

Guida dell'utilizzatore di En-ROADS

Sommario

[Introduzione](#)

[Riguardo En-ROADS](#)

[Esercitazione su En-ROADS](#)

[Struttura En-ROADS](#)

[Scenario di base En-ROADS](#)

[Grafici Kaya](#)

[Background sulle dinamiche di En-ROADS](#)

[Impatti del cambiamento climatico](#)

[Carbone](#)

[Olio](#)

[Gas naturale](#)

[Bioenergia](#)

[Energie rinnovabili](#)

[Nucleare](#)

[Nuovo Zero Carbonio](#)

[Prezzi del carbonio e standard energetici](#)

[Trasporti – Efficienza Energetica](#)

[Trasporti – Elettrificazione](#)

[Edilizia e Industria - Efficienza Energetica](#)

[Edilizia e Industria - Elettrificazione](#)

[Crescita demografica](#)

[Crescita economica](#)

[Emissioni agricole e scelte alimentari](#)

[Sprechi e perdite](#)

[Deforestazione e Degrado delle Foreste Antiche](#)

[Rimozione dell'anidride carbonica basata sulla natura](#)

[Rimozione tecnologica dell'anidride carbonica](#)

[Glossario](#)

Guida dell'utilizzatore di En-ROADS

Di Janet Chikofsky, Ellie Johnston, Andrew Jones, Yasmeen Zahar, Clara Iglesias, Chris Campbell, John Sterman, Lori Siegel, Cassandra Ceballos, Travis Franck, Florian Kapmeier, Stephanie McCauley, Rebecca Niles, Caroline Reed, Juliette Rooney-Varga ed Elizabeth Sawin

Ultimo aggiornamento Febbraio 2025

Il [En-ROADS Climate Solutions Simulator](#) è uno scenario delle soluzioni di simulazione veloce e potente per capire come possiamo raggiungere i nostri obiettivi climatici attraverso i cambiamenti di energia, uso del suolo, consumo, agricoltura e altre politiche. Il simulatore si concentra su come i cambiamenti nel PIL globale, l'efficienza energetica, l'innovazione tecnologica e il prezzo del carbonio influenzano le emissioni di carbonio, la temperatura globale e altri fattori. È progettato per fornire una sintesi della migliore scienza disponibile sulle soluzioni climatiche e metterla a portata di mano dei gruppi in seminari politici e giochi di ruolo. Queste esperienze consentono alle persone di esplorare gli impatti climatici a lungo termine delle politiche globali e delle decisioni di investimento.

En-ROADS è sviluppato da [Climate Interactive](#), [Ventana Systems](#), [UML Climate Change Initiative](#), and [MIT Sloan](#).

Questa guida fornisce informazioni di base sulla dinamica di En-ROADS, suggerimenti per l'utilizzo del simulatore, descrizioni generali, esempi reali, impostazioni degli slider e note sulla struttura del modello per i diversi slider in En-ROADS.

Oltre a questa Guida per l'utente, è disponibile:

- Una conoscenza base di supporto generale su support.climateinteractive.org con domande frequenti e un modulo di contatto
- Una [online training](#) approfondita sull'utilizzo di En-ROADS che può essere seguita in qualsiasi momento
- Un'ampia [Reference Guide](#) che copre i presupposti e la struttura del modello, nonché i riferimenti per le fonti di dati.

Riguardo En-ROADS

En-ROADS è un potente modello di simulazione per esplorare come affrontare le sfide energetiche e climatiche globali attraverso cambiamenti politici, tecnologici e sociali su larga scala. Con En-ROADS puoi creare scenari che si concentrano su come i cambiamenti di tasse, sussidi, crescita economica, efficienza energetica, innovazione tecnologica, prezzi del carbonio, mix di combustibili e altri fattori cambieranno le emissioni globali di carbonio e la temperatura.

En-ROADS è progettato per essere utilizzato in modo interattivo con gruppi in cui può essere la base per conversazioni scientificamente rigorose sull'affrontare il cambiamento climatico. Questo lo rende ideale per i responsabili delle decisioni nel governo, negli affari e nella società civile; o per chi è curioso delle scelte del nostro mondo. Climate Interactive fornisce materiali estesi per supportare le persone nelle attività principali con En-ROADS che vanno da [policy workshops](#) a [roleplaying games](#).

Rispetto a molti modelli di sistemi energetici e climatici globali, En-ROADS restituisce i risultati in pochi secondi, è trasparente nella sua logica matematica e consente di testare in modo interattivo centinaia di fattori. En-ROADS integra gli altri modelli più disaggregati che affrontano questioni simili, ad esempio quelli del consorzio per la modellazione della valutazione integrata.. Questi modelli disaggregati più grandi vengono utilizzati per comparare e calibrare i risultati in En-ROADS.

En-ROADS è l'acronimo di "Energy-Rapid Overview and Decision-Support", sebbene sia cresciuto fino a includere più del semplice settore energetico. Guidato dal team di Climate Interactive, En-ROADS ha beneficiato di una stretta collaborazione tra Climate Interactive, Tom Fiddaman di Ventana Systems, il professor John Sterman del MIT Sloan e la professoressa Juliette Rooney-Varga di UMass Lowell's Climate Change Initiative. En-ROADS è un'estensione del pluripremiato simulatore [C-ROADS](#), che migliaia di persone hanno utilizzato per valutare gli impegni nazionali e regionali di riduzione delle emissioni di gas serra e condurre esercizi di negoziazione sul clima. Entrambi gli strumenti sono stati sviluppati utilizzando l'approccio di modellazione della dinamica dei sistemi e attingono alle tesi di dottorato del MIT del Dr. John Sterman e del Dr. Tom Fiddaman.

Il modello En-ROADS enfatizza le interazioni delle politiche a livello di sistema. Dietro al simulatore c'è uno studio approfondito della letteratura di ricerca più recente su fattori quali tempi di ritardo, rapporti di avanzamento, sensibilità ai prezzi, crescita storica delle fonti energetiche e potenziale di efficienza energetica. Ciò consente a En-ROADS di rivelare le interazioni dinamiche tra le diverse leve, ad esempio in che modo l'efficienza energetica influisce sull'energia rinnovabile e quali cicli di feedback sono più significativi.

Per chi ha familiarità con C-ROADS, la distinzione tra i due è che C-ROADS si concentra su come i cambiamenti nelle emissioni nazionali e regionali potrebbero influenzare le emissioni globali di carbonio e i risultati climatici, mentre En-ROADS si concentra su come i cambiamenti globali in energia, uso del suolo, economia, e la politica pubblica potrebbe influenzare le emissioni globali di carbonio e gli esiti climatici.

Visita support.climateinteractive.org per ulteriori richieste e supporto.

Esercitazione su En-ROADS

En-ROADS è progettato per essere un simulatore di facile utilizzo per la creazione di percorsi per affrontare con successo il cambiamento climatico a livello globale. Questo [video tour introduttivo](#) di 11 minuti di En-ROADS offre indicazioni sulle caratteristiche dell'interfaccia del modello. Per approfondire e conoscere i modi di utilizzare En-ROADS e le dinamiche, unisciti al nostro programma di formazione En-ROADS gratuito su learn.climateinteractive.org.

Ti invitiamo a esplorare tutte le funzionalità di En-ROADS facendo clic. Ecco alcune caratteristiche chiave di En-ROADS da cercare:

Grafici

Ci sono quasi 100 grafici di output disponibili in En-ROADS. Mostrano i dati provenienti da diverse parti del sistema energetico e climatico globale e si aggiornano mentre muovi i cursori all'interno di En-ROADS.

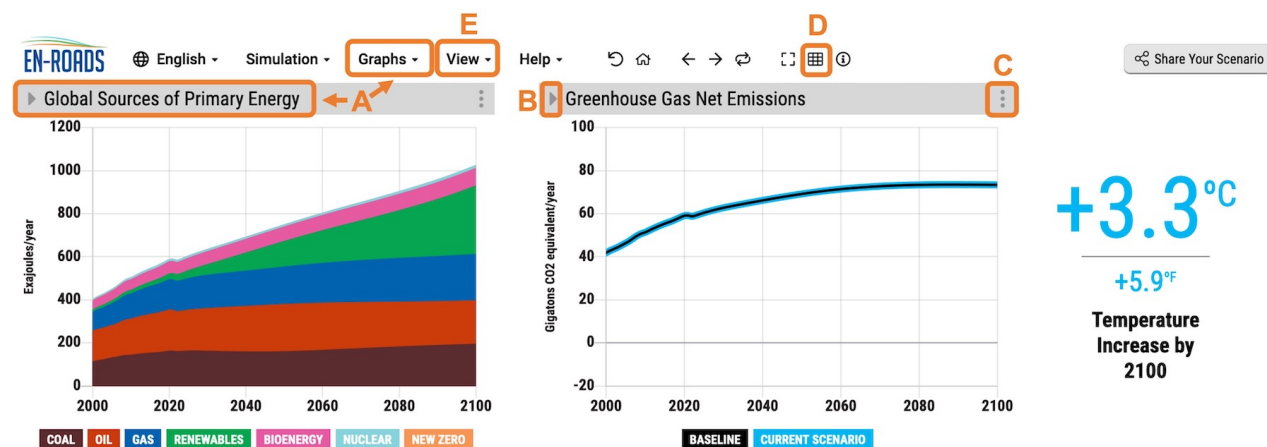
A. Seleziona grafici – Quando apri En-ROADS per la prima volta, vengono visualizzati i due grafici predefiniti. È possibile selezionare dall'elenco completo dei grafici facendo clic sul titolo del grafico sinistro o destro. Puoi anche selezionare dal menu Grafici dalla barra degli strumenti in alto.

B. Maggiori informazioni – Per ulteriori informazioni su un grafico e su cosa mostra, seleziona l'icona del triangolo a sinistra del titolo del grafico.

C. Copia dati del grafico: copia i dati del grafico negli appunti utilizzando l'icona di copia nella parte in alto a destra di un grafico.

D. Scorciatoia per i grafici popolari – Puoi passare rapidamente a una selezione dei grafici più comunemente usati dall'icona "Mostra grafici in miniatura" nella barra degli strumenti in alto. È possibile fare clic su uno qualsiasi di questi grafici in miniatura per passare a quel grafico nella visualizzazione del grafico principale.

E. Visualizza grafici più grandi – Se desideri espandere uno dei grafici in una finestra separata, puoi accedere alla nostra funzione "Grafico a sinistra grande" o "Grafico a destra grande" dal menu Visualizza nella barra degli strumenti in alto.



Cursori/Azioni

Ci sono 19 cursori che rappresentano diverse azioni che puoi testare nel simulatore En-ROADS. Fare clic sul titolo del dispositivo di scorrimento o sui tre punti a destra di ciascun dispositivo di scorrimento per accedere alle impostazioni dettagliate del dispositivo di scorrimento:



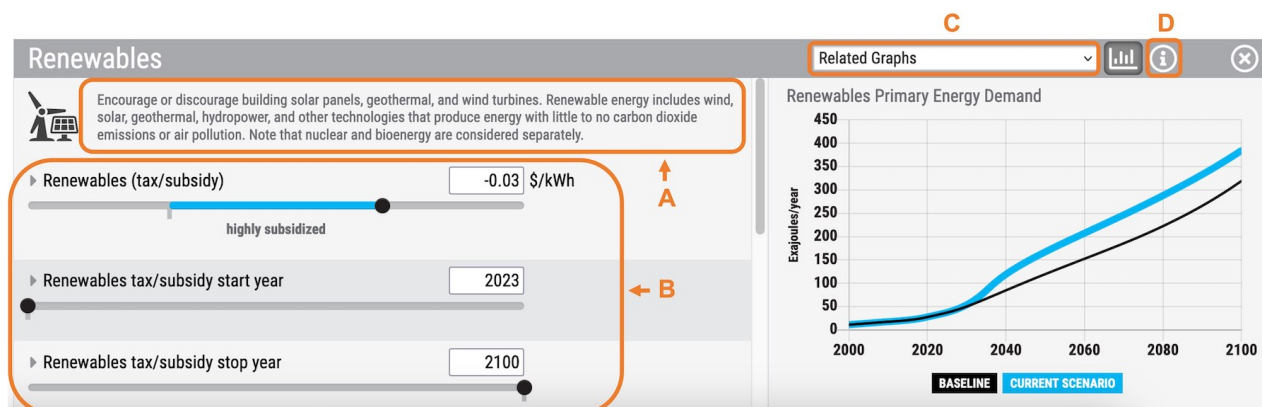
Ecco cosa troverai nella visualizzazione a scorrimento dettagliata:

A. Una descrizione del dispositivo di scorrimento generale - Questa descrizione fornisce ulteriori dettagli sulla soluzione particolare.

B. Maggiore controllo del dispositivo di scorrimento principale - Vedrai le unità associate al dispositivo di scorrimento e i valori numerici dei punti lungo il dispositivo di scorrimento. Puoi inserire direttamente valori numerici per impostare il livello del dispositivo di scorrimento su un valore specifico a tua scelta (entro l'intervallo). Scorri verso il basso per modificare ed esplorare i relativi cursori. Fare clic sul triangolo a sinistra del titolo di ogni dispositivo di scorrimento per visualizzare una breve descrizione del dispositivo di scorrimento.

C. Maggiore controllo del dispositivo di scorrimento principale - Vedrai le unità associate al dispositivo di scorrimento e i valori numerici dei punti lungo il dispositivo di scorrimento. Puoi inserire direttamente valori numerici per impostare il livello del dispositivo di scorrimento su un valore specifico a tua scelta (entro l'intervallo). Scorri verso il basso per cambiare ed esplorare i relativi cursori. Fare clic sul triangolo a sinistra del titolo di ogni dispositivo di scorrimento per visualizzare una breve descrizione del dispositivo di scorrimento.

D. Aiuto - È possibile accedere a informazioni più dettagliate sul dispositivo di scorrimento tramite il pulsante delle informazioni. Si tratta delle stesse informazioni che si trovano per questo argomento nella Guida per l'utente di En-ROADS.



Funzionalità principali della barra degli strumenti

Molte funzioni utili sono a portata di clic dalla barra degli strumenti in alto su En-ROADS. Ecco alcune delle funzionalità a cui puoi accedere.



A. **Condividi il tuo scenario:** puoi condividere il tuo collegamento allo scenario unico con altri. Altri possono aprire il tuo scenario En-ROADS con tutte le impostazioni che hai scelto e gli ultimi grafici principali che hai visualizzato. Puoi quindi condividere il tuo scenario sui canali dei social media. Anche l'acquisizione del collegamento dalla barra degli URL del browser funzionerà, tuttavia, gli ultimi grafici visualizzati non verranno acquisiti.

B. **Riproduci ultima modifica** – Questa è una funzione divertente per riprodurre rapidamente l'ultima modifica più volte. Questa funzione ti assiste nell'esaminare come le diverse parti del sistema hanno risposto alla tua azione dandoti più tempo per cercare le modifiche nei grafici correlati. Puoi anche utilizzare gli altri controlli per annullare o ripetere l'ultima azione (situato a sinistra del controllo "riproduci ultima modifica" nella barra degli strumenti in alto).

C. **Presupposti** [sotto il menu "Simulazione"] – Accedi e modifica i presupposti importanti che guidano il modello En-ROADS.

D. **NOI. Unità** [nel menu "Visualizza"] – Passa dalla metrica alle unità statunitensi.

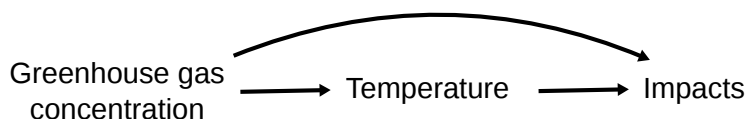
E. **Azioni e risultati** [sotto il menu "Visualizza"] – questo elenco riassume le azioni totali e i principali risultati climatici del tuo scenario.

F. **Esempi correlati** [nel menu "Aiuto"] – Questo elenco condivide esempi comuni di argomenti e soluzioni relativi a ciascuno dei 19 dispositivi di scorrimento. Ciò è utile quando è necessario visualizzare rapidamente un elenco di esempi relativi a ciascuno dei dispositivi di scorrimento.

Visita support.climateinteractive.org per ulteriori richieste e supporto.

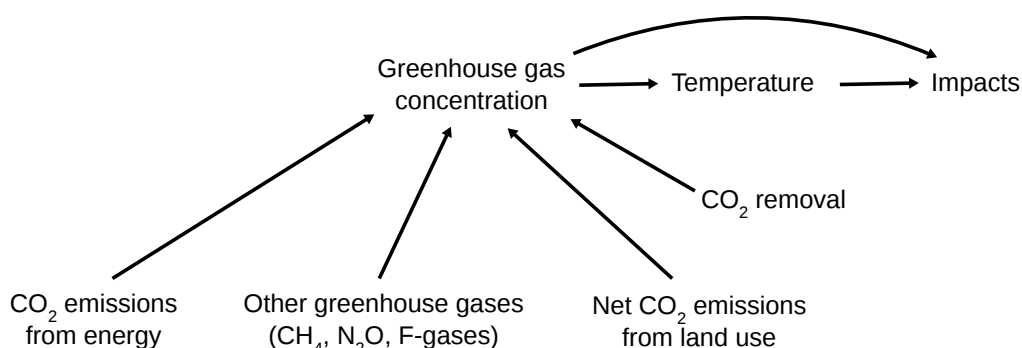
Struttura En-ROADS

Un modo semplice per pensare alla struttura di En-ROADS è considerare i fattori che determinano gli impatti climatici. Nel simulatore, la concentrazione di gas serra fa aumentare la temperatura globale, il che porta a vari impatti (ad esempio, l'innalzamento del livello del mare e l'acidificazione degli oceani).



La concentrazione di gas serra nell'atmosfera è guidata da quattro fonti principali:

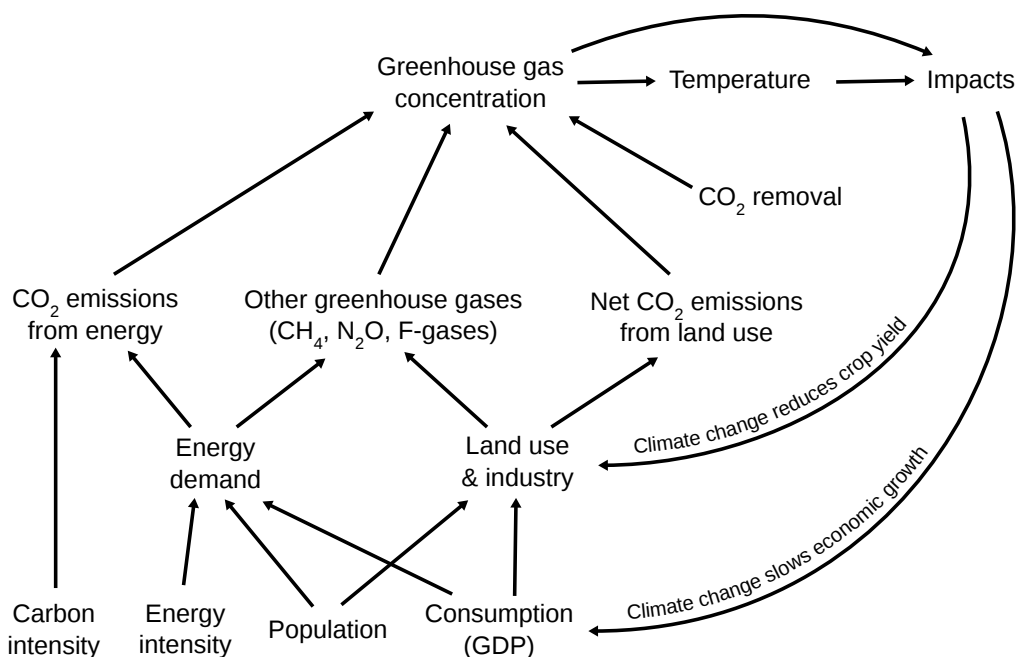
1. **Emissioni di CO₂ di energia** derivanti dalla combustione di carbone, petrolio, gas e biomass. Le emissioni di CO₂ derivanti dall'energia rappresentano attualmente circa il 67% delle emissioni di gas a effetto serra.
2. **Emissioni di CO₂ dell'uso del suolo** come la silvicoltura e il cambiamento dell'uso del suolo. Le emissioni di CO₂ derivanti dall'uso del suolo rappresentano attualmente circa il 7% delle emissioni di gas a effetto serra.
3. Approcci della **rimozione dell'anidride carbonica** che estraggono l'anidride carbonica dall'atmosfera e la immagazzinano nelle piante, nel suolo o nel sottosuolo, portando a una diminuzione delle concentrazioni di CO₂.
4. **Altre emissioni di gas a effetto serra** come metano, N₂O e gas fluorurati. Le emissioni diverse dalla CO₂ rappresentano attualmente circa il 26% delle emissioni totali di gas serra.



Andando oltre, le emissioni di CO₂ dall'energia sono guidate da quattro fattori, noti come [Kaya Identity](#). La popolazione, il consumo (PIL/capite), l'intensità energetica (utilizzo di energia per dollaro di PIL) e l'intensità del carbonio (CO₂ emissioni per unità di energia) vengono tutti moltiplicati insieme e il risultato è la CO₂ energetica complessiva emissioni. In questo modo, ad un livello elevato, la riduzione delle emissioni di CO₂ significa quattro cose: meno persone, meno consumi, più efficienza e meno forniture di energia ad alto contenuto di carbonio.

La crescita della popolazione e dei consumi (PIL pro capite) guida anche le emissioni dei settori agricolo, dell'uso del suolo, del cambiamento dell'uso del suolo e della silvicoltura, a causa dell'aumento della domanda di cose come cibo, prodotti del legno e materie prime bioenergetiche. Ciò aumenta le emissioni di CO₂ derivanti dall'uso del suolo e di altri gas serra, il che rafforza l'aumento della temperatura e il cambiamento climatico.

Nel modello gli impatti del feedback dei cambiamenti climatici sulla crescita economica e sulla resa delle colture. Le temperature globali più elevate riducono la crescita del PIL a causa dei costi di risposta a eventi meteorologici estremi, innalzamento del livello del mare, siccità e inondazioni. Allo stesso modo, anche la crescita della resa delle colture è danneggiata da questi impatti.



Questo è un modo semplice per comprendere la struttura di En-ROADS. Per una spiegazione più approfondita della struttura, guarda i video qui sotto dal nostro [En-ROADS training course](#) o esplora la tecnica [Reference Guide](#).

Video

- [En-ROADS Model Structure](#) (con il professor John Sterman, MIT)
- [Come usiamo ricerche e dati in En-ROADS](#)
- [Confronto con dati e scenari altrui \(Parte 1\)](#)
- [Confronto con dati e scenari altrui \(Parte 2\): En-ROADS aggiornamento giugno 2023](#)
- [Trasparenza, aggiornamenti dei modelli e test in condizioni estreme](#)
- [Rilevanza per i responsabili politici](#)
- [Le nostre principali critiche a En-ROADS](#) (con il professor John Sterman, MIT)
- [Meccanica del software En-ROADS](#)

FAQ

- [Che tipo di modello è En-ROADS?](#)

Scenario di base En-ROADS

Lo scenario di base En-ROADS rappresenta **lo stato del mondo se i cambiamenti sociali e tecnologici dovessero continuare al ritmo attuale di progresso**, senza politiche o azioni aggiuntive. Lo scenario di base è progettato per essere un punto di partenza ragionevole da cui testare vari cambiamenti nelle politiche e nelle ipotesi per vedere gli impatti sul nostro clima globale. Non è una previsione di ciò che è più probabile che accada.

Cosa è incluso nello scenario di base En-ROADS?

En-ROADS non rappresenta esplicitamente le politiche locali, nazionali, internazionali e aziendali, ma stima invece gli effetti complessivi delle condizioni che creano. Lo scenario di base include un'implementazione approssimativa e aggregata delle attuali condizioni tecnologiche, politiche e di investimento globali. Le politiche climatiche oggi in atto in tutto il mondo, come l'*Inflation Reduction Act* degli Stati Uniti e il quadro "1+N" della Cina, stanno promuovendo le energie rinnovabili, continuando a sovvenzionare petrolio e gas e incentivando l'efficienza energetica e l'elettrificazione. Lo Scenario di Base presuppone che tali condizioni continuino, ma che non si rafforzino né si indeboliscano.

Per saperne di più sui fattori che determinano le emissioni nello scenario di base, esplora i [grafici Kaya](#).

Cosa *non* è incluso nello scenario di base En-ROADS?

Lo scenario di base En-ROADS non è destinato a catturare obiettivi politici. Ad esempio, non include gli impegni nazionali o aziendali a zero emissioni nette. Inoltre, non include i contributi determinati a livello nazionale (NDC) dei paesi ai sensi dell'Accordo di Parigi o la continuazione a lungo termine di altre politiche nazionali. Si tratta di una distinzione importante rispetto agli scenari di base o alle "politiche dichiarate" di altri modelli.

Abbiamo scelto di costruire lo scenario di base En-ROADS in questo modo perché le politiche "promesse" o "annunciate" possono essere modificate o non essere mai implementate. Cambiano i governi e cambiano le priorità. Di conseguenza, puoi utilizzare En-ROADS tu stesso per confrontare gli effetti medi globali degli NDC con il tuo scenario e lo scenario di base in cui tali azioni politiche non vengono intraprese. Scopri di più qui: [Lo scenario di base En-ROADS include le politiche future dei paesi o gli NDC ai sensi dell'Accordo di Parigi?](#)

Cosa succede se non sono d'accordo con alcune delle ipotesi dello scenario di base En-ROADS?

Abbiamo scelto una serie di ipotesi come impostazione predefinita nello scenario di base En-ROADS, ma incoraggiamo gli utenti curiosi a variare le ipotesi in En-ROADS nel menu *Simulazione > Ipotesi*. Qui puoi modificare i fattori legati al clima, all'economia, all'uso del territorio e al sistema energetico per esplorare quanto il modello sia sensibile ai loro cambiamenti o impostare uno scenario diverso per testare le politiche e coinvolgere il pubblico.

FAQ

- [Come si confronta lo scenario di base En-ROADS con gli scenari futuri di altri modelli?](#)

Visita support.climateinteractive.org per ulteriori richieste e supporto.

Grafici Kaya

I grafici di Kaya descrivono i driver della crescita delle emissioni di anidride carbonica da energia, che riflette circa i due terzi di tutte le emissioni di gas serra.

Per accedere alla vista Kaya Graphs, fai clic sulla voce "Visualizza" della barra dei menu e quindi su "Kaya Graphs". Si chiama vista "Kaya" perché l'equazione seguente è stata creata da Yoichi Kaya:

Popolazione globale × PIL pro capite × Intensità energetica del PIL × Intensità di carbonio dell'energia = Emissioni di CO₂ da energia

Ecco un modo per comprenderne le tendenze nel tempo:

La **popolazione globale** sta crescendo (attualmente ci stiamo avvicinando a 8 miliardi di persone) e prevediamo una crescita fino a 11 miliardi entro la fine del secolo, secondo le proiezioni delle Nazioni Unite. Il tasso di crescita sta rallentando nel tempo poiché le persone hanno famiglie più piccole.

Il **PIL pro capite** cresce costantemente ogni anno e presumiamo che continuerà, soprattutto perché le persone in paesi in rapido sviluppo come Cina, India, Sud Africa, Messico, Brasile e Indonesia raggiungono standard di vita più elevati.

L'**intensità energetica del PIL** sta diminuendo nel tempo, a causa della maggiore efficienza dell'economia mondiale o dell'utilizzo di meno energia per unità di produzione economica. Le tecnologie stanno migliorando, ad esempio automobili, edifici e macchine più efficienti, e le economie si stanno spostando dalla produzione ai servizi. Il prodotto della popolazione mondiale, del PIL pro capite e dell'intensità energetica del PIL è la quantità totale di energia utilizzata dall'economia globale.

Si prevede che l'intensità di carbonio dell'energia finale, la quantità di anidride carbonica emessa dall'uso di energia, diminuisca leggermente nel tempo. Nel complesso, questa tendenza al ribasso dell'intensità di carbonio è attribuita al graduale passaggio dai combustibili fossili verso fonti energetiche a basse emissioni di carbonio.

Emissioni di anidride carbonica da energia è il risultato di tutti e quattro i fattori moltiplicati insieme e puoi vedere che nello Scenario di base le emissioni sono in crescita. Poiché il livello di anidride carbonica nell'atmosfera è correlato alla temperatura, una maggiore concentrazione di anidride carbonica nell'atmosfera porta ad un aumento delle temperature globali.

