

PROSPETTIVE SULLA TRANSIZIONE **ENERGETICA** **MONDIALE**

TRANSIZIONE 1,5 °C

ANALISI RIEPILOGATIVA

© IRENA 2021

Se non diversamente specificato, il materiale in questa pubblicazione può essere liberamente utilizzato, condiviso, copiato, riprodotto, stampato e/o conservato, a condizione che venga adeguatamente indicata IRENA come fonte e detentrica del copyright. Il materiale di questa pubblicazione attribuito a terzi può essere soggetto a condizioni d'uso e restrizioni separate e potrebbe essere necessario richiedere i permessi appropriati da questi terzi prima di qualsiasi utilizzo di tale materiale.

ISBN: 978-92-9260-334-2

CITAZIONE

Questa pubblicazione è l'analisi riepilogativa di IRENA (2021), *Prospettive sulla transizione energetica mondiale: 1,5 °C Pathway*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

Questa analisi riepilogativa è tradotta da " World Energy Transitions Outlook: 1.5 °C Pathway"

ISBN: 978-92-9260-334-2" (2021). In caso di discrepanza tra questa traduzione e l'originale inglese, prevale il testo inglese.

Disponibile per il download: www.irena.org/publications

Per ulteriori informazioni o per fornire un feedback: publications@irena.org

INFORMAZIONI SU IRENA

L'Agenzia Internazionale per le Energie Rinnovabili (IRENA) è la principale piattaforma per la collaborazione internazionale, un centro di eccellenza, un repository di politiche, tecnologie, risorse e conoscenze finanziarie e un motore di azione sul campo per promuovere la trasformazione del sistema energetico globale. Quale organizzazione intergovernativa fondata nel 2011, IRENA promuove l'adozione diffusa e l'uso sostenibile di tutte le forme di energia rinnovabile, compresa la bioenergia, l'energia geotermica, l'energia idroelettrica, l'energia oceanica, solare ed eolica, nel perseguimento di sviluppo sostenibile, l'accesso all'energia, sicurezza energetica, crescita economica e prosperità a basse emissioni di carbonio.

www.irena.org

ESCLUSIONE DI RESPONSABILITÀ

Questa pubblicazione e il materiale qui contenuto sono forniti "così come sono". IRENA ha adottato tutte le precauzioni ragionevoli per verificare l'affidabilità del materiale in questa pubblicazione. Tuttavia, né IRENA né alcuno dei suoi funzionari, agenti, fornitori di dati o di altri contenuti di terzi fornisce una garanzia di alcun tipo, espressa o implicita, né accetta alcuna responsabilità per alcuna conseguenza derivante dall'uso della pubblicazione o del materiale qui contenuto.

Le informazioni contenute nel presente documento non rappresentano necessariamente le opinioni di tutti i membri di IRENA. La citazione di società specifiche o di determinati progetti o prodotti non implica che essi siano approvati o raccomandati da IRENA a preferenza di altri di natura simile che non sono menzionati. Le denominazioni utilizzate e la presentazione del materiale qui contenuto non implicano l'espressione di alcuna opinione da parte di IRENA relativamente allo status giuridico di qualsivoglia regione, paese, territorio, città o area o delle sue autorità né riguardo alla delimitazione di frontiere o confini.

PROSPETTIVE SULLA TRANSIZIONE **ENERGETICA MONDIALE**

TRANSIZIONE 1,5 °C

ANALISI RIEPILOGATIVA



PREFAZIONE

Non abbiamo tempo. La finestra di opportunità si sta chiudendo e la transizione verso un futuro a zero emissioni si sta facendo via via più stretta. Questo è il messaggio che ho trasmesso in modo chiaro e inequivocabile quando abbiamo rilasciato l'anteprima del *Prospettive sulla transizione energetica mondiale* in occasione del Berlin Energy Transitions Dialogue all'inizio di quest'anno. La scienza parla chiaro: entro il 2030 è necessario ridurre del 45% le emissioni globali di gas serra rispetto ai livelli del 2010. Purtroppo, le tendenze recenti mostrano che il divario tra dove siamo e dove dovremmo essere sta aumentando. Stiamo percorrendo la strada sbagliata e dobbiamo cambiare rotta ora.

Le scelte che faremo nei prossimi anni avranno un impatto profondo. Potrebbero condurci sulla via verso gli obiettivi fissati nel 2015 quando abbiamo adottato gli accordi internazionali fortemente consequenziali sullo sviluppo sostenibile e sul cambiamento climatico. Oppure potrebbero portarci nella direzione opposta verso un ulteriore riscaldamento, con conseguenze economiche e umanitarie profonde e irreversibili.

Non è saggio fare previsioni o anticipare i risultati in tempi incerti. Tuttavia, numerose tendenze stanno definendo una transizione energetica e stanno dando un'indicazione della direzione. In primo luogo, i costi delle tecnologie rinnovabili sono precipitati al punto da rendere la nuova elettricità da combustibili fossili un'opzione non più attraente. In secondo luogo, i progressi nel settore elettrico si stanno riflettendo sugli impieghi finali di energia, permettendo di reimmaginare le possibilità in considerazione dell'abbondanza di opzioni rinnovabili. In terzo luogo, si è formato un consenso sul fatto che una transizione energetica basata su fonti di energia rinnovabile e tecnologie efficienti sia l'unico modo per avere la possibilità di limitare il riscaldamento globale a 1,5 °C entro il 2050. Solo pochi anni fa, l'approccio incentrato sulle energie rinnovabili abbracciato da IRENA era considerato troppo progressista, idealista o addirittura irrealistico. Oggi, la nostra visione è diventata la principale corrente di pensiero ed è accettata come l'unica opzione realistica per un mondo sicuro per il clima. E questo si riflette nel crescente numero di impegni a favore di strategie a zero emissioni da parte di paesi in tutti gli angoli del mondo, con uno slancio politico senza precedenti per un cambiamento trasformativo.

Il *Prospettive sulla transizione energetica mondiale* di IRENA delinea le roadmap per farci uscire dalla crisi climatica verso un mondo resiliente e più equo. Mostra chiaramente le opzioni di cui disponiamo oggi e quali gap devono essere colmati. L'analisi e le opzioni presentate danno la priorità alle soluzioni esistenti per la riduzione delle emissioni e delinea quelle con le maggiori possibilità di diventare praticabili nei prossimi anni. Non scommette su tecnologie non collaudate o invenzioni in corso, ma incoraggia la fortemente necessaria innovazione per perfezionare e realizzare una transizione per una più rapida riduzione delle emissioni.

L'Outlook presenta una via convincente per la decarbonizzazione di tutti gli impieghi dell'energia, con l'elettrificazione e l'efficienza energetica come motori principali, resi possibili dalle energie rinnovabili, dall'idrogeno verde e dalla moderna bioenergia sostenibile. Ma uno scenario e le sue ipotesi, per quanto rigorose e complete, sono solo uno strumento per informare i responsabili politici. Per tradurre questa visione del futuro energetico in realtà, abbiamo bisogno di trascendere i limiti delle infrastrutture

esistenti create per i combustibili del passato. E queste decisioni non vengono prese senza considerare il contesto: è necessario riconciliare gli obiettivi di sviluppo economico e umano, le preoccupazioni ambientali e le roadmap finanziarie.

È in questo contesto che IRENA apporta il suo valore unico.

L'Outlook mostra che, quando guardiamo oltre gli stretti confini della fornitura di energia, una transizione basata sulle energie rinnovabili sblocca una serie di benefici preziosi. L'Outlook presenta quindi i quadri politici necessari per guidare una transizione che sia equa e inclusiva. Fornisce una migliore comprensione dei cambiamenti strutturali e offre un quadro quantitativo per gli impatti come il prodotto interno lordo (PIL), l'occupazione e il benessere. Il rapporto esamina inoltre le strutture di finanziamento, per mostrare il cambiamento necessario nei mercati dei capitali.

Questa conoscenza fornisce la base per consentire a IRENA di sostenere i paesi nel realizzare le loro priorità e tradurre le loro strategie in azione. Con i nostri 164 membri, vediamo come l'azione collettiva può guidare il progresso in tutto il mondo e dove possono esistere lacune e bisogni generali.

Tale portata globale è ciò che conferisce all'Agenzia la credibilità, ma anche il privilegio, per sostenere la collaborazione internazionale in tutta la gamma delle questioni di transizione energetica così da aiutare i paesi a imparare gli uni dagli altri e attingere alle vaste competenze dell'Agenzia. Stiamo lavorando attivamente con i nostri partner, compreso il settore privato, per fornire una piattaforma dinamica che guidi l'azione, una programmazione lungimirante, una politica onnicomprensiva e investimenti in scala.

Le richieste del nostro tempo sono ingenti e dense di incertezze. Stiamo entrando in una nuova era di cambiamento, un'era in cui la trasformazione energetica guiderà la trasformazione economica. Questo cambiamento sta aprendo nuove possibilità senza precedenti per rivitalizzare le economie e sollevare le persone dalla povertà. Ma il compito che ci aspetta è arduo. Spero che questo Outlook possa fornire una visione nuova su come trasformare i problemi energetici di oggi nelle soluzioni di domani.

Il nostro futuro condiviso sarà luminoso solo se ci muoveremo insieme così da portare tutti verso un mondo più resiliente, equo e giusto.



