

C'è qualcosa di nuovo sotto il Sole, anzi d'antico

Alessandra Bonoli

Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali dell'Università di Bologna

e-mail: alessandra.bonoli@unibo.it

Abstract. The only solution to the ecological and climate crises of our time is now the elimination of greenhouse gas emissions and a complete transition to producing electricity solely from renewable sources. In the shortest possible time.

Wind, geothermal, hydroelectric, solar, biomass. Extraordinary solar and photovoltaic technologies guarantee excellent efficiencies in converting the sun's rays—rays that are evenly spread and distributed, low cost, and particularly abundant in the poorest countries of Africa or the Far East. And wind farms on land or offshore designed to set up large power plants on windy ridges or in marine parks.

Sun, earth, water, air, wind, fire: these are our energy sources for the future. But weren't these the archè, the principle and driving force of life according to the ancient philosophers?

The very same elements we can now harness thanks to advanced technologies that have to be guided by political, social, and environmental awareness: innovative technologies that allow decentralized and low-cost energy production and energy communities with high added social value—important tools in the fight against global and widespread energy poverty. Technologies to produce clean and renewable energy, in light of the knowledge accumulated over centuries about the functioning of the Earth system.

Keywords: crisi ecologica; antropocene; transizione energetica; energie rinnovabili

1. Introduzione

Nel suo famoso e fondamentale testo “Qualcosa di nuovo sotto il Sole: storia dell'ambiente nel XX secolo” [1], John Mc Neill si interroga su che cosa è avvenuto nel secolo scorso e, in particolare, dalla fine della II guerra mondiale, durante quel periodo che lui stesso, in un altro libro divenuto molto popolare, chiama “la grande accelerazione” [2]. Dagli anni '50 del Novecento la popolazione mondiale è quadruplicata, i consumi di energia e di acqua sono cresciuti rispettivamente di sedici e nove volte, la produzione industriale di quaranta volte e le emissioni di diossido di carbonio sono aumentate del 1.200%. E in relazione all'incremento senza precedenti di concentrazione di gas climalteranti in atmosfera, la temperatura del pianeta ha avuto un'impennata maggiore di un grado e mezzo rispetto all'era preindustriale.

I progressi umani sono stati certamente stupefacenti, anche se ne ha beneficiato una parte ristretta della popolazione mondiale. Ma anche in termini ambientali il nostro impatto sul pianeta è stato unico e assolutamente non paragonabile a nessun altro momento della storia precedente dell'umanità.

Il periodo che stiamo attraversando è, appunto, definito da alcuni come la grande accelerazione, o dagli antropologi con il termine di surriscaldamento globale per indicare la crescita esponenziale e esageratamente elevata di tutti gli indicatori socio-economici o ambientali quali, ad esempio, l'incremento della popolazione globale e delle aree urbanizzate, il consumo di acqua, di materie prime e di energia, la produzione dei rifiuti, l'inquinamento atmosferico, l'emissione di gas climalteranti, lo sfruttamento del suolo e delle risorse.

Dai più, lo stesso periodo è definito come “Antropocene”, con un termine coniato nel 2000 dal premio Nobel per la chimica, Paul Crutzen, pubblicato, insieme a Eugene F. Stoermer, per la prima volta come nota nella Newsletter dell'International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) [3] e ribadito nel

2002 su Nature con l'articolo "Geology of Mankind" [4]. Da un punto di vista culturale l'espressione antropocene è stata sdoganata universalmente, ma non è ancora stata riconosciuta ufficialmente dalla società geologica internazionale. Perché? La giustificazione è relativa al fatto di come sia difficile riconoscere effettive discontinuità fra un periodo e l'altro. Fra un prima e un dopo. Eppure ...

Dei nove limiti planetari, o planetary boundaries, definiti dal modello sviluppato dallo Stockholm Resilience Center [5], sei sono stati superati, come evidenziato in figura 1, e un settimo, l'acidificazione degli oceani, si trova pericolosamente prossimo al limite del superamento.

