

Leggere i grafici per capire il riscaldamento globale



Nuclei tematici interessati:

- sviluppo sostenibile, educazione ambientale, conoscenza e tutela del patrimonio e del territorio
- cittadinanza digitale

Competenze chiave di cittadinanza

(D.M.n.139/2007):

imparare a imparare – progettare – comunicare – collaborare e partecipare – agire in modo autonomo – individuare collegamenti e relazioni – acquisire e interpretare l'informazione

ATTIVITÀ

Le risposte a delle semplici domande nei grafici e nei numeri.

Hai già studiato che in atmosfera sono presenti in piccola quantità dei gas, i quali trattengono il calore che la Terra disperde nello spazio sotto forma di radiazioni infrarosse e che questo fenomeno è chiamato “effetto serra”.

Questi gas sono indicati come “gas serra” e fanno parte di questo gruppo il diossido di carbonio (CO_2), il metano (CH_4), il protossido di azoto (N_2O). Questi gas sono presenti da decine di milioni di anni e il loro effetto aumenta la temperatura media terrestre di circa 33°C , rendendo il pianeta più adatto a ospitare la vita: senza questo contributo il clima sarebbe più freddo che durante le ere glaciali. L'uomo negli ultimi due secoli sta aumentando le concentrazioni di questi gas e di conseguenza la temperatura del globo. Infatti, l'uso dei combustibili fossili nei motori dei veicoli e nelle centrali elettriche produce CO_2 , l'allevamento di bovini è responsabile di grandi emissioni di CH_4 e l'uso del suolo per le attività agricole genera N_2O .

Negli ultimi quarant'anni è cresciuta la consapevolezza del contributo delle attività umane alle concentrazioni dei gas serra e il riscaldamento globale è diventato una importante questione da studiare scientificamente e di cui occuparsi politicamente.

Le Nazioni Unite (UN) hanno istituito un ente chiamato IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, Gruppo Intergovernativo sul Cambiamento Climatico) che coordina gli studi degli scienziati di tutto il mondo e pubblica un rapporto periodico che sintetizza le conoscenze acquisite su questo tema.

Nei prossimi paragrafi useremo i grafici e i dati raccolti nel sesto rapporto IPCC, AR6, per rispondere alle domande più comuni su questo tema.

Siamo sicuri che stia aumentando la temperatura?

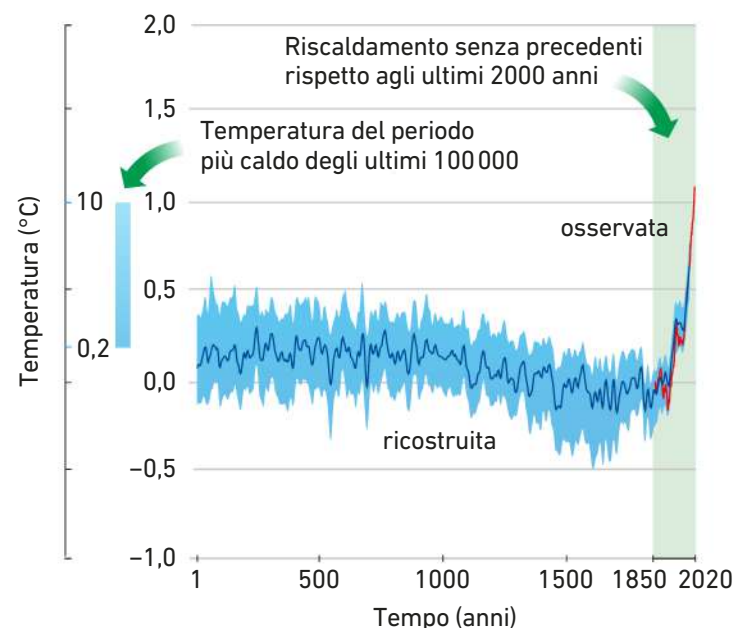


Figura 1 Temperatura media globale misurata (linea rossa) e ricostruita (linea gialla) dall'anno 1 all'anno 2020.