Francesco La Camera
Direttore Generale, IRENA



ANALISI RIEPILOGATIVA



A che punto siamo nella transizione energetica?

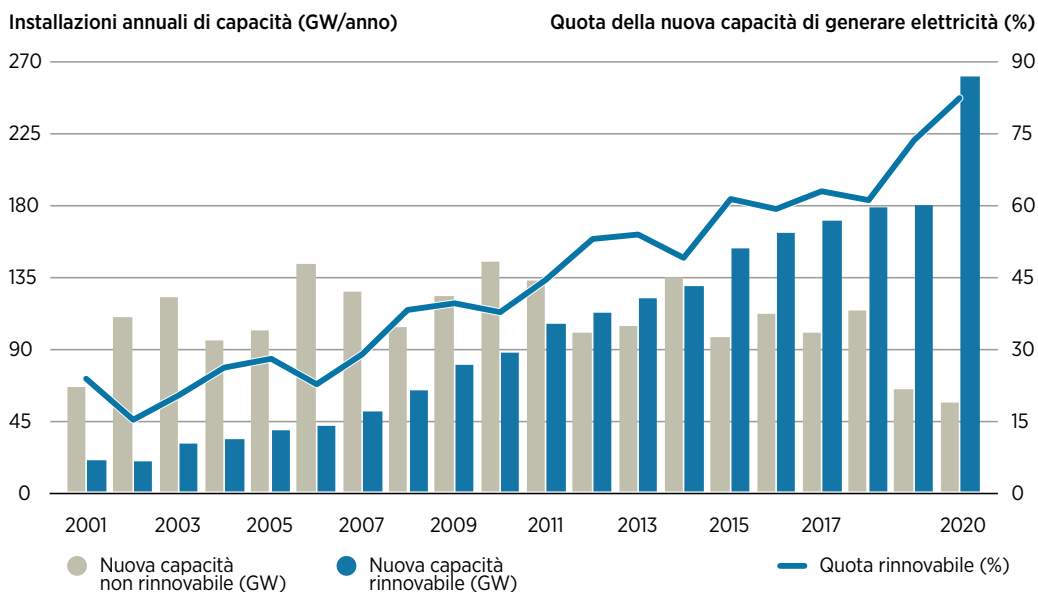
Il settore energetico, noto per la lentezza nel cambiamento, sta vivendo una transizione dinamica.

Gli imperativi del cambiamento climatico, della povertà energetica e della sicurezza energetica a sostegno dello sviluppo e della strategia industriale hanno reso l'adozione diffusa delle energie rinnovabili e delle tecnologie correlate una soluzione essenziale. Le determinanti politiche, gli sviluppi tecnologici e la collaborazione internazionale hanno spostato queste tecnologie da una posizione di nicchia a una posizione centrale, soprattutto nell'ultimo decennio. Anche alla luce delle turbolenze causate dalla pandemia di COVID-19, i sistemi basati sulle energie rinnovabili hanno dato prova di una notevole resilienza, dimostrando l'affidabilità tecnica di un sistema elettrico basato sulle energie rinnovabili con un'elevata percentuale di energia solare ed eolica.

Si è creato un consenso sul fatto che una transizione energetica basata su fonti e tecnologie rinnovabili, che aumenti l'efficienza e la conservazione, sia l'unica soluzione per avere una possibilità di limitare il riscaldamento globale a 1,5 °C entro il 2050. Solo pochi anni fa, l'approccio incentrato sulle energie rinnovabili abbracciato da IRENA era considerato idealista. Oggi, anche alcuni degli esponenti più conservatori del settore energetico hanno capito che questa è l'unica opzione realistica per un mondo sicuro per il clima. Un cambio di visuale tanto profondo e pervasivo è radicato nell'innegabile evidenza, non solo dei gravi problemi del mondo, ma anche delle tendenze nella tecnologia, nella politica e nei mercati che stanno rimodellando il settore energetico da oltre un decennio.

Negli ultimi sette anni, sono state aggiunte ogni anno alla rete più energie rinnovabili che combustibili fossili e energia nucleare insieme. Le tecnologie elettriche rinnovabili ora dominano il mercato globale per la nuova capacità di generazione elettrica, essendo diventate le fonti di elettricità più economiche in molti mercati. Globalmente, nel 2020 è stato aggiunto un livello record di 260 gigawatt (GW) di capacità elettrica rinnovabile, vale a dire più di quattro volte la capacità aggiunta da altre fonti (IRENA, 2021a). Si tratta di una traiettoria promettente per una rapida decarbonizzazione del settore energetico.

FIGURA S.1 Quota di capacità installata, 2001-2020

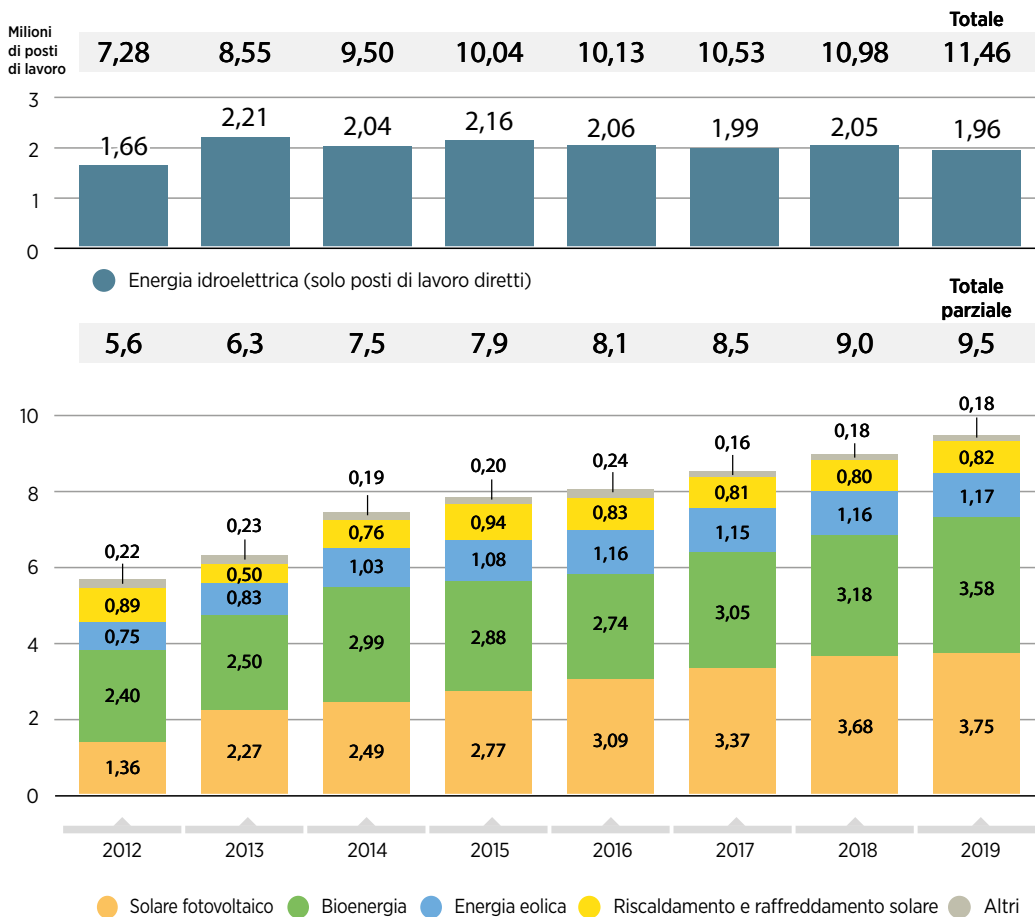


In base alle statistiche di IRENA sull'energia rinnovabile.

Le soluzioni innovative stanno rimodellando il sistema energetico e aprendo nuove possibilità per un futuro decarbonizzato molto più velocemente del previsto. In tutto il mondo si stanno realizzando innovazioni in ambito tecnologico, politico e commerciale (IRENA, 2019a). Sono stati compiuti progressi significativi, ad esempio, nella mobilità elettrica, nella capacità di stoccaggio delle batterie, nelle tecnologie digitali e nell'intelligenza artificiale. Questi cambiamenti stanno anche attirando una maggiore attenzione sulla necessità di uno sfruttamento e una gestione sostenibili delle terre rare e di altri minerali e di investimenti nell'economia circolare. Le nuove smart grid, che vanno dalle mini-grid alle super grid, sostenute da politiche e mercati facilitativi, stanno migliorando la capacità del settore energetico di far fronte alla variabilità delle energie rinnovabili. Gli impieghi delle energie rinnovabili, tra cui la bioenergia e l'idrogeno verde, stanno offrendo soluzioni indispensabili nei settori dei trasporti, dell'edilizia e dell'industria.

Dei 58 milioni di posti di lavoro nel settore energetico in tutto il mondo nel 2019, circa il 20% era nel settore delle rinnovabili. Il cambiamento nei modelli di occupazione globale riflette le nuove tendenze nell'implementazione dell'energia. L'occupazione è cresciuta da 7,3 milioni nel 2012, quando IRENA ha iniziato a monitorare i posti di lavoro nel campo delle energie rinnovabili, a 11,5 milioni nel 2019. Durante lo stesso periodo, i posti di lavoro nel settore dell'energia stavano diminuendo a causa della crescente automazione, della mancanza di competitività di alcuni combustibili e del cambiamento delle dinamiche di mercato. Ci sono anche prove crescenti degli impatti più ampi dello spostamento verso le energie rinnovabili. In particolare, l'aumento delle energie rinnovabili ha migliorato l'equilibrio di genere nel settore energetico, con le donne che rappresentano il 32% dei posti di lavoro nelle energie rinnovabili, rispetto al 22% del petrolio e del gas.