Questi fattori spiegano in termini semplici perché le emissioni sono in aumento nello Scenario di base. I miglioramenti in termini di efficienza e decarbonizzazione non tengono ancora il passo con la forte crescita della popolazione e dei consumi.

Visita support.climateinteractive.org per ulteriori richieste e supporto.

Background sulle dinamiche di En-ROADS

Quando utilizzi En-ROADS, presta attenzione a quando e quanto le regolazioni del dispositivo di scorrimento comportano deviazioni dallo Scenario di base. Chiedi al tuo pubblico di riflettere sul perché ciò è accaduto per illuminare il pensiero sulle dinamiche del sistema climatico ed energetico che En-ROADS simula.

Alla maggior parte delle dinamiche in En-ROADS si può rispondere con queste spiegazioni:

Interazioni complesse tra domanda e offerta di energia in competizione

1. Ritardi e rotazione del capitale sociale

Le nuove fonti di energia (ad esempio, le rinnovabili e le nuove fonti di energia a zero emissioni di carbonio) impiegano decenni (non anni) per espandersi sufficientemente per competere con carbone, petrolio e gas a livello globale. Una delle principali cause di questi ritardi è che la nuova infrastruttura energetica viene costruita solo quando la vecchia infrastruttura va in pensione o c'è la necessità di soddisfare l'aumento della domanda di energia.

Solo il 6% circa di tutte le infrastrutture energetiche mondiali cambia ogni anno, poiché infrastrutture come centrali elettriche a carbone e raffinerie di petrolio possono essere utilizzate per 30 o più anni. Quindi, mentre le nuove fonti di energia a zero emissioni di carbonio possono costituire la maggior parte della quota di mercato del nuovo capitale energetico, ci vorranno molti anni prima che il vecchio capitale si riattivi e venga ritirato. Il clima è aiutato solo quando carbone, petrolio e gas vengono ritirati e, in assenza di altri interventi, tale quantità è relativamente piccola, circa il 3% all'anno.

Slow Capital Stock Turnover



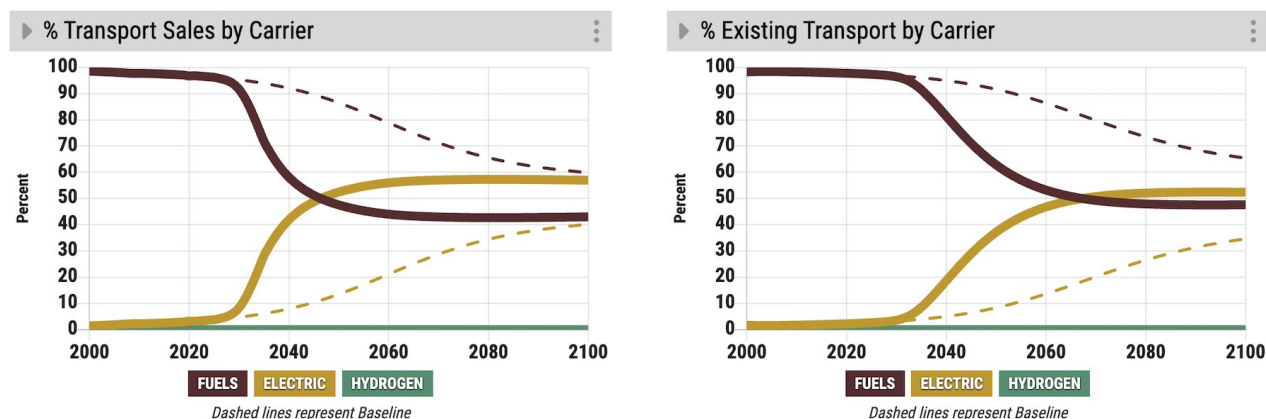
Questo risponde a domande come:

- "Perché sovvenzionare le energie rinnovabili, il nucleare o una nuova fonte di energia a zero emissioni di carbonio non aiuta a evitare un ulteriore riscaldamento?"

Questa dinamica è rilevante anche per aumentare l'efficienza energetica o l'elettrificazione. Tuttavia, il capitale che consuma energia, come i veicoli, gli edifici e l'industria, ha una vita media molto più breve (10-15 anni). Si può promuovere immediatamente la vendita di auto elettriche, ad esempio, ma la quantità media di tutte le auto elettriche impiega decenni per raggiungere lo stesso livello poiché ci vuole tempo prima che tutte le vecchie auto a carburante vengano tolte dalla strada.

Per illustrare questo punto: sposta il dispositivo di scorrimento dell'elettrificazione dei trasporti in modo che sia altamente sovvenzionato. Esamina il grafico "Quota elettrica del trasporto totale" e nota che, anche se la quantità di trasporto elettrico cresce, ci vogliono diversi decenni prima che possa raggiungere oltre il 50% del trasporto totale. Confronta questo con il grafico "Quota elettrica delle vendite di trasporto" che aumenta molto più rapidamente, poiché le vendite riflettono più immediatamente l'impatto della sovvenzione.

[Guarda questo scenario in En-ROADS.](#)



Implicazioni di questa dinamica: le politiche che si limitano a promuovere alternative ai combustibili fossili impiegano diversi decenni per ridurre le emissioni di anidride carbonica: l'infrastruttura esistente impiega molto tempo per essere ritirata.

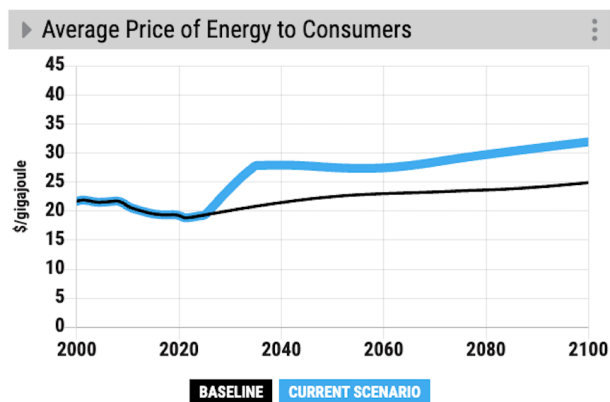
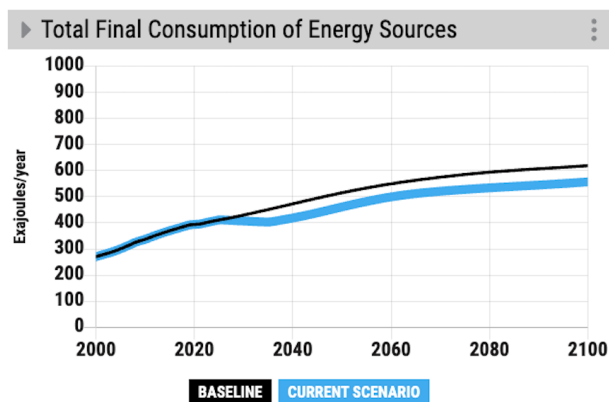
[Per saperne di più, guarda questo video su Capital Stock Turnover.](#)

2. Effetti della domanda e dell'offerta

La domanda di energia diminuisce se i prezzi dell'energia aumentano e la domanda aumenta se i prezzi scendono. È più probabile che le persone e le aziende intraprendano azioni per risparmiare energia (come spegnere le luci quando non vengono utilizzate) o investire nell'efficienza energetica (come l'acquisto di elettrodomestici ad alta efficienza energetica o l'isolamento degli edifici) quando i prezzi dell'energia sono elevati. Le politiche dovrebbero essere concepite per consentire alle persone che hanno un carico energetico elevato (una parte importante del loro reddito va a pagare per l'energia) l'accesso a energia a prezzi accessibili e miglioramenti dell'efficienza energetica.

Quando viene fissato un prezzo del carbonio elevato, ad esempio, la domanda di energia diminuisce perché i prezzi dell'energia aumentano.

Guarda questo scenario in En-ROADS.



Perché il circolo vizioso prezzo-domanda indebolisce alcuni degli effetti positivi delle sovvenzioni alle energie rinnovabili o ad altre fonti energetiche a zero emissioni di carbonio?

Il circolo vizioso prezzo-domanda è uno dei motivi per cui sovvenzionare le energie rinnovabili e altre forme di energia a zero emissioni di carbonio è meno efficace nel ridurre le emissioni di CO₂ di quanto ci si potrebbe aspettare.

Ecco i punti chiave da ricordare su questa dinamica:

1. L'energia rinnovabile o altre forme di energia a basse o zero emissioni di carbonio aiutano il clima solo quando sostituiscono carbone, petrolio e gas, impedendo a tali fonti di emettere gas serra.
2. Quando si sovvenziona l'energia rinnovabile o nucleare, o si aggiunge una svolta in una nuova fonte di energia a zero emissioni di carbonio molto economica, si riduce il costo complessivo dell'energia e la domanda aumenta.
3. Questo aumento della domanda di energia indebolisce gli effetti positivi delle rinnovabili/nucleare/nuova energia a zero emissioni di carbonio per due ragioni:
 - L'aumento della domanda di energia è soddisfatto per la maggior parte da energia a basse emissioni di carbonio, ma di conseguenza è disponibile meno energia a basse emissioni di carbonio per sostituire i combustibili fossili.
 - Parte dell'aumento della domanda potrebbe essere soddisfatta da combustibili fossili che altrimenti non sarebbero necessari, che emettono gas serra.

Se le uniche fonti di energia disponibili non emettessero CO₂, allora un aumento della domanda di energia non avrebbe effetti sul clima. Ma nella maggior parte degli scenari, è importante disincentivare la combustione di carbone, petrolio e gas oltre a incentivare le fonti energetiche a basse emissioni di carbonio.

Per saperne di più, guarda questo video sul ciclo di feedback domanda-prezzo.

3. Competizione tra fonti di energia: "spiazzamento" e "spremitura del pallone"

Molti presumono che se il mondo promuovesse diverse fonti energetiche a zero emissioni di carbonio a lungo termine come il nucleare, l'eolico e il solare, il loro contributo alla mitigazione del carbonio sarebbe additivo. Invece, in realtà competono. Più di uno, meno di un altro..

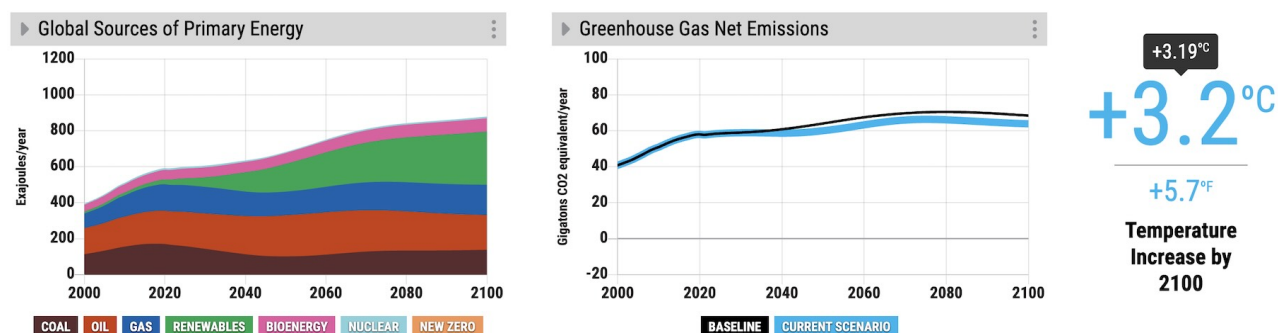
Risponde a domande come:

- "Perché non è stato d'aiuto avere una svolta in una nuova fornitura di energia a zero emissioni di carbonio in questo scenario dominato dalle rinnovabili?"

Per illustrare questo punto: vedere il grafico "Fonti globali di energia primaria" nei tre scenari seguenti. Nel primo grafico, sovvenzioniamo solo le rinnovabili; nel secondo, c'è una svolta in una nuova fornitura di energia a zero emissioni di carbonio; nel terzo grafico, vediamo sia un sussidio per le rinnovabili sia una nuova svolta a zero emissioni di carbonio. *Suggerimento: per visualizzare la temperatura in formato 2100 con due cifre decimali, passa il mouse sopra la temperatura.*

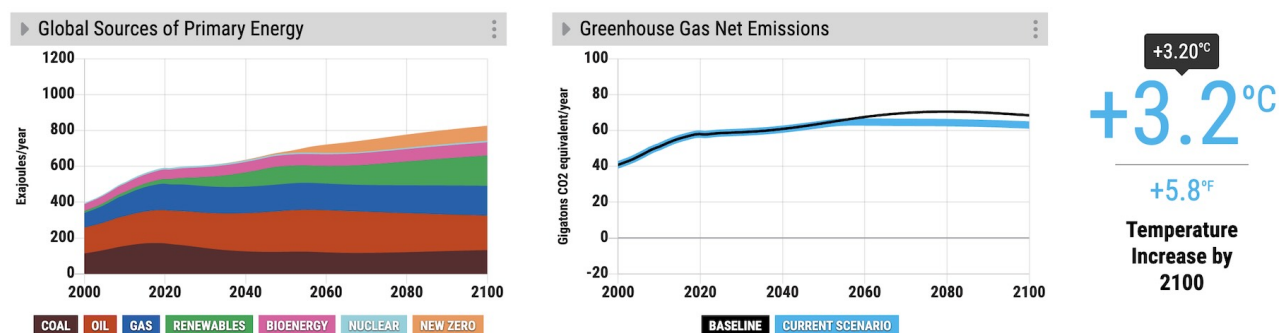
Nel seguente scenario, un elevato sussidio per le energie rinnovabili porta a una riduzione della temperatura di 0,1 gradi Celsius:

[Guarda questo scenario in En-ROADS.](#)



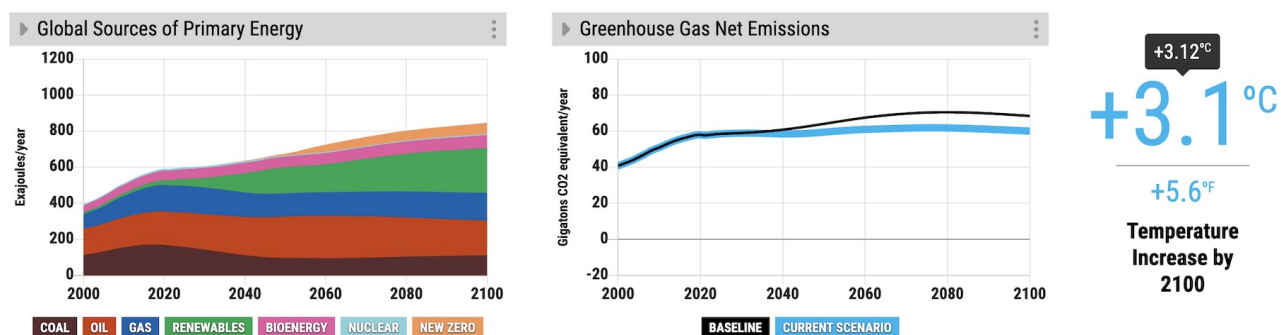
Un enorme passo avanti in New Zero-Carbon porta da solo a una riduzione di 0,3 gradi Celsius:

[Guarda questo scenario in En-ROADS.](#)



Quando combinati, invece di vedere una riduzione aggiuntiva di 0,26 gradi Celsius, vediamo solo una riduzione della temperatura di 0,2 gradi a causa delle forniture energetiche in competizione tra loro per la quota di mercato:

Guarda questo scenario in En-ROADS.

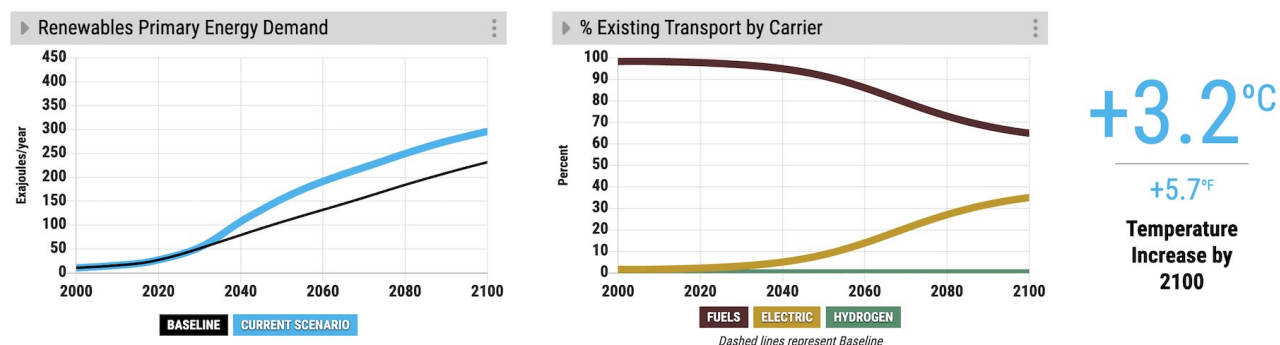


Per saperne di più, guarda questo video su "Spiazzare e spremere il palloncino."

4. Politiche complementari: Elettrificazione

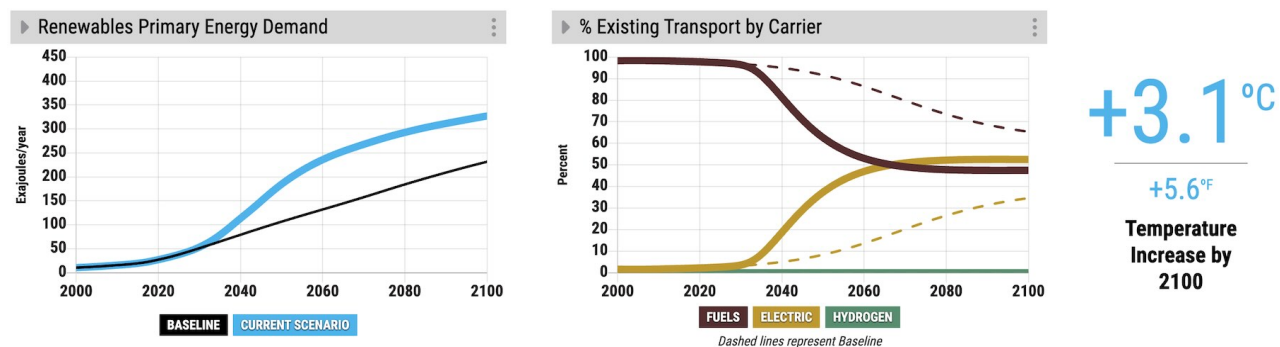
Le energie rinnovabili, il nucleare e la nuova energia a zero emissioni di carbonio producono energia sotto forma di elettricità in En-ROADS. Gli edifici, l'industria e i trasporti devono essere in grado di utilizzare l'elettricità per utilizzare queste fonti di energia più pulite. L'elettrificazione degli edifici e dell'industria (ad esempio, passando alle pompe di calore elettriche) e dei trasporti (passaggio dai motori a combustione interna ai veicoli elettrici) è quindi essenziale per cambiare il mix energetico. Si noti in En-ROADS come sovvenzionare in modo significativo le energie rinnovabili porti a una riduzione della temperatura di 0,1 gradi Celsius:

[Guarda questo scenario in En-ROADS.](#)



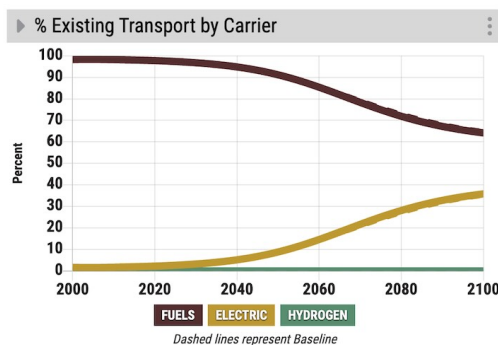
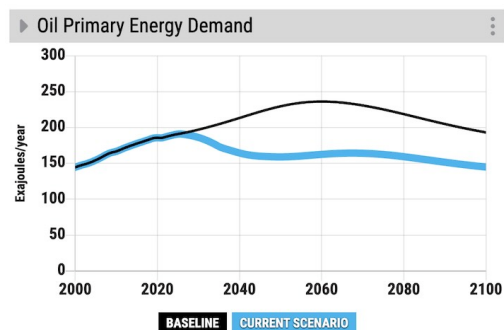
E poi aggiungere una politica per aumentare l'elettrificazione dei trasporti abbassa ulteriormente la temperatura e aumenta la domanda di rinnovabili:

[Guarda questo scenario in En-ROADS.](#)



Allo stesso modo, in uno scenario diverso, tassare il petrolio non è sufficiente a scoraggiare l'uso di questo carburante:

[Guarda questo scenario in En-ROADS.](#)



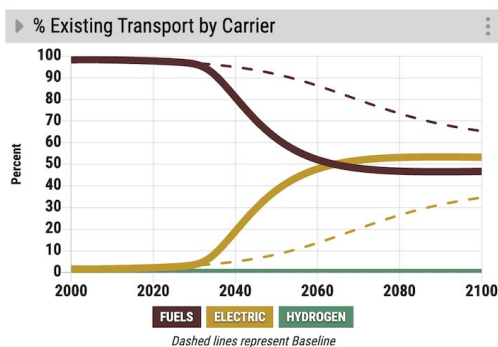
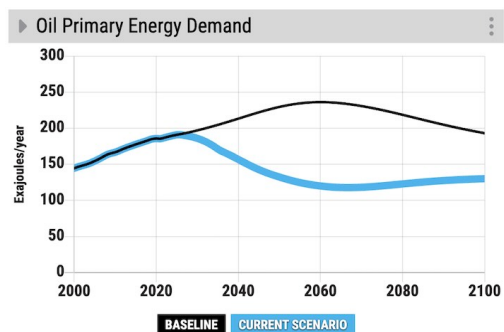
+3.2°C

+5.7°F

Temperature
Increase by
2100

È inoltre necessario aggiungere politiche che incoraggino l'elettrificazione, che consente a cose che dipendevano dal petrolio di utilizzare altre fonti di energia.

[Guarda questo scenario in En-ROADS.](#)



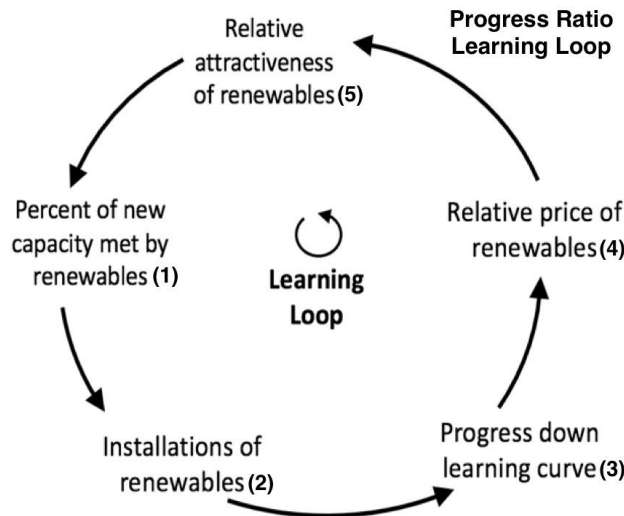
+3.2°C

+5.7°F

Temperature
Increase by
2100

5. Economie di scala e apprendimento

I costi delle forniture energetiche come le energie rinnovabili diminuiscono man mano che l'esperienza cumulativa viene acquisita attraverso un ciclo di feedback sull'apprendimento, noto anche come "economie di scala". Ogni raddoppio della capacità installata cumulata di rinnovabili riduce i costi di circa il 20%, creando un ciclo di rinforzo (questo è noto come "progress ratio"). Nel grafico sottostante, aumentando la capacità (1) e l'installazione (2) di nuove fonti energetiche porta ad un aumento dell'apprendimento (3), ad una diminuzione del prezzo (4), ad un aumento dell'attrattività delle rinnovabili (5) e quindi ad una capacità e impianti ancora maggiori:



Risponde a domande come:

- "Perché dovremmo avere speranza?"
- "Come possiamo permetterci una transizione verso un'economia a basse emissioni di carbonio?"
- "I costi delle rinnovabili non sono proibitivi?"

Per illustrare questo punto: Guarda il grafico "Domanda di energia primaria da fonti rinnovabili" in uno scenario in cui le fonti rinnovabili sono sovvenzionate. Si innesca una crescita esponenziale iniziale che è guidata e sostenuta dalla figura del ciclo di apprendimento rafforzata mostrata sopra.

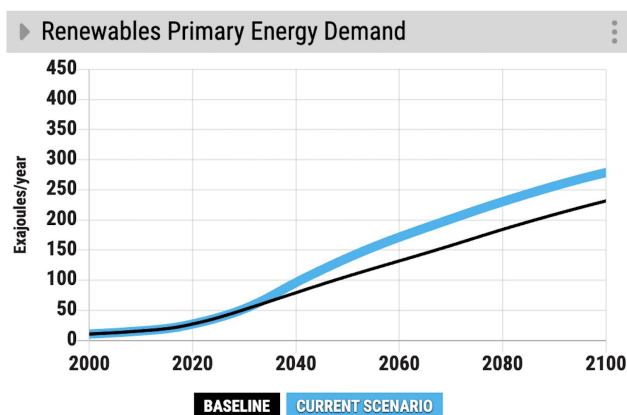
L'indice di progresso per le rinnovabili è 0,80, che è piuttosto basso rispetto ad altre fonti di energia come il nucleare e il carbone (0,98). Ricorda, un rapporto di avanzamento di 0,80 significa che ogni raddoppio della capacità installata cumulata riduce i costi del 20%. Per il carbone, ogni raddoppio della capacità installata cumulata riduce i costi solo del 2%. Il carbone e altre fonti energetiche più vecchie hanno già ottenuto significative riduzioni dei costi grazie ai progressi tecnologici negli ultimi decenni.

Ciò risponde anche alla domanda "Perché è utile sovvenzionare le energie rinnovabili?"

I sussidi riducono il costo delle energie rinnovabili, il che porta a una maggiore installazione di energie rinnovabili e a più esperienza cumulativa (accettazione sociale, formazione di installatori e ingegneri, maggiore disponibilità di fabbriche per realizzare le parti, ecc.). Il ciclo di apprendimento scorre più velocemente di quanto farebbe senza i sussidi. La stessa cosa accadrebbe senza sovvenzioni, ma sarebbe più lenta. Nel frattempo, più carbone, petrolio e gas verrebbero bruciati ed emetterebbero gas serra.

Per illustrare questo punto: Guarda il grafico "Renewables Primary Energy Demand" in uno scenario in cui le rinnovabili sono sovvenzionate. Aumenta la crescita esponenziale guidata e sostenuta dalla figura del ciclo di apprendimento di rinforzo mostrata sopra.

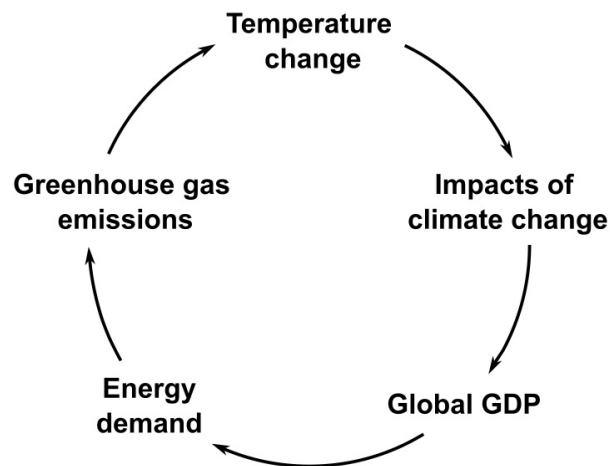
[Guarda questo scenario in En-ROADS.](#)



Per saperne di più, guarda questo video sulle Economie di Scala.

6. Danno economico dal cambiamento climatico

L'aumento della temperatura dovuto al cambiamento climatico danneggia l'economia e riduce i consumi, bilanciando alcuni dei futuri effetti negativi del cambiamento climatico. Un aumento della temperatura globale (1) è legato ai cambiamenti nei modelli climatici - come disastri climatici più frequenti, minori raccolti dovuti a siccità, ecc. - che danneggiano l'economia (2). Ciò influisce sulla crescita del PIL e riduce il consumo globale di energia (3). Meno consumo produce meno emissioni di gas serra, il che si traduce in un minore aumento della temperatura (1). Questo è un ciclo di feedback compensativo o bilanciante:



Risponde a domande quali:

- "En-ROADS tiene conto dei costi degli impatti del cambiamento climatico?"
- "Perché le azioni di rimozione del carbonio aumentano il consumo di energia o le emissioni di CO₂ derivanti dall'energia?"
- "Perché l'azione sulle emissioni agricole o sui rifiuti e sulle perdite aumenta il consumo di energia?"