In molti casi sono avvenuti superamenti irreversibili, dimostrando così una cesura sostanziale, rispetto al passato, di molteplici indicatori, fra cui occorre ricordare la concentrazione di diossido di carbonio equivalente in atmosfera, la temperatura del pianeta, il cambiamento climatico, la presenza di plastica nei sedimenti e nelle acque, solo per citarne alcuni. Si è superato in questi e in molti altri casi un punto di non ritorno che, a pieno titolo, giustificherebbe l'adozione di una terminologia nuova per l'epoca che viviamo [6].

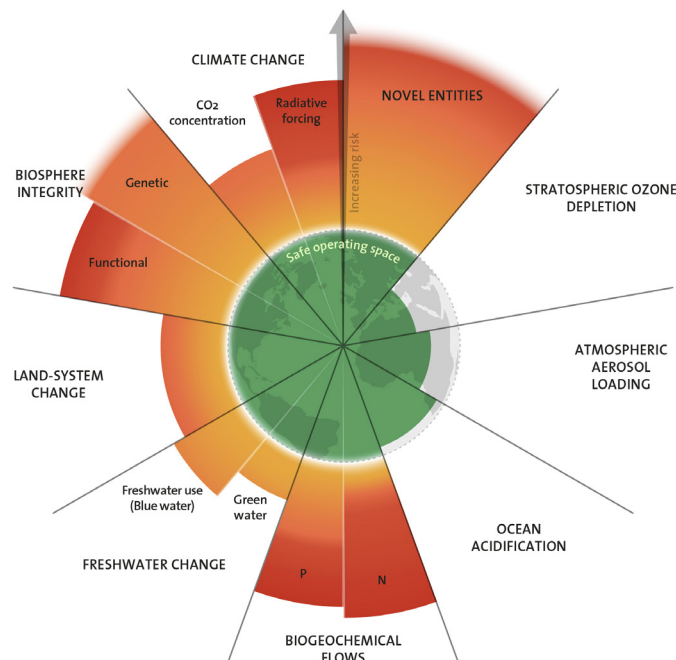


Figura 1. Aggiornamento 2025 dei Planetary boundaries [5]

Mitigazione, adattamento, sobrietà costituiscono le parole chiave determinanti nel supportare le decisioni sia collettive che individuali oggi cogenti e urgenti, da applicarsi in ogni contesto ecologico, sociale ed economico.

Mitigazione implica intervenire sulle origini di un problema specifico, limitando e risolvendo le questioni alla radice. In relazione alla crisi ambientale e climatica attuale, è essenziale azzerare le emissioni di gas a effetto serra, eliminando l'uso di fonti fossili, completamente e nel minor tempo possibile.

Adattamento si riferisce all'implementazione di azioni e piani che possano prevenire, contenere e contrastare i pericoli legati, per esempio, al cambiamento climatico, alla diminuzione della biodiversità e alla vulnerabilità degli ambienti urbani, affrontando e risolvendo i rischi connessi a qualsiasi forma di degrado.

Infine, sobrietà, o sufficienza, riguarda un cambiamento radicale rispetto ai bisogni e al ritmo di consumo, ovvero nello stile di vita che ha caratterizzato negli ultimi decenni, soprattutto, una parte del mondo, quella più ricca. Occorre un significativo cambiamento di paradigma, vivendo vite soddisfacenti, riducendo il consumo di risorse. I principi legati al concetto di sufficienza, come la moderazio-

ne, la precauzione o il “chi inquina paga”, insieme agli obiettivi “zero” (zero produzione di rifiuti, zero consumo di energia, chilometri zero, ecc.), sono interconnessi con sobrietà e parsimonia e devono essere riscoperti in ogni ambito: vita quotidiana e abitudini domestiche, gestione politica e governance, produzione e industria, agricoltura. In sostanza, sufficienza implica utilizzare meno (energia, materie prime, acqua, ecc.) e produrre meno (rifiuti, acque reflue, emissioni atmosferiche, inquinanti), per evitare effetti negativi sull'ambiente, sulla biodiversità e sugli ecosistemi naturali e per attenuare gli impatti sociali sulle comunità vulnerabili e le disuguaglianze economiche.

Nella letteratura sulla giustizia climatica, le soglie di sufficienza nell'adattamento sono state recentemente definite in termini di capacità di vivere una vita umana dignitosa, o come capacità necessaria per la resilienza climatica. Superare i limiti di adattamento rappresenta un impatto negativo da evitare. Questa affermazione sui limiti di adattamento presuppone implicitamente l'esistenza di diritti distributivi delle comunità e dei loro membri. Nel contesto dell'adattamento climatico, un approccio sufficientario può affrontare al meglio le sfide poste anche dai principi egualitari e prioritari [7].

