

4

Abbassiamo la temperatura

Perché un mondo più caldo di 4°C
deve essere evitato



4°

Abbassiamo la temperatura

Perché un mondo più caldo di 4°C
deve essere evitato

Novembre 2012

Rapporto elaborato per la Banca mondiale
dal Potsdam Institute for Climate Impact Research
e il Climate Analytics



© 2012 International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank
1818 H Street NW
Washington DC 20433
Téléphone : 202-473-1000
Internet : www.worldbank.org

Questo lavoro è un prodotto dello staff della Banca Mondiale con contributi esterni.

I risultati, le interpretazioni e le conclusioni espresse in questo lavoro non riflettono necessariamente le posizioni della Banca Mondiale, del suo Board di Direttori Esecutivi o dei Governi che essi rappresentano.

La Banca Mondiale non garantisce riguardo l'accuratezza dei dati presentati in questo lavoro.

I confini, i colori, le denominazioni e altre informazioni mostrate sulle mappe non implicano alcun giudizio da parte della Banca Mondiale riguardo la status giuridico di alcun territorio o l'approvazione o accettazione di tali confini.

Diritti e Autorizzazioni

I materiali contenuti in questo lavoro sono soggetti a copyright. Dal momento che la Banca Mondiale incoraggia la disseminazione delle proprie conoscenze, questo lavoro può essere riprodotto, interamente o in parte, per propositi non commerciali a patto che se ne dia piena attribuzione.

Qualsiasi domanda su diritti e licenze, inclusi diritti sussidiari, può essere inviata a Office of the Publisher, The World Bank, 1818 H Street NW, Washington, DC 20433, USA; fax: 202-522-2422; e-mail: pubrights@worldbank.org

Traduzione non ufficiale elaborata dalla Fondazione per lo sviluppo sostenibile, a cura di:

Andrea Barbabella
Alessandra Bailo Modesti
Valeria Gentili

Il documento può essere scaricato dal sito web:
www.fondazionevilupposostenibile.org



Ringraziamenti

Il rapporto *Abbassare la temperatura. Perché un mondo più caldo di 4°C* deve essere evitato è il risultato dei contributi di un ampio numero di esperti provenienti da varie parti del globo. Ringraziamo tutti coloro che hanno contribuito alla sua impostazione ricca e multidisciplinare e alla sua prospettiva multidisciplinare.

Il rapporto è stato scritto da un team del *Potsdam Institute for Climate Impact Research* e del *Climate Analytics*, che comprende Hans Joachim Schellnhuber, William Hare, Olivia Serdeczny, Sophie Adams, Dim Coumou, Katja Frieler, Maria Martin, Ilona M. Otto, Mahé Perrette, Alexander Robinson, Marcia Rocha, Michiel Schaeffer, Jacob Schewe, Xiaoxi Wang, and Lila Warszawski.

Il rapporto è stato commissionato dal *World Bank's Global Expert Team for Climate Change Adaptation*, diretto da Erick C.M. Fernandes and Kanta Kumari Rigaud, che lavora in stretto rapporto con il *Potsdam Institute for Climate Impact Research* e con *Climate Analytics*. Jane Olga Ebinger ha coordinato il team della *World Bank* e valide intuizioni sono state fornite da Rosina Bierbaum (Università del Michigan) e Michael MacCracken (*Climate Institute, Washington DC*).

Il rapporto ha ricevuto approfonditi commenti da peer reviewers scientifici. Ci teniamo a ringraziare Ulisses Confalonieri, Andrew D. Friend, Dieter Gerten, Saleemul Huq, Pavel Kabat, Thomas Karl, Akio Kitoh, Reto Knutti, Anthony J. McMichael, Jonathan T. Overpeck, Martin Parry, Barrie Pittock, and John Stone.

Una valida guida e revisione è stata fornita da Rachel Kyte, Mary Barton-Dock, Fionna Douglas e da Marianne Fay.

Siamo grati ai colleghi della *World Bank* per i loro contributi: Sameer Akbar, Keiko Ashida, Ferid Belhaj, Rachid Benmessaoud, Bonizella Biagini, Anthony Bigio, Ademola Braimoh, Haleh Bridi, Penelope Brook, Ana Bucher, Julia Bucknall, Jacob Burke, Raffaello Cervigni, Laurence Clarke, Françoise Clottes, Annette Dixon, Philippe Dongier, Milen Dyoulgerov, Luis Garcia, Habiba Gitay, Susan Goldmark, Ellen Goldstein, Gloria Grandolini, Stephane Hallegatte, Valerie Hickey, Daniel Hoornweg, Stefan Koeberle, Motoo Konishi, Victoria Kwakwa, Marcus Lee, Marie Françoise Marie-Nelly, Meleesa McNaughton, Robin Mearns, Nancy Chaarani Meza, Alan Miller, Klaus Rohland, Onno Ruhl, Michal Rutkowski, Klas Sander, Hartwig Schafer, Patrick Verkooijen Dorte Verner, Deborah Wetzels, Ulrich Zachau e Johannes Zutt.