Ecco i punti chiave da ricordare su questa dinamica:

1. Questa dinamica può essere disattivata con l'interruttore "Il cambiamento climatico rallenta la crescita economica" in Simulazione > Ipotesi > Economia > "Impatto economico del cambiamento climatico". Ciò fa sì che l'economia continui a crescere senza essere influenzata dai cambiamenti climatici, causando più inquinamento da gas serra e più cambiamenti climatici. Si noti che la modifica delle ipotesi in En-ROADS influisce solo sullo scenario attuale e l'impatto economico del cambiamento climatico continuerà ad essere presente nello scenario di base. [Visualizza questo scenario in En-ROADS e attiva e disattiva l'interruttore "Il cambiamento climatico rallenta la crescita economica"](#).
2. Le azioni (ad esempio, la rimozione del carbonio o la riduzione delle emissioni agricole o dei rifiuti e delle perdite) che riducono la temperatura senza incidere sui costi energetici o sull'efficienza energetica causeranno comunque un aumento del consumo di energia. La riduzione della temperatura causata da queste azioni riduce parte dell'impatto economico del cambiamento climatico, il che porta a una maggiore crescita del PIL e quindi a un maggiore consumo di energia finale e ad emissioni di gas serra.

Si noti che se le uniche fonti di energia disponibili non emettessero CO₂, un aumento della domanda di energia dovuto alla maggiore crescita del PIL non avrebbe alcun effetto sul clima.

3. Le stime dell'effetto del cambiamento climatico sull'economia, noto come "funzione di danno", sono varie. La base della funzione di danno dello Scenario di Base è uno studio di Burke et al. 2018. Se gli utenti desiderano scegliere un percorso più alto o più basso per la funzione del danno, possono scegliere tra le funzioni di altri studi sottoposti a revisione paritaria o crearne uno proprio. I dettagli possono essere trovati in queste FAQ: [Perché En-ROADS include la funzione di danno di Burke et al. \(2018\) nello scenario di base?](#)

Per saperne di più, leggi la spiegazione sull'impatto economico del cambiamento climatico in En-ROADS.

Driver dello scenario di base

Per comprendere meglio i comportamenti del modello, è importante comprendere quali fattori guidano lo scenario di base. Scopri di più nel [capitolo Scenario di base En-ROADS](#).

1. Driver di crescita

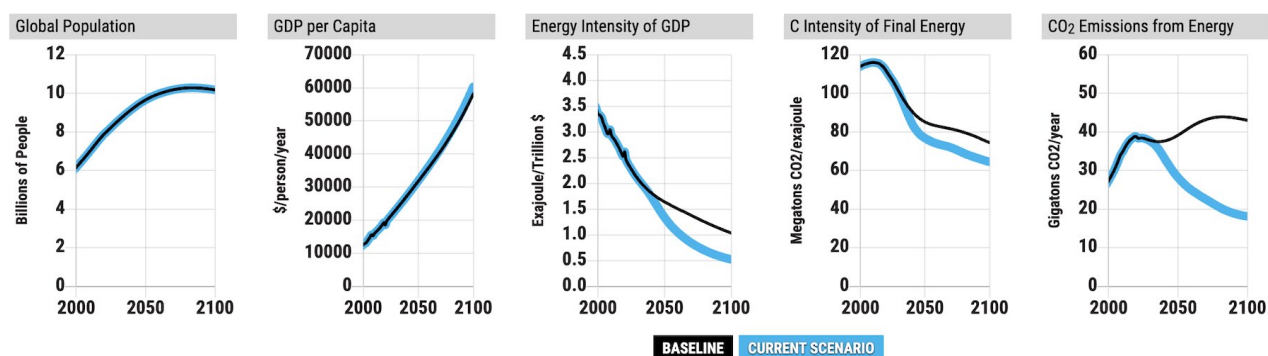
Una sfida per limitare il riscaldamento futuro in questa simulazione è la potente crescita del PIL globale (prodotto mondiale lordo). Ciò è guidato dai cursori Popolazione e Crescita economica. Più produzione e consumo di beni e servizi richiedono più energia. Mentre l'efficienza energetica e le modifiche al mix di combustibili possono aiutare a ridurre le emissioni di energia, il loro successo è smorzato dalla crescita del PIL. Parte di questa crescita è rallentata dagli impatti dei cambiamenti climatici, come la riduzione dei raccolti, l'intensificazione dei disastri naturali, l'innalzamento del livello del mare e la perdita di biodiversità. Questo impatto sul PIL è noto come "funzione del danno" e rallenta l'aumento dei consumi e della domanda di energia. Tuttavia, la domanda di energia e le emissioni di CO₂ derivanti dall'energia sono ancora in aumento nel corso del secolo, il che porta molti utenti a esplorare futuri diversi per la popolazione (ad esempio, dando potere alle donne nei paesi in via di sviluppo, che potrebbero ridurre la crescita della popolazione) e la crescita economica misurata in PIL pro persona (ad esempio, trovando modi per soddisfare i bisogni economici senza aumentare i consumi).

Risponde a domande come:

- "Abbiamo fatto molto per l'efficienza energetica e l'energia pulita: perché le emissioni non si sono ridotte abbastanza in modo sostanziale?"

Per illustrare questo punto: vedere la visualizzazione dei grafici Kaya di seguito per uno scenario a basse emissioni con una maggiore efficienza energetica e una transizione verso fonti di energia a basse emissioni di carbonio. Anche se l'intensità energetica del PIL migliora e anche l'intensità di carbonio dell'energia diminuisce, la popolazione globale e il PIL pro capite continuano a crescere.

[Guarda questo scenario in En-ROADS.](#)



Per saperne di più, guarda questo video sui Grafici Kaya.

2. Le emissioni diverse da CO₂ influenzano la temperatura in modo significativo

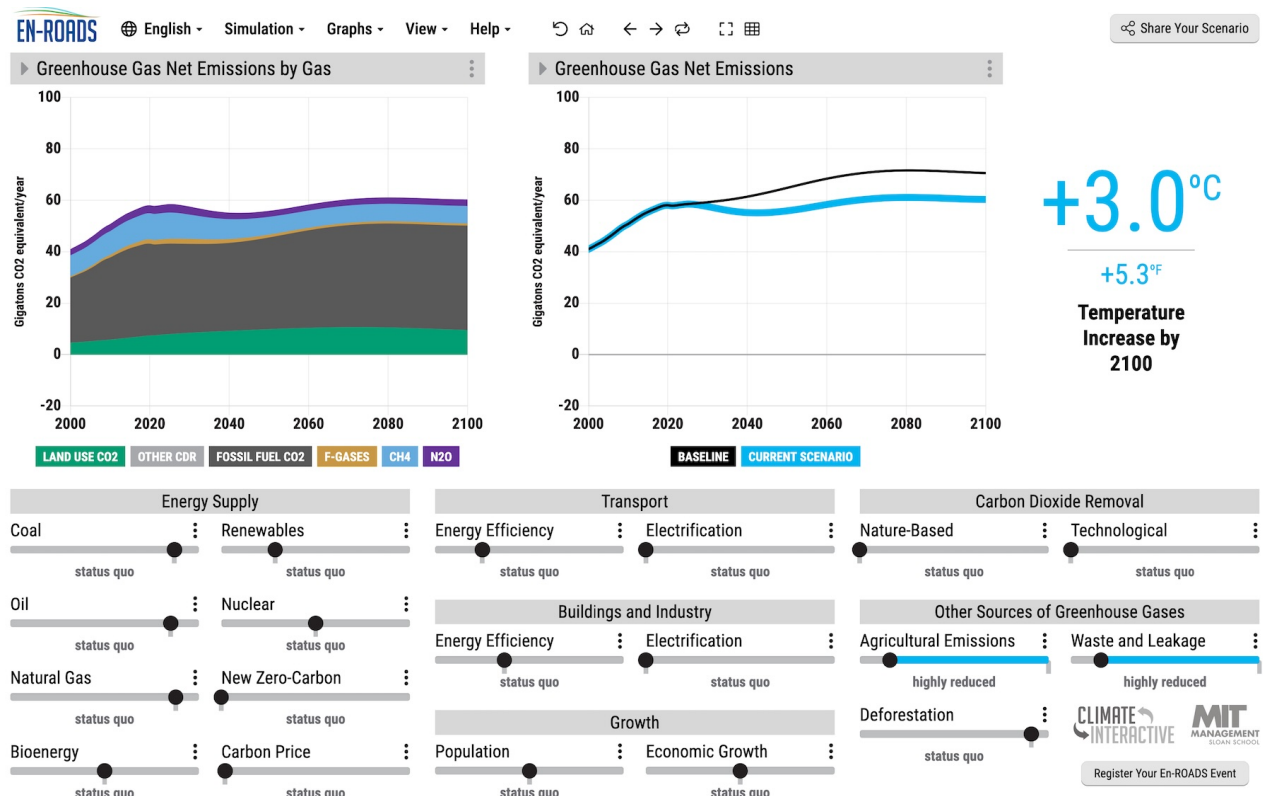
Il metano (CH₄), l'N₂O e i gas fluorurati sono controllati dai dispositivi di scorrimento Emissioni agricole e Rifiuti e perdite. La regolazione di questi cursori ha un grande impatto sulla temperatura. Ciò implica cambiamenti significativi nella gestione e nel consumo del bestiame, nella gestione dei rifiuti, nell'uso dei fertilizzanti e nell'industria. Queste emissioni rappresentano attualmente circa il 26% delle emissioni totali di gas serra.

Risponde a domande quali:

- “Abbiamo fatto molto nel campo dell’energia: perché non abbiamo risolto la crisi climatica?”

Per illustrare questo punto: Consultare i grafici "Emissioni nette di gas a effetto serra per gas - Area" e "Emissioni nette di gas a effetto serra" e regolare il cursore Emissioni agricole e Rifiuti e perdite. Guarda lo scenario seguente: riducendo notevolmente le emissioni di CH₄, N₂O e gas fluorurati si ottiene una riduzione significativa della temperatura del 2100.

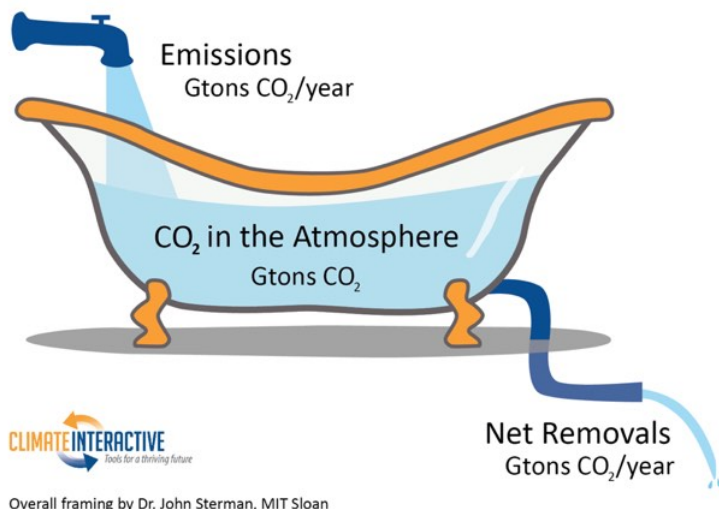
Guarda questo scenario in En-ROADS.



Dinamica sistemica del clima

1. Dinamiche della vasca da bagno - Le emissioni di CO₂ devono essere uguali o inferiori alle rimozioni di CO₂ affinché la temperatura si stabilizzi

La metafora di una vasca da bagno aiuta a spiegare la dinamica dell'aumento della concentrazione di CO₂ nell'atmosfera. Se più CO₂ entra nell'atmosfera (come l'acqua che scorre in una vasca) di quanta ne viene rimossa (come l'acqua che fuoriesce dalla vasca), allora la quantità di CO₂ nell'atmosfera (la quantità di acqua nella vasca) continuerà ad aumentare. Per appiattire la concentrazione di CO₂ e quindi la temperatura, dobbiamo ridurre le emissioni di CO₂ a parità di rimozioni. Se la tua vasca trabocca, prima chiudi il rubinetto.

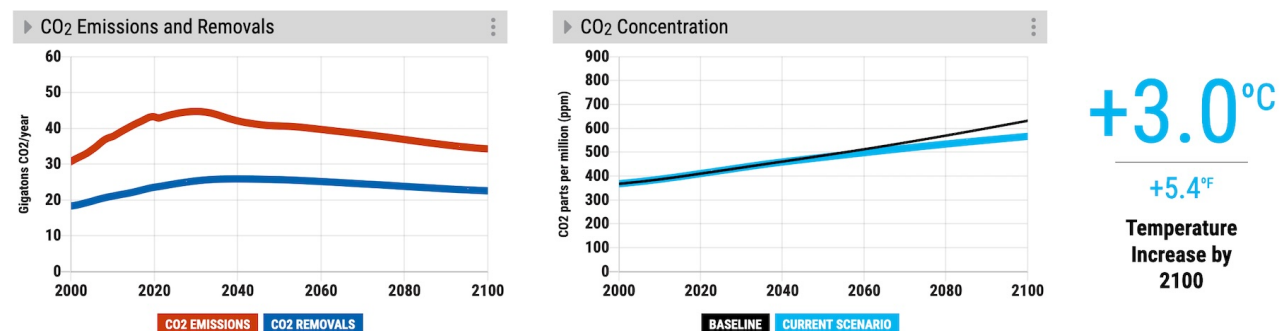


Questo risponde a domande come:

- "Le emissioni sono stabilizzate, quindi perché la temperatura o la concentrazione di CO₂ continuano a salire?"

Per illustrare questo punto: Vedere i grafici "Emissioni e rimozioni di CO₂" e "Concentrazione di CO₂" in uno scenario in cui le emissioni di CO₂ si stabilizzano. Anche se le emissioni di CO₂ (in rosso sotto) si sono appiattite, la concentrazione di CO₂ (in blu a destra sotto) continua ad aumentare perché le emissioni sono maggiori degli assorbimenti.

Guarda questo scenario in En-ROADS.



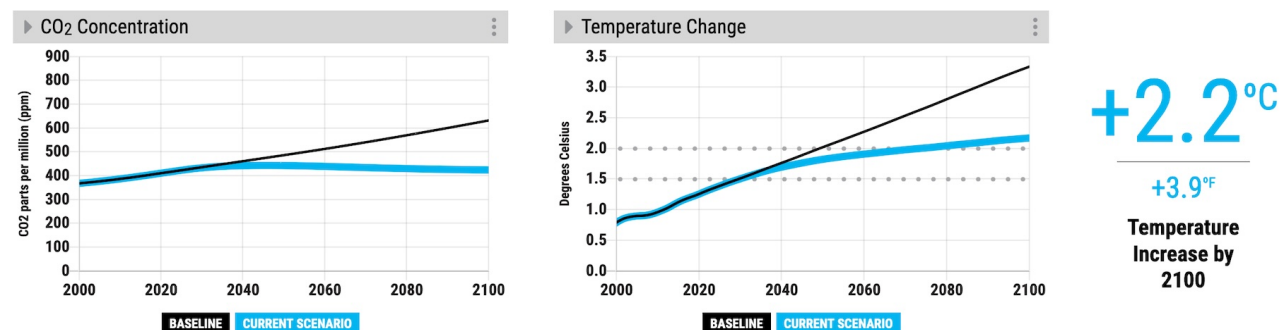
Per saperne di più, guarda questo video sulla vasca da bagno ad anidride carbonica.

Per saperne di più su titoli, flussi e l'inquadratura della vasca da bagno di seguito, dai un'occhiata alla nostra serie di apprendimento [Climate Leader](#).

2. Ritardi nel sistema climatico

In uno scenario in cui la concentrazione di CO₂ si stabilizza, la temperatura superficiale globale continua ad aumentare per un certo numero di anni a causa degli squilibri termici tra gli oceani e l'atmosfera (questo è noto come inerzia climatica). L'oceano ha assorbito la maggior parte del calore intrappolato dai gas serra, ma è lento a raggiungere l'equilibrio termico con l'atmosfera. Si noti che la simulazione termina nel 2100 in En-ROADS e il tempo necessario alla stabilizzazione della temperatura dopo che la concentrazione di CO₂ si è stabilizzata potrebbe essere successivo al 2100.

[Guarda questo scenario in En-ROADS.](#)



Visita support.climateinteractive.org per ulteriori richieste e supporto.

Impatti del cambiamento climatico

Gli impatti climatici si riferiscono agli effetti dei cambiamenti del clima terrestre su persone, economie, ecosistemi e infrastrutture. Questi includono riduzioni nei raccolti agricoli, un aumento dei decessi dovuti al caldo estremo e una crescita economica inferiore. Gli impatti possono essere causati direttamente dall'aumento della temperatura o da fattori associati come la concentrazione di CO₂ e l'innalzamento del livello del mare.

Indice degli impatti in En-ROADS

Atmosfera

- [Variazione di temperatura](#)
- [Concentrazione di CO₂](#)
- [Concentrazione di Metano](#)
- [Concentrazione di GHG](#)

Caldo Estremo

- [Giorni di caldo estremo—Mappa](#)
- [Giorni di caldo e umidità estremi—Mappa](#)
- [Frequenza del caldo estremo](#)
- [Decessi per caldo estremo](#)
- [Decessi per caldo estremo per regione](#)
- [Perdite di manodopera all'aperto per caldo estremo](#)
- [Popolazione esposta a uragani e tifoni](#)
- [Popolazione esposta a inondazioni fluviali](#)

Saute ed Economia

- [Inquinamento atmosferico da energia](#)
- [Inquinamento atmosferico da energia per fonte](#)
- [Esposizione aggiuntiva a malaria e dengue dal riscaldamento](#)
- [Diminuzione della resa delle colture dal riscaldamento](#)
- [Diminuzione dei nutrienti delle colture dalla concentrazione di CO₂](#)
- [Perdita di PIL globale](#)

Oceani

- [Innalzamento del livello del mare](#)
- [Innalzamento del livello del mare—Mappa del rischio di inondazione](#)
- [Popolazione esposta all'innalzamento del livello del mare](#)
- [Acidificazione dell'oceano](#)
- [Probabilità di estate artica senza ghiaccio](#)
- [Perdita di vita oceanica a causa del riscaldamento](#)

Ecosistemi e Biodiversità

- [Probabilità di siccità prolungata—Mappa](#)
- [Giorni di pericolo di incendi boschivi dal riscaldamento—Mappa](#)
- [Espansione di terre aride dal riscaldamento](#)
- [Cambiamenti dell'ecosistema dal riscaldamento](#)
- [Rischio di estinzione di specie endemiche](#)
- [Specie che perdono più del 50% dell'intervallo climatico](#)

Messaggi chiave

- Gli impatti climatici possono evidenziare l'importanza anche di piccoli cambiamenti di temperatura. Molti impatti non aumentano in modo costante con l'aumento delle temperature, ma possono peggiorare rapidamente in modo significativo.
- Le misure di mitigazione offrono co-benefici immediati ed evidenti, confrontando gli impatti previsti per il 2030 o il 2040 nello Scenario di Base rispetto allo Scenario Attuale.

Dinamiche chiave

- **Temperatura:** La maggior parte degli impatti è il risultato dell'aumento della temperatura globale o delle sue conseguenze. L'innalzamento del livello del mare, ad esempio, è causato da una combinazione di scioglimento dei ghiacci ed espansione termica. Gli oceani più caldi fanno sì che i cicloni tropicali si intensifichino più rapidamente rispetto al passato. La biodiversità diminuisce quando i cambiamenti nei modelli climatici e l'aumento delle temperature causano lo spostamento o la destabilizzazione degli ecosistemi, alterando gli habitat delle specie.
- **Concentrazione di CO₂:** L'acidificazione degli oceani, ad esempio, è causata dall'aumento della concentrazione di CO₂ nell'atmosfera. Gli oceani assorbono circa il 30% del CO₂ rilasciato nell'atmosfera. Una volta disciolto nell'acqua, la CO₂ aumenta l'acidità dell'acqua attraverso una serie di reazioni chimiche. Uno dei risultati principali è che viene resa disponibile meno quantità di carbonato di calcio, rendendo difficile per le specie marine costruire conchiglie e scheletri di corallo.
- **Inquinamento atmosferico:** L'inquinamento atmosferico derivante dall'energia è il risultato delle emissioni di particolato dovute alla combustione di carbone, petrolio e gas naturale. La trasformazione del sistema energetico per utilizzare fonti rinnovabili e altre fonti di energia pulita migliorerà immediatamente la qualità dell'aria.

Suggerimenti

- Evidenzia gli impatti climatici durante tutto il workshop di En-ROADS: all'inizio, per motivare l'azione; dopo la creazione di uno scenario di successo climatico, per illustrare i miglioramenti; e per sottolineare la necessità di adattamento e resilienza, anche in uno scenario di successo.
- Le mappe, come quelle che mostrano l'innalzamento del livello del mare, aiutano le persone a collegare i cambiamenti globali alla loro realtà locale.

Cosiderazioni di equità

- Il cambiamento climatico colpisce in modo sproporzionato le popolazioni emarginate e vulnerabili, tra cui le comunità a basso reddito, le minoranze etniche, gli anziani e le persone con disabilità. Ad esempio, molte persone anziane sono più vulnerabili alle ondate di calore e agli eventi meteorologici estremi a causa di condizioni di salute croniche, ridotta capacità di regolare la temperatura corporea e fattori socioeconomici come risorse finanziarie limitate e una maggiore probabilità di vivere da sole.
- Le comunità a basso reddito spesso non dispongono delle risorse necessarie per adattarsi o riprendersi dagli impatti climatici come disastri meteorologici, fallimenti agricoli o l'innalzamento del livello del mare.

Video

[Impatti del cambiamento climatico](#)

Struttura del modello

Molti degli impatti climatici in En-ROADS derivano da studi di ricerca che hanno collegato impatti specifici a diversi scenari di temperatura globale. Per ulteriori informazioni sugli impatti climatici e sugli studi su cui si basano, è possibile visualizzare la descrizione del grafico cliccando sulla freccia grigia in alto a sinistra del titolo del grafico. I dettagli sulla modellizzazione sono inclusi nel [Riferimento Tecnico di En-ROADS](#).

Domande frequenti e altri chiarimenti sulle risorse

- [Dove posso trovare informazioni dettagliate sugli studi di ricerca utilizzati per i grafici sugli impatti?](#)

Panoramiche per i facilitatori

- [Panoramica delle mappe dei giorni di caldo e umidità estremi](#)
- [Panoramica dei decessi per caldo estremo](#)
- [Panoramica delle perdite di manodopera all'aperto per caldo estremo](#)
- [Panoramica della popolazione esposta a uragani, tifoni e inondazioni fluviali](#)
- [Panoramica dell'ulteriore esposizione a malaria e dengue dovuta al riscaldamento](#)
- [Panoramica della diminuzione dei nutrienti delle colture dovuta alla concentrazione di CO₂](#)
- [Panoramica della probabilità di mappa di siccità prolungata](#)
- [Panoramica dei giorni di pericolo di incendi boschivi dovuti al riscaldamento](#)

Impatto economico del cambiamento climatico

- [Spiegazione: impatto economico del cambiamento climatico in En-ROADS](#)

Rendimento agricolo

- [Qual è la relazione tra il rendimento agricolo e la temperatura in En-ROADS?](#)

Innalzamento del livello del mare

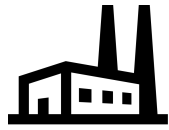
- [Cosa rappresenta l'area "Terra a rischio" \(blu scuro\) nelle mappe dell'innalzamento del livello del mare \(SLR\)?](#)
- [Cosa rappresenta l'area "Terra salvata dalle azioni" \(verde\) nelle mappe dell'innalzamento del livello del mare \(SLR\)?](#)
- [Perché le mappe dell'innalzamento del livello del mare \(SLR\) mostrano così tanto "Terra a rischio" \(blu\) nel 2030?](#)

- Penso che le mappe dell'innalzamento del livello del mare (SLR) del 2030 per la mia regione siano inaffidabili. Ciò significa che le mappe a lungo termine sono sbagliate?
- Cosa significa la mappa dell'innalzamento del livello del mare (SLR) a lungo termine?
- Dove posso trovare maggiori informazioni sulle mappe dell'innalzamento del livello del mare (SLR)?

Altro

- Come simulo i "punti di svolta" climatici in En-ROADS?

Visita support.climateinteractive.org per ulteriori richieste e supporto.



Carbone

Scoraggia o incoraggia l'estrazione del carbone e la sua combustione nelle centrali elettriche. Il carbone è il combustibile fossile più dannoso in termini di emissioni di carbonio, nonché di inquinanti atmosferici che causano gravi conseguenze sulla salute. È una fonte di energia dominante a livello globale, tuttavia, perché è relativamente poco costosa da estrarre e trasportare. La cattura e lo stoccaggio del carbonio (CCS) può catturare alcune emissioni del carbone, ma non è ancora ampiamente utilizzato e incontra ostacoli alla sua diffusione.

Esempi

Scoraggiare il carbone:

- Politiche governative che eliminano gradualmente le centrali elettriche o le rendono in qualche modo più costose, come le tasse sul carbone.
- Industria dei servizi finanziari (ad es. banche) o istituzioni di sviluppo globale (ad es. Banca mondiale) che limitano l'accesso al capitale finanziario per nuove infrastrutture di estrazione del carbone, raffinazione e centrali elettriche.

Messaggi chiave

Scoraggiare il carbone è una strategia ad alto effetto leva per ridurre i futuri cambiamenti di temperatura. Il carbone emette più anidride carbonica quando viene bruciato rispetto al petrolio o al gas naturale (il carbone ha la più alta intensità di carbonio).

- Scoraggiare il carbone migliora anche la salute pubblica e fa risparmiare le spese mediche grazie al miglioramento della qualità dell'aria. Le centrali a carbone emettono particolato e altre forme di inquinamento atmosferico che portano a malattie respiratorie e cardiovascolari e morti premature.¹

Dinamiche chiave

- **Impatto.** Quando il carbone viene scoraggiato, guarda l'area marrone del carbone scendere nel grafico "Fonti globali di energia primaria". È una delle fonti energetiche più sensibili a qualsiasi aumento di costo perché, a differenza del petrolio, il carbone può spesso essere sostituito dal gas naturale (per il riscaldamento o l'elettricità) o da fonti rinnovabili (per l'elettricità).
- **"Squeezing the Balloon."** Quando il carbone viene tassato, notate cosa succede al gas naturale in risposta. A meno che non ci siano restrizioni sul gas, la sua domanda aumenterà in risposta al costoso carbone. Lo chiamiamo il problema "[spremere il pallone](#)": la riduzione delle emissioni di combustibili fossili in un'area le fa apparire in un'altra. Anche le energie rinnovabili sono leggermente aumentate, ma l'impatto sulle emissioni dell'aumento delle rinnovabili è minimo. Le soluzioni al problema della "spremitura del pallone" includono la tassazione anche del petrolio e del gas naturale, o l'aggiunta di un prezzo del carbonio, che riguarda tutti i combustibili fossili insieme.
- **Feedback Prezzo-Domanda.** La tassazione del carbone riduce anche leggermente la domanda di energia (vedi grafici "Totale Energia Primaria" e "Costo dell'Energia"). Quando i prezzi dell'energia sono più alti, le persone tendono a utilizzare l'energia in modo più efficiente e a risparmiare energia. Tuttavia, le politiche fiscali devono essere attuate tenendo conto delle comunità povere e della classe operaia che possono essere influenzate negativamente dagli alti prezzi dell'energia. [Ulteriori informazioni.](#)

Potenziali benefici associati allo scoraggiamento del carbone

- La riduzione degli inquinanti atmosferici dalla combustione del carbone migliora la qualità dell'aria e i risultati sanitari per le comunità circostanti.
- Una minore estrazione di carbone riduce il drenaggio dei metalli pesanti e i rifiuti dai siti minerari, il che migliora la qualità dell'acqua e aiuta a proteggere gli habitat della fauna selvatica, la biodiversità e i servizi ecosistemici.

Cosiderazioni di equità

- Tassare il carbone può aumentare i costi energetici per le famiglie e le imprese che si affidano al carbone per il fabbisogno energetico.
- Le comunità a basso reddito spesso subiscono i peggiori esiti sanitari, ma costituiscono la maggioranza degli individui che producono carbone. Sarà essenziale fornire a queste persone percorsi per trovare nuovi posti di lavoro.