2. Transizione energetica ed energie rinnovabili

L'unica autentica risposta alle attuali emergenze ecologiche e climatiche consiste nell'eliminazione totale delle emissioni di gas serra e in una transizione rapida e completa che veda l'abbandono dei combustibili fossili, puntando a ottenere energia elettrica solo da fonti pulite. E nel minor tempo possibile [8].

Vi sono innumerevoli tecnologie consolidate, efficaci e ad alta efficienza, che spaziano dall'energia eolica al geotermico, dall'idroelettrico al solare e alle biomasse.

Sono largamente disponibili oggi tecnologie solari e fotovoltaiche eccezionali che offrono elevate efficienze nella trasformazione della luce solare, sempre presente sul nostro pianeta, distribuita equamente, disponibile senza costi e particolarmente abbondante nei Paesi più svantaggiati dell'Africa e dell'estremo oriente.

Le innovazioni tecnologiche permettono una produzione di energia diffusa e a costo contenuto, affrontando anche altre problematiche ambientali, come il surriscaldamento estivo delle aree urbane e la desertificazione delle campagne. Tra queste vi è l'agrivoltaico, che aiuta a ridurre le emissioni e incrementa l'efficienza delle coltivazioni agricole con magnifici pannelli simili a girasoli, che seguono il movimento del sole per catturarne appieno l'energia. Inoltre, ci sono impianti on-shore, progettati per realizzare grandi centrali di produzione elettrica in parchi marini, e le comunità energetiche che apportano un grande valore sociale aggiunto e rappresentano strumenti fondamentali nella lotta contro la crescente povertà energetica.

Ma è possibile oggi anche la generazione di energia elettrica sfruttando maree e correnti marine. Le turbine, posizionate a poca profondità sotto la superficie dell'acqua, vengono attivate naturalmente dal movimento delle onde e delle masse d'acqua, utilizzando lo stesso metodo impiegato per l'energia eolica, mediante generatori ad asse verticale o orizzontale, per approfittare anche delle correnti di marea che possono cambiare direzione. Le correnti marine, infatti, sono presenti ovunque, diffuse e disponibili in ogni corso d'acqua, mare e oceano, potenzialmente sfruttabili in ogni nazione.

Quindi, Sole, Terra, acqua, aria, vento e fuoco, questi sono le nostre future sorgenti energetiche.

Ma non sono questi, proprio, l'arché, il principio e il motore della vita per i filosofi e scienziati presocratici? Talete, Anassimene, Anassimandro, Eraclito, fino a Pitagora e l'armonia matematica dell'universo [9]. Gli stessi elementi di cui possiamo oggi fruire efficacemente, senza comprometterne l'esistenza o impoverirli, per generare energia pulita e rinnovabile, avvalendoci delle conoscenze tecniche che possediamo, nel pieno rispetto della natura.

3. Costo economico dell'inazione o dell'opposizione alle rinnovabili

L'elettricità in Italia è la più cara d'Europa. Lo scorso anno il prezzo medio è stato di 108,5 euro per MWh [10], a fronte dei 78 euro della Germania e dei 58 euro della Francia. In Norvegia, dove oltre il 95% dell'energia prodotta è green, il prezzo è crollato a 36 euro [11].

Nel 2024 in Italia (Figura 2) si sono consumati 312.285 GWh di elettricità, di cui 51.000 sono stati importati, mentre il resto, pari al 49%, è stato prodotto da fonti rinnovabili, prevalentemente da 1.992.117 impianti fotovoltaici e 6.148 eolici [12]. La parte residua è derivata dai fonti fossili. In coerenza con l'obiettivo europeo di neutralità climatica al 2050, il PNIEC (Piano Nazionale per l'Energia e il Clima) stabilisce che entro il 2030 le fonti rinnovabili dovranno coprire il 63,4% dei consumi elettrici nazionali, mentre la quota complessiva di rinnovabili sui consumi finali lordi di energia dovrà raggiungere il 39,4% [13].