Il grafico (**Figura 1**) raccoglie gli studi effettuati dall'IPCC. La linea rossa è relativa alla temperatura media annuale di tutto il globo dal 1850 al 2020 misurata con termometri; la linea gialla è relativa alla temperatura media annuale dall'anno 1 all'anno 2020 ricostruita con misure indirette. L'area gialla sulla sinistra riporta la temperatura del periodo più caldo degli ultimi 100.000 anni. Sull'asse delle ordinate (verticale) è stato scelto come “zero” il valore della temperatura media dal 1850 al 1900 e la differenza della temperatura media annuale rispetto a questo valore è espressa in $^\circ\text{C}$. Come si può osservare l'aumento della temperatura di circa 1°C negli ultimi 170 anni è evidente e brusco.

Siamo sicuri che l'aumento di temperatura dipenda dalle attività umane, chiamate anche attività antropiche?

Per rispondere a questa domanda gli scienziati hanno usato delle simulazioni numeriche: hanno ricostruito al computer l'intero pianeta, la sua atmosfera, le terre e gli oceani e sono stati capaci di calcolare la temperatura media di tutto il globo causata dall'illuminazione del Sole, tenendo conto delle concentrazioni in atmosfera dei gas serra.

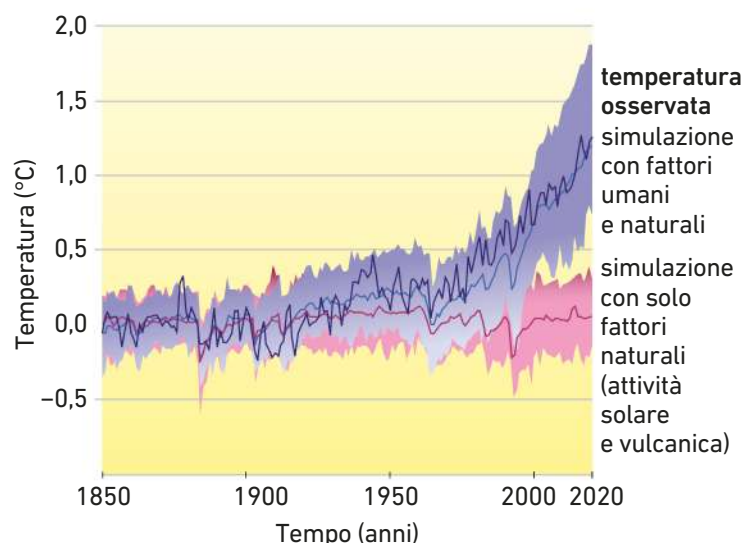


Figura 2 Confronto tra la temperatura misurata dal 1850 al 2020 (linea nera) con la temperatura simulata tenendo conto dei fattori umani e naturali (linea grigio scuro) e dei soli fattori naturali (linea grigio chiaro).

Il grafico (**Figura 2**) riporta i risultati di questi calcoli effettuati in due modi e la temperatura osservata (linea nera).

La linea più scura è la temperatura calcolata per gli ultimi 170 anni tenendo conto di tutte le emissioni dei gas serra, sia naturali sia umane, ed è molto simile alla linea nera, cioè la temperatura effettivamente osservata. Ciò significa che la simulazione numerica al computer effettua dei calcoli che ricostruiscono correttamente la realtà.

La linea più chiara è la temperatura calcolata per gli ultimi 170 anni senza le emissioni umane tenendo conto degli effetti della variazione di attività solare e vulcanica ed è evidente che è notevolmente inferiore a quella misurata e a quella calcolata con le emissioni di gas serra di origine antropica.

Queste due simulazioni e il confronto con la temperatura misurata, che è bruscamente aumentata negli ultimi 170 anni, dimostrano che l'aumento di temperatura di circa 1 °C è stato provocato dalle attività umane.

Di quanto potrebbe aumentare la temperatura in futuro?

Per rispondere a questa domanda gli scienziati dell'IPCC hanno usato le stesse simulazioni numeriche che sono riuscite a ricostruire le emissioni passate con grande precisione. Bisogna però fare una premessa: si possono conoscere le emissioni di gas a effetto serra del passato, ma quelle del futuro si possono solo prevedere in base alle decisioni politiche ed economiche, assieme agli sviluppi tecnologici ipotizzati.