Video

[Carbone, Petrolio e Gas Naturale](#)

Impostazioni dei cursori

La tabella seguente evidenzia gli intervalli numerici per i livelli di input etichettati del dispositivo di scorrimento Carbone. Ciascuno dei dispositivi di scorrimento dell'approvvigionamento energetico è impostato per riflettere un aumento o una diminuzione del costo percentuale simile per ciascun livello di input.

	molto altamente tassato	altamente tassato	tassato	status quo	incentivato
Variazione del prezzo per tonnellata di carbone equivalente (tce)	da +\$100 a +\$30	da +\$30 a +\$15	da +\$15 a +\$5	da +\$5 a -\$5	da -\$5 a -\$15
Il costo cresce o decresce	da +200% a +60%	da +60% a +30%	da +30% a +10%	da +10% a -10%	da -10% a -30%

L'industria del carbone è attualmente fortemente sovvenzionata. Questi sussidi sono inclusi nell'impostazione dello "status quo" per il prezzo del carbone in En-ROADS. Se vuoi simulare la rimozione di questi sussidi, sposta il dispositivo di scorrimento su "tassato". Per ulteriori informazioni, vedere questa FAQ: [Come posso simulare la riduzione dei sussidi per carbone, petrolio e gas naturale?](#)

Struttura del modello

Il costo del carbone influisce su tre decisioni significative in materia di infrastrutture energetiche:

1. Investimenti in nuove capacità (per la costruzione o meno di nuove centrali di trasformazione e produzione di energia);
2. utilizzo della capacità (se eseguire impianti esistenti);
3. ritiro della capacità (se mantenere gli impianti più a lungo o più corti rispetto alla media di ~30 anni)

Casi di studio

Stati Uniti: la sostituzione di tutta l'elettricità alimentata a carbone negli Stati Uniti con l'energia solare potrebbe salvare 52.000 vite all'anno, che è più del numero di persone impiegate oggi nell'industria del carbone.²

Stati Uniti: si stima che il costo totale della dipendenza dal carbone per l'economia statunitense sia di 344 miliardi di dollari all'anno. Di tale costo, \$ 187 miliardi provengono dall'inquinamento atmosferico, \$ 74,6 miliardi dagli effetti sulla salute pubblica negli Appalachi e \$ 61,7 miliardi dai danni climatici.³

India: un aumento di un gigawatt della capacità a carbone corrisponde a un aumento di quasi il 15% della mortalità infantile nelle aree vicine alle centrali a carbone. L'effetto è stato maggiore per gli impianti più vecchi, gli impianti in aree con livelli di inquinamento relativamente più elevati e gli impianti che bruciano carbone domestico piuttosto che importato.⁴

FAQ

- **Come posso imporre direttamente riduzioni più profonde del consumo di carbone?** Prendi in considerazione la possibilità di modificare i dispositivi di scorrimento "Riduzione della nuova infrastruttura del carbone", "% Riduzione dell'utilizzo del carbone" e "Ritiro accelerato dell'impianto a carbone" nella visualizzazione avanzata.
- **Come posso simulare la riduzione dei sussidi per il carbone?** Gli attuali sussidi per il carbone sono inclusi nello scenario di base di En-ROADS e puoi rimuoverli spostando il dispositivo di scorrimento del carbone su "tassato". [Clicca qui per maggiori informazioni.](#)
- [Qual è la differenza tra un prezzo del carbonio e una tassa su un combustibile \(carbone, petrolio, gas naturale o bioenergia\)?](#)
- [Perché le tecnologie di cattura e stoccaggio del carbonio del carbone e del gas naturale \(CCS\) non sono incluse in "Rimozione tecnologica del carbonio" e come posso aumentarle?](#)
- [Perché gli intervalli di scorrimento \(minimo e massimo\) sono quello che sono? Come hai deciso la gamma dei cursori?](#)
- [Cosa succede alle entrate derivanti dalle tasse o al prezzo del carbonio in En-ROADS?](#)

Visita support.climateinteractive.org per ulteriori richieste e supporto.

Note a piè di pagina

[1]: Markandya, A. & Wilkinson, P. (2007). Electricity generation and health. *The Lancet*, 370(9591), 979-990. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)61253-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)61253-7)

[2]: Prehoda, E. W., & Pearce, J. M. (2017). [Potential lives saved by replacing coal with solar photovoltaic electricity production in the U.S.](#) *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 710–715.

[3]: Epstein, P. R., Buonocore, J. J., Eckerle, K., Hendryx, M., Iii, B. M. S., Heinberg, R., ... Glustrom, L. (2011). [Full cost accounting for the life cycle of coal.](#) *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1219(1), 73–98.

[4]: Barrows, G., Garg, T., & Jha, A. (2019). [The Health Costs of Coal-Fired Power Plants in India.](#) SSRN.



Scoraggia o incoraggia la trivellazione, la raffinazione e il consumo di petrolio per produrre energia. Il petrolio è un fossil fuel ampiamente utilizzato nelle automobili, nelle navi e negli aerei; è utilizzato anche per l'industria, il riscaldamento e l'elettricità. L'accesso al petrolio ha scatenato gravi conflitti e le fuoriuscite di petrolio minacciano gli ecosistemi e la qualità dell'acqua.

Esempi

Disincentivare il petrolio:

- Governi che impongono limiti alla trivellazione e all'esplorazione petrolifera, eliminando i sussidi e tassando il petrolio.
- Università, aziende e individui che disinvestono dalle compagnie petrolifere.
- Industria dei servizi finanziari (ad es. banche) o istituzioni di sviluppo globale (ad es. Banca mondiale) che limitano l'accesso al capitale per l'esplorazione, la trivellazione, la raffinazione e la consegna.

Messaggi chiave

- Il petrolio è più difficile da sostituire rispetto al carbone e al gas naturale a causa della sua portabilità e dell'elevata densità energetica, quindi la domanda di petrolio è più resistente alle variazioni di prezzo. La sostituzione del petrolio con fonti di energia a minore intensità di carbonio spesso richiede l'elettrificazione, come il passaggio alle auto elettriche.
- Quando una forte tassa sul petrolio è l'unica azione attuata, non si assisterà a un drastico cambiamento di temperatura, poiché la domanda di carbone e gas naturale aumenta in risposta, compensando la riduzione delle emissioni del petrolio.

Dinamiche chiave

- **"Squeezing the Balloon."** Quando il petrolio viene tassato, notate cosa succede al carbone e al gas in risposta. A meno che non ci siano restrizioni su carbone e gas, la loro domanda aumenterà in risposta al costoso petrolio. Lo chiamiamo il problema "[spremere il pallone](#)": la riduzione delle emissioni di combustibili fossili in un'area le fa apparire in un'altra. Puoi vedere questa dinamica nel grafico "Emissioni di CO₂ per fonte". Le soluzioni al problema della "spremitura del pallone" includono la tassazione anche del petrolio e del gas naturale, o l'aggiunta di un prezzo del carbonio, che riguarda tutti i combustibili fossili insieme.
- **Cambio di carburante.** Si noti che la tassazione del petrolio si traduce in un aumento dell'elettrificazione della flotta di veicoli poiché le modalità di trasporto elettriche diventano più convenienti a fronte dell'aumento dei prezzi del petrolio. Vedi questo dimostrato nel grafico "Electric Share of Final Energy-Transport". Anche le fonti energetiche utilizzate per l'elettricità, come carbone, gas naturale e fonti rinnovabili, aumentano a causa di questo spostamento. Per aumentare l'impatto della tassazione del petrolio, considerare di incentivare ulteriormente l'elettrificazione dei trasporti.

- **Feedback prezzo-domanda.** La tassazione del petrolio riduce anche la domanda di energia (vedi grafici “Consumo finale di energia” e “Costo dell'energia”). Quando i prezzi dell'energia sono più alti, le persone tendono a utilizzare l'energia in modo più efficiente e a risparmiare energia. Tuttavia, le politiche fiscali devono essere attuate tenendo conto delle comunità povere e della classe operaia che possono essere influenzate negativamente dagli alti prezzi dell'energia. [Ulteriori informazioni.](#)

Potenziati co-benefici dell'olio scoraggiante

- Una riduzione delle trivellazioni petrolifere potrebbe portare a un minor numero di fuoriuscite di petrolio, contribuendo a proteggere gli habitat della fauna selvatica, la biodiversità e i servizi ecosistemici nei siti di produzione e lungo le rotte di trasporto.
- Una ridotta dipendenza economica dal petrolio può migliorare la sicurezza nazionale e ridurre i costi militari.

Cosiderazioni di equità

- L'industria petrolifera offre molti posti di lavoro ben pagati a persone con un background tecnico commerciale. Sarà essenziale fornire a queste persone percorsi per trovare un nuovo lavoro.
- Le compagnie petrolifere esercitano un enorme potere economico e politico a livello locale e globale. Per scoraggiare il petrolio, è necessario eliminare alcune tutele del settore.
- C'è una storia di raffinerie di petrolio situate in comunità emarginate e società che lavorano per evitare o limitare le normative ambientali.

Video

[Carbone, Petrolio e Gas Naturale](#)

Impostazioni dei cursori

Il cursore Petrolio è suddiviso in 5 livelli di input: tassazione molto elevata, tassazione elevata, tassazione, status quo e sovvenzione. Ciascuno dei dispositivi di scorrimento dell'approvvigionamento energetico (carbone, petrolio, gas naturale, bioenergia, nucleare e rinnovabili) è impostato per riflettere un aumento o una diminuzione del costo percentuale simile per ciascun livello di input. La tabella seguente mostra gli intervalli numerici per ogni livello di input del cursore Petrolio:

	molto altamente tassato	altamente tassato	tassato	status quo	incentivato
Variazione del prezzo per barile di petrolio equivalente (boe)	da +\$85 a +\$25	da +\$25 a +\$12	da +\$12 a +\$5	da +\$5 a -\$5	da -\$5 a -\$15
Il costo cresce o decresce	da +200% a +60%	da +60% a +30%	da +30% a +10%	da +10% a -10%	da -10% a -30%

L'industria petrolifera è attualmente fortemente sovvenzionata. Questi sussidi sono inclusi nell'impostazione dello "status quo" per il prezzo del petrolio in En-ROADS. Se vuoi simulare la rimozione di questi sussidi, sposta il dispositivo di scorrimento su "tassato". Per ulteriori informazioni, vedere questa FAQ: [Come posso simulare la riduzione dei sussidi per carbone, petrolio e gas naturale?](#)

Struttura del modello

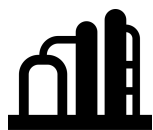
Il costo del petrolio influenza tre decisioni significative riguardanti le infrastrutture energetiche:

1. Investimento in nuova capacità (per la costruzione o meno di nuove perforazioni e raffinerie);
2. utilizzo della capacità (se per eseguire operazioni esistenti);
3. ritiro della capacità (se mantenere l'infrastruttura più a lungo o più breve della media di ~30 anni)

FAQ

- **Come posso forzare direttamente riduzioni più profonde del consumo di petrolio?** Prendi in considerazione la possibilità di modificare i cursori "Riduci nuove infrastrutture petrolifere" e "% Riduzione dell'utilizzo del petrolio" nella visualizzazione avanzata.
- Perché gli intervalli di scorrimento (minimo e massimo) sono quello che sono? Come hai deciso la gamma dei cursori?
- Cosa succede alle entrate derivanti dalle tasse o al prezzo del carbonio in En-ROADS?
- Qual è la differenza tra un prezzo del carbonio e una tassa su un combustibile (carbone, petrolio, gas naturale o bioenergia)?

Visita support.climateinteractive.org per ulteriori richieste e supporto.



Gas naturale

Scoraggia o incoraggia la perforazione e la combustione di gas naturale per produrre energia. Il gas naturale è un methane. La perforazione del gas naturale utilizza grandi quantità di acqua e può causare contaminazione. La cattura e lo stoccaggio del carbonio (CCS) può catturare alcune emissioni dal gas, ma non è ancora ampiamente utilizzato e incontra ostacoli alla sua diffusione.

Esempi

Disincentivare il metano:

- I governi attuano leggi contro il fracking e le tasse sul gas naturale.
- Settore dei servizi finanziari (ad es. banche) o istituzioni di sviluppo globale (ad es. Banca mondiale) che limitano l'accesso al capitale.

Messaggi chiave

- Più gas naturale non è una strategia efficace a lungo termine per il clima: consuma meno carbonio del carbone, ma emette comunque anidride carbonica.
- Le infrastrutture del gas hanno una lunga durata e competono con l'adozione di alternative a basse emissioni di carbonio come le energie rinnovabili man mano che crescono.

Dinamiche chiave

- **“preme il palloncino”** Se il gas naturale viene tassato, in assenza di altre politiche, la domanda di energia primaria per il gas diminuisce, ma la domanda di carbone ad alta intensità di carbonio aumenta leggermente. Lo chiamiamo il problema **“spremere il palloncino”**: la riduzione delle emissioni di combustibili fossili in un'area le fa emergere in un'altra. Aggiungere un prezzo del carbonio è una buona soluzione al problema dello “spremere il pallone”, poiché affronta tutti i combustibili fossili insieme.
- **Perdite di metano.** Quando si scoraggia il gas, tassandolo, osserva la linea blu dello Scenario Attuale scendere nel grafico “Emissioni di Metano”. Il gas naturale è composto principalmente da metano, un potente gas serra. Il metano proveniente dalle fughe di gas nell'atmosfera da pozzi, gasdotti e altre infrastrutture del gas. La tassazione del gas naturale riduce le perdite incentivando la riparazione delle perdite e scoraggiando l'uso del gas. Le perdite di metano possono anche essere ridotte adottando le migliori pratiche come la riparazione delle condutture, simulate con il dispositivo di scorrimento Rifiuti e perdite.
- **Feedback domanda-prezzo.** La tassazione del gas riduce anche la domanda di energia (vedi grafici “Consumo energetico finale” e “Costo dell'energia”). Quando i prezzi dell'energia sono più alti, le persone tendono a utilizzare l'energia in modo più efficiente e a risparmiare energia. Tuttavia, le politiche fiscali devono essere attuate tenendo conto delle comunità povere e della classe operaia che possono essere influenzate negativamente dagli alti prezzi dell'energia. [Ulteriori informazioni.](#)

Potenziali benefici collaterali dello scoraggiamento del gas naturale

- La perforazione del gas richiede molta acqua, quindi limitare l'estrazione può migliorare la sicurezza e la qualità dell'acqua alla fonte di produzione e proteggere gli habitat della fauna selvatica, la biodiversità e i servizi ecosistemici.^{1 2}
- Ci sono preoccupazioni per gli impatti sulla salute e sull'ambiente dell'approccio alla perforazione del gas, noto come fracking, che ha portato molti luoghi a vietarlo.^{3 4}

Cosiderazioni di equità

- In generale, la produzione di gas naturale nei paesi sviluppati è situata in modo sproporzionato vicino alle comunità a basso reddito e minoritarie.^{5 6}
- Ci sono stati casi in cui le comunità bianche benestanti hanno resistito con successo allo sviluppo del gas naturale e si è spostato verso comunità a basso reddito abitate prevalentemente da persone di colore. Le comunità a basso reddito spesso hanno meno capacità di influenzare lo sviluppo.^{7 8}
- Esistono dati limitati sulla collocazione di siti di fracking e centrali elettriche nei paesi in via di sviluppo, ma la ricerca a livello macro mostra che le comunità a basso reddito e le comunità di colore subiscono in modo sproporzionato gli impatti negativi della perforazione e della combustione del gas naturale.⁹

Video

[Carbone, Petrolio e Gas Naturale](#)

Impostazioni dei cursori

Il dispositivo di scorrimento del gas naturale è suddiviso in 5 livelli di input: molto tassato, molto tassato, tassato, status quo e sovvenzionato. Ciascuno dei dispositivi di scorrimento dell'approvvigionamento energetico (carbone, petrolio, gas naturale, bioenergia, nucleare e rinnovabili) è impostato per riflettere un aumento o una diminuzione del costo percentuale simile per ciascun livello di input. La tabella seguente mostra gli intervalli numerici per ciascun livello di ingresso del dispositivo di scorrimento del gas naturale:

	molto altamente tassato	altamente tassato	tassato	status quo	incentivato
Variazione del prezzo per mille piedi cubi (Mcf)	da +\$5,00 a +\$1,40	da +\$1,40 a +\$0,70	da +\$0,70 a +\$0,20	da +\$0,20 a -\$0,20	da -\$0,20 a -\$0,70
Il costo cresce o decresce	da +200% a +60%	da +60% a +30%	da +30% a +10%	da +10% a -10%	da -10% a -30%

L'industria del gas naturale è attualmente fortemente sovvenzionata. Questi sussidi sono inclusi nell'impostazione dello "status quo" per il prezzo del gas naturale in En-ROADS. Se vuoi simulare la rimozione di questi sussidi, sposta il dispositivo di scorrimento su "tassato". Per ulteriori informazioni, vedere questa FAQ: [Come posso simulare la riduzione dei sussidi per carbone, petrolio e gas naturale?](#)

Struttura del modello

Il costo del gas naturale incide su tre decisioni significative in materia di infrastrutture energetiche:

1. Investimenti in nuove capacità (per la costruzione o meno di nuove centrali di trasformazione e produzione di energia);
2. utilizzo della capacità (se eseguire impianti esistenti);
3. ritiro della capacità (se mantenere gli impianti più a lungo o più corti rispetto alla media di ~30 anni)

FAQ

- **Come posso imporre direttamente riduzioni più profonde nell'uso del gas naturale?** Prendi in considerazione la possibilità di modificare i dispositivi di scorrimento "Riduci nuova infrastruttura del gas" e "% Riduzione dell'utilizzo del gas" nella visualizzazione avanzata.
- **Come posso simulare la riduzione dei sussidi per il gas naturale?** Gli attuali sussidi per il gas naturale sono inclusi nello scenario di base di En-ROADS e puoi rimuoverli spostando il dispositivo di scorrimento del gas naturale su "tassato". [Clicca qui per maggiori informazioni](#).
- **Come posso simulare la riparazione delle perdite nelle tubazioni del gas naturale?** Nella vista avanzata Rifiuti e perdite, sposta il dispositivo di scorrimento "Perdite di metano dai sistemi energetici".
- [Perché gli intervalli di scorrimento \(minimo e massimo\) sono quello che sono? Come hai deciso la gamma dei cursori?](#)
- [Cosa succede alle entrate derivanti dalle tasse o al prezzo del carbonio in En-ROADS?](#)
- [Qual è la differenza tra un prezzo del carbonio e una tassa su un combustibile \(carbone, petrolio, gas naturale o bioenergia\)?](#)
- [Perché le tecnologie di cattura e stoccaggio del carbonio del carbone e del gas naturale \(CCS\) non sono incluse in "Rimozione tecnologica del carbonio" e come posso aumentarle?](#)

Visita support.climateinteractive.org per ulteriori richieste e supporto.

Note a piè di pagina

[1]: Bamberger, M., & Oswald, R. E. (2012). [Impacts of Gas Drilling on Human and Animal Health](#). *NEW SOLUTIONS: A Journal of Environmental and Occupational Health Policy*, 22(1), 51–77.

[2]: Ridlington, E., & Rumpler, J. (2013). [Fracking by the Numbers: Key Impacts of Dirty Drilling at the State and National Level](#). *Environment America*.

[3]: Good, K. (2015, February 12). [These 4 Countries Have Banned Fracking ... Why Can't the U.S. Get On Board?](#)

[4]: Carpenter, D. O. (2016). [Hydraulic fracturing for natural gas: impact on health and environment](#). *Reviews on Environmental Health*, 31(1).

[5]: Clough, E. (2018). [Environmental justice and fracking: A review](#). *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 3, 14–18.

[6]: Bienkowski, B. (2016, February 17). [Fracking's Costs Fall Disproportionately on the Poor and Minorities in South Texas](#). *Inside Climate News*.

[7]: Julia, M. (2018, April 17). [Parents didn't want fracking near their school. So the oil company chose a poorer school, instead.](#) *Mother Jones*.

[8]: Gislason, M., & Andersen, H. (2016). [The Interacting Axes of Environmental, Health, and Social Justice Cumulative Impacts: A Case Study of the Blueberry River First Nations.](#) *Healthcare*, 4(4), 78.

[9]: Perera, F. (2017). [Pollution from Fossil-Fuel Combustion is the Leading Environmental Threat to Global Pediatric Health and Equity: Solutions Exist.](#) *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(1), 16.



Scoraggia o incoraggia l'uso di alberi, rifiuti e colture agricole per creare energia. Queste fonti (materie prime) producono energia quando vengono bruciate come solidi (ad es. legno), liquidi (ad es. etanolo), o gas (ad esempio, metano dalla decomposizione). Alcune materie prime possono essere sostenibili e altre possono essere peggiori della combustione del carbone. La tecnologia di cattura e stoccaggio del carbonio potrebbe essere utilizzata con la bioenergia (BECCS), ma non è ancora ampiamente utilizzata e incontra ostacoli alla sua diffusione.

Esempi

Scoraggiare la bioenergia:

- Politiche governative che eliminano gradualmente l'investimento in nuove infrastrutture bioenergetiche o lo rendono più costoso, come le tasse sulle materie prime bioenergetiche.
- Campagne di informazione pubblica che criticano le fonti di bioenergia che non sono sostenibili e sollevano preoccupazioni pubbliche sugli svantaggi della bioenergia.

Incoraggiare la bioenergia:

- Incentivi e/o obiettivi governativi per convertire i terreni in materie prime in crescita che forniscano il materiale vegetale e la biomassa necessari per produrre bioenergia.
- Ricerca, sviluppo e investimenti in nuove tecnologie in grado di produrre nuove forme di biocarburanti e veicoli e industria in grado di utilizzare o supportare questi biocarburanti.
- Politiche governative che esentano la bioenergia, indipendentemente dalla materia prima, dai quadri di contabilità dei gas serra progettati per limitare le emissioni.

Messaggi chiave

- La bioenergia non rappresenta una risposta ad alto effetto leva al cambiamento climatico: sebbene utilizzi una risorsa potenzialmente rinnovabile, emette comunque grandi quantità di anidride carbonica e deve far fronte a vincoli di approvvigionamento con l'aumento di scala.
- Sovvenzionare la bioenergia ricavata dal legno aumenta la temperatura perché comporta maggiori emissioni nette di CO₂.

Dinamiche chiave

- Poiché la bioenergia è sovvenzionata o tassata, si noti che la temperatura cambia molto poco e il suo contributo al mix di fonti globali di energia primaria non cambia molto. Il principale vincolo sulla bioenergia è la quantità di biomassa disponibile ogni anno per essere trasformata in energia. Questa limitazione significa che ci sono solo piccole modifiche ad altre fonti energetiche, se la bioenergia è sovvenzionata.

- Il sussidio alla bioenergia derivante dal legno aumenta le emissioni di CO₂ (mostrato nel grafico “Emissioni lorde di CO₂ dalla bioenergia forestale”) e riduce la rimozione di CO₂ dall’atmosfera (mostrato nel grafico “Rimozioni di CO₂ dal suolo”). Insieme, la variazione delle emissioni e degli assorbimenti si traduce in una maggiore quantità di CO₂ nell’atmosfera, come mostrato nel grafico “Emissioni nette di CO₂ dalla bioenergia forestale”. Per una comprensione approfondita di questa dinamica, leggi [Bioenergy Explainer](#).
- La bioenergia è a zero emissioni di carbonio solo se la biomassa viene fatta ricrescere per tenere conto del carbonio emesso. Ciò non è garantito e in alcune aree la bioenergia viene prodotta dagli alberi, che impiegano decenni a ricrescere per compensare il carbonio rilasciato durante la combustione.
- La cattura e lo stoccaggio del carbonio bioenergetico (BECCS) viene proposto come un modo per rimuovere carbonio aggiuntivo dall'atmosfera. Affinché ciò avvantaggi il clima, la biomassa utilizzata dovrebbe essere completamente rigenerata e le emissioni catturate quando la biomassa viene bruciata per produrre energia. Ciò deve ancora essere dimostrato fattibile su larga scala.

Potenziati co-benefici dello scoraggiare la bioenergia

- I raccolti e i seminativi vengono liberati per altri usi, come la produzione alimentare, quando la bioenergia è scoraggiata.
- Lasciare intatte le fonti di biomassa, come le foreste, consente di preservare la biodiversità.
- Una riduzione della combustione della biomassa può migliorare la qualità dell'aria interna ed esterna grazie alla riduzione di fuliggine e particolato.
- La bioenergia può accelerare la il degrado delle foreste mature attraverso la dipendenza dal legno come combustibile o attraverso l'espansione delle colture bioenergetiche, in particolare ai tropici. Una minore deforestazione ha molti vantaggi, tra cui un ulteriore sequestro di carbonio.

Cosiderazioni di equità

- La terra utilizzata per le colture bioenergetiche può ridurre la disponibilità di terra per la produzione alimentare e compromettere la sicurezza alimentare.
- I mezzi di sussistenza degli agricoltori possono essere gravemente colpiti dal cambiamento dei mercati agricoli, quindi dovrebbero essere prese misure per aiutare i lavoratori e gli agricoltori a passare a una domanda di colture mutevoli.

Video

[Bioenergia](#)

Impostazioni dei cursori

Il dispositivo di scorrimento Bioenergy è suddiviso in 5 livelli di input: altamente tassato, tassato, status quo, sovvenzionato e altamente sovvenzionato. Ciascuno dei dispositivi di scorrimento dell'approvvigionamento energetico (carbone, petrolio, gas naturale, bioenergia, nucleare e rinnovabili) è impostato per riflettere un aumento o una diminuzione del costo percentuale simile per ciascun livello di input. La tabella seguente mostra gli intervalli numerici per ciascun livello di ingresso del dispositivo di scorrimento Bioenergia:

	altamente tassato	tassato	status quo	incentivato	altamente incentivato
Variazione del prezzo per barile di petrolio equivalente (boe)	da +\$25 a +\$15	da +\$15 a +\$5	da +\$5 a -\$5	da -\$5 a -\$15	da -\$15 a -\$25
Il costo cresce o decresce	da +60% a +30%	da +30% a +10%	da +10% a -10%	da -10% a -30%	da -30% a -60%

Struttura del modello

- Le fonti bioenergetiche, note come “materie prime”, sono suddivise in legno, colture e rifiuti/altro. Queste materie prime possono essere sovvenzionate o tassate separatamente. Le materie prime legnose comportano emissioni nette di CO₂ a causa dei ritardi nella ricrescita degli alberi, gli altri tipi di materie prime non provocano emissioni di CO₂ a causa dei loro tempi di rigenerazione più rapidi (ad esempio, le colture bioenergetiche vengono ricresciute entro un anno).
- Sovvenzionare la bioenergia provoca una maggiore deforestazione e degrado forestale a causa della raccolta del legno come materia prima o del disboscamento del terreno per coltivare colture per la bioenergia.
- Questo settore tiene traccia di diverse fasi degli impianti di bioenergia o della capacità di fornitura di energia, tra cui: capacità in fase di sviluppo, in costruzione e produzione effettiva di energia, nonché i ritardi tra ciascuna fase.

Domande frequenti e altri chiarimenti sulle risorse

- [Spiegazione: Bioenergia in En-ROADS](#)
- [Cosa rappresenta il cursore della bioenergia e perché la bioenergia non è inclusa nelle rinnovabili?](#)

Visita support.climateinteractive.org per ulteriori richieste e supporto.



Energie rinnovabili

Incoraggiate o scoraggiate la costruzione di pannelli solari, impianti geotermici e turbine eoliche. L'energia rinnovabile include eolico, solare, geotermico, idroelettrico e altre tecnologie che producono energia con emissioni di anidride carbonica minime o nulle o inquinamento dell'aria. Si noti che nucleare e bioenergia sono considerati separatamente.

Esempi

- I governi offrono incentivi fiscali alle famiglie che installano pannelli solari sui loro tetti.
- Agricoltori e proprietari terrieri che consentono l'installazione di turbine eoliche sui loro terreni.
- Ricerca e sviluppo per il miglioramento delle tecnologie delle energie rinnovabili al fine di migliorare l'efficienza e/o ridurre i costi.
- Imprese che si impegnano ad alimentarsi con il 100% di energia rinnovabile.