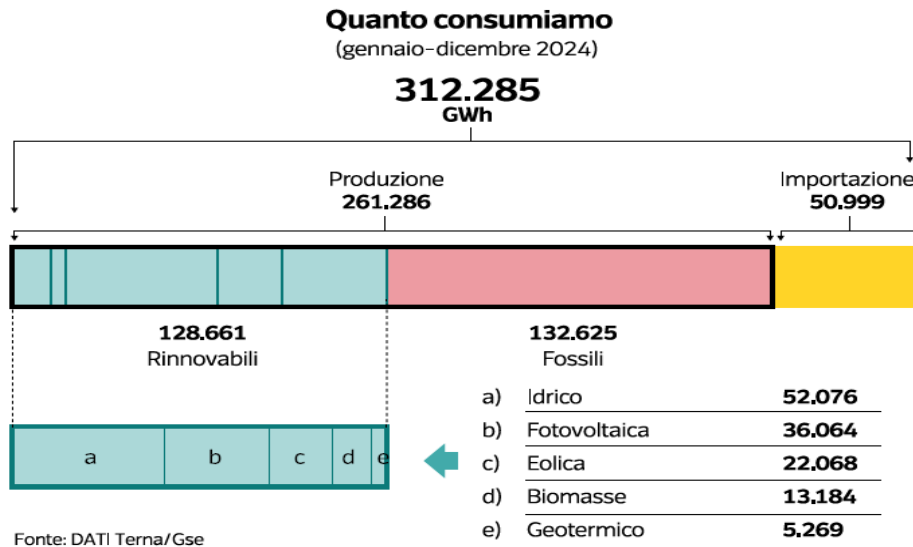


Figura 2. Consumi di elettricità in Italia nel 2024 e fonti di approvvigionamento (dati Terna/GSE [12])

Nell'ultimo decennio la produzione italiana di energie rinnovabili è aumentata del 44%, mentre in Francia è salita del 75%, in Spagna del 78%, e in Germania del 93% [14].

Come è noto, spetta alle Regioni individuare le aree di accelerazione (dove l'iter autorizzativo dovrebbe essere rapidissimo), quelle idonee, e quelle dove è meglio evitare gli impianti. A maggio di quest'anno, il TAR ha bocciato il decreto perché lascia troppa discrezionalità. Nel frattempo, le Regioni si sono mosse, in genere con un'interpretazione restrittiva, così da prevenire il malcontento degli elettori. E si è scatenata una raffica di ricorsi.

La prima a fare la propria legge è stata la Sardegna, bloccando anche impianti già autorizzati. Il governo la impugna, la Regione ne approva un'altra dove quasi tutta la regione è "non idonea" e il governo impugna anche quella. A luglio la Corte costituzionale censura la Regione Calabria, ribadendo che un'area non idonea non equivale a divieto assoluto; a ottobre 2025 il Consiglio di Stato annulla due delibere del Piemonte che vietano il fotovoltaico a terra su aree agricole di elevato interesse economico.

Ma insieme alla politica, ci sono i movimenti dal basso: in Italia esistono più di 120 comitati e associazioni che organizzano cortei, convegni e petizioni per dire no all'eolico e al fotovoltaico a terra.

Fra questi, alcuni sono violenti tanto che negli ultimi sedici mesi si registrano sette episodi di incendi e sabotaggi. Solo per citarne un paio: nel cantiere Agsm, autorizzato alla costruzione di un parco eolico in Mugello, gli attivisti hanno asportato recinzioni e picchetti, piantato chiodi sugli alberi per renderne pericoloso il taglio, danneggiato i macchinari e aggredito ingegneri e boscaioli; in Sardegna, dove si sospetta l'infiltrazione criminale nel business dell'eolico, sono stati svitati i dadi alla base delle pale, incendiato pannelli fotovoltaici e lanciato molotov contro i teli di protezione di un deposito.

L'iter per l'approvazione degli impianti non prevede la consultazione delle popolazioni, ma le proteste influenzano i politici locali che, secondo la logica del Nimtoo («Not in my terms of office», non durante il mio mandato elettorale), per non scontentare nessuno cercano di non fare scelte, rinunciando così a promuovere adeguatamente nuove installazioni.

Ma quali sono le principali pretestuose accuse alle fonti energetiche rinnovabili? Vediamone qui solo alcune e le possibili giustificate obiezioni.