FIGURA S.2 Livello di impiego globale delle energie rinnovabili per tecnologia, 2012-2019



Fonte: IRENA, 2020a.

Il numero crescente di paesi che si impegnano in strategie a zero emissioni di carbonio indica un cambiamento importante nel discorso globale sul clima. Tendenze simili sono state osservate a tutti i livelli di governo e nel settore privato, compresi i settori difficili da decarbonizzare e quelli del petrolio e del gas. Mentre gran parte del mondo sta affrontando la crisi economica, gli investimenti nella transizione energetica possono aiutare ad allineare le priorità a breve termine con gli obiettivi di sviluppo e climatici a medio e lungo termine. Questa è un'opportunità senza uguali per avviare un cambiamento duraturo con investimenti nell'energia lungimiranti e mirati e più immediatamente nelle infrastrutture, nell'efficienza e nelle energie rinnovabili (IRENA, 2020b). Ed effettivamente molti paesi hanno assunto impegni significativi per stanziare fondi pubblici per questi scopi e sostenere soluzioni come la mobilità elettrica e l'idrogeno pulito.

Non meno dell'80% della popolazione mondiale vive in paesi che sono importatori netti di combustibili fossili. Al contrario, ogni nazione possiede un certo potenziale rinnovabile che può essere sfruttato per una maggiore sicurezza e indipendenza energetica, a costi sempre inferiori (IRENA, 2019b). Una trasformazione del sistema energetico globale in linea con l'obiettivo climatico di 1,5 °C può diventare un grande strumento di equalizzazione in un mondo che deve diventare più resiliente, giusto e inclusivo. Un simile sistema energetico richiede il rapido sviluppo e l'implementazione di tecnologie resilienti e investimenti in persone e istituzioni.

I progressi sono stati significativi ma disomogenei tra le aree geografiche e le comunità. I passi più lunghi sono stati compiuti in una manciata di paesi e regioni. In altre aree, la povertà energetica diffusa continua a frenare il progresso economico e il benessere sociale. Nel 2020, Europa, Stati Uniti e Cina sono stati responsabili per la maggior parte della nuova capacità rinnovabile, mentre l'Africa ha rappresentato solo l'1% del totale globale della nuova capacità rinnovabile. Questo anche se il continente ha bisogno maggiore di accesso a forme di energia moderne e un potenziale di energie rinnovabili che supera di gran lunga le esigenze previste. Tra il 2008 e il 2019 solo 1 miliardo di dollari è stato investito in energie rinnovabili off-grid, nonostante questa sia una roadmap importante per espandere l'accesso. I modelli di implementazione disomogenei si rispecchiano anche nella concentrazione di posti di lavoro e industrie, che lasciano indietro ampie parti del mondo.

I piani attuali restano miseramente al di sotto dell'obiettivo di 1,5 °C. Sulla base degli attuali piani e obiettivi energetici dei governi, compresa la prima serie di Contributi Nazionali Determinati (NDC) nel quadro dell'Accordo di Parigi, le politiche in atto non faranno altro che stabilizzare le emissioni globali, con un leggero calo all'avvicinarsi del 2050. Nonostante la chiara evidenza del fatto che il cambiamento climatico sia causato dall'uomo, il diffuso sostegno all'Accordo di Parigi e la prevalenza di opzioni energetiche pulite, economiche e sostenibili, le emissioni di CO₂ correlate all'energia *sono aumentate* in media dell'1,3% all'anno tra il 2014 e il 2019.

Il tempo è un fattore essenziale e una riduzione rapida delle emissioni deve iniziare ora per preservare la possibilità di rispettare l'obiettivo di 1,5 °C. In linea con il rapporto del Gruppo intergovernativo di esperti sul cambiamento climatico (IPCC) sulla limitazione del riscaldamento globale a 1,5 °C entro il 2050, il carbone e il petrolio dovrebbero già aver raggiunto il picco, mentre il gas naturale dovrebbe raggiungerlo nel 2025. Le risorse e le tecnologie necessarie per accelerare la transizione energetica sono disponibili *ora*. IRENA indica la via per una traiettoria ripida e continua verso un calo del 45% delle emissioni di anidride carbonica (CO₂) dai livelli del 2010 entro il 2030 ed emissioni zero entro il 2050, in linea con il programma dell'IPCC.

Il Prospettive sulla transizione energetica mondiale di IRENA è un percorso unico, compatibile con l'obiettivo di 1,5 °C, che considera anche tutte le implicazioni socio-economiche e politiche e fornisce spunti sui cambiamenti strutturali e sulla finanza. La disponibilità di tecnologie per una rapida decarbonizzazione sta aumentando, ma il pensiero correlato alla transizione energetica non dovrebbe essere confinato all'interno del silo energetico. La realizzazione dell'ambizioso potenziale di transizione richiede un'innovazione sistemica che consideri insieme le tecnologie e gli approcci favorevoli. I sistemi energetici basati sulle energie rinnovabili stimoleranno profondi cambiamenti che si rifletteranno sulle economie e le società. Solo comprendendo queste correnti profonde possiamo ottenere risultati ottimali dal processo di transizione. Questa edizione inaugurale del *Prospettive sulla transizione energetica mondiale* raccoglie le vaste conoscenze di IRENA per rendere possibile il raggiungimento di questo obiettivo e offre ai responsabili politici spunti, strumenti e consigli per tracciare il percorso da seguire.

Scenario 1,5 °C di IRENA

Il **Planned Energy Scenario (PES)** è il caso di riferimento principale per questo studio e fornisce una prospettiva sugli sviluppi del sistema energetico sulla base degli attuali piani energetici dei governi e di altri obiettivi e politiche pianificate, compresi i Contributi Nazionali Determinati (NDC) secondo l'Accordo di Parigi.

PES

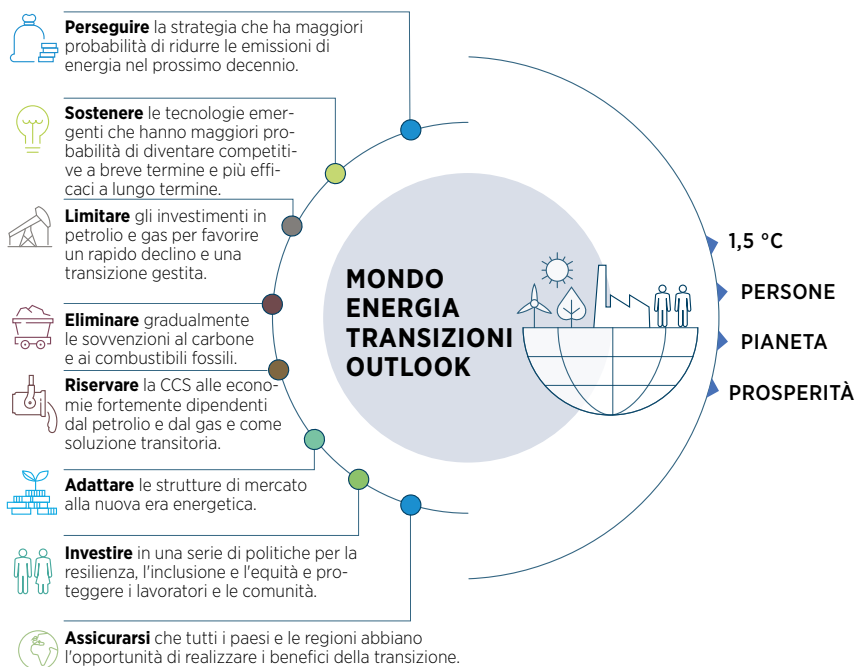
Lo **Scenario 1,5 °C (1.5-S)** descrive un percorso di transizione energetica allineato con l'obiettivo climatico di 1,5 °C, vale a dire la limitazione dell'aumento della temperatura media globale entro la fine del secolo attuale a 1,5 °C rispetto ai livelli pre-industriali. Attribuisce la priorità a soluzioni tecnologiche prontamente disponibili, che possono essere scalate al ritmo necessario per l'obiettivo di 1,5 °C.