Messaggi chiave

- Sovvenzionare l'energia rinnovabile aiuta a limitare la domanda di carbone e gas e a ridurre la temperatura futura poiché diventa la fonte di elettricità più conveniente.
- I sussidi alle energie rinnovabili possono spostare in modo più significativo la domanda di carbone, petrolio e gas se integrati con altre azioni, in particolare l'elettrificazione dei trasporti, degli edifici e dell'industria.
- Il raggiungimento di una quota elevata di energia rinnovabile per l'elettricità richiede lo stoccaggio dell'energia e altre soluzioni per bilanciare la variabilità dell'energia eolica e solare.

Dinamiche chiave

- **Impatto.** Mentre incoraggi le energie rinnovabili, osserva la crescita della domanda di energie rinnovabili (in verde) e la riduzione della domanda di carbone (in marrone) e gas naturale (in blu) nel grafico "Fonti globali di energia primaria". L'energia rinnovabile sta già crescendo costantemente nello scenario di riferimento, quindi i sussidi aggiuntivi aiutano a ridurre le emissioni, ma solo così tanto.
- **Feedback prezzo-domanda.** I sussidi alle energie rinnovabili riducono i costi dell'energia, il che aumenta la domanda di energia rispetto a quanto sarebbe stato altrimenti (le persone consumano più energia quando costa meno). Questo effetto di feedback riduce in qualche modo l'impatto positivo dell'incoraggiamento delle energie rinnovabili. Visualizza questa dinamica con il grafico "Consumo energetico finale". [Ulteriori informazioni](#).
- **Economie di scala.** Lo Scenario di riferimento presuppone già un'elevata crescita dell'energia rinnovabile sulla base delle tendenze storiche nella riduzione dei costi e degli alti tassi di adozione (vedere "Costo marginale della storia dell'elettricità solare" e "Domanda di energia primaria dell'energia eolica e Solar History" nella sezione "Model Comparison—Historical") e per maggiori dettagli sulle dinamiche [leggi qui](#).

- **Ritardi.** Ci vuole tempo perché le sovvenzioni e l'incoraggiamento delle rinnovabili si manifestino nella capacità installata. La nuova infrastruttura energetica viene aggiunta solo quando la domanda cresce o quando la vecchia infrastruttura viene ritirata e fa spazio a nuove infrastrutture (questo è noto come "[ritardi nella rotazione del capitale sociale](#)"). La nuova infrastruttura richiede tempo per essere costruita. Anche le sovvenzioni e le tasse vengono introdotte gradualmente in oltre 10 anni, creando un certo ritardo nella velocità con cui le azioni hanno un impatto.
- **Elettrificazione per aumentare l'impatto.** L'incentivazione dell'elettrificazione degli edifici, dell'industria e dei trasporti consente all'elettricità da fonti rinnovabili di sostituire il carburante (come il petrolio). [Ulteriori informazioni.](#)

Potenziali co-benefici di incoraggiare le energie rinnovabili

- La diminuzione dell'inquinamento dell'aria e dell'acqua derivante dall'abbandono delle fonti di combustibili fossili può migliorare la salute pubblica, la produttività dei lavoratori e il risparmio per i governi e le famiglie.
- Le energie rinnovabili possono aiutare a espandere l'accesso all'energia durante le interruzioni di corrente.
- L'energia rinnovabile offre opportunità di occupazione altamente e poco qualificata.

Cosiderazioni di equità

- Sebbene il prezzo delle infrastrutture per l'energia rinnovabile continui a scendere, molte comunità a basso reddito continuano a non poter accedere alla tecnologia sia nei paesi sviluppati che in quelli in via di sviluppo. Lavorare per garantire un'equa transizione energetica può aiutare tutti a trarne vantaggio.¹
- Le politiche in molti paesi sviluppati limitano i programmi di sovvenzioni per l'energia solare ed eolica ai proprietari di case, che spesso occupano fasce di reddito più elevate.

Video

[Energie rinnovabili](#)

Impostazioni dei cursori

Il dispositivo di scorrimento Rinnovabili è suddiviso in 4 livelli di input: tassato, status quo, sovvenzionato e altamente sovvenzionato. Ciascuno dei dispositivi di scorrimento dell'approvvigionamento energetico (carbone, petrolio, gas naturale, bioenergia, nucleare e rinnovabili) è impostato per riflettere un aumento o una diminuzione del costo percentuale simile per ciascun livello di input. La tabella seguente mostra gli intervalli numerici per ciascun livello di input del dispositivo di scorrimento Rinnovabili:

	tassato	status quo	incentivato	altamente incentivato
Variazione del prezzo per kilowattora (kWh)	da +\$0,02 a +\$0,01	da +\$0,01 a -\$0,01	da -\$0,01 a -\$0,02	da -\$0,02 a -\$0,05
Il costo cresce o decresce	da +30% a +10%	da +10% a -10%	da -10% a -30%	da -30% a -60%

Struttura del modello

Questo settore tiene traccia del tempo impiegato dalle installazioni eoliche e solari per spostarsi attraverso diverse fasi: capacità in fase di sviluppo, in costruzione e produzione di energia.

I circuiti di feedback più importanti nel settore delle energie rinnovabili includono:

1. Surriscaldamento: i costi aumentano quando la domanda cresce più velocemente di quanto le industrie manifatturiere e di supporto possano tenere il passo.
2. Disponibilità del sito: l'efficienza diminuisce e i costi aumentano quando le energie rinnovabili sono ubicate in posizioni meno ottimali (ad esempio, l'energia solare in climi piovosi).
3. Effetto apprendimento: ogni raddoppio della produzione cumulativa ridurrà i costi del 20% (ovvero il rapporto di avanzamento). I costi diminuiscono man mano che le catene di approvvigionamento, i modelli di business e le industrie di produzione crescono.

Casi di studio

Stati Uniti: si stima che l'aumento delle fonti di energia eolica e solare abbia evitato 7.000 morti premature e risparmiato 87,6 miliardi di dollari in costi sanitari e impatti sul clima dal 2007 al 2015.²

Benin: È stato dimostrato che l'irrigazione a goccia a energia solare per le donne contadine aumenta la produzione e il consumo di ortaggi domestici, aumenta il livello di reddito e diminuisce l'insicurezza alimentare.³

Globale: l'aumento della quota di energia rinnovabile nell'approvvigionamento energetico globale al 65% potrebbe generare 6 milioni di posti di lavoro e aggiungere 19 trilioni di dollari all'economia mondiale entro il 2050.⁴

FAQ

Perché incoraggiare le energie rinnovabili con un grande sussidio non evita molto il riscaldamento futuro da solo?

- Le energie rinnovabili riducono le emissioni di CO₂ solo quando sostituiscono i combustibili fossili. In alcuni casi l'energia rinnovabile soddisfa solo la nuova domanda di energia e non sostituisce la domanda soddisfatta da carbone e gas.
- In secondo luogo, c'è un effetto di feedback sulla domanda di prezzo: per crescere, le energie rinnovabili sono rese meno costose. Il calo del prezzo dell'energia stimola la domanda, annullando alcuni degli effetti positivi.
- **Come posso far sì che le energie rinnovabili crescano più velocemente?**
- Scoraggiare i combustibili fossili tassandoli individualmente o fissando un prezzo del carbonio.
- Regola il dispositivo di scorrimento "Riduzione dei costi rivoluzionari di ricerca e sviluppo sulle energie rinnovabili" per simulare una svolta improvvisa che ridurrebbe drasticamente il costo dell'energia rinnovabile.
- Incentivare l'elettrificazione degli edifici, dell'industria e dei trasporti, che consente all'elettricità proveniente da fonti rinnovabili di sostituire il carburante.
- Regolare i dispositivi di scorrimento "Riduzione dei costi di stoccaggio dell'idrogeno" e/o "Altra riduzione dei costi di stoccaggio" per simulare una svolta che abbasserebbe il costo dello stoccaggio di energia necessario per soddisfare la variabilità dell'energia eolica e solare.

- **In che modo En-ROADS gestisce la disponibilità e i costi di stoccaggio dell'elettricità da fonti rinnovabili variabili?** Il costo di stoccaggio delle energie rinnovabili è esplicitamente modellato in En-ROADS e poiché l'energia eolica e solare diventano una parte significativa della fornitura di energia, lo stoccaggio deve essere economicamente vantaggioso per consentire un'ulteriore espansione.
- Come simulo lo stoccaggio dell'energia eolica e solare?
- Come faccio a simulare le innovazioni nell'energia delle onde e nell'energia delle maree?
- Come simulo l'uso dell'idrogeno?
- Perché tutte le fonti di energia rinnovabile sono raggruppate in En-ROADS?

Visita support.climateinteractive.org per ulteriori richieste e supporto.

Note a piè di pagina

[1]: Eisenberg, A. (2018). [Just Transitions](#). *Southern California Law Review*, Vol. 92, No. 101, 2019.

[2]: Millstein, D., Wiser, R., Bolinger, M., & Barbose, G. (2017). [The climate and air-quality benefits of wind and solar power in the United States](#). *Nature Energy*, 2(9).

[3]: Burney, J., Woltering, L., Burke, M., Naylor, R., & Pasternak, D. (2010). [Solar-powered drip irrigation enhances food security in the Sudano–Sahel](#). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(5), 1848–1853.

[4]: IEA & IRENA. (2017). [Perspectives for the Energy Transition – Investment Needs for a Low-carbon Energy System](#).



Incoraggiate o scoraggiate la costruzione di centrali nucleari. La produzione di energia nucleare non rilascia anidride carbonica, ma produce scorie nucleari nocive.

Esempi

Scoraggiare:

- Campagne pubbliche di informazione per sollevare le preoccupazioni dell'opinione pubblica sui rischi dell'energia nucleare.
- Politiche per il ritiro delle centrali nucleari esistenti.

Incoraggiare:

- Politiche governative volte alla gestione delle scorie nucleari e alla riduzione dei costi dell'energia nucleare.
- Sforzi aziendali per promuovere l'accettazione pubblica delle centrali nucleari.

Messaggi chiave

Il nucleare non ha beneficiato delle significative riduzioni dei costi che l'energia eolica e solare hanno sperimentato nell'ultimo decennio, quindi rimane un'opzione relativamente costosa. L'espansione dell'energia nucleare continua, tuttavia, e può diventare più competitiva con le energie rinnovabili e la nuova tecnologia a zero emissioni di carbonio attraverso sussidi e/o una svolta tecnologica. Vedere il grafico "Costo marginale della produzione di elettricità" per esaminarlo ulteriormente.

- Potrebbe far parte di una serie di azioni sul clima se si è disposti ad accettare i costi ambientali, ad esempio la gestione dei materiali di scarto e il rischio di danni da radiazioni vicino agli impianti.

Dinamiche chiave

- **Impatto.** Man mano che sovvenzioni il nucleare, osserva la crescita del nucleare (azzurro) e la diminuzione del carbone (marrone) e del gas naturale (blu scuro) nel grafico "Fonti globali di energia primaria". Il nucleare sposta alcune fonti di combustibili fossili, che mantengono più carbonio nel terreno e aiutano a ridurre la temperatura in modo modesto.
- **"Spiazzamento".** Il nucleare compete con tutte le fonti di elettricità disponibili, quindi notate anche cosa succede alle rinnovabili (verdi) quando il nucleare è incentivato: diminuisce. [Ulteriori informazioni.](#)
- **Ritardi.** Ci vuole tempo perché le sovvenzioni e l'incoraggiamento del nucleare si manifestino nella capacità installata. Le sovvenzioni vengono introdotte gradualmente in oltre 10 anni e le centrali nucleari impiegano un po' di tempo per essere pianificate e costruite, quindi si noti nel grafico "Nuclear Primary Energy Demand" che lo scenario attuale non differisce immediatamente dalla linea di base.
- **L'elettrificazione per aumentare l'impatto.** L'incentivazione dell'elettrificazione degli edifici, dell'industria e dei trasporti consente all'elettricità prodotta dal nucleare di sostituire il combustibile (come il petrolio). [Ulteriori informazioni.](#)

Potenziali co-benefici dello scoraggiare il nucleare

- Il rischio di esposizione alle radiazioni da una fusione nucleare o da rifiuti pericolosi è ridotto.
- L'energia nucleare può utilizzare più acqua del carbone per la produzione di elettricità, quindi scoraggiare l'energia nucleare può aumentare la sicurezza idrica e aiutare a proteggere gli habitat della fauna selvatica, la biodiversità e i servizi ecosistemici.¹
- L'energia nucleare è alimentata dall'uranio che può essere dannoso per le miniere, quindi scoraggiare l'energia nucleare può ridurre i rischi per i minatori.

Cosiderazioni di equità

- Le centrali nucleari, le miniere di uranio (che forniscono il combustibile per l'energia nucleare) e le discariche di rifiuti si trovano spesso in comunità emarginate a basso reddito che spesso non dispongono di risorse per sostenere normative e controlli ambientali più rigorosi.²
- L'estrazione dell'uranio comporta notevoli rischi per la salute dei minatori e delle comunità circostanti a causa della contaminazione dell'acqua e dei rifiuti tossici.

Video

[Nucleare](#)

Impostazioni dei cursori

Il dispositivo di scorrimento Nucleare è suddiviso in 5 livelli di input: altamente tassato, tassato, status quo, sovvenzionato e altamente sovvenzionato. Ciascuno dei dispositivi di scorrimento dell'approvvigionamento energetico (carbone, petrolio, gas naturale, bioenergia, nucleare e rinnovabili) è impostato per riflettere un aumento o una diminuzione del costo percentuale simile per ciascun livello di input. La tabella seguente mostra gli intervalli numerici per ciascun livello di ingresso del dispositivo di scorrimento nucleare:

	altamente tassato	tassato	status quo	incentivato	altamente incentivato
Variazione del prezzo per kilowattora (kWh)	da +\$0,07 a +\$0,04	da +\$0,04 a +\$0,01	da +\$0,01 a -\$0,01	da -\$0,01 a -\$0,04	da -\$0,04 a -\$0,07
Il costo cresce o decresce	da +60% a +30%	da +30% a +10%	da +10% a -10%	da -10% a -30%	da -30% a -60%

Struttura del modello

Questo settore tiene traccia di diverse fasi delle centrali nucleari, o capacità di approvvigionamento energetico: capacità in fase di sviluppo, in costruzione e produzione effettiva di energia, compresi i ritardi tra ciascuna fase.

Visita support.climateinteractive.org per ulteriori richieste e supporto.

Note a piè di pagina

[1]: Union of Concerned Scientists. (2013, July). [How it Works: Water for Nuclear](#).

[2]: Kyne, D., & Bolin, B. (2016). [Emerging Environmental Justice Issues in Nuclear Power and Radioactive Contamination](#). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(7), 700.



Nuovo Zero Carbonio

Scopri una nuovissima fonte di elettricità economica che non emette gas serra. Alcuni ipotizzano che una tale svolta potrebbe essere la fusione nucleare o la fissione nucleare basata su torio. Decidi quando si verifica la svolta, il suo costo iniziale rispetto al carbone e quanto dureranno i ritardi nella commercializzazione e nell'espansione..

Nota, questo non include le nuove tecnologie nella rimozione di CO₂, nel trasporto, nell'elettrificazione o nell'efficienza energetica.

Esempi

- Ricerca e sviluppo, o altri investimenti in nuove fonti di approvvigionamento energetico come la fissione torio o la fusione nucleare.

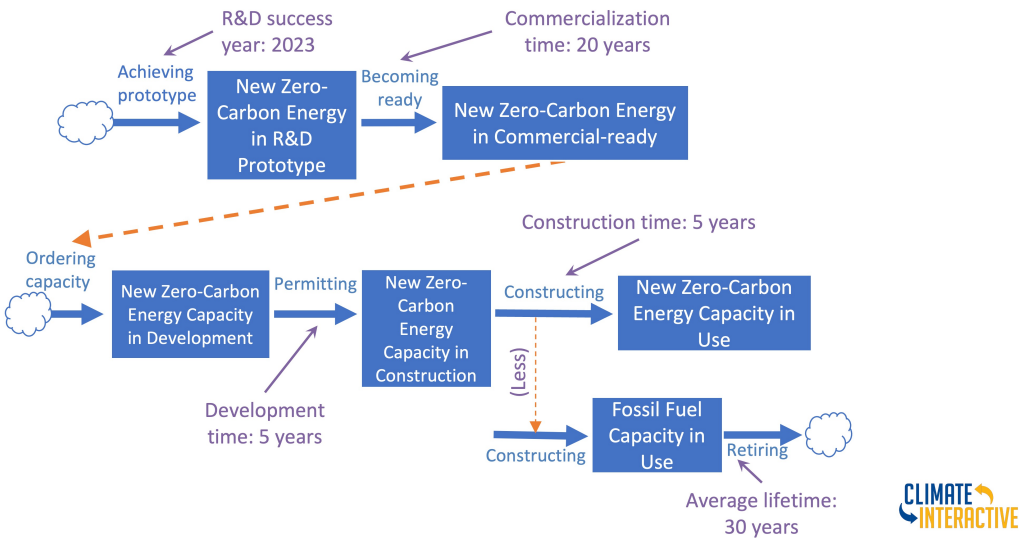
Messaggi chiave

- Il potenziale contributo di una nuova tecnologia di approvvigionamento energetico è gravemente ostacolato dal lungo lasso di tempo necessario alle nuove tecnologie per espandersi. Anche in condizioni ottimali, ci vorrebbero decenni per sostituire i combustibili fossili e ridurre effettivamente le emissioni di gas serra.
- Una nuova fornitura di energia a zero emissioni di carbonio entrerebbe in concorrenza con altre fonti energetiche a basse emissioni di carbonio, diminuendo parte del suo impatto.

Dinamiche chiave

- **Impatto.** Guarda l'area arancione di New Zero-Carbon salire quando si verifica una svolta in una nuova fornitura di energia a zero emissioni di carbonio nel grafico "Fonti globali di energia primaria". Si noti che la temperatura scende solo modestamente.
- **Ritardi.** Ci vuole molto tempo prima che la nuova tecnologia cresca e diventi una parte importante del mix energetico globale. C'è un lungo ritardo tra la scoperta della tecnologia energetica a zero emissioni di carbonio e il suo predominio nel mercato: 10 anni per la commercializzazione, diversi anni per pianificare e costruire, e poi crescere solo come centrali esistenti a carbone e gas naturale (che hanno una durata di vita di 30 anni) sono in pensione. Guarda quanto poco carbone (area marrone) e gas naturale (area blu scuro) diminuiscono prima del 2040. Per questo motivo, durante questo periodo critico viene trattenuto pochissimo carbonio sottoterra.
- **Feedback prezzo-domanda.** Il motivo per cui la nuova tecnologia a zero emissioni di carbonio cresce rapidamente è che è più economica di tutte le altre forniture energetiche, quindi l'abbondanza di energia a basso costo aumenta la domanda a un livello superiore a quello che sarebbe altrimenti. Visualizzalo nel grafico "Consumo energetico finale". [Ulteriori informazioni](#).
- **Competizione con rinnovabili e nucleare.** La nuova energia a zero emissioni di carbonio compete con tutte le fonti energetiche disponibili, quindi nota anche cosa succede a Rinnovabili (verde) e Nucleare (celeste): diminuiscono. Questa è la dinamica "[Crowding Out](#)".

Example of the time delays in commercializing a new zero-carbon energy technology:



Potenziali co-benefici di una svolta nel nuovo Zero-Carbon

- Una svolta in nuove fonti energetiche creerebbe posti di lavoro lungo la catena di approvvigionamento, dalla ricerca e sviluppo alla costruzione alle operazioni.
- I progressi della ricerca nelle nuove tecnologie possono essere utili per altre applicazioni.

Cosiderazioni di equità

- Ci sono conseguenze e rischi sconosciuti associati alle nuove fonti di energia e spesso queste tecnologie possono finire per essere localizzate in comunità vulnerabili.

Video

Nuovo Zero Carbonio

Impostazioni dei cursori

	status quo	svolta	grande svolta
Anno di svolta	nessuna svolta	corrente anno	corrente anno
Tempo per la commercializzazione		20 anni	20 anni
Costo iniziale relativo al carbone		2	1

Il cursore "Costo iniziale relativo al carbone" regola il costo della nuova fonte di energia a zero emissioni di carbonio rispetto al costo del carbone. Se il costo della nuova energia a zero emissioni di carbonio fosse inferiore a quello del carbone, la domanda aumenterebbe in modo significativo, perché sarà competitiva in termini di costi con altre fonti energetiche. Un valore pari a "2" significa che il costo iniziale dell'elettricità dalla nuova fonte energetica a zero emissioni di carbonio nel suo anno di svolta è il doppio del costo marginale dell'elettricità dal carbone nel 2020.

Struttura del modello

Il percorso per l'implementazione richiederà del tempo dopo il successo della tecnologia in laboratorio: commercializzazione (fissata a 10 anni, all'incirca lo stesso tempo impiegato dalla fissione a base di uranio), pianificazione (2 anni) e costruzione (5 anni). Quindi la nuova fonte di energia deve competere con altre fonti di energia.

Visita support.climateinteractive.org per ulteriori richieste e supporto.



Prezzi del carbonio e standard energetici

Imposta un prezzo globale del carbonio che renda le fonti di energia più costose a seconda della quantità di anidride carbonica che rilasciano, o promulghi uno standard per l'elettricità pulita o uno standard di prestazione delle emissioni. I produttori di energia spesso trasferiscono costi aggiuntivi ai loro clienti, quindi è necessario progettare una politica minimizzare gli impatti sui più poveri.

Nota, il dispositivo di scorrimento Prezzo del carbonio in En-ROADS influisce solo sulle emissioni di CO₂ derivanti dall'energia.

Esempi

- Paesi e regioni che applicano le carbon tax.
- Campagne di base che generano sostegno pubblico per il prezzo del carbonio.
- Clean Electricity Standards, simili ai Renewable Portfolio Standards in uso in diversi stati degli Stati Uniti o al Renewables Obligation nel Regno Unito.
- Emissions Performance Standards che fissano limiti alla quantità di anidride carbonica per unità di energia che le centrali elettriche possono emettere.
- Programmi cap-and-trade in cui i governi stabiliscono un limite di emissioni e rilasciano un numero limitato di quote di emissione che possono essere scambiate da comuni e aziende.

Messaggi chiave

- La determinazione del prezzo del carbonio è una strategia ad alto effetto leva, poiché riduce l'intensità di carbonio della fornitura di energia e riduce la domanda complessiva di energia.
- Gli standard per l'elettricità pulita interessano solo una parte del sistema energetico, quindi la loro influenza dipende dall'uso combinato con l'elettrificazione dei trasporti, degli edifici e dell'industria.

Dinamiche chiave

- **Impatto.** Quando il prezzo del carbonio aumenta, si noti che il carbone (in marrone) diminuisce maggiormente nel grafico "Fonti globali di energia primaria". È la fonte di energia a maggiore intensità di carbonio, il che la rende la più sensibile al prezzo del carbonio. Anche il Gas Naturale (in blu scuro) diminuisce, anche se in modo più modesto. Il petrolio (in rosso) diminuisce solo leggermente, anche se è ad alta intensità di carbonio rispetto al gas, non è facilmente sostituibile con altre fonti energetiche (ad esempio, un camion diesel non può essere alimentato con l'energia solare). La bioenergia (in rosa) aumenta man mano che il suo costo relativo la rende più attraente, a meno che non si decida di applicare il prezzo del carbonio alle emissioni nette della bioenergia attivando l'interruttore "Il prezzo del carbonio si applica alle emissioni di bioenergia" nella visualizzazione avanzata. Le energie rinnovabili (in verde) aumentano poiché il costo relativo dell'eolico e del solare le rende più attraenti.
- **Feedback domanda-prezzo.** Proprio come la tassazione del carbone, un prezzo significativo del carbonio aumenta i costi energetici, riducendo la domanda di energia. Visualizzatelo nel grafico "Consumo energetico finale", dove lo scenario attuale con un prezzo elevato del carbonio (linea blu) è inferiore allo scenario di base (linea nera). [Ulteriori informazioni.](#)

- **Perdita di metano.** Quando viene implementato un prezzo del carbonio, osserva nel grafico “Emissioni di metano” come la linea blu dello Scenario Attuale diminuisce. Il gas naturale è composto principalmente da metano (CH₄), un potente gas serra. Il metano proveniente dalle fughe di gas nell'atmosfera da pozzi, gasdotti e altre infrastrutture del gas. Un prezzo del carbonio diminuisce le perdite incentivando la riparazione delle perdite e scoraggiando l'uso del gas.

Potenziati co-benefici di un prezzo del carbonio

- L'energia rinnovabile diventa relativamente più economica, il che può incentivare la creazione di posti di lavoro nel settore.
- Ridurre l'uso di combustibili fossili migliora la qualità dell'aria, aumentando il risparmio sanitario e la produttività dei lavoratori.
- I ricavi del carbon pricing possono essere assegnati a programmi sociali condivisibili con tutti.

Cosiderazioni di equità

- Man mano che le tasse sul carbonio raggiungono livelli effettivi, le aziende possono provare a trasferire i costi ai clienti, dove i poveri sono maggiormente a rischio di essere colpiti. È possibile sviluppare politiche che limitino questo impatto.
- I lavoratori impiegati nelle industrie dei combustibili fossili rischiano di perdere il lavoro se le aziende riducono la forza lavoro in risposta a costi di produzione più elevati, quindi dovrebbero essere messi in atto piani di transizione del lavoro e dovrebbero essere garantite le protezioni per i lavoratori.
- A causa della natura politica della produzione di combustibili fossili, la corruzione del governo e la ricerca di rendite potrebbero creare la possibilità per alcune industrie di evitare il prezzo del carbonio a causa di scappatoie o esenzioni.

Video

[Prezzi del carbonio e standard energetici](#)

Impostazioni dei cursori

	status quo	basso	medio	alto	molto alto
Prezzo del carbonio per tonnellata di CO ₂	da \$0 a \$5	da \$5 a \$20	da \$20 a \$60	da \$60 a \$100	da \$100 a \$250

*Fonte per il prezzo del carbonio predefinito di \$ 5: Dolphin, G. (2022). [Database mondiale dei prezzi del carbonio. Risorse per il futuro.](#)

Il prezzo del carbonio si applica alle emissioni di bioenergia

L'opzione "Il prezzo del carbonio si applica alle emissioni di bioenergia" nelle impostazioni avanzate del prezzo del carbonio determina se le emissioni di CO₂ da bioenergia sono esenti da un prezzo del carbonio. Molte politiche attuali esentano la bioenergia dalle normative sul clima o la trattano come "zero netto" anche quando non lo è, quindi per impostazione predefinita facciamo lo stesso per il prezzo del carbonio. Se attivato, questo applicherà i prezzi del carbonio all'intensità netta di bioenergia allo stesso modo di altre fonti di CO₂.

Il prezzo del carbonio incoraggia la cattura e lo stoccaggio del carbonio (CCS)

L'opzione "Il prezzo del carbonio incoraggia la cattura e lo stoccaggio del carbonio (CCS)" nelle impostazioni avanzate del prezzo del carbonio determina se CCS riceve finanziamenti a causa di un prezzo del carbonio. Se disattivato, CCS potrebbe essere incoraggiato solo da uno standard di elettricità pulita.

Standard di elettricità pulita

L'interruttore "Usa standard di elettricità pulita" stabilisce una politica che richiede che una certa percentuale di elettricità provenga da fonti qualificate. Questo crea un sistema di incentivi: i produttori di elettricità qualificata ricevono entrate aggiuntive, come un sussidio tranne per il fatto che il denaro proviene dai prezzi dell'elettricità piuttosto che dalla spesa pubblica. I costi e i ricavi aggiunti incidono sui mercati elettrici e sugli investimenti, spingendo il mix di generazione verso gli standard target. Il valore dell'incentivo dipende dal divario tra target e generazione effettiva e da quanto ambizioso è il target.

In "Fonti che si qualificano come elettricità pulita", seleziona le caselle per le quali le fonti si qualificano come "pulite". Puoi vedere la percentuale di contributo di queste fonti sul grafico "% di consumo di elettricità da fonti qualificate". Utilizzare il dispositivo di scorrimento "Target % elettricità da fonti qualificate" per impostare la quantità richiesta di elettricità qualificante.