Le decisioni politiche, economiche, tecnologiche sono raggruppate in scenari sulla base di diverse ipotesi e sono indicate con le sigle SSP seguite da due numeri separati da

un trattino, per esempio SSP1-1.9. Il secondo numero si riferisce alla "forzante radiativa" espressa in W/m^2 che si prevede si aggiungerà nel 2100 a causa delle attività antropiche nello specifico scenario.

Nel 2020 la forzante radiativa è già stata di circa 3 W/m^2 e qualunque scenario futuro sarà influenzato da quanto avvenuto negli ultimi decenni perché le concentrazioni di gas serra rimarranno alte anche se le emissioni si annulleranno.

Per avere un'idea delle quantità, 3 W/m^2 corrispondono alla potenza di una piccola lampadina: non tanto quindi, ma su ogni m^2 di superficie del pianeta rappresentano un fattore determinante per il clima. Per ogni scenario gli studi IPCC ipotizzano un andamento delle emissioni dei principali gas serra dal 2015 al 2100 (**Figura 3**).

Lo scenario più ottimistico è SSP1-1.9 che prevede, per esempio, un annullamento delle emissioni di CO_2 nel 2050 e un assorbimento di CO_2 (delle emissioni negative) negli anni successivi. Per raggiungere questi obiettivi sono necessarie delle scelte politiche coraggiose e lungimiranti e nonostante ciò, a causa delle emissioni dei due secoli precedenti, nel 2100 è prevista comunque una "forzante radiativa" positiva di $1,9 \text{ W/m}^2$.

Lo scenario più pessimistico è SSP5-8.5 al quale sono associate emissioni di CO_2 con una rapida crescita fino al 2080 e una leggera flessione negli anni successivi. Le ipotesi di supporto a questo scenario non prevedono interventi di regolazione politici, ma solo uno sviluppo tecnologico che si suppone sarebbe presente in ogni caso.

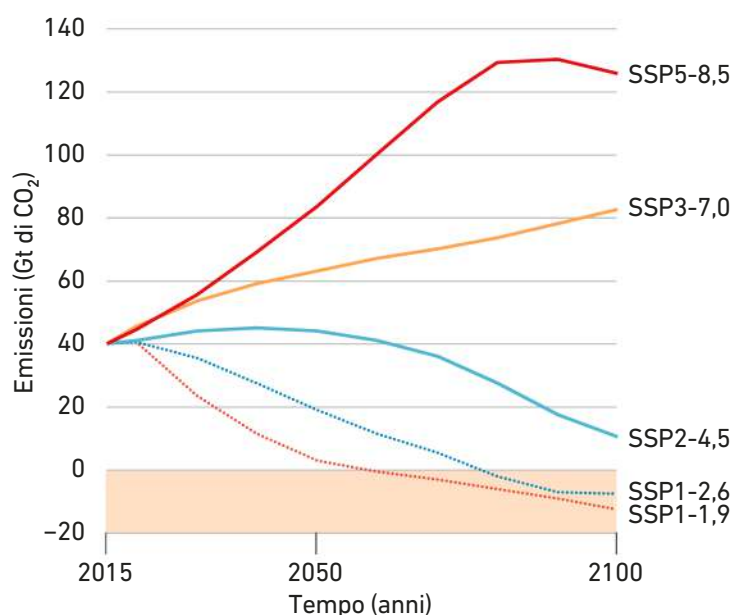


Figura 3 Andamento delle emissioni annuali di CO_2 dal 2015 al 2100 espresse in Gt (miliardi di tonnellate) per ciascuno degli scenari di evoluzione politica, economica e tecnologica elaborati dall'IPCC.

A ogni scenario emissivo corrisponde un aumento della temperatura prevista (**Figura 4**).