1,5-S

L'imperativo temporale richiede investimenti attenti e scelte politiche nel prossimo decennio. La finestra di opportunità per raggiungere l'obiettivo di emissioni per il 2030 stabilito dall'IPCC è stretta e le scelte compiute nei prossimi anni determineranno se un futuro aumento limitato a 1,5 °C sarà possibile. Questo *Outlook* è guidato dall'Agenda delle Nazioni Unite per lo Sviluppo Sostenibile e dall'Accordo di Parigi sui Cambiamenti Climatici. Sono numerosi i prerequisiti che sostengono la teoria del cambiamento dietro alla Transizione 1,5 °C di IRENA:

- Perseguire il percorso che ha maggiori probabilità di ridurre le emissioni energetiche nel prossimo decennio e portare il mondo verso una transizione 1,5 °C.
- Sostenere le tecnologie emergenti che hanno maggiori probabilità di diventare competitive a breve termine e più efficaci nel raggiungere la riduzione delle emissioni a lungo termine.
- Limitare gli investimenti in petrolio e gas per facilitare un rapido declino e una transizione organizzata.
- Riservare le tecnologie di cattura e stoccaggio del carbonio alle economie fortemente dipendenti dal petrolio e dal gas e come soluzione transitoria laddove non esistono altre opzioni.
- Eliminare gradualmente le sovvenzioni al carbone e ai combustibili fossili.
- Adattare le strutture di mercato alla nuova era energetica.
- Investire in una serie di politiche per promuovere la resilienza, l'inclusione e l'equità e proteggere i lavoratori e le comunità interessate dalla transizione energetica.
- Garantire che tutti i paesi e le regioni abbiano l'opportunità di partecipare e realizzare i benefici della transizione energetica globale.

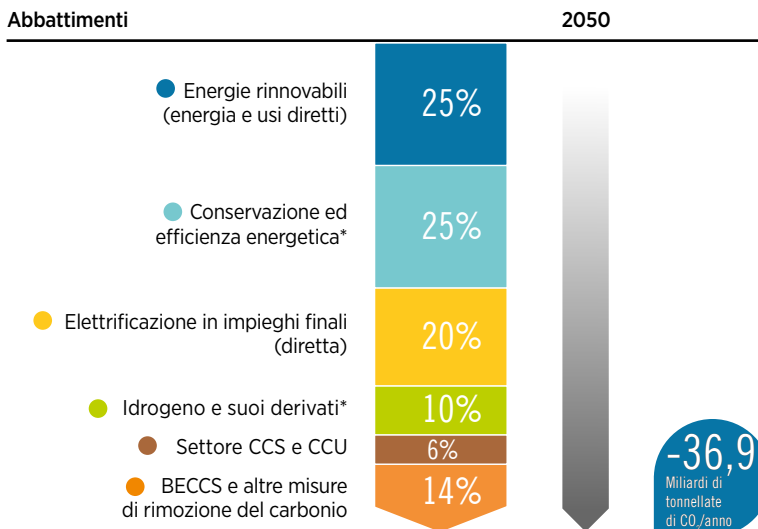
FIGURA 5.3 Approccio guida della teoria del cambiamento di WETO



Roadmap tecnologiche verso gli obiettivi climatici

L'analisi di IRENA mostra che oltre il 90% delle soluzioni che concorrono a plasmare un risultato di successo nel 2050 coinvolgono l'energia rinnovabile attraverso la fornitura diretta, l'elettrificazione, l'efficienza energetica, l'idrogeno verde e la bioenergia con cattura e stoccaggio del carbonio (BECCS). Le roadmap tecnologiche che portano a un sistema energetico decarbonizzato si sono cristallizzate, dominate da soluzioni che possono essere implementate rapidamente e su scala. Le tecnologie, i mercati e i modelli di business sono in continua evoluzione, ma non occorre aspettare nuove soluzioni, è possibile ottenere progressi significativi con le opzioni esistenti. Ma per portare le tecnologie di transizione energetica ai livelli necessari e raggiungere questo risultato a una velocità compatibile con l'obiettivo di 1,5 °C sono necessarie politiche e misure mirate.

FIGURA S.4 Riduzione delle emissioni di carbonio nello Scenario 1,5 °C (%)



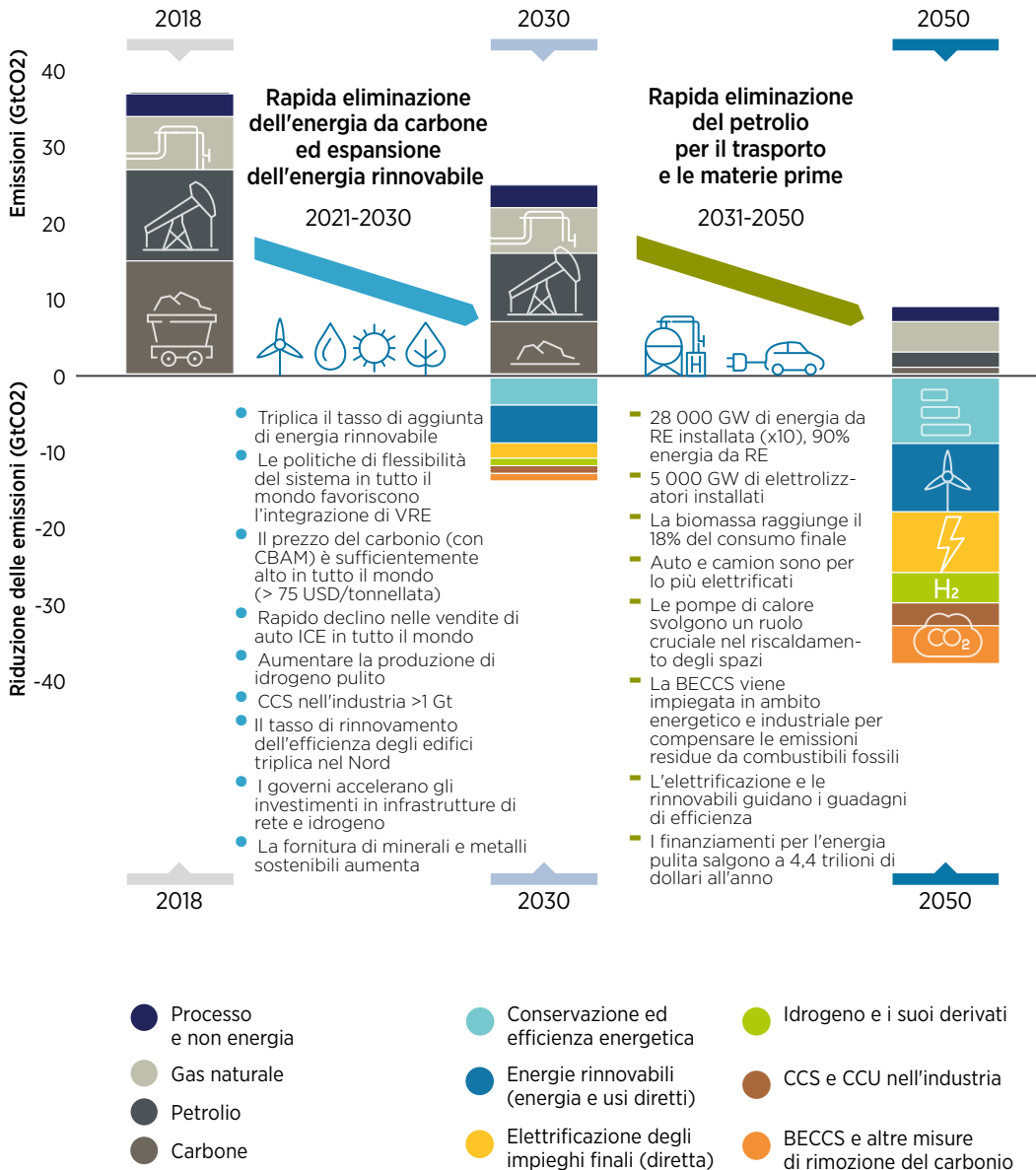
Entro il 2050, l'elettricità sarà il principale vettore di energia, passando da una quota del 21% del consumo finale totale di energia nel 2018 a oltre il 50% nel 2050. I confini settoriali si stanno spostando, con un'elettrificazione delle applicazioni di impiego finale di energia nei trasporti e nel riscaldamento. Questo aumento è principalmente guidato dall'uso di elettricità rinnovabile al posto dei combustibili fossili nelle applicazioni di uso finale di energia. Nel corso di questa transizione, il tasso di crescita annuale delle tecnologie rinnovabili crescerà di otto volte. L'elettrificazione degli impieghi finali di energia rimodellerà anche diversi settori, in particolare il trasporto, dove nel 2050 i veicoli elettrici arriveranno a rappresentare l'80% di tutta l'attività su strada.

Il tasso annuale di miglioramento dell'intensità energetica deve aumentare al 2,9%, vale a dire quasi due volte e mezzo la tendenza storica. Con questo aumento, l'intensità energetica dell'economia globale scenderà di oltre il 60% entro il 2050. Le tecnologie e le misure di efficienza energetica sono soluzioni "pronte all'uso", disponibili per un significativo aumento di scala. Le politiche e le misure volte ad aumentare la conservazione e l'efficienza energetica saranno cruciali per ridurre il consumo finale totale di energia da 378 exajoule (EJ) nel 2018 a 348 EJ nel 2050. Un importante contributo verrà anche dai cambiamenti strutturali e comportamentali, che rappresenteranno circa un decimo del miglioramento dell'efficienza.

Entro il 2050, l'idrogeno e i derivati rappresenteranno il 12% del consumo finale di energia. Questi avranno un ruolo importante in settori difficili da decarbonizzare e ad alta intensità energetica come l'acciaio, i prodotti chimici, il trasporto a lungo raggio, la navigazione e l'aviazione. L'idrogeno contribuirà inoltre a bilanciare offerta e domanda di elettricità da fonti rinnovabili e fungerà da stoccaggio stagionale a lungo termine. Entro il 2050 saranno necessari circa 5.000 GW di capacità di elettrolizzatori, rispetto agli attuali 0,3 GW. Questa scala di crescita accentua l'importanza dell'idrogeno a basso contenuto di carbonio fin dall'inizio. Nel 2050, due terzi dell'idrogeno totale saranno verdi, ovvero prodotti con elettricità da fonti rinnovabili, e un terzo blu, cioè prodotto da gas naturale associato alla cattura e allo stoccaggio del carbonio (CCS).