Standard di prestazione delle emissioni

Il dispositivo di scorrimento "Emissions performance standard" nelle impostazioni avanzate di Carbon Price modella uno standard di prestazione basato sull'intensità di carbonio della generazione elettrica (tonnellate di CO₂ emesse per terajoule (TJ) di energia generata). Le fonti di elettricità al di sopra dello standard sono disincentivate: più un combustibile supera lo standard, meno centrali elettriche di quel tipo verranno costruite. Le fonti energetiche hanno diverse intensità di carbonio, con il carbone che emette la maggior quantità di anidride carbonica per unità di energia (circa 90 tonnellate di CO₂ per TJ di energia), seguito dal petrolio (66 tonnellate di CO₂/TJ) e poi dal gas naturale (51 tonnellate di CO₂/TJ) .

Casi di studio

Stati Uniti nord-orientali: uno studio del MIT del 2016 ha esaminato uno scenario in cui gli Stati Uniti nord-orientali hanno implementato un programma di carbon cap and trade e ha scoperto che i risparmi sanitari annuali per la regione potrebbero essere cinque volte superiori ai costi delle modifiche necessarie per soddisfare la politica.¹

FAQ

- [Qual è la differenza tra un prezzo del carbonio e una tassa su un combustibile \(carbone, petrolio, gas naturale o bioenergia\)?](#)
- [Cosa succede alle entrate derivanti dalle tasse o al prezzo del carbonio in En-ROADS?](#)
- [Come funziona uno standard di prestazione in materia di emissioni?](#)
- [Come posso simulare un prezzo del carbonio che aumenta nel tempo, come la struttura del prezzo del carbonio nell'"Energy Innovation and Carbon Dividend Act" \(EICDA\) degli Stati Uniti?](#)

Visita support.climateinteractive.org per ulteriori richieste e supporto.

Note a piè di pagina

[1]: Thompson, T. M., Rausch, S., Saari, R. K., & Selin, N. E. (2016). [Air quality co-benefits of subnational carbon policies](#). *Journal of the Air & Waste Management Association*, 66(10), 988–1002.



Trasporti – Efficienza Energetica

Aumenta o diminuisce l'efficienza energetica dei veicoli, delle spedizioni, dei viaggi aerei e dei sistemi di trasporto. L'efficienza energetica include cose come le auto ibride, il trasporto pubblico ampliato e i modi in cui le persone possono spostarsi utilizzando meno energia. L'adozione di pratiche più efficienti dal punto di vista energetico, come andare in bicicletta ea piedi, può migliorare la salute pubblica e risparmiare denaro.

Esempi

- Gli individui cambiano il proprio comportamento personale per aumentare le passeggiate a piedi, in bicicletta, l'uso dei trasporti pubblici, il carpooling, la vita in quartieri ad alta densità, l'acquisto di veicoli più efficienti, la riduzione del volo o il telelavoro.
- Politiche pubbliche o aziendali come l'aumento dei prezzi dei parcheggi, l'investimento nel trasporto pubblico, l'offerta di agevolazioni fiscali per veicoli efficienti, il carpooling premiante, la costruzione di piste ciclabili, la creazione di aree urbane pedonali ad alta densità o standard di prestazioni che impongono un'efficienza del carburante specifica.
- Ricerca e sviluppo di tecnologie ad alta efficienza per spedizioni, veicoli e viaggi aerei.

Messaggi chiave

- Migliorare l'efficienza energetica dei trasporti è utile, in particolare per ridurre le emissioni del petrolio. Veicoli ad alta efficienza energetica, accesso ai trasporti pubblici e modalità di trasporto alternative, come camminare e andare in bicicletta, riducono la domanda di energia e quindi la dipendenza dal petrolio.

Dinamiche chiave

- **Impatti.**
 - Guarda il calo del petrolio (area rossa) nel grafico "Fonti globali di energia primaria" mentre il mondo aumenta l'efficienza dei suoi trasporti. Meno petrolio viene bruciato e anche carbone e gas diminuiscono, poiché il trasporto elettrificato diventa più efficiente.
 - Visualizza il grafico "Consumo energetico finale" per vedere il calo della domanda di energia.
 - Per vedere un altro vantaggio, guarda il grafico "Costo dell'energia". Meno domanda di energia significa prezzi più bassi.
- **Ritardo.** C'è un certo ritardo nella velocità di accelerazione perché il consumo di energia è determinato dalla media complessiva di tutti i veicoli (non solo di quelli nuovi). Ci vuole tempo per sostituire i veicoli più vecchi con quelli più nuovi, e questo avverrà più velocemente in alcuni paesi che in altri.

Potenziali benefici associati all'incoraggiamento dell'efficienza energetica

- Il miglioramento della qualità dell'aria come risultato della minore combustione di combustibili fossili aumenta i risparmi sanitari e la produttività dei lavoratori.
- Una migliore qualità dell'aria grazie a un minor numero di motori a combustione interna aumenta i risparmi sanitari e la produttività dei lavoratori.
- Il trasporto di massa, come autobus e treni, può ridurre la congestione del traffico e il rumore.
- Il miglioramento delle infrastrutture per ciclisti e pedoni aumenta l'attività fisica e la sicurezza, il che si traduce in notevoli risparmi per la salute.

Cosiderazioni di equità

- In alcuni paesi sviluppati, come gli Stati Uniti, le infrastrutture pedonali e ciclabili sono state concentrate nelle comunità benestanti, escludendo le famiglie a basso reddito e le persone di colore.¹
- Quando le opzioni di trasporto di massa migliorano o i costi operativi diminuiscono con l'uso efficiente del carburante, l'uguaglianza sociale può migliorare, poiché le persone a basso reddito hanno più opzioni di trasporto per soddisfare le loro esigenze.

Video

[Efficienza Energetica](#)

Impostazioni dei cursori

La variabile modificata è il tasso di miglioramento annuale dell'intensità energetica di nuovi capitali di trasporto come veicoli, treni e navi.

	scoraggiato	status quo	incoraggiato	fortemente incoraggiato
Rata annuale	da -1% a 0%	da 0% a +1%	da +1% a +3%	da +3% a +5%

Struttura del modello

L'aumento del tasso di miglioramento nell'uso dell'energia per i nuovi veicoli e altre infrastrutture aiuta a ridurre le emissioni di gas serra nel settore dei trasporti. C'è un certo ritardo nella velocità di accelerazione perché il consumo di energia è guidato dalla media complessiva di tutto il capitale (non solo dalle cose nuove). La struttura del modello tiene traccia dell'efficienza complessiva, che include l'adeguamento del capitale esistente.

Casi di studio

New York City: un programma che sostiene gli studenti che vanno a scuola a piedi e in bicicletta ha speso 10 milioni di dollari e ha risparmiato 230 milioni di dollari dall'aumento dell'attività fisica, dalla riduzione dell'inquinamento atmosferico e dalla diminuzione dei tassi di infortuni.²

Barcellona, Spagna: la sostituzione del 20% dei viaggi in auto di Barcellona con le biciclette potrebbe salvare 38 vite all'anno a causa della diminuzione dell'inquinamento atmosferico e dell'aumento dell'attività fisica, riducendo anche 21.000 tonnellate di CO₂ all'anno.³

Visita support.climateinteractive.org per ulteriori richieste e supporto.

Note a piè di pagina

[1]: Lusk, A. (2019, August 23). [Bike-friendly cities should be designed for everyone, not just wealthy white cyclists](#). *The Conversation*.

[2]: Muennig, P. A., Epstein, M., Li, G., & Dimaggio, C. (2014). [The Cost-Effectiveness of New York City's Safe Routes to School Program](#). *American Journal of Public Health*, 104(7), 1294–1299.

[3]: Rojas-Rueda, D., Nazelle, A. D., Teixidó, O., & Nieuwenhuijsen, M. (2012). [Replacing car trips by increasing bike and public transport in the greater Barcelona metropolitan area: A health impact assessment study](#). *Environment International*, 49, 100–109.



Trasporti – Elettrificazione

Aumenta gli acquisti di nuove auto elettriche, camion, autobus, treni e forse anche navi e aeroplani. L'uso di motori elettrici per i trasporti aiuta a ridurre le emissioni di gas serra e l'inquinamento atmosferico se l'elettricità proviene da fonti a basse emissioni di carbonio come l'energia solare e l'eolico.

Esempi

- Investimenti nelle infrastrutture di ricarica dei veicoli elettrici.
- Ricerca e sviluppo di tecnologie per veicoli, batterie e ricarica.
- Impegni aziendali per la vendita di veicoli elettrici.
- Programmi per offrire sconti e incentivi all'acquisto di auto elettriche.

Messaggi chiave

- L'elettrificazione dei trasporti può aiutare, in particolare quando l'energia rinnovabile è già incoraggiata o i combustibili fossili sono scoraggiati.

Dinamiche chiave

- **Efficienza.** L'efficienza complessiva è maggiore per i trasporti elettrificati che per i motori a combustione interna: in generale, per alimentare i trasporti con l'elettricità viene utilizzato meno carburante rispetto al petrolio.
- **Cambiamenti nel mix energetico.** Il petrolio, nel grafico “Fonti globali di energia primaria”, diminuisce man mano che elettrizziamo i trasporti. Allo stesso tempo, la domanda di energia primaria di carbone, energie rinnovabili e, in misura più limitata, gas naturale, aumenta per alimentare l'aumento della domanda elettrica. Affinché l'elettrificazione riduca ulteriormente le emissioni, si provi a sovvenzionare le energie rinnovabili, a scoraggiare il carbone e il gas naturale o ad aggiungere un prezzo del carbonio.
- **Crescita delle energie rinnovabili.** L'elettrificazione è necessaria affinché i trasporti possano utilizzare energie rinnovabili o altra elettricità a zero emissioni di carbonio. Si noti come l'elettrificazione consente alla domanda di energia primaria rinnovabile di crescere molto più rapidamente rispetto allo scenario di base.
- **Ritardi.** Ci vogliono decenni perché i veicoli esistenti alimentati a carburante vadano in pensione e siano sostituiti da veicoli elettrici (questo è noto come “[ritardi nella rotazione del capitale sociale](#)”). Di conseguenza, il grafico “Quota elettrica delle vendite di trasporti” aumenta più velocemente del grafico “Quota elettrica del trasporto totale”.

Potenziati benefici associati all'incoraggiamento dell'elettrificazione

- Una migliore qualità dell'aria grazie a un minor numero di motori a combustione interna aumenta i risparmi sanitari e la produttività dei lavoratori.
- Vengono creati posti di lavoro nella produzione e vendita di batterie e motori elettrici.

Cosiderazioni di equità

- Sebbene i costi stiano scendendo, i veicoli elettrici potrebbero non essere alla portata di tutti o alla portata di tutti.
- L'estrazione di litio e rame, due ingredienti necessari per le batterie utilizzate nei veicoli elettrici, può essere dannosa per ecosistemi preziosi e minacciare il benessere delle comunità vicine ai siti minerari.¹
- Le posizioni delle stazioni di ricarica elettriche potrebbero non essere accessibili o l'autonomia della batteria elettrica potrebbe essere insufficiente per alcune situazioni.

Video

[Elettrificazione](#)

Impostazioni dei cursori

Il dispositivo di scorrimento principale per l'elettrificazione dei trasporti aggiunge un sussidio per il nuovo trasporto elettrico su strada e su rotaia (automobili, camion, autobus e treni alimentati dall'elettricità anziché dai carburanti) e garantisce la costruzione di un'infrastruttura di ricarica sufficiente.

	status quo	incentivato	altamente incentivato
Sovvenzione al trasporto elettrico e infrastruttura di ricarica*	da 0% a 10%	da 10% a 25%	da 25% a 50%

**La sovvenzione si applica al prezzo dell'adesivo o al costo di acquisto.*

Poiché è tecnologicamente più impegnativo elettrificare aeroplani, barche e navi, queste forme di trasporto si trovano in una sezione separata di cursori "Aria e acqua" nelle impostazioni avanzate.

Struttura del modello

Il principale input di elettrificazione dei trasporti modifica l'attrattiva finanziaria dei veicoli elettrici per guidare il comportamento futuro, nonché la disponibilità di infrastrutture di ricarica complementari. Le ipotesi nel modello possono modificare l'attenzione degli acquirenti sul costo totale di proprietà dei veicoli elettrici rispetto ai veicoli alimentati a carburante e le riduzioni dei costi derivanti dall'apprendimento.

Si noti che lo Scenario di riferimento tiene conto di un aumento del trasporto elettrificato nel corso del secolo (vedere il grafico "Quota elettrica del capitale totale—Trasporti").

Domande frequenti e altri chiarimenti sulle risorse

- [Spiegazione: Elettrificazione in En-ROADS](#)
- [Come simulo lo stoccaggio dell'energia eolica e solare?](#)
- [Come simulo l'uso dell'idrogeno?](#)

Visita support.climateinteractive.org per ulteriori richieste e supporto.

Note a piè di pagina

[1]: Lombrana, L. M. (2019, June 11). [Saving the Planet With Electric Cars Means Strangling This Desert.](#)
Bloomberg Green.



Edilizia e Industria - Efficienza Energetica

Aumenta o diminuisci l'efficienza energetica di edifici, elettrodomestici e altre macchine. L'efficienza energetica include cose come la costruzione di case ben isolate e la riduzione della quantità di energia utilizzata dalle fabbriche. Pratiche efficienti dal punto di vista energetico possono far risparmiare denaro riducendo il fabbisogno energetico e migliorando la salute delle persone in quegli edifici.

Esempi

- Individui e aziende che isolano edifici, acquistano tecnologie ad alta efficienza energetica (motori, illuminazione, elettrodomestici, server, sistemi HVAC) e risparmiano energia.
- Politiche governative come agevolazioni fiscali e standard di prestazione per incentivare prodotti e pratiche efficienti dal punto di vista energetico.
- Ricerca e sviluppo di tecnologie ad alta efficienza.

Messaggi chiave

- L'efficienza energetica degli edifici e dell'industria rappresenta un'elevata leva. Porta a un minore consumo energetico complessivo, che porta a un minor consumo di carbone, petrolio e gas. Risparmia anche denaro a famiglie, affari e comunità.

Dinamiche chiave

- **Impatto.** Poiché viene utilizzata meno energia per gli edifici e l'industria, si noti come tutte le fonti energetiche diminuiscano nel grafico "Fonti globali di energia primaria", in particolare carbone e gas quando sono le principali fonti di elettricità. Vengono bruciati meno combustibili fossili, quindi le emissioni di CO₂ diminuiscono e il cambiamento di temperatura globale si abbassa drasticamente.
- **Fabbisogno energetico.** I miglioramenti dell'intensità energetica del nuovo capitale riducono anche il fabbisogno energetico. Esplora questo nel grafico "Consumo energetico finale", dove lo scenario attuale (linea blu) è inferiore alla linea di base (linea nera).
- **Ritardo.** C'è un certo ritardo nella velocità con cui questo accelera perché il consumo di energia è determinato dalla media complessiva di tutto il capitale (non solo dalle cose nuove).

Potenziali benefici associati all'incoraggiamento dell'efficienza energetica

- L'aumento dell'efficienza industriale e la riduzione della domanda di energia possono ridurre l'inquinamento atmosferico, aumentando il risparmio sanitario e la produttività dei lavoratori.
- Ridurre le bollette dell'elettricità per famiglie, aziende e governi aumenta la sicurezza energetica.
- Le case isolate rimangono più fresche d'estate e più calde d'inverno, quando gli eventi meteorologici e il sovraccarico della rete causano interruzioni.
- La riqualificazione di edifici e case per renderli più efficienti può creare molti posti di lavoro.

Cosiderazioni di equità

- I costi di capitale iniziali dei miglioramenti dell'efficienza potrebbero non essere accessibili a individui a basso reddito e piccole imprese.
- In alcuni luoghi, le politiche sono rivolte ai proprietari di immobili, impedendo agli affittuari, che spesso hanno un reddito inferiore, di accedere ai benefici.

Video

[Efficienza Energetica](#)

Impostazioni dei cursori

La variabile che viene modificata è il tasso di miglioramento annuo dell'intensità energetica dei nuovi capitali per l'edilizia e l'industria.

	scoraggiato	status quo	incoraggiato	fortemente incoraggiato
Rata annuale	da -1% a 0%	da 0% a +1,5%	da +1,5% a +3%	da +3% a +5%

Struttura del modello

Aumentare il tasso di miglioramento del consumo energetico per gli edifici e l'industria riduce gradualmente le emissioni, perché il consumo energetico è guidato dalla media complessiva di tutte le infrastrutture in quest'area, che è ritardata da questo intervento perché il miglioramento arriva solo alle cose nuove e molti edifici e industrie strutture ultimi decenni.

Casi di studio

Globale: attraverso edifici ad alta efficienza energetica certificati LEED, un gruppo di sei principali economie ha risparmiato 13,3 miliardi di dollari in energia, salute e benefici climatici ed ha evitato l'emissione di dozzine di inquinanti atmosferici.¹

Regno Unito: se il Regno Unito riducesse di un quarto la spesa energetica domestica utilizzando misure di efficienza energetica, le famiglie potrebbero risparmiare 270 sterline all'anno. Il valore attuale netto di questo investimento è di 7,5 miliardi di sterline e i benefici sanitari, economici ed energetici più ampi potrebbero raggiungere i 47 miliardi di sterline.²

FAQ

- [Come simulo la riduzione degli sprechi o delle inefficienze?](#)
- [Come simulo il riciclo o la riduzione della plastica?](#)
- [Come simulo la riduzione delle emissioni dalla produzione di cemento?](#)

Visita support.climateinteractive.org per ulteriori richieste e supporto.

Note a piè di pagina

[1]: P., M., X., C., J., B., J., C.-L., J., S., A., B., & J., A. (2018). [Energy savings, emission reductions, and health co-benefits of the green building movement](#). *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 28(4), 307–318.

[2]: Rosenow, J., Eyre, N., Sorrell, S., & Guertler, P. (2017). [Unlocking Britain's First Fuel: The potential for energy savings in UK housing](#).



Edilizia e Industria - Elettrificazione

Aumentare l'uso di elettricità, invece di combustibili come petrolio o gas, in edifici, elettrodomestici, sistemi di riscaldamento e altre macchine. L'uso di motori elettrici aiuta a ridurre le emissioni solo se l'elettricità proviene da fonti a basse emissioni di carbonio come il solare e l'eolico.

Esempi

- Incremento dell'interesse pubblico per la sostituzione di caldaie a gasolio e gas negli edifici con impianti di riscaldamento elettrici.
- Ricerca e sviluppo in vari motori e sistemi elettrici che potrebbero consentire all'energia eolica e solare di sostituire gli impianti industriali alimentati a petrolio e gas.

Messaggi chiave

- L'elettrificazione degli edifici e dell'industria può aiutare, in particolare quando l'energia rinnovabile è già incoraggiata o i combustibili fossili sono scoraggiati.

Dinamiche chiave

- **Cambio di carburante.** Quando gli edifici e l'industria vengono elettrificati, le fonti di carburante utilizzate negli edifici (ad esempio, olio per forni) vengono ridotte e sostituite con fonti di elettricità. Alcuni tipi di energia, come il carbone, sono utilizzati sia come combustibili che come fonti di elettricità negli edifici e nell'industria, quindi l'elettrificazione di per sé non modifica la domanda in modo significativo. Altri tipi di energia, come il petrolio, vengono utilizzati principalmente come combustibile e raramente per l'elettricità, quindi quando l'elettrificazione aumenta, la domanda di petrolio diminuisce in modo significativo. Notare questi cambiamenti sui grafici della domanda di energia primaria.
- **Crescita delle energie rinnovabili.** L'elettrificazione è necessaria affinché gli edifici e le industrie possano utilizzare fonti rinnovabili o altra elettricità a zero emissioni di carbonio. Si noti come l'elettrificazione consente alla domanda di energia primaria rinnovabile di crescere molto più rapidamente rispetto allo scenario di base.
- **Ritardi.** Ci vogliono decenni prima che le apparecchiature esistenti alimentate a combustibile vadano in pensione e siano sostituite da apparecchiature elettriche (questo è noto come "[ritardi nella rotazione del capitale sociale](#)"). Di conseguenza, il grafico "Quota elettrica delle vendite di edifici e attrezzature industriali" aumenta più velocemente del grafico "Quota elettrica del totale di edifici e attrezzature industriali".

Potenziati benefici associati all'incoraggiamento dell'elettrificazione

- Una migliore qualità dell'aria alla fonte aumenta il risparmio sanitario e la produttività dei lavoratori.
- L'eliminazione della domanda di linee di gas naturale per gli edifici elimina anche i rischi di incendio ed esplosione.
- L'inquinamento acustico da motori a motore, generatori e forni è ridotto.
- La qualità dell'aria per le persone che lavorano/abitano all'interno e intorno alle strutture è migliorata, il che aumenta il risparmio sanitario e la produttività dei lavoratori.

Cosiderazioni di equità

- I costi di capitale iniziali per l'ammodernamento di edifici e sistemi di riscaldamento per essere completamente elettrici potrebbero non essere accessibili a individui a basso reddito e piccole imprese.
- L'esposizione all'inquinamento atmosferico domestico è distribuita in modo non uniforme all'interno e tra i paesi, a cui gli effetti negativi sulla salute e la povertà sono fortemente correlati.¹

Video

[Elettificazione](#)

Impostazioni dei cursori

Il dispositivo di scorrimento per l'elettificazione degli edifici e dell'industria aggiunge un sussidio per le apparecchiature elettriche negli edifici e nelle strutture industriali per incoraggiare l'utilizzo delle apparecchiature elettriche rispetto alle apparecchiature che richiedono l'utilizzo di combustibili (ad esempio un riscaldamento elettrico o una stufa invece di uno alimentato a gas).

Si noti che i presupposti e altre azioni possono contribuire all'elettificazione e possono comportare livelli di elettificazione più elevati rispetto a quelli su cui è impostato il target del dispositivo di scorrimento.

	status quo	incentivato	altamente incentivato
Sovvenzione per apparecchiature elettriche*	da 0% a 5%	da 5% a 25%	da 25% a 50%

**La sovvenzione si applica al prezzo dell'adesivo o al costo di acquisto.*

Struttura del modello

Questo input cambia l'attrattiva finanziaria degli apparecchi elettrici e delle apparecchiature utilizzate negli edifici e nell'industria.

Domande frequenti e altri chiarimenti sulle risorse

- [Spiegazione: Elettificazione in En-ROADS](#)
- [Come simulo lo stoccaggio dell'energia eolica e solare?](#)

Visita support.climateinteractive.org per ulteriori richieste e supporto.

Note a piè di pagina

[1]: World Health Organization. (2021, Sep 22). [Household air pollution and health](#).



Crescita demografica

Presumi una crescita della popolazione maggiore o minore. La popolazione è un fattore chiave per l'aumento dei gas serra; tuttavia, questo è anche fortemente legato alle abitudini di consumo. L'istruzione delle donne e l'accesso alla pianificazione familiare potrebbero accelerare il passaggio alle famiglie più piccole in tutto il mondo.

Esempi

- Presupposti diversi per tassi di fertilità e dati demografici futuri.
- Maggiore emancipazione di donne e ragazze, con conseguente riduzione dei tassi di fertilità.
- Maggiore istruzione e accesso ai servizi di salute riproduttiva.

Messaggi chiave

- Limitare la crescita della popolazione non è la soluzione miracolosa per affrontare il cambiamento climatico.
- Le decisioni relative alla popolazione e alla scelta della famiglia sono decisioni personali e gli sforzi per modificare queste decisioni hanno molte implicazioni etiche.

Dinamiche chiave

- **Impatto.** Poiché la domanda di energia dipende dal numero di persone, osserva tutte le fonti di energia che cambiano mentre cambi la crescita della popolazione. Usa i [grafici Kaya](#) per capire in che modo la crescita della popolazione influisce sulle emissioni nel tuo scenario.
- **Ritardo.** Una minore crescita della popolazione richiede molto tempo per influenzare le emissioni perché i cambiamenti della popolazione globale non si verificano rapidamente e invece si esauriscono nel corso di molti decenni.

Potenziati co-benefici di una crescita inferiore

- La minore crescita della popolazione riduce il consumo globale di risorse.
- Garantire un accesso sicuro alla pianificazione familiare, ai servizi di salute riproduttiva e all'istruzione delle donne migliora la qualità della vita e il reddito delle donne.

Cosiderazioni di equità

- Le politiche relative alla popolazione dovrebbero essere volontarie e autorizzare le donne a fare le scelte migliori per loro.
- Una percentuale più alta di donne di colore vive in paesi con gravi disuguaglianze di genere nell'accesso all'istruzione, nella piena partecipazione economica e politica e in un'adeguata pianificazione familiare. Ridurre la crescita della popolazione richiede un grande investimento in quel particolare gruppo.
- C'è una storia di donne di colore nei paesi ad alto e basso reddito che sono state sterilizzate con la forza per prevenire il parto; questo non dovrebbe mai essere incoraggiato.^{1 2}

Video

Popolazione e crescita economica

Impostazioni dei cursori

Il dispositivo di scorrimento riflette l'intervallo di probabilità del 95% che la popolazione si discosti dal percorso di crescita della popolazione media delle Nazioni Unite.³ La variabile modificata riflette la popolazione mondiale entro il 2100, in miliardi di persone.

	crescita più bassa	bassa crescita	status quo	alta crescita	crescita più alta
Scenario ONU	fascia bassa dell'intervallo del 95% delle Nazioni Unite		metà dell'intervallo del 95% delle Nazioni Unite		fascia alta della gamma del 95% delle Nazioni Unite
Popolazione nel 2100	da 9,0 a 9,3 miliardi	da 9,3 a 10,0 miliardi	da 10,0 a 10,4 miliardi	da 10,4 a 11,2 miliardi	da 11,2 a 11,4 miliardi

Struttura del modello

La popolazione viene moltiplicata con la crescita economica (PIL pro capite) per eguagliare il PIL globale totale, o Prodotto mondiale lordo.

Visita support.climateinteractive.org per ulteriori richieste e supporto.

Note a piè di pagina

[1]: Bi, S. (2015). [Forced Sterilizations of HIV-Positive Women: A Global Ethics and Policy Failure](#). *AMA Journal of Ethics*, 17(10), 952–957.

[2]: Blakemore, E. (2016, August 25). [The Little-Known History of the Forced Sterilization of Native American Women](#). *JSTOR Daily*.

[3]: United Nations. (2024). [World Population Prospects 2024](#).



Crescita economica

Ipotizza una crescita maggiore o minore dei beni prodotti e dei servizi forniti. La crescita economica è misurata in Prodotto interno lordo (PIL) pro capite ed è un fattore chiave nel consumo di energia. Esistono alternative per soddisfare i bisogni delle persone attraverso quadri economici non basati su una crescita costante del PIL.

Esempi

- Sforzi globali per ridurre il consumo eccessivo e abbracciare la semplicità volontaria.
- Possibili impatti sulla crescita economica dagli effetti del cambiamento climatico.

Messaggi chiave

- Una crescita economica più lenta sarebbe un approccio ad alta leva per evitare futuri aumenti della temperatura, tuttavia, ci sono molte domande su come ciò potrebbe accadere e su come farlo in modo equo.
- Gli impatti dei cambiamenti climatici hanno il potere di ridurre significativamente la crescita economica.

Dinamiche chiave

- **Impatto.** Guarda tutte le fonti di energia cambiare mentre cambi la crescita economica. La popolazione viene moltiplicata per il PIL pro capite per eguagliare il PIL globale totale o il prodotto mondiale lordo. Gli aumenti del PIL pro capite accelerano la crescita esponenziale del PIL globale totale, probabilmente il motore più importante delle emissioni di anidride carbonica attualmente. Usa i [grafici Kaya](#) per capire in che modo la crescita economica influisce sulle emissioni nel tuo scenario.
- Se il sistema energetico viene decarbonizzato, una maggiore crescita economica non avrà lo stesso impatto sulla temperatura.
- Il cambiamento climatico rallenta la crescita economica, il che riduce la domanda di energia e le emissioni di gas serra, producendo un circuito di equilibrio che quindi limita il cambiamento climatico. Puoi disattivare questo comportamento disattivando l'ipotesi in "Impatto economico del cambiamento climatico."

Potenziali co-benefici di una crescita inferiore

- L'attenzione può essere spostata su misure alternative di prosperità che migliorano il benessere delle persone, come la felicità nazionale lorda.
- Una maggiore attenzione alla conservazione delle risorse e un minore consumo di materiale possono portare a meno rifiuti.

