 7 in AR6 Synthesis Report in: [IPCC AR6 SYR SPM.pdf](#)

Figura ND_4. Traiettorie di riduzione delle emissioni di gas-serra verso l'obiettivo net-zero
Figura a pag. 56 di *The State of Carbon Dioxide Removal - 1st Edition* (squarespace.com)

Figura IN_1. Il ciclo industriale dell'idrogeno verde (fonte: IRENA): prima figura in: [Hydrogen \(irena.org\)](https://irena.org)

Figura IN_2. Densità ed energia specifica dei combustibili (fonte: IRENA): seconda figura in: [Hydrogen \(irena.org\)](https://irena.org) come sopra

Figura IN_3. Contributo degli alimenti al global warming (fonte: Nature): terza figura in: [Future warming from global food consumption | Nature Climate Change](#)

Figura CC_1. La discesa della spesa pubblica nella ricerca dei paesi avanzati (fonte: Nature): da: [Three climate policies that the G7 must adopt — for itself and the wider world - CNN World Today](#)