Nel 2050 la bioenergia rappresenterà il 18% del consumo finale totale di energia. L'aumento della produzione e dell'uso sostenibile della biomassa è necessario in tutto il sistema energetico. In alcuni settori, svolge un ruolo significativo, soprattutto come materia prima e combustibile nei settori chimici e come carburante nel settore dell'aviazione. In altri, aiuta a colmare lacune che altre opzioni non possono risolvere completamente, come la sostituzione del gas naturale con il biometano in edifici che non possono essere rinnovati. Inoltre, la biomassa associata a CCS (BECCS) nel settore energetico e in alcuni settori industriali fornirà le emissioni negative necessarie per raggiungere l'obiettivo di emissioni zero.

Nell'uso residuo di combustibili fossili e in alcuni processi industriali, gli sforzi di decarbonizzazione possono richiedere tecnologie e misure di CCS e rimozione della CO₂. Nello Scenario 1,5 °C, nel 2050 vi sarà la persistenza di alcune emissioni provenienti dagli impieghi residui dei combustibili fossili e da alcuni processi industriali. Pertanto, la CO₂ rimanente dovrà essere catturata e sequestrata. La CCS è principalmente limitata alle emissioni di CO₂ legate alla produzione di cemento, ferro e acciaio nonché idrogeno blu. La rimozione di CO₂ include misure basate sulla natura come la riforestazione e la BECCS, la cattura e lo stoccaggio diretto del carbonio e altri approcci che sono ancora sperimentali.

FIGURA S.5 Evoluzione delle emissioni con l'eliminazione del carbone e del petrolio, 2021-2050

Nota: RE = energia rinnovabile; VRE = energia rinnovabile variabile; CBAM = meccanismo di aggiustamento del carbonio alla frontiera; ICE = motore a combustione interna; GW = gigawatt; Gt = gigatonnellata; CCS = cattura e stoccaggio del carbonio; BECCS = bioenergia combinata con cattura e stoccaggio del carbonio; CCU = cattura e utilizzo del carbonio.

Entro il 2030, l'energia rinnovabile dovrà raggiungere 10.770 GW a livello globale, quasi quadruplicando l'attuale capacità. Nel prossimo decennio per gettare le basi per la decarbonizzazione del sistema energetico e l'elettrificazione degli impieghi finali entro il 2050, sarà necessaria una rapida implementazione su larga scala. Questo livello di implementazione è anche una raccomandazione chiave dell'Energy Transitions Theme Report sviluppato da IRENA, UNEP e UN ESCAP per l'UN High Level Dialogue on Energy. L'abbondanza di potenziali rinnovabili a basso costo in tutto il mondo fa sì che siano un'opzione modulare. Per molti paesi, questo traduce una sfida tecnica ed economica in una serie di opportunità di investimento, normative e sociali.

Nel prossimo decennio l'aggiornamento, la modernizzazione e l'espansione delle infrastrutture saranno una priorità assoluta. L'aggiornamento delle infrastrutture obsolete o l'investimento nell'espansione costituiscono una parte integrante della transizione energetica e un fattore abilitante delle moderne tecnologie. Questo sarà particolarmente importante nel prossimo decennio quando la quota di energie da fonti rinnovabili crescerà e richiederà flessibilità di sistema e reti moderne. Gli sviluppi delle infrastrutture devono essere allineati con i piani a lungo termine e riflettere strategie più ampie, compresa l'integrazione del mercato regionale.

I livelli di implementazione necessari potranno essere raggiunti entro il 2030 solo con politiche che sostengano queste roadmap tecnologiche. Le politiche di implementazione sostengono la creazione del mercato, facilitando così la scalabilità, riducendo i costi della tecnologia e aumentando i livelli di investimento in linea con le esigenze della transizione energetica. Dati gli ingenti finanziamenti pubblici che vengono iniettati nelle economie nell'ambito delle misure di recupero, tali politiche modelleranno la direzione della transizione energetica e prepareranno il terreno al significativo aumento degli investimenti del settore privato necessario fino al 2050.

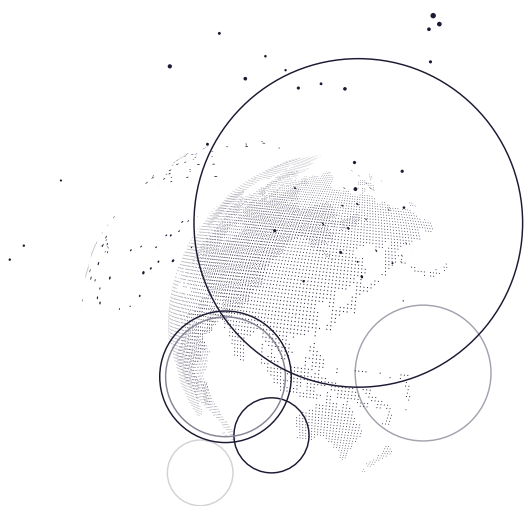


TABELLA S.1 Panoramica delle politiche a sostegno delle soluzioni di transizione energetica

| ROADMAP TECNOLOGICA | OBIETTIVO | RACCOMANDAZIONI |
|---|---|---|
| Energie rinnovabili (elettricità e usi diretti) | Implementare l'energia rinnovabile negli impieghi finali di energia | Queste politiche includono misure di regolamentazione che creano un mercato, nonché incentivi fiscali e finanziari per renderle più accessibili e aumentare la loro competitività economica rispetto alle soluzioni basate sui combustibili fossili. |
| | Implementare l'energia rinnovabile nel settore elettrico | La scelta dello strumento e la sua progettazione dovrebbero considerare la natura della soluzione (<i>ad esempio</i> , scala industriale, distribuita, off-grid), il livello di sviluppo del settore, la struttura organizzativa del sistema energetico e gli obiettivi politici più ampi. |
| Conservazione ed efficienza energetica | Aumentare la conservazione dell'energia e l'efficienza nel riscaldamento e nel raffreddamento | Le politiche di efficienza energetica, come i codici di edilizia rigorosi, il supporto per la riqualificazione degli edifici e gli standard degli apparecchi sono fondamentali per la transizione energetica negli edifici e nei processi industriali. |
| | Aumentare la conservazione dell'energia nei trasporti | La decarbonizzazione del settore dei trasporti, tra le altre misure, richiede il passaggio da una modalità ad alta intensità energetica a una modalità a bassa emissione di carbonio. |
| Elettrificazione degli usi finali di energia | Elettrificare il riscaldamento e il raffreddamento | Gli obiettivi per l'energia rinnovabile dovrebbero considerare la crescente domanda derivante dall'elettrificazione degli impieghi finali di energia, in linea con gli obiettivi di decarbonizzazione a lungo termine. Inoltre, sono necessarie politiche e una progettazione del sistema energetico per sostenere l'elettrificazione nel raggiungimento del suo potenziale di fornire flessibilità al sistema. |
| | Elettrificare il trasporto | |
| Idrogeno verde | Sostenere lo sviluppo dell'idrogeno verde | Un approccio politico favorevole dovrebbe considerare quattro pilastri chiave: una strategia nazionale per l'idrogeno verde, la definizione delle priorità, le garanzie di origine e le politiche abilitanti. |
| Bioenergia sostenibile | Assicurare l'uso sostenibile della bioenergia | L'energia rinnovabile non è esente da preoccupazioni di sostenibilità. Alcune di queste preoccupazioni includono le emissioni di gas serra legate al cambiamento della destinazione d'uso dei terreni e l'impatto sulla qualità dell'aria e dell'acqua e sulla biodiversità. |