Lo scenario SSP1-1.9 presume una crescita delle temperature di circa 1,4 °C rispetto a quelle misurate tra il 1850 e il 1900. Lo scenario SSP5-8.5 stima un aumento delle temperature di circa 4,7 °C

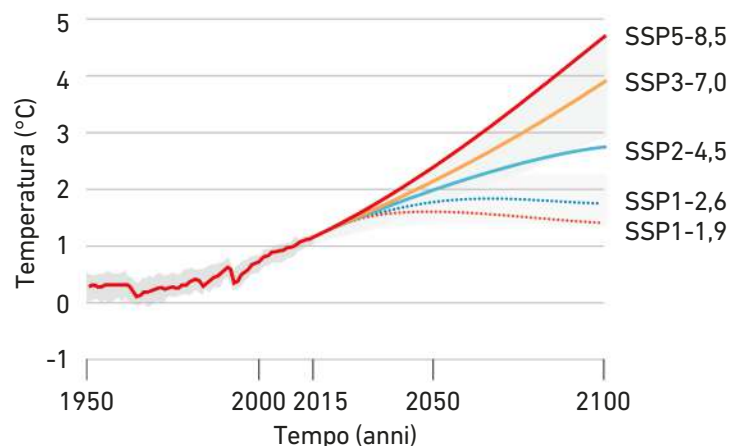


Figura 4 Temperatura misurata fino al 2015 e calcolata con le simulazioni fino al 2100 per gli scenari elaborati dall'IPCC.

Quali altre conseguenze ci potrebbero essere?

Le conseguenze dell'aumento di temperatura sono quelle che si sentono spesso sui mezzi di informazione.

Scioglimento dei ghiacciai

Gran parte dei ghiacciai si ridurranno di estensione e in qualche caso scompariranno. In Italia i ghiacciai alpini si ritireranno a quote sempre maggiori e i ghiacciai appenninici scompariranno. Nel resto del pianeta delle zone sempre più ampie dell'Oceano Artico (Polo Nord) saranno libere dalla banchisa e le calotte glaciali dell'Antartide (Polo Sud) e della Groenlandia si assottiglieranno e in qualche zona cominceranno a disgregarsi.

Innalzamento del livello del mare

Uno dei principali effetti sarà l'innalzamento del livello del mare. Esso è dovuto sia allo scioglimento dei ghiacciai continentali sia all'espansione termica dell'acqua ed è di entità differente a seconda degli scenari considerati. Secondo lo scenario più pessimistico SSP5-8.5, nel 2100 il livello del mare sarà 90 cm più alto rispetto al 1900, mentre secondo lo scenario più ottimistico SSP1-1.9 l'aumento sarà di 50 cm (**Figura 5**). C'è però un'eventualità, fortunatamente poco probabile, che riguarda lo scioglimento delle grandi calotte glaciali: nella peggiore delle ipotesi l'innalzamento dell'acqua potrebbe essere di 1,7 m già nel 2100. È importante notare che l'incertezza sull'innalzamento nei secoli futuri è molto grande e anche per scenari ottimistici il livello dell'acqua potrebbe crescere di alcuni metri.

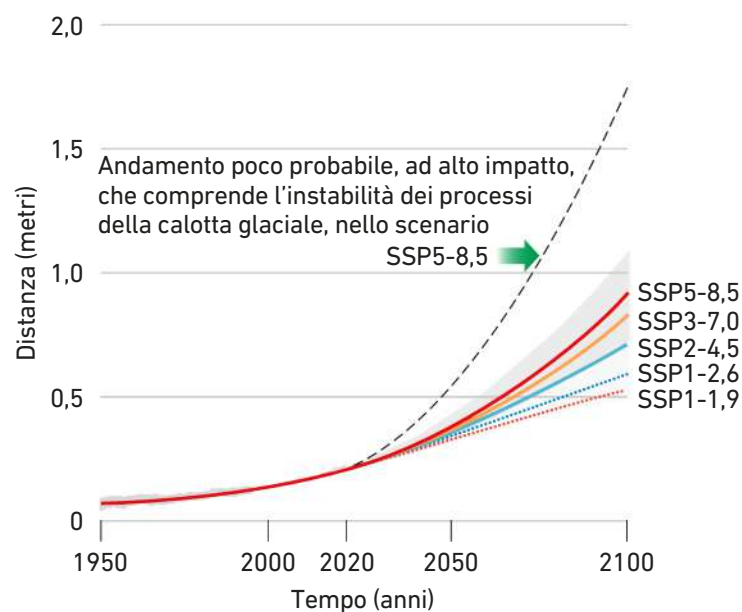


Figura 5 Aumento del livello degli oceani misurato fino al 2020 e simulato fino al 2100 per ciascuno degli scenari elaborati dall'IPCC

Inondazione di aree costiere

L'aumento del livello degli oceani provocherà un arretramento della linea costiera, di entità diversa a seconda della tipologia.