- *Rovino il paesaggio, rubano spazio all'agricoltura.*

L'Italia dispone di un ampio margine territoriale per l'espansione delle energie rinnovabili senza nuovo consumo di suolo agricolo.

Secondo stime basate su dati ISPRA-SNPA, le aree dismesse e degradate (ex cave, ex discariche, siti industriali abbandonati), potenzialmente idonee al solo fotovoltaico, ammontano a circa 210 km² a scala nazionale [15], arrivando a 490 km² per il fotovoltaico a terra ricavabile da appena il 4% delle zone agricole inutilizzate. Uno studio del 2021 di Carbon Tracker, "The Sky's the Limit" [16], stima che basti occupare lo 0,3% della superficie terrestre con pannelli solari per soddisfare l'attuale richiesta energetica globale.

Questo dato è sorprendentemente modesto se paragonato all'attuale ingombro territoriale necessario per le infrastrutture connesse alla produzione, trasporto, raffinazione delle fonti fossili. Secondo lo stesso studio, l'energia tecnicamente disponibile da solare ed eolico sarebbe oggi superiore di oltre cento volte la domanda mondiale.

In sostanza, i limiti principali non sono più tecnici, ma politici, normativi e strategici.

A livello di uso di suolo, un rapporto elaborato da Princeton (Net-Zero America) [17] mostra che l'impronta territoriale delle rinnovabili è in molti casi inferiore a quella richiesta dalle infrastrutture fossili, proprio perché queste ultime richiedono miniere, estrazioni, trasporti, raffinerie, rete alimentata e così via. Più recentemente, uno studio del 2024 [18] evidenzia come in alcuni Paesi si usi più terreno per golf club che per impianti solari o eolici, suggerendo che ci sia ampio margine per riconfigurare le priorità dell'uso del suolo in favore delle rinnovabili.

- *Le rinnovabili inquinano*

Ridurre gli inquinanti è l'unica soluzione per frenare il cambiamento climatico: "ogni frazione di grado in più significa più fame, sfollamenti e perdite" è quanto affermato da António Guterres il 6 novembre 2025, nel corso del suo intervento di apertura al World Leaders Climate Action Summit, svoltosi a Belém (Brasile) alla vigilia della COP30 delle Nazioni Unite [19].

I dati dell'Agenzia internazionale per le energie rinnovabili (Irena) dimostrano che per fabbricare un impianto da 1 MW di fotovoltaico a terra servono 200 tonnellate di materiali, poi questo si alimenterà gratuitamente per i successivi 30 anni [20]. Per produrre la stessa elettricità da una centrale termoelettrica servono 14.000 tonnellate di carbone e 5.000 di gas.

- *La transizione energetica non conviene*

Sempre secondo dati Terna [21], l'attuale sistema di trasmissione dell'energia elettrica, basato su un'infrastruttura a corrente alternata, crea dei colli di bottiglia che impediscono agli impianti di produrre alla loro capacità massima, perché non sempre si riesce a trasferire grandi quantità di potenza sulle lunghe distanze. Le soluzioni ci sono, a cominciare da quella di realizzare una rete a corrente continua ad alta tensione e implementare i sistemi di accumulo. I costi sembrano elevati, ma sganciarci dal gas e raggiungere l'obiettivo 2050 per l'Italia significa guadagnare 900.000 posti di lavoro [22] e, come ci insegna la Norvegia, ridurre fortemente le bollette.

L'Agenzia Internazionale per l'Energia (IEA) ha confrontato i costi usando il LCOE – Levelized Cost of Electricity, cioè il costo medio di produzione lungo l'intera vita dell'impianto [23], e ha mostrato come solare ed eolico costino quattro volte meno del gas e tre volte meno del nucleare (Figura 3).