Cosiderazioni di equità

- La crescita economica è legata all'estrazione delle persone dalla povertà in tutto il mondo. Anche se, negli ultimi decenni, molti guadagni nella crescita economica sono andati ai più ricchi del mondo. Indipendentemente da ciò, le politiche devono essere adattate a specifiche circostanze locali e regionali. Quando la crescita del PIL rallenta o si contrae, i governi possono incorrere in disavanzi di bilancio più elevati, spesso attuando misure di austerità (tagliando la spesa e aumentando le tasse) per compensare la differenza. Queste riforme possono avere un grave impatto sui poveri e sulla classe operaia, causando la perdita di posti di lavoro e tutte le disuguaglianze che derivano dalla perdita dei mezzi di sussistenza.¹
- Attuare azioni che limitino il cambiamento climatico, riducano i danni economici derivanti dagli impatti climatici aumentando il PIL pro capite, i consumi e la domanda di energia.

Video

[Popolazione e crescita economica](#)

Impostazioni dei cursori

Crescita economica

	bassa crescita	status quo	alta crescita
Crescita economica a lungo termine	da 0,5% a 1,2%	da 1,2% a 1,9%	da 1,9% a 2,5%
Crescita economica a breve termine	da 1,7% a 2,1%	da 2,2% a 2,9%	da 3,0% a 3,7%

Il cursore "Crescita economica a lungo termine" è il cursore principale utilizzato per controllare la crescita economica, tuttavia, è possibile impostare ipotesi più precise sulla crescita economica regolando anche il cursore "Crescita economica a breve termine". Questo dispositivo di scorrimento imposta la crescita media globale iniziale del PIL pro capite. Il cursore "Tempo di transizione" è disponibile per modificare il tempo necessario affinché il livello "Crescita economica a breve termine" raggiunga il livello "Crescita economica a lungo termine".

Riduzione del PIL da impatti climatici

Si prevede che il cambiamento climatico avrà molteplici effetti negativi sull'economia, come la diminuzione degli investimenti in beni e servizi a causa dei costi di risposta ai cambiamenti degli eventi meteorologici estremi, dell'innalzamento del livello del mare, della desertificazione, della diminuzione della resa dei raccolti, delle inondazioni e delle conseguenti migrazioni. Per tenere conto di ciò, En-ROADS include un feedback nello scenario di base in cui l'aumento della temperatura riduce la quantità stimata di crescita economica. Questa è nota come "funzione di danno". Il pulsante "Il cambiamento climatico rallenta la crescita economica" (in Simulazione > Ipotesi > Impatto economico del cambiamento climatico) consente all'utente di esplorare scenari con e senza danni all'economia dovuti agli impatti del cambiamento climatico. Quando l'interruttore è attivato, l'utente può specificare quale funzione di danno utilizzare nello slider "Formulazione del danno economico".

Diversi economisti hanno formulato questo impatto come una riduzione percentuale del PIL globale e lo hanno stimato in funzione del cambiamento della temperatura. Quattro funzioni principali della letteratura di ricerca sono incluse in En-ROADS: Burke et al. (2018), Burke et al. (2015), Dietz e Stern (2015) e Howard e Sterner (2017). Gli utenti possono anche creare una formulazione personalizzata per testare l'impatto stimato sul PIL derivante dai cambiamenti climatici. Visualizza le stime risultanti per il danno economico nel grafico "Riduzione del PIL rispetto alla temperatura".

Per saperne di più, visita la sezione [Danni economici derivanti dai cambiamenti climatici della pagina En-ROADS Dynamics](#).

Il dispositivo di scorrimento Tasso di sconto sociale (SDR) viene utilizzato per calcolare il valore attuale dei benefici delle azioni per ridurre il riscaldamento globale perché queste si verificano gradualmente, nel corso delle prossime centinaia di anni, a causa della lunga durata dei gas serra nell'atmosfera. Rappresenta la preoccupazione che le persone vive oggi hanno per il benessere delle generazioni future. Più alto è il tasso di sconto sociale, meno conta il benessere delle generazioni future.

Struttura del modello

En-ROADS utilizza i dati storici sulla crescita economica della Banca mondiale e quindi proietta la crescita del PIL pro capite per tutte le regioni in modo che alla fine converga su un tasso di crescita economica a lungo termine dell'1,5% all'anno. La crescita economica in En-ROADS tiene conto dell'impatto sul PIL degli impatti dei cambiamenti climatici, quindi la crescita effettiva a lungo termine nello scenario di riferimento è inferiore all'1,5% all'anno. Le differenze tra uno scenario che tiene conto dell'impatto economico del cambiamento di temperatura e uno che non lo fa, possono essere esplorate nei grafici "PIL pro capite" e "Prodotto mondiale lordo".

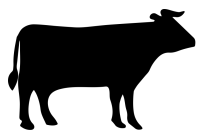
Domande frequenti e altri chiarimenti sulle risorse

- [I costi o i benefici finanziari o economici delle azioni sono modellati in En-ROADS?](#)
- [Spiegazione: impatto economico del cambiamento climatico in En-ROADS](#)
- [En-ROADS tiene conto dell'impatto economico del cambiamento climatico?](#)
- [Perché En-ROADS include la funzione di danno di Burke et al. \(2018\) nello scenario di base?](#)

Visita support.climateinteractive.org per ulteriori richieste e supporto.

Note a piè di pagina

[1]: Ruckert, A., & Labonté, R. (2017). [Health inequities in the age of austerity: The need for social protection policies](#). *Social Science & Medicine*, 187, 306–311.



Emissioni agricole e scelte alimentari

Modificare il livello di adozione delle migliori pratiche sulle emissioni in agricoltura e nelle abitudini alimentari. Il metano (CH_4) proviene da fonti come mucche e risaie, mentre il protossido di azoto (N_2O) proviene da fertilizzanti e letame. Il miglioramento dei metodi agricoli può ridurre direttamente le emissioni, mentre il cambiamento delle abitudini alimentari può ridurre la domanda di bestiame e colture, riducendo la necessità di nuovi terreni agricoli e contribuendo a prevenire la deforestazione.

Esempi

Metano:

- Riduzione della produzione di metano nel bestiame (fermentazione enterica), attraverso metodi come il miglioramento della salute del bestiame, l'ottimizzazione della dieta, la selezione genetica e gli additivi per mangimi.
- Tecniche di gestione del letame come lagune coperte per la cattura del metano, digestori anaerobici e compostaggio.
- Miglioramento delle tecniche di coltivazione del riso, compresi metodi alternativi di bagnatura e essiccazione e gestione dell'acqua.
- Pratiche agricole sostenibili come il pascolo rotazionale, la rotazione delle colture e la gestione della salute del suolo.

Protossido di azoto (N_2O):

- Adozione di metodi agricoli come fertilizzazione di precisione, fertilizzanti a rilascio controllato, pascolo rotazionale, rotazione delle colture, gestione della salute del suolo e inibitori della nitrificazione.
- Migliorare le pratiche di gestione dell'acqua, compreso l'uso dell'irrigazione a goccia e l'irrigazione programmata per soddisfare la domanda di azoto.

Messaggi chiave

- Il miglioramento delle pratiche agricole può ridurre sostanzialmente la quantità di metano e protossido di azoto prodotti per unità di prodotti agricoli.
- Per massimizzare la riduzione totale delle emissioni, è anche importante considerare la riduzione della quantità di allevamenti e delle colture ad alta intensità di metano. Le opzioni includono la riduzione del cibo proveniente dagli animali e degli sprechi alimentari.
- Le emissioni agricole non possono essere ridotte a zero; sono inerenti alla produzione agricola e zootecnica per nutrire il mondo, anche quando i sistemi agricoli mondiali seguono le migliori pratiche di gestione.

Dinamiche chiave

- **Contributo.** Le emissioni di metano e N₂O rappresentano circa il 22% delle attuali emissioni di gas serra e la loro riduzione è fondamentale per affrontare il cambiamento climatico.
- **Sfide alla diffusione.** Ci vuole tempo perché le migliori pratiche siano sviluppate, migliorate e implementate e perché la politica ne sostenga l'adozione.
- **Scala e intensità.** Esistono due modi per modificare le emissioni: diminuire la scala complessiva della produzione e diminuire l'intensità delle emissioni di tale produzione attraverso l'adozione di migliori pratiche di gestione e progressi tecnologici.
- **Altre fonti di CH₄ e N₂O.** Oltre all'agricoltura, anche metano e N₂O sono prodotti da energia e rifiuti. Per una comprensione approfondita delle emissioni di metano, leggi [Manthrop Explainer](#).

Potenziali benefici collaterali derivanti dalla riduzione delle emissioni agricole

- L'agricoltura sostenibile e basata sulle piante produce più cibo con meno risorse, il che aumenta la sicurezza alimentare.
- Una buona gestione del letame e un deflusso di fertilizzanti meno ricchi di azoto possono ridurre l'inquinamento dell'acqua, diminuire l'eutrofizzazione e aumentare la salute degli ecosistemi acquatici.
- La riduzione delle emissioni di metano contribuisce a ridurre l'ozono a livello del suolo, un problema per la qualità dell'aria, che influisce sulla salute umana e diminuisce i raccolti.

Cosiderazioni di equità

- Le politiche attuate senza attenzione possono minacciare la sicurezza alimentare di alcuni individui e comunità. Ad esempio, le risaie, una fonte significativa di metano, producono uno dei principali alimenti di base per molti paesi.
- I cambiamenti nelle pratiche agricole che aumentano i costi possono minacciare le economie locali e l'occupazione nelle comunità che fanno affidamento sull'agricoltura come principale sostentamento.
- Molti valori culturali sono legati a determinati alimenti, il che significa che il passaggio a diete più a base vegetale potrebbe richiedere un grande cambiamento sociale.

Impostazioni dei cursori

Lo spostamento del cursore principale modifica il livello di adozione globale delle migliori pratiche in due aree – bestiame e colture – e influisce sull'intensità delle emissioni di metano (chilogrammi di metano rilasciati per tonnellata di produzione agricola). È possibile modificare la scala complessiva della produzione agricola tramite i dispositivi di scorrimento [“Cibo proveniente da animali”](#) e [“Sprechi alimentari”](#). Si noti che una riduzione del 100% del cursore [“Metano e protossido di azoto provenienti dall'agricoltura”](#) non equivale a una riduzione totale delle emissioni del 100%, poiché alcune emissioni provenienti dall'agricoltura sono considerate inevitabili.

	fortemente ridotto	ridotto	status quo	incoraggiato
Percentuale di riduzione potenziale	da 100% a 70%	da 70% a 20%	da 20% a 0%	da 0% a -10%

Struttura del modello

En-ROADS distingue tra la scala della produzione agricola totale (misurata in gigatonnellate all'anno) e l'intensità di metano dell'agricoltura (misurata in chilogrammi di metano per tonnellata prodotta).

Nello Scenario di Base, l'intensità delle emissioni di metano della produzione agricola continua a diminuire, con un piccolo miglioramento ogni anno. Quando viene selezionata una riduzione più elevata, vengono adottate le migliori pratiche per ridurre le emissioni in un periodo di 30 anni. Ciò accelera il miglioramento verso valori ancora più bassi per l'intensità delle emissioni, con un limite inferiore definito dai sistemi a emissioni minori per colture e bestiame.

Ogni gas serra è modellato separatamente all'interno di En-ROADS, che consente di gestire l'impatto di ciascun gas sulla temperatura globale senza utilizzare le conversioni del potenziale di riscaldamento globale (GWP) e dell'equivalenza della CO₂. I gas serra diversi dalla CO₂ riportati nei grafici con le unità CO₂eq utilizzano GWP100 per consentire il confronto e la rendicontazione di tutti i gas serra insieme, ma solo a scopo di documentazione.

FAQ

- [Spiegazione: Metano in En-ROADS](#)
- [Spiegazione: Cibo e Agricoltura in En-ROADS](#)

Visita support.climateinteractive.org per ulteriori richieste e supporto.



Sprechi e perdite

Modifica il livello di adozione delle migliori pratiche sulle emissioni relative a rifiuti, energia e industria. Le emissioni di metano (CH_4) e protossido di azoto (N_2O) provenienti da discariche e sistemi di acque reflue possono essere ridotte attraverso una migliore progettazione e gestione dei rifiuti. Nei settori energetico e industriale, affrontare le perdite di metano derivanti dalle operazioni relative ai combustibili fossili e gestire N_2O e gas fluorurati (SF_6 , PFC e HFC) nell'industria chimica e nei beni di consumo come i condizionatori d'aria.

Esempi

Perdite di metano dai sistemi energetici:

- Rilevazione di perdite mediante droni e satelliti; riparazione di perdite; e aggiornamento di valvole e pompe per prevenire perdite.
- Recupero del metano durante l'estrazione e la lavorazione dei combustibili fossili, sia per la produzione di energia che per la combustione in torcia invece del venting.

Metano e protossido di azoto (N_2O) dai rifiuti:

- Educazione e politiche per ridurre gli sprechi.
- Cattura del metano dalle discariche.
- Controllo attento dei livelli di ossigeno nei sistemi di trattamento delle acque reflue per prevenire la formazione di metano e N_2O .

Protossido di azoto (N_2O) dall'industria:

- Rimozione di N_2O durante i processi produttivi convertendolo in azoto e ossigeno.

Gas fluorurati:

- Recupero e riciclo dei gas refrigeranti e utilizzo di refrigeranti alternativi come CO_2 , propano e isobutano.
- Distruzione dei gas fluorurati (F-gas) negli impianti e nelle scorte al termine della loro vita utile.

Messaggi chiave

- Migliorare le pratiche di gestione dei rifiuti e ridurre le perdite dai sistemi energetici può ridurre sostanzialmente la quantità di metano, protossido di azoto e gas fluorurati prodotti.
- Metano, N_2O e gas fluorurati hanno un maggiore effetto di intrappolamento del calore (per unità di peso) nell'atmosfera e alcuni tipi possono persistere nell'atmosfera per periodi più lunghi rispetto alla CO_2 . Affrontare queste emissioni è una potente strategia di mitigazione.

Dinamiche chiave

- **Dinamiche di diffusione.** Ci vuole tempo perché le migliori pratiche siano sviluppate, migliorate e implementate e perché la politica ne sostenga l'adozione.
- **Ritardi nella rotazione del capitale sociale.** Ci vuole tempo anche perché le infrastrutture a emissioni più elevate (ad esempio centrali elettriche, impianti di trattamento del combustibile e impianti industriali) vengano ritirate e sostituite con nuovo capitale a emissioni inferiori o adattati per produrre meno emissioni.
- **Scala e intensità.** Esistono due modi per modificare le emissioni: diminuire la **scala** complessiva della produzione e diminuire l'**intensità delle emissioni** di tale produzione attraverso l'adozione di pratiche migliorate. Per una comprensione approfondita delle emissioni di metano, leggi [Methane Explainer](#).

Potenziali co-benefici derivanti dalla riduzione di sprechi e perdite

Ridurre le perdite di metano dai sistemi di gas naturale può far risparmiare denaro.

- Il compostaggio dei rifiuti alimentari invece di mandarli in discarica produce ammendanti del suolo ricchi di sostanze nutritive.
- La riduzione delle emissioni di N₂O aiuta a proteggere lo strato di ozono, poiché l'N₂O è attualmente la principale fonte di emissioni che riducono lo strato di ozono.

Cosiderazioni di equità

- L'adozione di pratiche per limitare le emissioni in alcuni settori richiede tecnologie o metodi che aumentano i costi dei beni, aumentando potenzialmente i prezzi per i consumatori.
- Le sostanze alternative utilizzate per sostituire i gas fluorurati possono comportare considerazioni di sicurezza diverse, come l'inflammabilità o la tossicità, che devono essere attentamente valutate e gestite.

Impostazioni dei cursori

Lo spostamento del cursore principale Rifiuti e perdite modifica il livello di adozione globale delle migliori pratiche in tutte e quattro le aree: perdite di metano dall'energia, metano e protossido di azoto dai rifiuti, protossido di azoto dall'industria e gas fluorurati.

	fortemente ridotto	ridotto	status quo	incoraggiato
Percentuale di riduzione potenziale	da 100% a 70%	da 70% a 20%	da 20% a 0%	da 0% a -10%

Le Best Practice per l'area **energia e perdite** riducono solo l'**intensità delle emissioni** di metano del settore (metano rilasciato per unità prodotta). È possibile modificare la **scala** complessiva della produzione di energia da combustibili fossili tramite vari cursori del settore energetico e vedere i risultati nel grafico "[Intensità di metano dell'energia primaria](#)".

Le Best Practice per il metano e il protossido di azoto provenienti dai **rifiuti** riducono sia la **scala** della produzione di rifiuti (in particolare i materiali organici che entrano nelle discariche e il trattamento delle acque reflue) sia l'intensità delle emissioni (quanto inquinamento per unità di rifiuto).

Per il **protossido di azoto proveniente dall'industria**, il potenziale massimo rappresenta una riduzione del 95% rispetto al valore delle emissioni del 1990, in linea con i potenziali massimi riportati da [Jörß et al. \(2023\)](#). Il cursore imposta la percentuale di riduzione massima raggiunta in 30 anni.

Per **gas fluorurati**, il potenziale massimo dipende dalle assunzioni nella categoria "Metano, N₂O e F-gas"; il valore predefinito rappresenta una riduzione del 90% delle intensità di emissione dei gas fluorurati.

Si noti che una riduzione del 100% del cursore "Metano e altri gas provenienti da rifiuti e perdite" non equivale a una riduzione totale delle emissioni del 100%, poiché alcune emissioni sono considerate inevitabili.

Struttura del modello

En-ROADS calcola l'intensità energetica del metano (misurata in kilotoni di metano per exajoule di energia prodotta). Le emissioni possono essere ridotte attraverso ammodernamenti o sostituzioni man mano che diventano disponibili nuove tecnologie a basse emissioni. Le emissioni possono anche essere ridotte modificando le pratiche (ad esempio, non flaring) e la manutenzione e il monitoraggio (ad esempio, riparando le perdite). Dinamiche simili determinano le emissioni di metano dai rifiuti, le emissioni di protossido di azoto (N₂O) e i gas fluorurati.

Circa il 10% del metano proveniente da combustibili fossili e il 100% del metano derivante dalla produzione di bioenergia proviene da una combustione incompleta e non è influenzato da questo cursore. Può essere ridotto solo evitando di bruciare il carburante.

Ogni gas serra è modellato separatamente all'interno di En-ROADS, che consente di gestire l'impatto di ciascun gas sulla temperatura globale senza utilizzare le conversioni del potenziale di riscaldamento globale (GWP) e dell'equivalenza della CO₂. I gas serra diversi dalla CO₂ riportati nei grafici con le unità CO₂e utilizzano GWP100 per consentire il confronto e la rendicontazione di tutti i gas serra insieme, ma solo a scopo di documentazione.

Domande frequenti e altri chiarimenti sulle risorse

- [Spiegazione: Metano in En-ROADS](#)
- [Come posso ridurre le emissioni di F-gas, simulando politiche come l'emendamento di Kigali al Protocollo di Montreal o una politica simile?](#)

Visita support.climateinteractive.org per ulteriori richieste e supporto.



Deforestazione e Degrado delle Foreste Antiche

Incoraggiare o scoraggiare la protezione delle foreste per modificare l'attuale tendenza alla deforestazione e al degrado. La deforestazione è la conversione dei terreni forestali ad altri usi, principalmente per l'agricoltura. Il degrado forestale è la perdita temporanea di foreste dovuta allo sfruttamento dei prodotti del legno o della bioenergia. La deforestazione è guidata dalla necessità di terreni agricoli, che possono essere influenzati dai cambiamenti nel sistema alimentare nel quadro delle emissioni agricole.

Esempi

- Politica del governo volta a preservare i terreni boschivi e a imporre restrizioni su industrie come quella della soia e/o dell'olio di palma.
- Maggiore sostegno ai diritti fondiari degli indigeni.
- Sostegno pubblico e campagne per incoraggiare la conservazione del territorio.

Messaggi chiave

- La riduzione della deforestazione fa parte di uno sforzo su più fronti per affrontare il cambiamento climatico. Tuttavia, le emissioni della deforestazione sono oscurate dall'enorme quantità di anidride carbonica rilasciata attraverso la combustione di combustibili fossili.
- Proteggere le foreste è utile per molte ragioni diverse dall'azione per il clima, tra cui la conservazione della biodiversità e la protezione delle terre delle popolazioni indigene.

Dinamiche chiave

- L'elevata riduzione delle emissioni di deforestazione riduce la temperatura meno di quanto la maggior parte delle persone potrebbe stimare. Visualizza il grafico "Emissioni nette di gas serra per gas - Area" per vedere il ruolo dell'uso del suolo, del cambiamento di uso del suolo e della silvicoltura rispetto a tutte le altre fonti di emissioni.
- Con l'aumentare del consumo, lo spreco alimentare e la domanda di alimenti di origine animale aumentano la quantità di terra coltivata necessaria, il che porta a una maggiore deforestazione.
- Le cause del degrado forestale includono anche il disboscamento e la raccolta delle foreste per prodotti come la bioenergia del legno (ad esempio legna da ardere e pellet di legno), legname e prodotti di carta.
- La riduzione della deforestazione e del degrado forestale riduce le emissioni nette dal settore dell'uso del suolo perché c'è una maggiore capacità di rimozione del carbonio dalle foreste se lasciate crescere, e ci sono meno emissioni lorde dal carbonio prelevato dalle foreste attraverso il disboscamento e la raccolta. Per una comprensione approfondita di questa dinamica, leggi [Land and Forests Explainer](#).

Potenziali co-benefici della diminuzione della deforestazione

- Le foreste proteggono la biodiversità e forniscono servizi ecosistemici e fonti alimentari.
- Gli alberi riducono l'erosione e prevengono la perdita di suolo, che può avere un impatto negativo sulla qualità dell'acqua a valle.
- Le foreste forniscono mezzi di sussistenza alle persone (ad esempio, raccolta di risorse su piccola scala e silvicoltura sostenibile) che possono andare perduti quando la terra viene destinata ad altri usi.

Cosiderazioni di equità

- Gli sforzi di conservazione delle foreste hanno talvolta limitato l'accesso alla terra da parte delle popolazioni indigene che vivono in modo sostenibile sulla terra da generazioni. Le politiche dovrebbero essere create con il coinvolgimento degli stakeholder locali.^{1 2}

Video

[Deforestazione e Degrado delle Foreste Antiche](#)

Impostazioni dei cursori

	fortemente ridotto	moderatamente ridotto	status quo	incoraggiato
Percentuale annuale di riduzione o incremento	da -10% a -4%	da -4% a -1%	da -1% a 0%	da 0% a +1%

Struttura del modello

Questo settore tiene traccia di diversi tipi di terreno per valutare gli impatti del guadagno, della perdita e del degrado delle foreste e l'uso del suolo associato, il cambiamento dell'uso del suolo e le emissioni di gas serra della silvicoltura. Gli aspetti chiave sono:

- La deforestazione è guidata principalmente dalla crescente necessità di colture e pascoli. Di conseguenza, un maggiore spreco alimentare e un maggiore consumo di prodotti di origine animale portano a una maggiore deforestazione. Ridurre questi fattori (individuati nelle emissioni agricole) o attuare politiche di protezione delle foreste porta a una minore deforestazione.
- Il degrado maturo delle foreste è guidato dalla necessità di bioenergia del legno e di altri prodotti forestali, come carta e legname. Tassare la bioenergia o fissare un obiettivo di riduzione nella politica di degrado delle foreste mature può ridurre lo sfruttamento delle foreste più vecchie che immagazzinano grandi quantità di carbonio.
- Resa del raccolto: rendimenti più elevati evitano la necessità di espandere le terre coltivate attraverso la deforestazione. Una maggiore domanda di raccolti, dovuta alla crescita della popolazione e all'aumento del PIL (che aumenta il consumo di prodotti di origine animale), può essere soddisfatta da rese più elevate nell'area coltivata esistente piuttosto che dalla sua espansione (il cursore si trova nelle ipotesi En-ROADS).
- Riduzione della resa agricola dovuta alla temperatura: la resa agricola è in costante crescita nello Scenario di Base, seguendo le tendenze storiche, sebbene il cambiamento climatico rallenti questa crescita (il cursore si trova nelle ipotesi En-ROADS).

Domande frequenti e altri chiarimenti sulle risorse

- [Spiegazione: Terreni e foreste in En-ROADS](#)

Visita support.climateinteractive.org per ulteriori richieste e supporto.

Note a piè di pagina

[1]: Salopek, P. (2019, May 16). [Millions of indigenous people face eviction from their forest homes](#). *National Geographic*.

[2]: De Sam Lazaro, F. & Hartman, S. C. (2021, October 21). [Uganda's Batwa tribe, considered conservation refugees, see little government support](#). *PBS NewsHour*.



Rimozione dell'anidride carbonica basata sulla natura

Incoraggiare l'espansione delle foreste, il ripristino di quelle degradate, l'implementazione di pratiche agricole che catturano il carbonio e la produzione di biochar. Questi metodi basati sulla natura possono rimuovere l'anidride carbonica dall'atmosfera e immagazzinarla in piante e terreni. Tuttavia, questo carbonio potrebbe essere nuovamente rilasciato se il territorio viene alterato, sia attraverso azioni deliberate come l'agricoltura o eventi accidentali come gli incendi.

Esempi

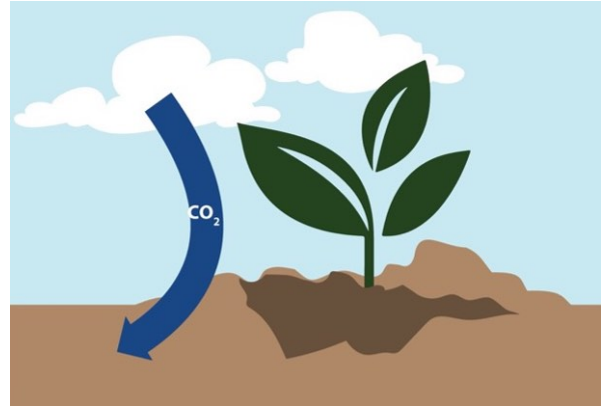
- Politiche, incentivi e finanziamenti governativi per identificare i terreni disponibili, piantare alberi e gestire le foreste.
- Imprese, proprietari terrieri e sostegno pubblico per la piantumazione di alberi su larga scala.
- Mercati del carbonio che incentivano gli agricoltori ad attuare pratiche di sequestro del carbonio nel suolo agricolo come le colture di copertura e la rotazione delle colture.
- Produzione e utilizzo di biochar come ammendante del suolo.

Metodi di rimozione dell'anidride carbonica basati sulla natura

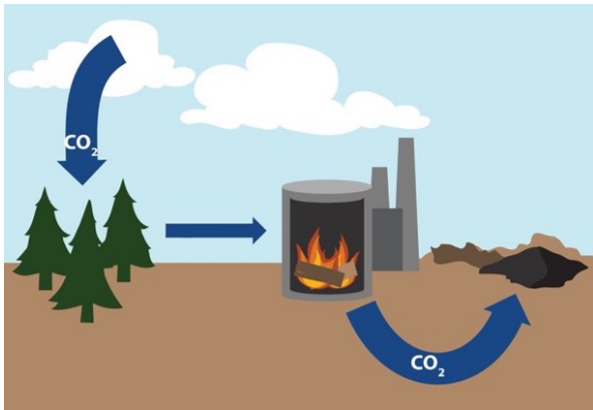
I seguenti metodi di rimozione della CO₂ basati sulla natura possono essere esplorati nel simulatore En-ROADS:



Afforestazione e riforestazione. Man mano che gli alberi crescono, assorbono carbonio dall'aria, riducendo la concentrazione di anidride carbonica. La CO_2 viene poi immagazzinata nella biomassa vivente.



Il **sequestro del carbonio nel suolo agricolo** prevede l'utilizzo di pratiche agricole che aumentano il carbonio nel suolo (come l'agricoltura a lavorazione ridotta e la prevenzione del pascolo eccessivo).



Il **Biochar** è la biomassa (ad esempio quella degli alberi) trasformata in carbone tramite pirolisi e poi sepolta per trattenere il carbonio.

Messaggi chiave

- Il rimboschimento può potenzialmente estrarre quantità significative di anidride carbonica dall'atmosfera, ma è necessario considerare la disponibilità di terreno e altri effetti. Ci vorrebbe un'immensa quantità di territorio per avere un grande impatto sul cambiamento di temperatura.
- Il carbonio immagazzinato negli alberi e nel suolo è vulnerabile al rilascio futuro a causa di disturbi naturali (ad esempio, incendi) o cambiamenti nella gestione del territorio (ad esempio, pascolo eccessivo o deforestazione).