Finanziamento della transizione energetica

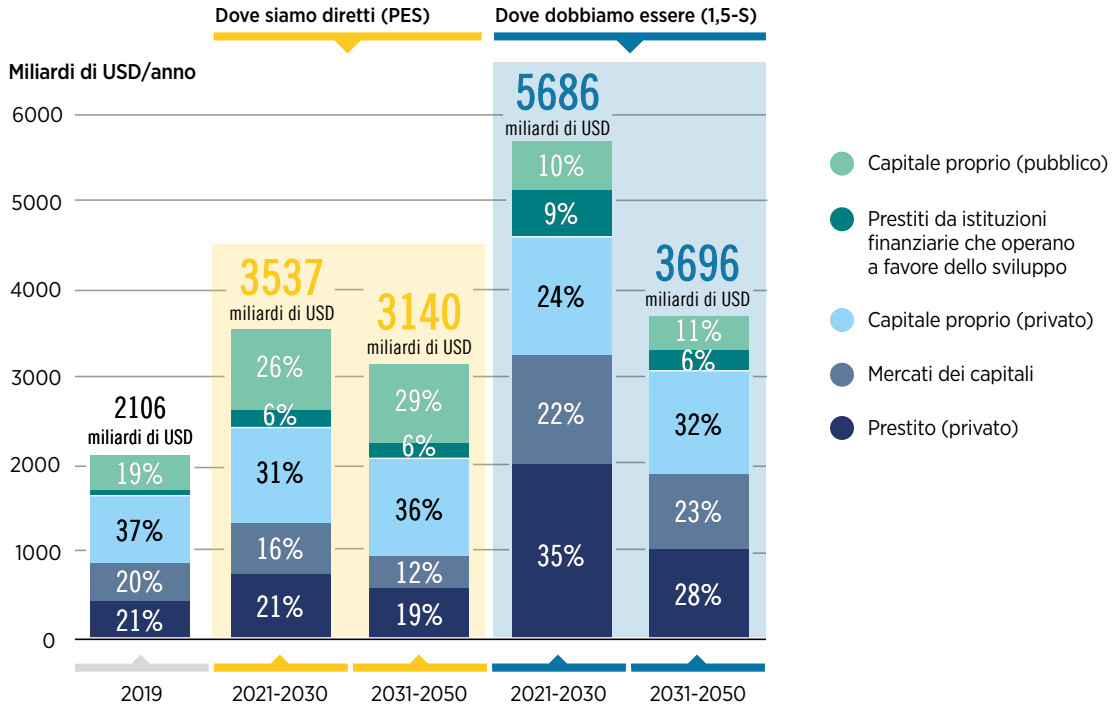
Nel periodo da qui al 2050 in cui verrà data priorità alle roadmap tecnologiche compatibili con una transizione 1,5 °C, dovranno confluire nel sistema energetico 131 trilioni di dollari. Benché il finanziamento annuo necessario, pari in media a 4,4 trilioni di dollari, sia ingente, questo rappresenta il 20% degli investimenti fissi lordi nel 2019, equivalenti a circa il 5% del prodotto interno lordo (PIL) globale. Da qui al 2050, oltre l'80% dei 131 trilioni di dollari totali dovrà essere investito in tecnologie di transizione energetica, tra cui efficienza, energie rinnovabili, elettrificazione degli impieghi finali di energia, reti elettriche, flessibilità, idrogeno e innovazioni progettate per aiutare le soluzioni emergenti e di nicchia a diventare economicamente sostenibili.

Le attuali strategie governative prevedono già investimenti significativi nell'energia, pari a 98 trilioni di dollari entro il 2050. Collettivamente definite in questo Outlook come Planned Energy Scenario (PES), implicano quasi un raddoppio dell'investimento energetico annuale, che nel 2019 ammontava a 2,1 trilioni di dollari. Una quantità sostanziale di fondi confluirà verso la modernizzazione delle infrastrutture obsolete e il soddisfacimento della crescente domanda di energia. Nello Scenario 1,5 °C, però, la ripartizione dei finanziamenti per la tecnologia differisce notevolmente dai piani attuali: da qui al 2050, 24 trilioni di dollari di investimenti pianificati dovranno essere reindirizzati dai combustibili fossili alle tecnologie di transizione energetica.

Nello Scenario 1,5 °C, le strutture di finanziamento sono notevolmente diverse in termini di fonti di capitale (pubblico e privato) e di tipi di capitale (capitale proprio e titoli di debito). Nel 2019, 1,6 trilioni di dollari in asset energetici sono stati finanziati da fonti private rappresentando l'80% degli investimenti totali del settore energetico. Nello Scenario 1,5 °C, questa quota sarebbe destinata a crescere enormemente. La quota di capitale di debito deve aumentare dal 44% nel 2019 al 57% nel 2050, vale a dire quasi il 20% in più rispetto al PES (vedi Figura S.6). Le tecnologie di transizione energetica dovrebbero accedere sempre più facilmente a finanziamenti del debito a lungo termine, mentre i "brown asset" saranno progressivamente evitati dai finanziatori privati e quindi costretti a fare affidamento sul finanziamento del capitale proprio da utili non distribuiti e dalle nuove emissioni azionarie. Progetti ad alta intensità di capitale e più decentralizzati influenzeranno la percezione del rischio degli investitori, che a loro volta potrebbero necessitare di interventi politici e di mercato dei capitali mirati.

Il finanziamento pubblico dovrà crescere di quasi due volte per catalizzare i finanziamenti privati e garantire uno svolgimento equo e inclusivo della transizione energetica. Il finanziamento pubblico svolge un ruolo cruciale nel facilitare la transizione energetica, in quanto è improbabile che i mercati da soli possano muoversi con una rapidità sufficiente. Nel 2019, il settore pubblico ha fornito circa 450 miliardi di dollari sotto forma di partecipazioni pubbliche e prestiti da istituzioni finanziarie di sviluppo. Nello Scenario 1,5 °C, questi investimenti raggiungeranno i 780 miliardi di dollari circa. Il finanziamento del debito pubblico sarà un catalizzatore importante per altri finanziatori, specialmente nei mercati in via di sviluppo con alti rischi reali o percepiti. In alcuni casi, questo potrà includere sovvenzioni per ridurre il costo del finanziamento. Fondi pubblici sono inoltre necessari per creare un ambiente favorevole alla transizione e assicurare che questa avvenga abbastanza velocemente e con risultati socio-economici ottimali.

FIGURA S.6 Investimento medio annuo totale per fonte e tipo di finanziamento: 2019, PES e Scenario 1,5 °C (2021-2030 e 2031-2050)



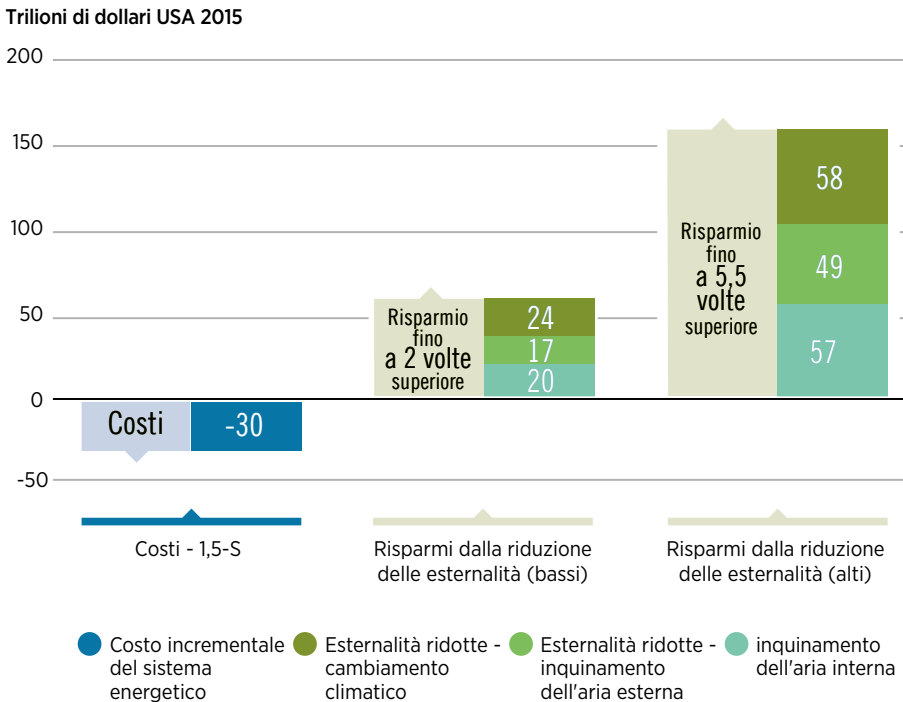
Fonti: Per gli investimenti del 2019: BNEF (2021a), IEA (2020a), IRENA e CPI (2020); per PES e Scenario 1,5 °C: Analisi IRENA e BCG.

Le misure volte a eliminare le distorsioni del mercato che favoriscono i combustibili fossili, insieme agli incentivi per le soluzioni di transizione energetica, faciliteranno i necessari cambiamenti nelle strutture di finanziamento. Questo comporterà la graduale eliminazione dei sussidi ai combustibili fossili e il cambiamento dei sistemi fiscali in modo da riflettere i costi ambientali, sanitari e sociali negativi di un sistema energetico basato sui combustibili fossili. Le politiche monetarie e fiscali, comprese le politiche di fissazione del prezzo del carbonio, aumenteranno la competitività delle soluzioni correlate alla transizione. Tali interventi dovrebbero essere accompagnati da un'attenta valutazione delle dimensioni sociali e di equità per assicurare che la situazione delle popolazioni a basso reddito non sia peggiorata ma migliorata.

Impronta socio-economica della transizione energetica

Nello Scenario 1,5 °C, gli investimenti produrranno un ritorno cumulativo di almeno 61 trilioni di dollari entro il 2050. Il bilancio complessivo della transizione energetica è positivo, con benefici che superano di gran lunga i costi. I costi per la riduzione delle emissioni variano a seconda della tecnologia e del settore, ma i costi incrementali sono significativamente inferiori ai risparmi ottenuti tagliando i costi esterni. IRENA stima che, nello Scenario 1,5 °C, ogni dollaro speso per la transizione energetica dovrebbe produrre vantaggi dalla riduzione delle esternalità nel settore della salute umana e dell'ambiente stimati tra 2 e 5,5 dollari. In termini cumulativi, il costo aggiuntivo di 30 trilioni di dollari comportato dallo Scenario 1,5 °C nel periodo da qui al 2050 determinerà un recupero compreso tra 61 e 164 trilioni di dollari.