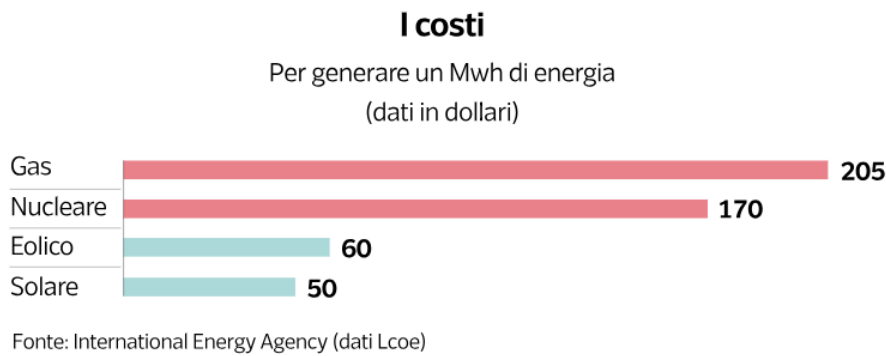


Figura 3. Confronto dei costi di energia ottenuta da varie fonti (dati di IEA [23])

Infine, è evidente il vantaggio economico della transizione energetica. Infatti, secondo recenti dati dell'International Monetary Fund (IMF) [24], il ritorno degli investimenti della decarbonizzazione mondiale entro il 2050 sarebbe ampiamente superiore ai relativi costi, come mostrato in figura 4.

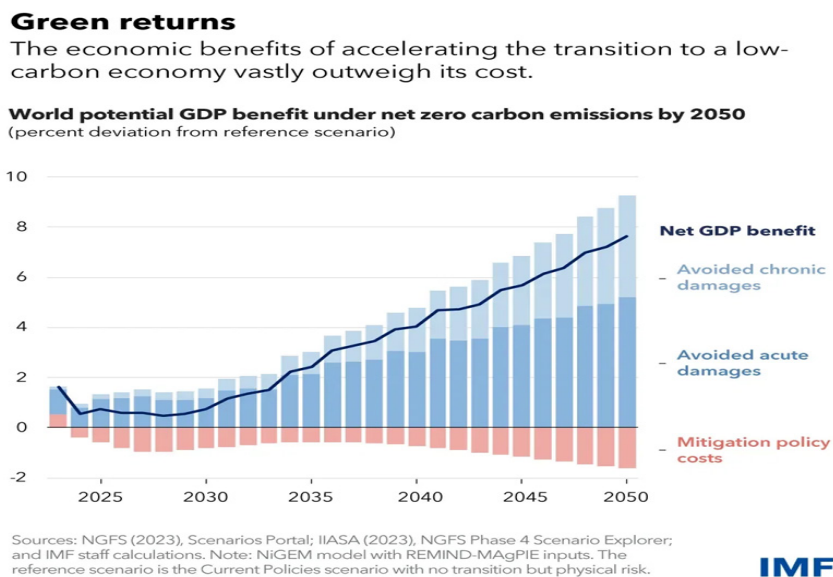


Figura 4. Ritorno degli investimenti della decarbonizzazione (dati IMF [24])

L'obiettivo, dunque, è quello di uscire dall'attuale sistema, la cui principale inefficienza risiede nel fatto che, su cento unità di combustibili fossili estratte, ne sprechiamo almeno due terzi in calore disperso nell'ambiente, con altri danni incalcolabili e irreversibili.

4. Considerazioni conclusive

Come abbiamo visto, l'unica soluzione alle crisi ecologica e climatica del nostro tempo è rappresentata oggi dall'annullamento delle emissioni di gas serra e da una transizione integrale e, nel più breve tempo possibile, verso la produzione di energia elettrica esclusivamente da fonti rinnovabili. Le attuali tecnologie solari e fotovoltaiche possono garantire eccellenti efficienze di trasformazione dei raggi del Sole, equamente diffusi e distribuiti, gratuiti e particolarmente abbondanti proprio nei paesi più poveri dell'Africa o dell'Estremo Oriente. C'è poi da aggiungere l'utilità di impianti eolici a terra o

offshore mirati all'allestimento di grandi centrali di produzione di energia elettrica sui crinali ventosi o nei parchi marini.

Sole, Terra, acqua, aria, vento, fuoco sono le nostre fonti energetiche del futuro. Ma non rappresentano queste l'archè, il principio e il motore della vita secondo la filosofia antica?

Sono gli stessi elementi di cui oggi ci possiamo servire, grazie a tecnologie avanzate, quando informate da consapevolezza politiche, sociali e ambientali: tecnologie innovative, che consentono una produzione di energia capillare e a basso costo, comunità energetiche, che hanno un grande valore sociale aggiunto, essendo importanti strumenti di lotta alla globale e diffusa povertà energetica, e tecnologie che permettono di ottenere energia pulita e rinnovabile, alla luce delle conoscenze consolidate nei secoli sul funzionamento del sistema Terra.