Mediamente l'arretramento sarà di 1 m per ogni cm di innalzamento, e nel caso di coste molto basse comporterà l'inondazione frequente per distanze dieci volte maggiori, coinvolgendo potenzialmente milioni di persone in un tempo relativamente breve.

Acidificazione degli oceani

Il CO₂ presente in atmosfera viene assorbito dagli oceani e causa l'aumento della loro acidità. Negli scenari peggiori l'acidità raggiungerà livelli tali da provocare la distruzione degli scheletri di carbonato di calcio di numerosi organismi marini, tra cui i coralli.

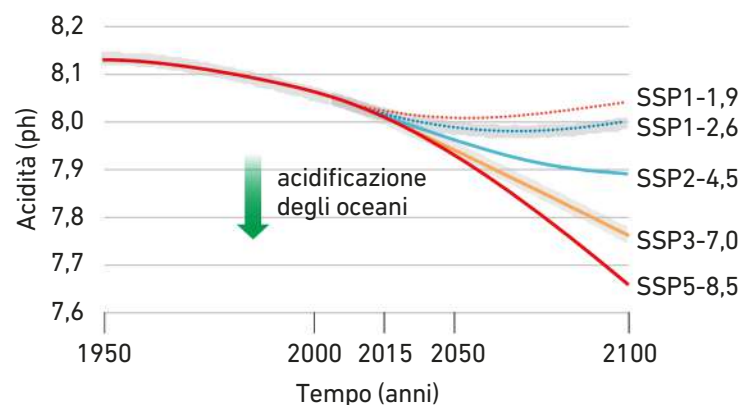


Figura 6 Andamento misurato fino al 2015 e simulato fino al 2100 dell'indicatore di acidità (pH) degli oceani.

Oltre agli effetti spiegati nei precedenti paragrafi ci sono altre conseguenze del riscaldamento globale delle quali si fa solo un elenco:

- aumento della piovosità media;
- aumento degli eventi estremi sia come ondate di calore, sia come precipitazioni piovose;
- scioglimento del permafrost (il terreno perennemente ghiacciato) e aumento dell'instabilità del suolo nelle zone fredde;
- cambiamento degli ambienti troppo rapido per consentire l'adattamento degli esseri viventi alle nuove condizioni.

Lo scenario più ottimistico potrebbe realizzarsi?

L'ottimismo dello scenario SSP1-1.9 non è assurdo. Gli sviluppi tecnologici rendono possibile ridurre progressivamente gran parte delle emissioni di gas serra, a patto che tutti gli Stati e i soggetti interessati decidano di lavorare insieme con questo obiettivo. Gli accordi di Parigi del 2015 (COP 21) e di Glasgow del 2021 (COP 26) vanno in questa direzione, sebbene non siano sufficientemente vincolanti da garantire il risultato.

Nonostante le emissioni dei gas serra fino a oggi non abbiano mai smesso di aumentare, i segnali di un possibile cambiamento stanno diventando sempre più evidenti:

- nel mondo, nel 2020, il 4% del totale degli autoveicoli venduti era elettrico;
- l'energia eolica prodotta nel mondo nel 2020 è stata 5 volte superiore a quella prodotta nel 2010 ed è stata il 6% dell'energia elettrica prodotta da tutte le fonti. In Danimarca la percentuale è oltre il 50%, e indica un obiettivo possibile;
- le energie rinnovabili nel 2020 hanno prodotto circa il 30% dell'energia elettrica totale, mentre nel 2010 producevano circa il 20%;
- le tecnologie di cattura del CO₂ e della fotosintesi artificiale sono ancora a livello di studio, ma i risultati sono sempre più promettenti e sembrano avvicinarsi alla fase di produzione.