FIGURA S.7 Differenza cumulativa tra costi e risparmi Dello Scenario 1,5 °C rispetto al PES, 2021-2050



La transizione energetica va ben oltre la tecnologia e porta cambiamenti strutturali profondi che influenzeranno notevolmente le economie e le società. IRENA continua ad immortalare un quadro sempre più completo degli impatti socio-economici della transizione energetica. I risultati presentati in questo *Outlook* dimostrano che i passi verso un futuro energetico decarbonizzato influenzeranno positivamente l'attività economica, i posti di lavoro e il benessere, a condizione che venga attuato un approccio politico onnicomprensivo. All'interno dell'analisi, le politiche esistenti dei paesi sono integrate dalle politiche climatiche per raggiungere gli obiettivi di transizione energetica affrontando allo stesso tempo le sfide distributive per ottenere risultati equi e inclusivi.

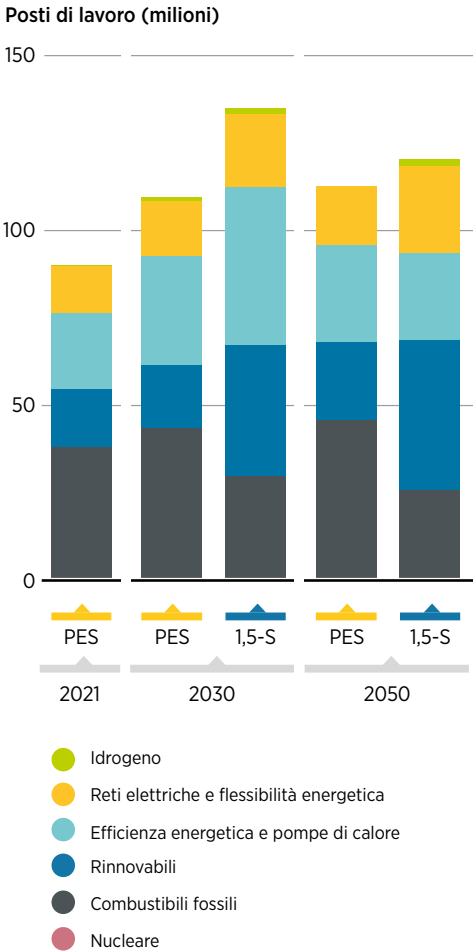
La transizione 1,5 °C fornisce una spinta al PIL che nel prossimo decennio sarà del 2,4% superiore (in media) a quella del PES, in linea con le esigenze di una ripresa post-COVID. Nel periodo di transizione da qui al 2050, si stima che il miglioramento medio del PIL sarà dell'1,2% rispetto al PES. Un'ulteriore crescita del PIL sarà stimolata dagli investimenti nelle numerose dimensioni della transizione energetica, portando a molteplici adeguamenti tra settori economici interdipendenti. La ridotta domanda di combustibili fossili porta a minori entrate per i settori minerario e della raffinazione dei combustibili, così come per i governi (a causa delle minori royalty sui combustibili fossili) e pertanto in alcuni paesi produce un impatto negativo sul PIL. Questa realtà evidenzia la necessità di un approccio politico onnicomprensivo che affronti i cambiamenti strutturali determinati dalla riduzione della dipendenza dai combustibili fossili.

Per tutto il periodo di transizione, l'occupazione a livello economico sarà in media dello 0,9% più alta nello Scenario 1,5 °C rispetto al PES. Uno dei principali impatti positivi sull'occupazione deriva dagli investimenti in soluzioni di transizione energetica, comprese le energie rinnovabili, il miglioramento della rete e l'efficienza energetica. Spostando gli investimenti dai combustibili fossili (estrazione e generazione elettrica) e da altri settori verso la transizione energetica, si riduce la domanda di manodopera nei settori dei combustibili fossili e non energetici e nelle loro catene di valore.



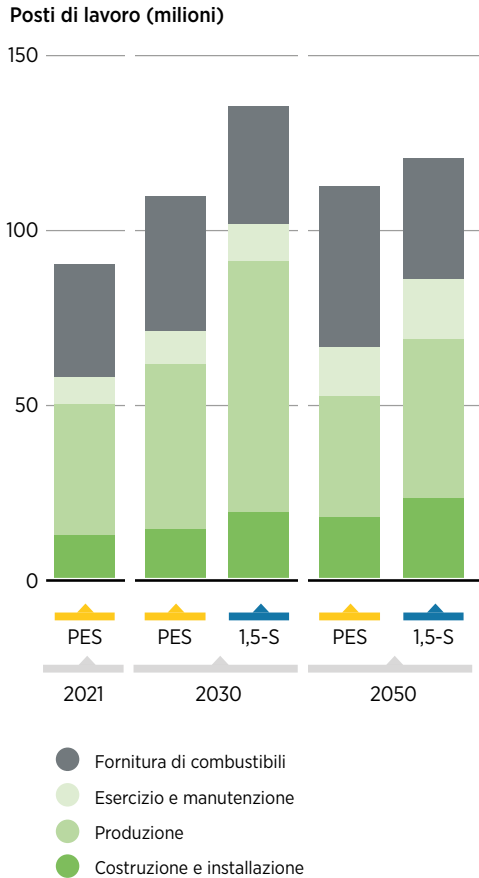
Nel 2050, il settore dell'energia trasformato conterà 122 milioni di posti di lavoro. Nell'ambizioso Scenario 1,5 °C, le qualifiche, le competenze e le occupazioni saranno sempre più concentrate nel settore della produzione, seguito dalla fornitura di combustibili. La formazione per queste occupazioni è relativamente facile e offre opportunità ai lavoratori del settore dei combustibili fossili. I requisiti formativi della forza lavoro cambiano durante la transizione, con un aumento continuo della quota e del numero di lavoratori con istruzione primaria e un picco di lavoratori con istruzione universitaria entro il 2030.

FIGURA S.8 Posti di lavoro nel settore energetico per tecnologia nel PES e nello Scenario 1,5 °C (milioni), risultati globali



In base all'analisi di IRENA.

FIGURA S.9 Posti di lavoro nel settore energetico, per segmento della catena del valore, nello Scenario 1,5 °C e PES (esclusi i veicoli)



In base all'analisi di IRENA.

I posti di lavoro nel settore delle energie rinnovabili aumenteranno fino a 43 milioni nel 2050. Nel PES, i posti di lavoro nelle energie rinnovabili aumentano del 9% rispetto ai valori del 2021 per raggiungere 18 milioni di posti di lavoro entro il 2030 e 23 milioni entro il 2050. Al contrario, con Lo Scenario 1,5 °C si ottiene un guadagno molto superiore entro il 2030, con posti di lavoro nel settore delle energie rinnovabili più che triplicati fino a 38 milioni nel prossimo decennio. L'energia solare fotovoltaica (PV) rappresenta la quota maggiore, seguita da bioenergia, energia eolica e idroelettrica. Il settore delle costruzioni, quello dell'installazione e della Produzione manifatturiera determineranno un incremento dei posti di lavoro nel campo delle energie rinnovabili nel corso del decennio successivo, dove esercizio e manutenzione acquisiranno un peso relativo mano a mano che la transizione avanzerà nello Scenario 1,5 °C.

FIGURA S.10 Posti di lavoro nelle energie rinnovabili, per tecnologia, nello Scenario 1,5 °C e PES (milioni)

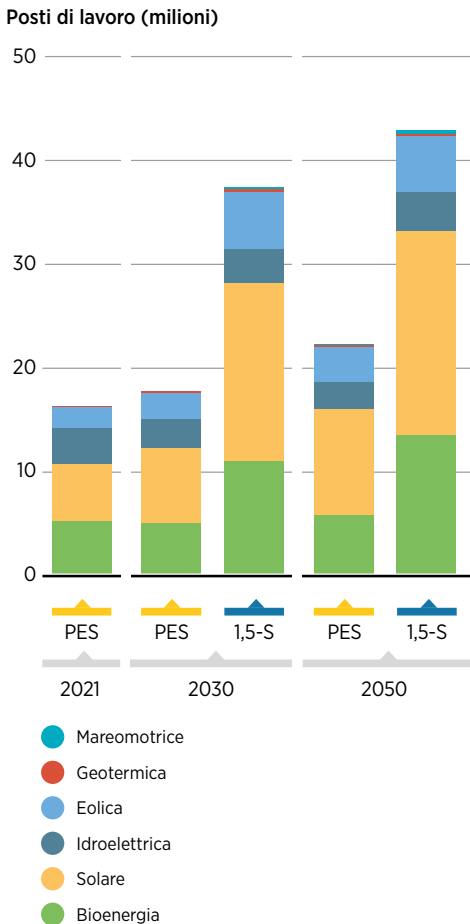
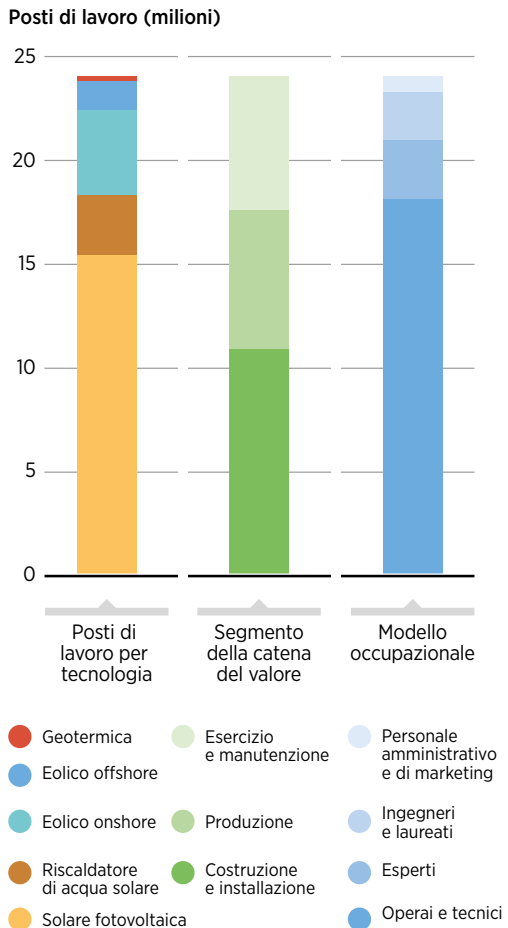