Riferimenti bibliografici

- [1] J. Mc Neill, *Qualcosa di nuovo sotto il Sole: Storia dell'ambiente nel XX secolo*, Einaudi, Torino, 2022.
- [2] J. R. McNeill, P. Engelke, *La grande accelerazione. Una storia ambientale dell'Antropocene dopo il 1945*, Einaudi, Torino, 2018.
- [3] P. J. Crutzen, E. F. Stoermer, W. Steffen, *The Anthropocene. The Future of Nature*, Yale University Press, 2000 (<http://www.jstor.com/stable/j.ctt5vm5bn.52>).
- [4] P. J. Crutzen, Geology of mankind, *Nature*, 2002, **415**(6867), 23-23 (doi 10.1038/415023).
- [5] <https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html>.
- [6] P. Govoni, G. Belcastro, A. Bonoli, G. Guerzoni, *Ripensare l'Antropocene*, Carocci editore, Roma, 2024.
- [7] I. Wallimann-Helmer, S. Kräuchi. Adaptation limits as sufficiency entitlements of justice, *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2025, **73**, 101507 (<https://doi.org/10.1016/j.coust.2024.101507>).
- [8] La Transizione Energetica in Italia, a cura di Energia per l'Italia, 2025 (<https://www.energiaperitalia.it/libro/la-transizione-energetica-in-italia/>).
- [9] A. Gargano, *Introduzione alla filosofia greca. Da Talete A Parmenide*, Istituto Italiano per gli Studi Filosofici, 1995 (https://www.iisf.it/scuola/int_fil_greca/parmenide.htm).
- [10] <https://www.mercatoelettrico.org/it-it/Home/Esiti/Elettricità/MGP/Statistiche/SintesiMGP>
- [11] <https://www.eea.europa.eu/en/europe-environment-2025/countries/norway/renewable-energy-sources>
- [12] GSE, Rapporto energia da FER in Italia. 2024 (<https://www.rinnovabili.it/wp-content/uploads/2025/09/Solare-Fotovoltaico-Rapporto-Statistico-2024.pdf>).
- [13] Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE), Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima, versione definitiva, luglio 2024 (https://www.mase.gov.it/portale/documents/d/guest/pniec_2024_revfin_01072024-pdf).
- [14] <https://www.terna.it/it/sistema-elettrico/statistiche>
- [15] Decreto "Aree Idonee", DM 21 giugno 2024 (<https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2024/07/02/24A03360/SG>).
- [16] K. Bond, Carbon Tracker Initiative Report 2021, The Sky's the Limit: Solar and wind energy potential is 100 times as much as global energy demand.
- [17] E. Larson et al., NetZero America, Potential Pathways, Infrastructure, and Impacts, Andlinger Center for Energy and the Environment, 2020 (https://netzeroamerica.princeton.edu/img/Princeton_NZA_Interim_Report_15_Dec_2020_FINAL.pdf).
- [18] J. M. Weinand, T. Pelsler, M. Kleinebrahm, D. Stolten, Countries across the world use more land for golf courses than wind or solar energy, *Environmental Research Communications*, 2025, **7**, 021012 (<https://arxiv.org/abs/2412.15376>).
- [19] <https://www.vaticannews.va/it/mondo/news/2025-11/leader-mondiali-riuniti-a-belem-per-la-cop30-pesa-assenza-usa.html>

- [20] IRENA, The geopolitical benefits of the energy transition e Future of Solar PV (<https://www.irena.org/>).
- [21] <https://lightbox.terna.it/it/insight/hvdc-tecnologia-corrente-continua>
- [22] L. M. Pastore, L. de Santoli, Socio-economic implications of implementing a carbon-neutral energy system: a green new deal for Italy, *Energy*, 2025, **322**, 135682 (<https://doi.org/10.1016/j.energy.2025.135682>).
- [23] <https://www.iea.org/search/charts?q=LCOE>
- [24] <https://www.imf.org/en/blogs/articles/2023/12/05/benefits-of-accelerating-the-climate-transition-outweigh-the-costs>