ATTIVITÀ

Glossario in inglese

Trova le traduzioni in inglese delle parole più importanti relative al cambiamento climatico:

cambiamento climatico • effetto serra • emissioni di CO₂ • aumento della temperatura media • fusione dei ghiacciai • acidificazione degli oceani • innalzamento del livello del mare • inondazione • cattura del CO₂ • percentuale di vendita dei veicoli elettrici

Approfondimenti

Per approfondire ci sono alcuni siti istituzionali in italiano:

- <https://link.sanomaitalia.it/6598EFF6>
- <http://www.clima2014.it/home>

Visualizzazione dei dati su mappa

Le mappe interattive relative agli effetti del riscaldamento globale sono degli ottimi materiali di approfondimento. Con l'aiuto dell'insegnante esplora i dati ai seguenti link ed esegui delle semplici attività.

- <https://link.sanomaitalia.it/129FDF60> mappa dell'innalzamento del livello del mare in Italia.
- <https://link.sanomaitalia.it/8CFB4AC3> visualizzatore degli effetti dell'innalzamento del livello del mare negli Stati Uniti.
- <https://interactive-atlas.ipcc.ch/> visualizzatore su mappa di tutti gli effetti del riscaldamento globale riportati negli studi IPCC.
- Usando <https://interactive-atlas.ipcc.ch/> produci una mappa del riscaldamento atteso in Europa nello scenario +1,5 °C. Estrai il valore atteso puntuale per la tua città e nel punto di massimo riscaldamento.
- Usando <https://interactive-atlas.ipcc.ch/> produci una mappa del riscaldamento atteso in Europa nello scenario +4,5 °C. Estrai il valore atteso puntuale per la tua città e nel punto di massimo riscaldamento.

Grafici artistici

Il sito <https://link.sanomaitalia.it/FBFC7A55> propone una visualizzazione molto "colorata" dell'aumento della temperatura media globale. Prova a comprenderla e a generare l'immagine dell'andamento delle temperature in Italia e in qualche altro Paese che ti interessa.

Grafici numerici

Prova a essere un piccolo scienziato: scarica i dati dei grafici di questa relazione e disegna un grafico con l'uso di un foglio di calcolo. Tutti i dati si trovano a partire dal link <https://link.sanomaitalia.it/62F52BEF>; i dati di **Figura 1** si trovano al link <https://link.sanomaitalia.it/15F21B79>.

Simulazione in classe di una conferenza sul clima

Gli allievi a piccoli gruppi simulano la rappresentanza di uno Stato a una conferenza sul clima. È utile che conoscano alcune caratteristiche dello Stato che rappresentano: ubicazione, estensione, popolazione, capitale, lingua parlata, rischi legati al riscaldamento globale, ricchezza annuale prodotta per persona (PIL), emissioni annuali per persona di CO₂, consumo di energia per persona, fonti di produzione di energia, settori economici principali.

I dati fondamentali per poter affrontare la discussione sono la popolazione, i rischi legati al riscaldamento globale, la ricchezza a persona, le emissioni a persona di CO₂ e il costo per la riduzione del CO₂ che per semplicità può essere supposto uguale tra tutti i Paesi. Alcuni dei dati fondamentali di alcuni Stati sono già riassunti in questa sezione (le emissioni di CO₂ a persona e la ricchezza prodotta a persona) e sono stati indicati i principali effetti del riscaldamento globale in quelle aree, corredati di link di approfondimento reperiti su siti di informazione divulgativi.

Sulla base delle caratteristiche di ciascuno Stato la sua rappresentanza propone la riduzione percentuale delle proprie emissioni che intende attuare entro il 2060, individuando genericamente qualche azione e il costo a persona. Ciascuno Stato indica anche quale ritiene debba essere la riduzione percentuale globale delle emissioni di CO₂. Per poter essere aderenti alla realtà si possono usare gli impegni della COP 26 (azzeramento delle emissioni entro il 2060) o gli scenari intermedi IPCC.