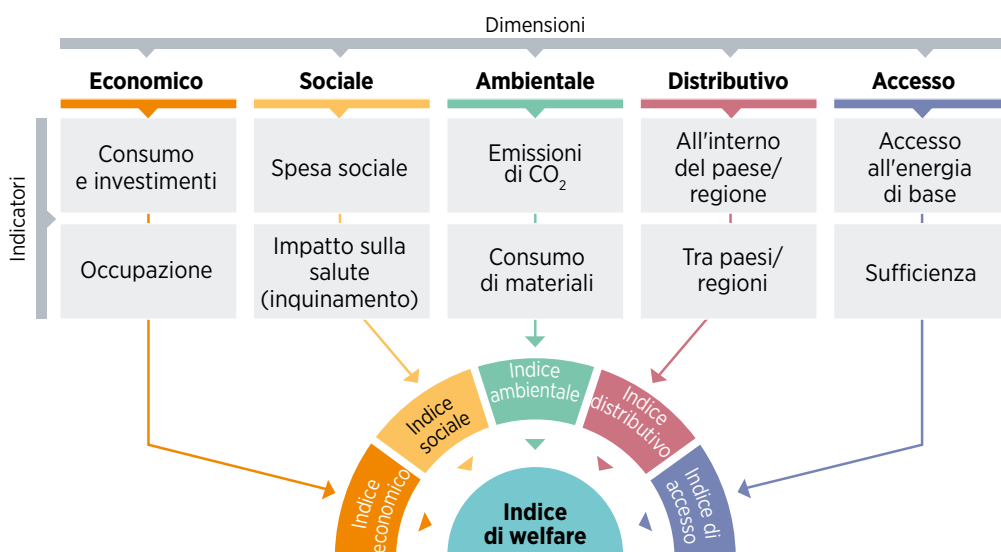
FIGURA S.11 Struttura dei posti di lavoro nello Scenario 1,5 °C entro il 2050 per un sottoinsieme di tecnologie rinnovabili per tecnologia, segmento della catena del valore e requisiti occupazionali



In base all'analisi di IRENA.

L'Energy Transition Welfare Index di IRENA immortala le dimensioni economica, sociale, ambientale, distributiva e di accesso all'energia. Per la prima volta, l'indice riporta le dimensioni distributiva e di accesso all'energia che sono spesso trascurate in altre analisi. La misurazione dell'impatto della transizione lungo queste dimensioni fornisce una base quantitativa per le roadmap progettate per raccogliere tutti i benefici socio-economici e ambientali derivanti dalla transizione.

FIGURA S.12 Struttura dell'Energy Transition Welfare Index di IRENA



Lo Scenario 1,5 °C è più performante del PES lungo tutte le dimensioni del welfare ed entro il 2050 produrrà un miglioramento dell'11% rispetto al PES.

- La **dimensione economica** è simile in entrambi gli scenari e riflette la quota relativamente piccola del settore energetico nell'economia globale e nella forza lavoro.
- La **dimensione ambientale** vede un miglioramento del 30% rispetto al PES, con emissioni significativamente più basse nello Scenario 1,5 °C, anche se l'aumento del consumo di materiali pone delle sfide in termini di sostenibilità.
- La **dimensione sociale** migliora del 23% nello Scenario 1,5 °C, in gran parte grazie al miglioramento dei risultati in ambito sanitario prodotti da un minore inquinamento dell'aria esterna e interna. Le spese sociali contribuiscono con un ruolo molto minore.
- La **dimensione distributiva** migliora del 37% rispetto al PES; tuttavia, l'indice si conserva basso in senso assoluto, indicando potenziali barriere di equità. Effettivamente, sia la dimensione sociale sia quella distributiva determinano una riduzione dell'Energy Transition Welfare Index e queste realtà meritano maggiore attenzione da parte dei responsabili politici.
- La **dimensione dell'accesso all'energia** aumenta del 7% nello Scenario 1,5 °C rispetto al PES, dato che vengono raggiunti sia l'accesso universale all'energia, sia livelli sufficienti.

Gli impatti socio-economici variano a livello regionale e nazionale. I valori aggregati globali mascherano importanti differenze nel modo in cui la transizione energetica interessa le regioni e i paesi e il modo in cui sono distribuiti i benefici. Ciò che è chiaro è che le roadmap della transizione energetica e le loro implicazioni socio-economiche sono strettamente collegate all'approccio politico e questi legami diventano sempre più forti mano a mano che le ambizioni si allineano alla transizione 1,5 °C. Il coinvolgimento dei governi nella transizione dovrebbe essere accompagnato dalla collaborazione internazionale per garantire che i benefici e gli oneri della transizione siano equamente condivisi.

TABELLA S.2 Panoramica delle politiche di cambiamento strutturale e di giusta transizione

| OBIETTIVO | RACCOMANDAZIONI |
|--|--|
| Affrontare i potenziali disallineamenti nei mercati del lavoro | La garanzia di una transizione giusta ed equa richiederà misure per superare gli squilibri temporali, geografici e relativi alle competenze. |
| Sviluppare catene di valore locali | Il miglioramento e lo sfruttamento delle capacità nazionali richiedono incentivi e regole attentamente studiati, iniziative di incubazione aziendale, programmi di sviluppo dei fornitori, sostegno alle piccole e medie imprese e promozione di cluster industriali chiave. |
| Fornire istruzione e costruire capacità | L'esposizione precoce ai temi e alle carriere legati alle energie rinnovabili è vitale per stimolare l'interesse dei giovani a perseguire una carriera nel settore, così come per aumentare l'accettazione sociale da parte di una cittadinanza consapevole. |
| Sostenere un'economia circolare | Per assicurare la sostenibilità delle soluzioni legate alla transizione energetica e la loro agevole integrazione negli ecosistemi esistenti in termini di sostenibilità, principi di economia circolare e ridotto impatto ambientale, sono necessarie politiche e misure. |
| Sostenere l'impegno della comunità e dei cittadini | L'energia comunitaria può svolgere un ruolo importante nell'accelerare l'implementazione delle energie rinnovabili, generando nel contempo benefici socio-economici locali e aumentando il sostegno pubblico per le transizioni energetiche locali. |

Un approccio politico globale per la transizione energetica

Le misure politiche e gli investimenti nella transizione energetica possono produrre un cambiamento strutturale più ampio verso economie e società resilienti. Il settore energetico deve essere considerato parte integrante dell'economia più ampia per comprendere appieno l'impatto della transizione e garantire che questa sia tempestiva e giusta. Le regioni e i paesi hanno punti di partenza, priorità socio-economiche e risorse diverse che determinano la portata e la velocità della loro transizione energetica. Le transizioni energetiche innescano cambiamenti strutturali che portano sia benefici sia sfide e queste sfide si manifestano sotto forma di disallineamenti in ambito finanziario, nei mercati del lavoro, nei sistemi elettrici e nel settore energetico stesso. Se non vengono correttamente gestiti questi disallineamenti, rischiano di generare iniquità e dirallentare la transizione energetica. Politiche giuste e integrate, attuate da istituzioni forti, sono essenziali per realizzare il pieno potenziale della transizione energetica.

La collaborazione internazionale è una componente essenziale della transizione energetica globale.

Per indurre i paesi a impegnarsi in una transizione giusta che non lasci indietro nessuno e rafforzi il flusso internazionale di finanziamenti, capacità e tecnologie è necessario un approccio politico globale onnicomprensivo. In questo contesto, le politiche climatiche rappresentano un elemento cruciale. Altre misure dovrebbero includere politiche fiscali (come la fissazione di un prezzo adeguato per il carbonio che copra le emissioni in tutti i settori) e finanziamenti pubblici per implementare politiche in grado di promuovere l'implementazione, creare condizioni favorevoli e assicurare una transizione giusta e stabile. Gli elementi di quest'ultimo imperativo includono lo sviluppo industriale, l'istruzione e la formazione così come la protezione sociale. Le risorse finanziarie necessarie non saranno sempre disponibili a livello nazionale. Per fornire tale sostegno, in particolare ai paesi meno sviluppati e ai piccoli stati insulari in via di sviluppo, sarà necessaria la collaborazione internazionale.

FIGURA S.13 Approccio politico favorevole per una transizione energetica giusta e inclusiva