Vogliamo ringraziare Robert Bisset e Sonu Jain per gli sforzi di sensibilizzazione dei partner, della comunità scientifica e dei media. Perpetual Boateng, Tobias Baedeker e Patricia Braxton hanno fornito un valido supporto al team.

Ringraziamo con gratitudine *Connect4Climate* che ha contribuito alla produzione di questo rapporto.

Prefazione

Spero che questo rapporto ci spinga ad agire. Spero che sia un motivo per lavorare più in fretta anche per quelli di noi impegnati già a combattere i cambiamenti climatici.

Questo rapporto descrive come potrebbe essere il mondo se si riscaldasse di 4 gradi Celsius, che è quello che gli scienziati quasi all'unanimità prevedono per la fine di questo secolo, se non interverranno seri cambiamenti politici.

Gli scenari a 4°C sono devastanti: inondazioni di città costiere; aumento dei rischi per le produzioni alimentari che potrebbe portare ad alti tassi di malnutrizione; molte regioni aride che diventeranno ancora più aride, e regioni piovose ancora più piovose; ondate di calore senza precedenti in molte regioni, specialmente in quelle tropicali; un sostanziale aggravarsi della scarsità d'acqua in molte regioni; l'aumento della frequenza di cicloni tropicali ad alta intensità; e la perdita irreversibile di biodiversità, inclusi gli ecosistemi delle barriere coralline.

Più importante ancora, un mondo a 4°C è talmente differente da quello attuale che porterà grandi incertezze e nuovi rischi che minacceranno la nostra capacità di anticipare e pianificare le future esigenze connesse all'adattamento.

Le carenze nell'azione sul contrasto ai cambiamenti climatici non rischiano solo di mettere la prosperità fuori dalla portata di milioni di persone nel mondo in via di sviluppo, ma minacciano di far perdere decenni di rendere vani decenni di sforzi in favore dello sviluppo sostenibile.

È chiaro che già sappiamo molto dei rischi climatici nei tempi passati. La scienza ha inequivocabilmente determinato che l'uomo è la causa del riscaldamento globale e grandi cambiamenti possono essere osservati già oggi: il riscaldamento medio globale è di 0,8°C superiore ai livelli preindustriali; gli oceani si sono riscaldati di 0,9°C dagli anni '50 e si stanno acidificando; il livello del mare è salito di circa 20 cm dai livelli preindustriali e sale attualmente di 3,2 cm a decennio; nell'ultimo decennio sono avvenute un numero eccezionale di ondate di calore estremo; grandi aree dedicate alla produzione alimentare sono minacciate dalla siccità.

Nonostante le migliori intenzioni della comunità internazionale nel mantenere il riscaldamento globale sotto i 2°C di aumento rispetto ai livelli preindustriali, valori di riscaldamento ancora più alti sono sempre più probabili. Gli scienziati concordano che le attuali promesse e gli impegni dei paesi nell'ambito della *United Nations Framework Convention on Climate Change* avranno come risultato un riscaldamento tra i 3,5°C e i 4°C. E più a lungo queste promesse non verranno mantenute più probabilmente andremo verso un pianeta a 4°C.

I dati e l'evidenza guidano il lavoro della *World Bank*. Rapporti scientifici, inclusi quelli prodotti dall'*Intergovernmental Panel on Climate Change*, hanno informato la nostra decisione di far decollare il nostro lavoro su questi temi portando a: un *World Development Report on climate change* pensato per migliorare la nostra comprensione delle implicazioni del riscaldamento del pianeta; uno *Strategic Framework on Development and Climate Change*, e un rapporto su una crescita verde e inclusiva.

La Banca Mondiale è uno dei principali sostenitori di azioni ambiziose sul cambiamento climatico, non solo perché è un imperativo morale, ma perché conviene economicamente.

Ma cosa accadrà se falliamo nel far decollare gli sforzi per la mitigazione? Quali sono le implicazioni di un mondo a 4°C? Abbiamo commissionato questo rapporto al *Potsdam Institute for Climate Impact Research* e a *Climate Analytics* per farci aiutare a comprendere lo stato della scienza e il potenziale impatto sullo sviluppo in un simile mondo. Esso sarebbe così drammaticamente differente da oggi che è difficile descriverlo con accuratezza; per lo più dobbiamo riferirci a previsioni e interpretazioni complesse.