A partire dalle indicazioni di ciascuno Stato vengono condotte delle trattative sia sulle riduzioni globali sia su quelle di ciascuno Stato.

Due dei principi che possono guidare le trattative sono:

- gli Stati che hanno le emissioni di CO₂ per persona più alte devono ridurre di più;
- gli Stati che hanno una ricchezza per persona più alta (il PIL, prodotto interno lordo) devono ridurre di più le emissioni perché hanno una maggiore possibilità di sopportare il costo.

Ciascuna rappresentanza deve enfatizzare i rischi che corrono i propri cittadini a causa del riscaldamento globale e le proprie difficoltà a ridurre le emissioni.

Per esempio gli Stati caratterizzati da climi freddi potrebbero motivare delle emissioni alte con la necessità di riscaldare le abitazioni, oppure le economie produttive come la Cina potrebbero evidenziare che i propri prodotti vengono usati a livello globale e che dunque le emissioni che le sono imputate sono a beneficio di tutto il mondo. Viceversa gli Stati caratterizzati da basse emissioni potrebbero evidenziare che è più difficile per loro ridurle ulteriormente.

Tutti i partecipanti alla simulazione condividono l'impegno di dover arrivare a un accordo al quale non possono rinunciare abbandonando la trattativa. La fantasia dei partecipanti nella simulazione può aggiungere alle trattative elementi di facilitazione dell'accordo, quali trasferimenti tecnologici, produttivi... Insomma, tutto quanto sia ritenuto utile per la salvaguardia del pianeta.

RUSSIA

- Ricchezza annuale (PIL) a persona: circa 11 500 \$ (a prezzi correnti)
- CO₂ a persona: 12,1 t all'anno
- Principali effetti del riscaldamento globale

Temperature estive estreme

– <https://link.sanomaitalia.it/854D06E8>

Scioglimento del permafrost

– <https://link.sanomaitalia.it/F24A367E>

FRANCIA

- Ricchezza annuale (PIL) a persona: circa 41 500 \$ (a prezzi correnti)
- CO₂ a persona: 5,0 t all'anno
- Principali effetti del riscaldamento globale

Maggiore ricorrenza di eventi estremi

– <https://link.sanomaitalia.it/E58A8F0D>

Erosione della costa in Camargue

– <https://link.sanomaitalia.it/928DBF9B>

GERMANIA

- Ricchezza annuale (PIL) a persona: circa 47 500 \$ (a prezzi correnti)
- CO₂ a persona: 9,1 t all'anno
- Principali effetti del riscaldamento globale

Maggiore ricorrenza di eventi estremi

– <https://link.sanomaitalia.it/E58A8F0D>

ITALIA

- Ricchezza annuale (PIL) a persona: circa 34 500 \$ (a prezzi correnti)
- CO₂ a persona: 5,8 t all'anno
- Principali effetti del riscaldamento globale

Riduzione dei ghiacciai

– <https://link.sanomaitalia.it/7C83DEB7>

Maggiore ricorrenza di eventi estremi

– <https://link.sanomaitalia.it/B84EE21>

Cambiamento della portata e del regime dei fiumi

– <https://link.sanomaitalia.it/95E07B82>

Effetti sull'Italia e maree a Venezia

– <https://link.sanomaitalia.it/E2E74B14>

Erosione della costa a Siracusa

– <https://link.sanomaitalia.it/7BEE1AAE>

CINA

- Ricchezza annuale (PIL) a persona: circa 10 000 \$ (a prezzi correnti)
- CO₂ a persona: 8,0 t all'anno
- Principali effetti del riscaldamento globale

Erosione delle coste densamente abitate con possibile

coinvolgimento ed eventuale emigrazione forzata di 67 milioni di persone

– <https://link.sanomaitalia.it/CE92A38>

Cambiamento della distribuzione delle piogge con estensione delle aree desertiche e aumento dei fenomeni alluvionali

USA

- Ricchezza annuale (PIL) a persona: circa 63 000 \$ (a prezzi correnti)
- CO₂ a persona (anno 2018): 16,1 t all'anno
- Principali effetti del riscaldamento globale