Dinamiche chiave

- **Impatto.** La crescita di più alberi aumenta la rimozione globale di CO₂ dall'atmosfera, poiché la fotosintesi attira il carbonio nella biomassa e nel suolo. Di conseguenza, osserva la temperatura diminuire modestamente.
- **Ritardo.** Ci vogliono decenni perché gli alberi appena piantati rimuovano abbastanza carbonio da diventare una fonte significativa di rimozione di carbonio.
- **Reversibilità.** Gli alberi sono suscettibili al fuoco, agli insetti e ai danni legati agli agenti atmosferici, per non parlare dei raccolti futuri; tutto ciò porta a emissioni di carbonio come risultato della combustione e del decadimento.
- **Scala rispetto alle emissioni derivanti dall'energia.** La quantità di carbonio che ulteriori alberi possono estrarre dall'atmosfera è messa in ombra dall'enorme quantità di anidride carbonica rilasciata attraverso la combustione di combustibili fossili.
- **Terreno necessario.** Visualizza i grafici “Terreno per la coltivazione di biomassa per la rimozione di CO₂” e “Terreno per l'agricoltura con rimozione di CO₂” e annota la quantità totale di superficie terrestre che tutti gli approcci potrebbero richiedere.

Potenziali co-benefici della rimozione dell'anidride carbonica basata sulla natura

- Le nuove foreste possono creare nuovi ecosistemi e proteggere gli habitat naturali esistenti, la biodiversità e i servizi ecosistemici.
- Le chiome degli alberi più grandi e più sane nelle città riducono gli effetti delle isole di calore urbane e l'energia necessaria per il riscaldamento e il raffreddamento.
- Vengono creati posti di lavoro nella piantumazione, nella cura e nella manutenzione degli alberi.
- Gli approcci di rimozione del carbonio basati sulla natura, come il sequestro del carbonio nel suolo agricolo, possono contribuire a migliorare i profitti dei proprietari terrieri e degli agricoltori in alcuni casi attraverso i mercati del carbonio.
- Alcuni metodi di sequestro del carbonio nel suolo agricolo, come le colture di copertura e la modifica del suolo con biochar, potrebbero migliorare la salute del suolo.

Cosiderazioni di equità

- Il rimboschimento comporta lo spostamento di vaste aree di terreno verso foreste. Ciò a volte può portare a monoculture di alberi tutti della stessa età, il che non contribuisce a una biodiversità sana tanto quanto le foreste naturali.
- Grandi spostamenti di terra possono compromettere l'accesso storico alla terra, quindi è essenziale coinvolgere le comunità a basso reddito e minoritarie, comprese le popolazioni indigene, nel processo di sviluppo e attuazione delle politiche.
- La raccolta di materie prime per la produzione di biochar può competere con altri usi, come la produzione alimentare o la conservazione dell'habitat, e potrebbe avere impatti ambientali o sociali negativi se non gestita in modo sostenibile.

Impostazioni dei cursori

Lo spostamento del dispositivo di scorrimento principale Rimozione anidride carbonica basata sulla natura modifica la quantità di carbonio rimosso mediante tre metodi: rimboschimento, sequestro del carbonio nel suolo agricolo e biochar.

	status quo	bassa crescita	crescita media	alta crescita
Percentuale del potenziale massimo	da 0% a +15%	da +15% a +40%	da +40% a +70%	da +70% a +100%

Afforestazione: il cursore "Percentuale di terreno disponibile per afforestazione" modifica la percentuale di terreno disponibile per far crescere nuove foreste. Il 100% significherebbe che 550 milioni di ettari (Mha) di territorio sono coperti da foreste. 550 Mha rappresentano circa il 16% dell'attuale area boschiva, 6% di tutta la terra (inclusi deserto e tundra) che attualmente non è foresta, e circa l'80% della differenza tra l'area forestale dal 1850 ad oggi (ovvero, ci sono 680 Mha di foresta in meno oggi che nel 1850).¹

Sequestro del carbonio e biochar nel suolo agricolo: Le impostazioni predefinite per il potenziale massimo di sequestro del carbonio e del biochar nel suolo agricolo ("% del potenziale massimo") provengono dal punto medio degli intervalli della [Rimozione dei gas serra" del 2018 rapporto della Royal Society](#) (Tabella 2, Capitolo 2). Ad esempio, spostando il cursore del biochar del simulatore al "100% del potenziale massimo" si aumentano le rimozioni fino a 3,5 Gton/anno, che è stato preso dall'intervallo del rapporto di 2-5 Gton/anno. Per una rimozione maggiore, è possibile regolare le impostazioni della "Rimozione massima di anidride carbonica" nella vista Presupposti, fino al limite più alto dell'intervallo ricavato dal rapporto. Ad esempio, la quantità massima di biochar può essere aumentata a 5 Gton/anno.

Struttura del modello

I metodi di rimozione della CO₂ basati sulla natura sono modellati in modo indipendente. Ciascuno di essi varia in base al potenziale massimo di sequestro, all'anno in cui potrebbero iniziare ad espandersi, al tempo impiegato per immagazzinare il carbonio e al tasso di dispersione del carbonio nel tempo (lo stoccaggio non è sempre permanente).

Afforestazione: le foreste sono responsabili sia della rimozione che delle emissioni di carbonio. Si noti nel grafico "Rimozione di CO₂ da afforestazione" che le rimozioni nette di CO₂ sono inferiori alle rimozioni totali a causa della perdita di carbonio dovuta al decadimento e agli incendi nelle foreste. Per rimozioni più elevate, è possibile modificare il "Terreno massimo disponibile per afforestazione" nelle "Impostazioni di afforestazione" nella sezione Ipotesi. Ad esempio, per esplorare l'opzione di piantare un trilione di alberi, aumentare il cursore "Terreno massimo disponibile per afforestazione" a 900 Mha (con una spaziatura media tra gli alberi coerente con il valore del punto medio di [Russell \(2020\)](#)).

Casi di studio

New York City, USA: È stato dimostrato che l'aumento della densità degli alberi urbani di 343 alberi per chilometro quadrato riduce il tasso di asma infantile del 29% a New York City.²

FAQ

- [Perché piantare alberi \(afforestazione\) non ha maggiore impatto?](#)
- **Dove posso trovare ulteriori informazioni sui diversi tipi di CDR?** Segui i collegamenti per trovare schede informative dettagliate su questi tipi di CDR:
 - [Rimboschimento](#)
 - [Biochar](#)
 - [Sequestro del carbonio nel suolo agricolo](#)

Visita support.climateinteractive.org per ulteriori richieste e supporto.

Note a piè di pagina

[1]: Hurtt, G. C., L. Chini, R. Sahajpal, S. Frolking, B. L. Bodirsky, K. Calvin, J. C. Doelman, J. Fisk, S. Fujimori, K. K. Goldewijk, T. Hasegawa, P. Havlik, A. Heinemann, F. Humenöder, J. Jungclaus, Jed Kaplan, J. Kennedy, T. Kristzin, D. Lawrence, P. Lawrence, L. Ma, O. Mertz, J. Pongratz, A. Popp, B. Poulter, K. Riahi, E. Shevliakova, E. Stehfest, P. Thornton, F. N. Tubiello, D. P. van Vuuren, X. Zhang (2020). [Harmonization of Global Land-Use Change and Management for the Period 850-2100 \(LUH2\) for CMIP6](#). *Geoscientific Model Development Discussions*.

[2]: Lovasi, G. S., Quinn, J. W., Neckerman, K. M., Perzanowski, M. S., & Rundle, A. (2008). [Children living in areas with more street trees have lower prevalence of asthma](#). *Journal of Epidemiology & Community Health*, 62(7), 647–649.



Rimozione tecnologica dell'anidride carbonica

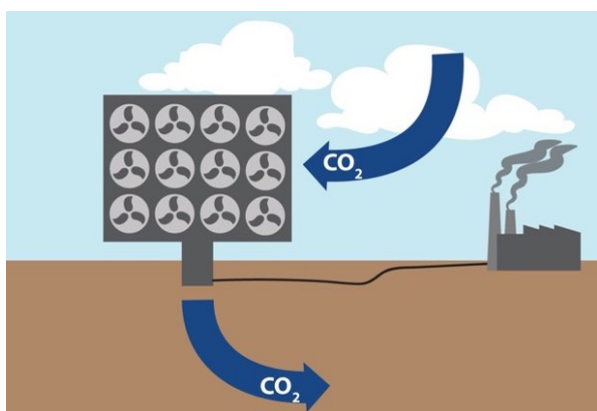
Promuovere l'uso di tecnologie di rimozione dell'anidride carbonica come la cattura diretta dell'aria e la mineralizzazione migliorata. Questi metodi si affidano all'industria pesante per rimuovere direttamente l'anidride carbonica dall'atmosfera. Sebbene queste tecnologie offrano soluzioni promettenti per ridurre il carbonio atmosferico, richiedono notevoli energie e investimenti per essere implementate su larga scala.

Esempi

- Progressi in varie tecnologie CDR attraverso ricerca e sviluppo e politiche governative.
- Supporto da parte di aziende, proprietari terrieri e pubblico in generale per implementare tali tecnologie.

Metodi di rimozione dell'anidride carbonica

I seguenti metodi di rimozione tecnologica della CO₂ possono essere esplorati nel simulatore En-ROADS:



La **cattura e lo stoccaggio diretto del carbonio nell'aria (DACCS)** è una tecnologia emergente che estrae la CO₂ dall'aria, per poi stoccarla in riserve geologiche. Per ottenere un vantaggio netto dalla DACCS, lo stoccaggio deve essere a lungo termine.



La **mineralizzazione potenziata** comporta l'estrazione di rocce specifiche, come il basalto, in grado di assorbire la CO₂ dall'aria e di convertirla in roccia per lo stoccaggio del carbonio a lungo termine.

Messaggi chiave

- La rimozione tecnologica del carbonio ha il potenziale per estrarre quantità significative di anidride carbonica dall'atmosfera.
- La maggior parte di queste tecnologie è ancora in fase di test pilota e non esiste al livello necessario per essere implementata su larga scala.
- Per avere successo, queste tecnologie devono immagazzinare il carbonio (di solito sottoterra) per un futuro indefinito senza fuoriuscire nell'atmosfera.

Dinamiche chiave

- **Scala industriale.** Visualizza il grafico "Materiale sfuso per la mineralizzazione" per vedere la scala della produzione industriale che questi approcci comportano.
- **Dinamica della vasca da bagno.** La concentrazione di CO₂ nell'atmosfera continuerà ad aumentare finché le emissioni di CO₂ supereranno le rimozioni di CO₂, proprio come il livello dell'acqua in una vasca da bagno continuerà ad aumentare finché l'acqua che entra nella vasca supererà il livello dell'acqua che esce dallo scarico. [Scopri di più qui](#).

Potenziali co-benefici della crescita del CDR

- La diffusione della pratica di rimozione del carbonio darebbe luogo alla creazione di nuove attività industriali, che creerebbero posti di lavoro.
- Una migliore mineralizzazione può apportare benefici al suolo riducendone l'acidità.

Cosiderazioni di equità

- Metodi come la cattura e lo stoccaggio diretto del carbonio atmosferico richiederebbero grandi quantità di energia.
- Molti degli approcci tecnologici alla rimozione del carbonio non sono stati ancora sviluppati su larga scala e comportano rischi e conseguenze sconosciuti per le comunità in cui si trovano.

Video

[Imboscimento e rimozione tecnologica della CO₂](#)

Impostazioni dei cursori

	status quo	bassa crescita	crescita media	alta crescita
Percentuale del potenziale massimo	da 0% a +10%	da +10% a +40%	da +40% a +70%	da +70% a +100%

DACCS: le impostazioni predefinite per il potenziale massimo della rimozione tecnologica del carbonio DACCS ("% del potenziale massimo") provengono dal punto medio degli intervalli del [rapporto 2018 "Rimozione dei gas serra" della Royal Society](#) (Tabella 2, Capitolo 2).

Per livelli di rimozione più elevati, è possibile regolare le impostazioni di "Rimozione massima di anidride carbonica" nella vista Presupposti, fino al limite più alto dell'intervallo ricavato dallo stesso rapporto.

Struttura del modello

I metodi di rimozione della CO₂ inclusi sono modellati in modo indipendente. Ciascuno di essi varia in base al potenziale massimo di sequestro, all'anno in cui potrebbero iniziare a diffondersi, al tempo necessario per la loro introduzione graduale e al tasso di dispersione nel tempo (lo stoccaggio può prevedere perdite, è sempre permanente).

Mineralizzazione migliorata: En-ROADS rappresenta il tempo necessario per adottare la pratica della mineralizzazione migliorata e costruire le infrastrutture. Dopo l'adozione, la quantità lorda di CO₂ rimossa dalla mineralizzazione è una funzione dell'area terrestre su cui viene applicata la roccia macinata, della quantità di roccia per area e del potenziale di assorbimento del tipo di roccia. La CO₂ netta catturata è la quantità lorda di CO₂ rimossa meno le emissioni derivanti dall'energia utilizzata per macinare e diffondere la roccia. Gli utenti possono regolare tutti questi parametri nel menu Presupposti.

FAQ

- **Dove posso trovare ulteriori informazioni sui diversi tipi di CDR?** Segui i link per trovare schede informative dettagliate su questi tipi di CDR:
 - [Cattura diretta dell'aria](#)
 - [Mineralizzazione potenziata](#)

Visita support.climateinteractive.org per ulteriori richieste e supporto.

Glossario

imboschimento: creazione di una foresta o di un gruppo di alberi in un'area dove prima non c'erano foreste.

AIM/CGE: un modello di valutazione integrato gestito dal National Institute for Environmental Studies, Giappone.

antropogenico: Causato dall'attività umana

AR5: Quinto rapporto di valutazione dell'IPCC sui cambiamenti climatici (2014)

AR6: Sesto rapporto di valutazione dell'IPCC sui cambiamenti climatici (2021 e 2022)

BECCS: bioenergia con cattura e stoccaggio del carbonio. Un metodo sperimentale di generazione di energia e rimozione tecnologica di anidride carbonica. BECCS comporta la combustione della biomassa per produrre energia, la cattura delle emissioni di CO₂, l'immagazzinamento delle emissioni a lungo termine e la ricrescita con successo di qualsiasi biomassa utilizzata per ottenere un processo che immagazzina più carbonio di quanto ne rilasci. BECCS si basa sul successo delle tecnologie emergenti e sulla disponibilità di fonti sostenibili di biomassa.

biochar: una forma di carbone vegetale prodotto dalla materia vegetale e aggiunto al suolo come mezzo per rimuovere l'anidride carbonica dall'atmosfera e aggiungere nutrienti per le piante in crescita. Le operazioni di biochar dovrebbero essere ridimensionate in modo massiccio rispetto ai livelli attuali e le misure adottate per garantire che il biochar immagazzini permanentemente il carbonio nel terreno affinché possa avere un impatto significativo sulla CO₂ globale.

biomassa: materiale organico (a base di carbonio) che proviene da organismi viventi come le piante e può essere utilizzato come combustibile. Gli esempi includono legno, mais o residui colturali come gli steli lasciati dopo la raccolta.

BOE (barile di petrolio equivalente): unità di energia approssimativamente equivalente alla quantità di energia generata bruciando 1 barile di petrolio (159 litri) o 6,12 gigajoule (GJ) di energia.

rotazione del capitale sociale: il tempo necessario affinché le infrastrutture energetiche fisiche (come centrali elettriche o automobili) vengano dismesse e sostituite da nuove infrastrutture, spesso più efficienti.

intensità di carbonio: la quantità di anidride carbonica emessa per quantità di energia. Per esempio, grammi di CO₂ emessi per megajoule di energia prodotta. Il carbone ha la più alta intensità di carbonio dei combustibili fossili, seguito dal petrolio, quindi dal gas naturale.

CCS: cattura e stoccaggio del carbonio. Un processo in cui le emissioni di CO₂, ad esempio dalla generazione di energia da combustibili fossili, vengono catturate alla fonte e quindi immagazzinate in un luogo in cui il carbonio non si disperderà nell'atmosfera, ad esempio nel sottosuolo. La tecnologia CCS non è ancora commercialmente praticabile nella maggior parte dei contesti.

CDR: rimozione dell'anidride carbonica. Estrarre l'anidride carbonica dall'atmosfera con la tecnologia (ad esempio, la cattura diretta dell'aria) o tramite le piante attraverso la fotosintesi (ad esempio, il rimboschimento).

CH₄: Metano. Un gas serra. Il metano viene rilasciato da fonti come mucche, agricoltura, perforazione di gas naturale e rifiuti.

cambiamento climatico: si riferisce a qualsiasi cambiamento a lungo termine nei modelli meteorologici della Terra (pioggia, temperatura, sole, tempeste, ecc.) Gli scienziati hanno studiato i cambiamenti del clima terrestre nel corso di milioni di anni e i dati mostrano che i modelli meteorologici sono cambiati radicalmente di recente.

adattamento ai cambiamenti climatici: cambiamenti apportati da persone o piante e animali nel modo in cui le cose vengono solitamente fatte per rispondere o reagire ai cambiamenti climatici. Ad esempio, in molte città costiere basse si stanno costruendo dighe e argini per tenere fuori le maree in aumento e l'aumento delle mareggiate a causa del cambiamento climatico.

sensibilità climatica: la quantità di cui la temperatura superficiale globale aumenterà in risposta a un raddoppio della CO₂ nell'atmosfera.

CO₂: Anidride carbonica. Un gas serra che può essere prodotto naturalmente dagli esseri viventi e utilizzato dalle piante per la fotosintesi o prodotto dalla combustione di combustibili (gas, legna, carbone, petrolio, ecc.).

co-beneficio: un effetto positivo dell'azione per il clima che non è direttamente correlato al clima. Ad esempio, un co-beneficio della chiusura delle centrali a carbone è il miglioramento della qualità dell'aria.

C-ROADS: simulatore Climate-Rapid Overview e Decision Support creato da Climate Interactive. Si concentra su specifici impegni di riduzione delle emissioni di diversi paesi e regioni del mondo (ad esempio, per raggiungere gli obiettivi dell'accordo di Parigi).

resa del raccolto: la quantità di alimenti o mangimi prodotti per ettaro di terreno agricolo, misurata in chilogrammi/anno/ettaro. In En-ROADS, la resa del raccolto è la produttività media globale su terra.

funzione di danno: l'effetto stimato del cambiamento di temperatura sulla crescita economica globale. Scopri di più sulla funzione di danno economico e su come è modellata in En-ROADS [qui](#).

deforestazione: l'abbattimento degli alberi, la trasformazione di una foresta in terreno disboscato, spesso attraverso l'incendio e la rimozione di foreste per rendere la terra disponibile per colture come soia, mais o olio di palma.

Cattura e stoccaggio diretto dell'aria con cattura turbolenta (DACCS): un metodo sperimentale di rimozione tecnologica dell'anidride carbonica in cui la CO₂ viene catturata dall'aria con macchine e immagazzinata in modo permanente (ad esempio, nel sottosuolo). DACCS è un nuovo processo industriale ancora in fase di sviluppo. Per ottenere un vantaggio netto in termini di rimozione, il carbonio catturato deve essere immagazzinato a lungo termine e l'impianto DACCS deve essere alimentato da energia a basse emissioni di carbonio.

EIA: U.S. Amministrazione dell'informazione energetica

EMF: Forum di modellazione energetica di Stanford

emissioni: produzione ed emissione di qualcosa (ad esempio: emissione di anidride carbonica)

En-ROADS: Energy Rapid Overview e simulatore di soluzioni per il cambiamento climatico a supporto delle decisioni creato da Climate Interactive

equità: un modo per creare le condizioni che consentano un'inclusione giusta ed equa di tutti in una società in cui tutti possano partecipare, prosperare e raggiungere il loro pieno potenziale. (Definizione per gentile concessione della Partnership for Southern Equity).

exajoule: una misura di energia pari a 10¹⁸ joule

F-gas: gas fluorurati. Gas sintetici (creati dall'uomo) che vengono utilizzati in applicazioni industriali (come la refrigerazione, il condizionamento, bombolette spray, pannelli plastici e produzione di microchip) e sono potenti gas serra. Include HFC, PFC, SF₆ e i gas soggetti al protocollo di Montreal (sostanze dannose per lo strato di ozonostratosferico).

materia prima: materia prima utilizzata per un processo energetico o industriale. Per la bioenergia, questi possono essere legno, rifiuti, colture, alghe, ecc.

consumo energetico finale: energia totale consumata per soddisfare la domanda di tutti gli usi finali. Ad esempio, quanta elettricità utilizza una lampadina o quanto carburante brucia un camion sono misure del consumo finale di energia. Non include l'energia persa per trasmissione e distribuzione (T&D) o le inefficienze, che invece sono contabilizzate nella domanda di energia primaria.

combustibili fossili: carbone, petrolio e gas naturale. Combustibile derivato dai resti di piante e animali antichi.

GCAM: un modello di valutazione integrato (IAM) gestito dal Pacific Northwest National Laboratory (PNNL) e dal Joint Global Change Research Institute (JGCRI).

PIL: Prodotto interno lordo. Il valore totale (denaro) dei beni prodotti e dei servizi forniti in un paese durante un anno.

gigajoule: una misura di energia pari a 10^9 joule.

GISTEMP: analisi della temperatura superficiale GISS creata dalla NASA. Una stima della variazione della temperatura superficiale globale.

gas serra: qualsiasi gas che assorbe la radiazione (energia termica) dalla superficie terrestre e quindi intrappola il calore e rende il pianeta più caldo. I gas serra antropogenici (causati dall'attività umana) includono CO_2 , CH_4 , N_2O e gas fluorurati.

Gtons: una misura della massa. Gigatonnellate metriche (10^9 tonnellate o 10^{12} kg).

GWP: potenziale di riscaldamento globale. Il calore assorbito da un gas serra nell'atmosfera in un periodo di tempo rispetto al calore assorbito da una quantità equivalente di CO_2 .

HadCRUT5: un set di dati globale di anomalie storiche della temperatura superficiale. Gestito dal Met Office Hadley Center for Climate Change.

HFC: Idrofluorocarburi. Un tipo di gas fluorurato utilizzato nella refrigerazione e nel condizionamento dell'aria.

HVAC: riscaldamento, ventilazione e aria condizionata

IAM: Modello di valutazione integrato. Un tipo di modello informatico che collega le attività economiche con le dinamiche biologiche e geofisiche per comprendere meglio come le persone possono influenzare cose come il cambiamento climatico.

AIE: Agenzia Internazionale dell'Energia

IMMAGINE: un modello di valutazione integrata (IAM) gestito dall'Agenzia olandese per la valutazione ambientale PBL.

IPCC: gruppo intergovernativo sui cambiamenti climatici

joule: una misura dell'energia. Sollevare una mela di un metro richiede circa 1 joule di energia e un litro di benzina contiene 31.536.000 joule di energia ([fonte](#)).

Grafici Kaya: mostrano i fattori trainanti della crescita delle emissioni di anidride carbonica. Yoichi Kaya ha creato l'equazione alla base dei grafici: Popolazione globale x PIL pro capite x Intensità energetica del PIL x Intensità di carbonio dell'energia = Emissioni di CO_2 derivanti dall'energia.

kWh: chilowattora. Una misura di energia. Equivale a un'ora di utilizzo di elettricità a 1 kW di potenza.

degrado forestale maturo: la raccolta di foreste più vecchie per la bioenergia del legno o altri prodotti forestali. Anche se gli alberi potrebbero non essere perduti in modo permanente o completo, ciò disturba la foresta, rilasciando parte del carbonio imprigionato negli alberi e nel suolo e riducendo la sua capacità di rimuovere ulteriore carbonio.

MCF: mille piedi cubi. Un'unità per misurare il volume del gas naturale, spesso utilizzata per le misurazioni dell'energia. La combustione di mille piedi cubi di gas naturale genera circa 1,1 GJ di energia. La "M" in "MCF" è il numero romano per mille.

MESSAGE-GLOBIOM: un modello di valutazione integrato (IAM) gestito dall'International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA).

multisolving: quando le persone lavorano insieme in diversi settori per affrontare più problemi con un'unica politica o investimento.

MWh: megawattora. Una misura di energia. Corrisponde a 1000 kWh.

N₂O: protossido di azoto. Un gas serra.

NF₃: trifluoruro di azoto. Un gas fluorurato.

NGFS: Rete per rendere più verde il sistema finanziario. Un consorzio internazionale di banche centrali e istituzioni finanziarie. Collaborano con gruppi di modellizzazione climatica ed economica per creare una serie di scenari climatici, che sono stati inclusi nel recente rapporto di valutazione dell'IPCC (AR6 2022). Tre diversi team di modellazione di valutazione integrata hanno contribuito agli scenari NGFS: PIK REMIND-MAgPIE, PNNL/JGCRI GCAM e IIASA MESSAGEix-GLOBIOM.

Accordo di Parigi: [International treaty](#) firmato nel 2015 da 196 paesi con l'obiettivo di limitare il riscaldamento globale "ben al di sotto di 2°C rispetto ai livelli preindustriali e proseguire gli sforzi per limitare l'aumento della temperatura a 1,5° C sopra i livelli preindustriali."

PFC: sostanze chimiche perfluorate. Una famiglia di gas fluorurati.

PM_{2.5}: particolato (minuscole particelle che possono essere inalate) nell'aria di diametro pari o inferiore a 2,5 micrometri. Questa è una categoria di inquinamento atmosferico associata a significativi impatti sulla salute ed è responsabile di milioni di morti in tutto il mondo ogni anno.

ppm: Parti per milione. Una misura comune della concentrazione di CO₂ nell'atmosfera.

fabbisogno di energia primaria: l'energia primaria si riferisce all'energia totale proveniente da una fonte di energia grezza che viene convertita in energia consumabile. Ad esempio, la domanda di energia primaria del petrolio si riferisce alla quantità totale di energia del petrolio greggio che viene poi estratta, raffinata e consumata. L'energia primaria è maggiore del consumo di energia finale perché rappresenta le inefficienze nel trattamento del combustibile, nella conversione termica e nella trasmissione e distribuzione (T&D).

rapporto di progresso: l'importo relativo della riduzione dei costi per raddoppio della produzione cumulativa di una tecnologia. Nel caso delle energie rinnovabili, l'indice di avanzamento è ipotizzato del 20%, ovvero per ogni raddoppio della produzione i costi diminuiscono del 20%. I costi diminuiscono con la crescita delle catene di approvvigionamento, dei modelli di business e delle industrie di produzione. Conosciuto anche come effetto di apprendimento o curva di apprendimento/esperienza.

RCP: percorso di concentrazione rappresentativo. Un percorso di concentrazione di gas serra (non emissioni) utilizzato dall'IPCC. I percorsi socioeconomici condivisi (SSP) sono un successore degli RCP.

REMIND-MAGPIE: un modello di valutazione integrato (IAM) gestito dal Potsdam Institute for Climate Impact and Research (PIK).

forzante radiativo (RF): la differenza tra l'energia assorbita dalla Terra e l'energia irradiata nello spazio. Energia in entrata meno energia in uscita. Quando l'energia in entrata è maggiore di quella in uscita, la RF è positiva e il pianeta si riscalderà. Misurato in W/m^2 .

SF₆: esafluoruro di zolfo, un gas fluorurato.

SSP: percorsi socioeconomici condivisi. Una serie di cinque narrazioni sulle future condizioni sociali, politiche ed economiche nel mondo che vengono utilizzate per creare e confrontare scenari climatici. [Ulteriori informazioni.](#)

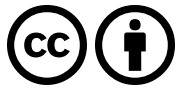
terajoule: una misura di energia pari a 10^{12} joule.

torio: elemento chimico che può essere utilizzato come combustibile per la fissione nucleare, simile all'uranio. La fissione del torio è una tecnologia sperimentale che deve ancora essere utilizzata in un reattore nucleare su larga scala. Il suo utilizzo su larga scala potrebbe essere modellato in En-ROADS utilizzando il New Zero-Carbon slider.

TEP (tonnellata equivalente di petrolio): un'unità di energia equivalente a 29,3 gigajoule (GJ). Questa è la quantità di energia generata dalla combustione di 1 tonnellata di carbone.

WEO: Prospettive energetiche mondiali. Pubblicazione annuale dell'Agenzia internazionale dell'energia (IEA).

WITCH-GLOBIOM: un modello di valutazione integrato gestito dall'Istituto europeo di economia e ambiente (EIEE)



These materials are licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). This license lets you remix, adapt, and build upon Climate Interactive's work, even commercially, as long as you give Climate Interactive credit for the original creation of the materials.