Siamo ben consapevoli dell'incertezza che circonda questi scenari e sappiamo che diversi ricercatori e studi talvolta non concordano sui livelli di rischio. Ma il fatto che simili scenari non possano essere esclusi è sufficiente a giustificare il rafforzamento delle attuali politiche. Trovare i modi per evitare questi scenari è vitale per la salute e il benessere di tutte le comunità del mondo. Mentre ogni regione del mondo sarà colpita, i poveri e i più vulnerabili saranno colpiti con maggiore violenza.

Un mondo a 4°C può, e deve, essere evitato.

Il *World Bank Group* continuerà a essere uno dei più forti sostenitori di accordi internazionali e regionali e di un aumento dei finanziamenti per il clima. Raddoppieremo i nostri sforzi per supportare le crescenti iniziative nazionali per mitigare le emissioni di carbonio e costruire la capacità di adattamento così come supporteremo una crescita verde inclusiva e uno sviluppo intelligente. Il nostro lavoro sulla crescita verde inclusiva ha dimostrato che – attraverso l'efficienza e l'uso intelligente dell'energia e delle risorse naturali – esistono molte opportunità per ridurre drasticamente l'impatto sul clima dello sviluppo senza rallentare le azioni per la riduzione della povertà e la crescita economica.

Questo lavoro è un duro monito riguardo al fatto che il clima riguarda tutto. Le soluzioni non risiedono solo nella finanza dedicata o nei progetti per il clima. Le soluzioni risiedono in una efficace gestione del rischio e nell'assicurare che tutto il nostro lavoro, che tutto il nostro pensiero siano concepiti avendo in mente il pericolo di un pianeta a 4°C. Il *World Bank Group* accetterà la sfida.



Dr. Jim Yong Kim
Presidente del World Bank Group



Executive
summary

Executive summary

Questo rapporto fornisce un'istantanea della recente letteratura scientifica e analisi valutazioni inedite circa i probabili impatti e i rischi che possono essere associati a un riscaldamento di 4°C entro la fine del secolo. Si tratta di un tentativo rigoroso di evidenziare lo spettro dei rischi, con un focus sui paesi in via di sviluppo e in particolare su quelli più poveri. Un mondo a 4°C sarebbe caratterizzato da ondate di calore senza precedenti, severe siccità e vaste inondazioni in molte regioni, con seri impatti sugli ecosistemi e i servizi a essi associati. Ma, attraverso l'azione, un mondo a 4°C può essere evitato contenendo il riscaldamento al di sotto dei 2°C.

In assenza di ulteriori impegni e azioni concrete per ridurre le emissioni di gas a effetto serra, il mondo si riscalderà probabilmente di oltre 3°C rispetto ai livelli preindustriali. Persino con la piena attuazione degli attuali obblighi di mitigazione e degli impegni presi c'è, approssimativamente, un 20% di probabilità di superare i 4°C per il 2100. Se questi non verranno rispettati, un riscaldamento di 4°C potrebbe avvenire già intorno al 2060. Un tale riscaldamento e l'associato innalzamento del livello del mare tra 50 cm e 1 metro, o più, entro il 2100 non sarebbe il punto d'arrivo finale: un ulteriore riscaldamento fino a superare i 6°C, con diversi metri di innalzamento del livello del mare, potrebbe realizzarsi con molta probabilità nei secoli successivi.

Pertanto, mentre la comunità internazionale si è impegnata a contenere il riscaldamento entro i 2°C per prevenire "pericolosi" cambiamenti climatici, e gli *Small Islands Developing States* (SIDS) e i *Least Developed Countries* (LDCs) hanno identificato in 1,5°C il livello di riscaldamento globale sopra il quale ci potrebbero essere serie minacce al loro stesso sviluppo e, in alcuni casi, alla loro stessa sopravvivenza, l'insieme delle attuali politiche – già messe in campo o preannunciate – porteranno con molta probabilità a un riscaldamento molto superiore rispetto a questi livelli. Infatti, gli attuali trend di emissione mettono il mondo sulla strada verso l'innalzamento delle temperature di 4°C entro la fine del secolo.