Temperature estreme

– <https://link.sanomaitalia.it/9C5637A9>

Incendi diffusi e difficili da spegnere (per esempio in California)

– <https://link.sanomaitalia.it/EB51073F>

Siccità

– <https://link.sanomaitalia.it/1515A354>

Innalzamento del livello del mare a Miami e in generale nelle aree del Golfo del Messico

– <https://link.sanomaitalia.it/621293C2>

– <https://link.sanomaitalia.it/FB1BC278>

BANGLADESH

- Ricchezza annuale (PIL) a persona: circa 1700 \$ (a prezzi correnti)
- CO₂ a persona (anno 2018): 0,6 t all'anno
- Principali effetti del riscaldamento globale

Alta densità di popolazione in aree soggette ad alluvioni ed erosione costiera**Possibile coinvolgimento in fenomeni di inondazione di un numero di persone superiore a 15 milioni**

– <https://link.sanomaitalia.it/8C1CF2EE>

INDONESIA

- Ricchezza annuale (PIL) a persona: circa 4000 \$ (a prezzi correnti)
- CO₂ a persona: 2,1 t all'anno
- Principali effetti del riscaldamento globale

Inondazione progressiva di Giacarta

– <https://link.sanomaitalia.it/1278674D>

BRASILE

- Ricchezza annuale (PIL) a persona: circa 9000 \$ (a prezzi correnti)
- CO₂ a persona (anno 2018): 2,4 t all'anno
- Principali effetti del riscaldamento globale

Erosione delle coste

– <https://link.sanomaitalia.it/657F57DB>

Inondazioni

– <https://link.sanomaitalia.it/FC760661>

MALDIVE

- Ricchezza annuale (PIL) a persona: circa 10 500 \$ (a prezzi correnti)
- CO₂ a persona (anno 2018): 2,0 t all'anno
- Principali effetti del riscaldamento globale

Innalzamento del livello del mare e inondazione quasi completa degli atolli

– <https://link.sanomaitalia.it/8B7136F7>

– <https://link.sanomaitalia.it/1BCE2B66>

GIAMAICA

- Ricchezza annuale (PIL) a persona: circa 5500 \$ (a prezzi correnti)
- CO₂ a persona (anno 2018): 2,7 t all'anno
- Principali effetti del riscaldamento globale

Tempeste tropicali e innalzamento del mare

– <https://link.sanomaitalia.it/6CC91BF0>

– <https://link.sanomaitalia.it/C0E9215>

AUSTRALIA

- Ricchezza annuale (PIL) a persona: circa 58 500 \$ (a prezzi correnti)
- CO₂ a persona (anno 2018): 16,8 t all'anno
- Principali effetti del riscaldamento globale

Incendi diffusi e persistenti

– <https://link.sanomaitalia.it/7B09A283>

Progressiva perdita della barriera corallina e possibile distruzione completa

– <https://link.sanomaitalia.it/E200F339>

– <https://link.sanomaitalia.it/9507C3AF>

Per la stima dei costi della riduzione delle emissioni di CO₂ si possono considerare valori tra 30 \$ e 110 \$ per ogni tonnellata non emessa.

Di seguito si riportano dei link utili per la simulazione

- Emissioni per persona di CO₂ dettagliate per nazione (da cui sono stati ricavati i dati di questa sezione): European Commission, Joint Research Centre, Monforti-Ferrario, F., Oreggioni, G., Schaaf, E., et al., Fossil CO₂ and GHG emissions of all world countries: 2019 report, Publications Office, 2019, <https://link.sanomaitalia.it/B63560C>
- Ricchezza prodotta per persona dettagliata per nazione (da cui sono stati ricavati i dati di questa sezione): United Nations Statistics Divisions: Per capita GDP at current prices - US dollars <https://link.sanomaitalia.it/7C64669A>
- Ripartizione tra le fonti di energia dettagliata per nazione: <https://link.sanomaitalia.it/E56D3720>
- Energie rinnovabili dettagliate per nazione: <https://link.sanomaitalia.it/926A07B6>
- Contributo percentuale del settore manifatturiero dettagliato per nazione: <https://link.sanomaitalia.it/2D51A27>