Questo rapporto non è una valutazione scientifica globale, così come quella che verrà prodotta dall'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) nel 2013-2014 con il suo *Fifth Assessment Report*. Il presente lavoro si focalizza sui Paesi in via di sviluppo, pur riconoscendo che i Paesi sviluppati sono anch'essi vulnerabili e a serio rischio di gravi danni a causa dei cambiamenti climatici. Una serie di eventi estremi avvenuti di recente in tutto il mondo conti-

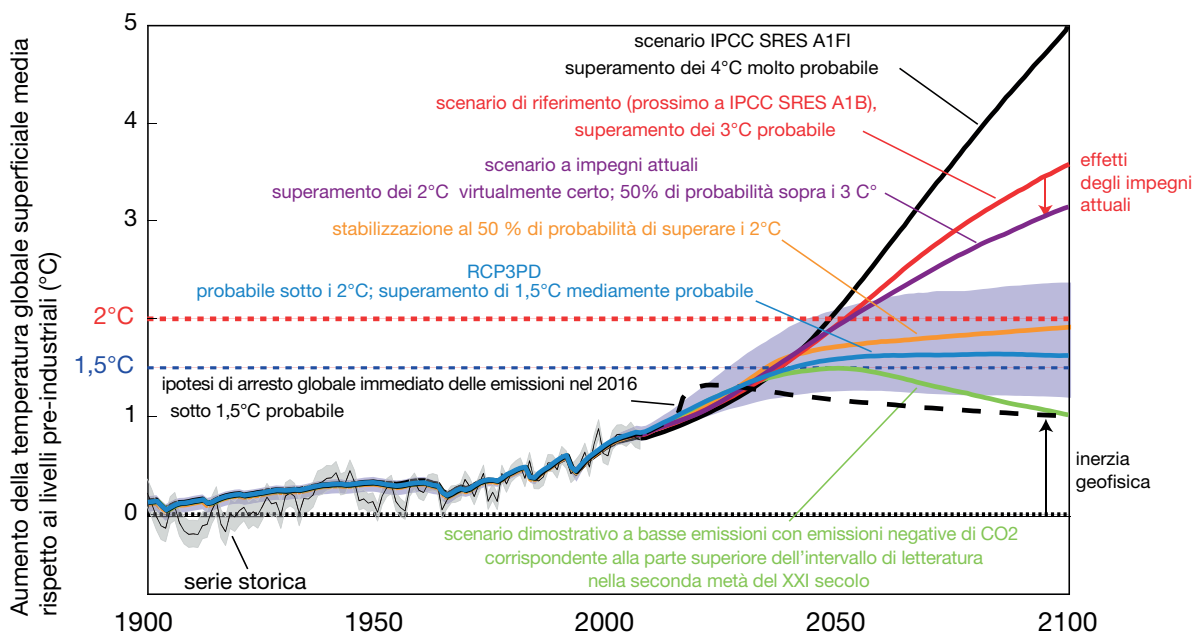
nua a evidenziare la vulnerabilità non solo dei paesi in via di sviluppo ma anche dei ricchi paesi industrializzati.

Rimangono delle incertezze nel fare proiezioni sull'ampiezza sia del cambiamento climatico che dei suoi impatti. Abbiamo assunto un approccio *risk-based* in cui il rischio è definito come "il danno moltiplicato per la probabilità dell'evento": un evento con bassa probabilità di accadere è ad alto rischio se implica serie conseguenze. Nessuna nazione sarà immune dall'impatto dei cambiamenti climatici. Tuttavia, la distribuzione degli impatti sarà probabilmente intrinsecamente diseguale e spostata a svantaggio delle regioni più povere del mondo che hanno le minori capacità economiche, istituzionali, scientifiche e tecniche per farvi fronte e adattarvisi. Per esempio:

- anche se il riscaldamento in termini assoluti sarà più alto alle alte latitudini, quello che si verificherà nella zona tropicale è maggiore se comparato alla variazione storica delle temperature e delle condizioni estreme che gli esseri umani e gli ecosistemi naturali hanno affrontato e a cui si sono adattati. L'emergenza prevista con eventi estremi senza precedenti di alte temperature nella zona tropicale porterebbe a impatti significativamente maggiori sull'agricoltura e sugli ecosistemi;
- l'innalzamento del livello del mare sarebbe probabilmente maggiore del 15-20% nella zona dei tropici rispetto al resto del pianeta;
- gli aumenti nell'intensità dei cicloni tropicali sarebbero probabilmente sentiti in maniera sproporzionata alle basse latitudini;

PERCHÉ UN MONDO PIÙ CALDO DI 4°C DEVE ESSERE EVITATO

Figure 1: Stime medie (linee) dalle previsioni probabilistiche sulle temperature di due scenari di emissioni in assenza di mitigazione (SRES A1FI e uno scenario di riferimento prossimo a SRES A1B), entrambi molto vicini, o ben al di sopra, al limite del riscaldamento di 4 °C entro il 2100. I risultati di questi scenari sono confrontati con scenari in cui sono rispettati gli impegni presi e con scenari di mitigazione in grado di rispettare il limite dei 2°C con almeno il 50% delle probabilità. Viene riportato anche uno scenario ipotetico in cui le emissioni si azzerano nel 2016, in qualità di elemento di comparazione per quei percorsi che sono tecnicamente ed economicamente percorribili. Il picco nel riscaldamento successivo all'azzeramento delle emissioni deriva dalla rimozione dell'effetto schermante dell'aerosol da solfati. L'intervallo di incertezza al 95% (area ombreggiata) è riportato per un unico scenario in modo da migliorare la leggibilità del grafico. Per gli scenari e i metodi di modellizzazione si vedano: Rogelj et al., 2010; Hare et al., 2011; Schaeffer et al., 2012.



- l'aridità crescente e gli eventi siccitosi aumenterebbero probabilmente in maniera sostanziale in molti paesi in via di sviluppo che si trovano in aree tropicali e subtropicali. Un pianeta in cui il riscaldamento raggiungesse i 4°C in più rispetto ai livelli preindustriali (successivamente lo indichiamo come un pianeta a 4°C), avrebbe inaudite ondate di calore, severe siccità e grandi alluvioni in molte regioni, con seri impatti sui sistemi umani, sugli ecosistemi e sui servizi a essi associati.

Il riscaldamento di 4°C può ancora essere evitato: numerosi studi dimostrano che ci sono percorsi di riduzione delle emissioni tecnicamente ed economicamente praticabili per poter contenere l'innalzamento delle temperature al di sotto dei 2°C (Figura 1). Pertanto, il livello di impatti che i paesi in via di sviluppo e il resto del mondo sperimenteranno sarà il risultato delle decisioni e delle scelte - inclusa, sfortunatamente, quella dell'inazione - dei governi, del settore privato e della società civile.

Impatti e cambiamenti osservati sul sistema climatico

Gli inequivocabili effetti dei cambiamenti indotti dalle emissioni di gas serra sul sistema climatico, riportati nel IV Rapporto di valutazione (AR4) dell'IPCC nel 2007, hanno continuato ad intensificarsi, più o meno incontrastati:

- la concentrazione del principale gas a effetto serra, il biossido di carbonio (CO₂), ha continuato ad aumentare rispetto al periodo preindustriale, di approssimativamente 278 parti per milione (ppm), fino a superare 391 ppm nel settembre del 2012, con un tasso di crescita attualmente a 1,8 ppm all'anno;
- l'attuale concentrazione di CO₂ è superiore a quella che qualsiasi evidenza paleoclimatica e geologica abbia indicato essersi mai verificata negli ultimi 15 milioni di anni;
- le emissioni si attestano, attualmente, a circa 35.000 milioni di tonnellate all'anno (incluso le modificazioni nell'uso del



suolo) e, in assenza di ulteriori politiche, si stima che aumenteranno fino a 41.000 milioni di tonnellate di CO₂ nel 2020;

- la temperatura media globale ha continuato ad aumentare ed è attualmente circa 0,8°C superiore ai livelli preindustriali.

Un riscaldamento globale di 0,8°C può non sembrare di grandi proporzioni, ma molti impatti dovuti ai cambiamenti climatici hanno già cominciato a manifestarsi e un passaggio del riscaldamento da 0,8°C a 2°C o oltre porrà sfide ancora maggiori. È utile ricordare che un aumento della temperatura media globale di 4°C si avvicina alla differenza registrata tra le temperature di oggi e quelle dell'ultima era glaciale, quando una buona parte dell'Europa centrale e del nord degli Stati Uniti era coperta da chilometri di ghiaccio e le temperature medie erano approssimativamente tra i 4,5°C e i 7°C più basse delle attuali. E cambiamenti climatici di queste proporzioni – indotti dall'uomo – avverranno nell'arco di un secolo, non di millenni.

Gli oceani hanno continuato a riscaldarsi, con circa il 90% dell'energia termica in eccesso intrappolata dall'aumento delle concentrazioni di gas serra dal 1955 conservata negli oceani sotto forma di calore. L'aumento medio dei livelli del mare nel mondo durante il XX secolo è stato di circa 15-20 centimetri. Nel corso dell'ultimo decennio l'innalzamento medio del livello del mare è cresciuto fino a circa 3,2 cm per decennio. Se questo tasso dovesse rimanere invariato, questo significherebbe un ulteriore innalzamento del livello

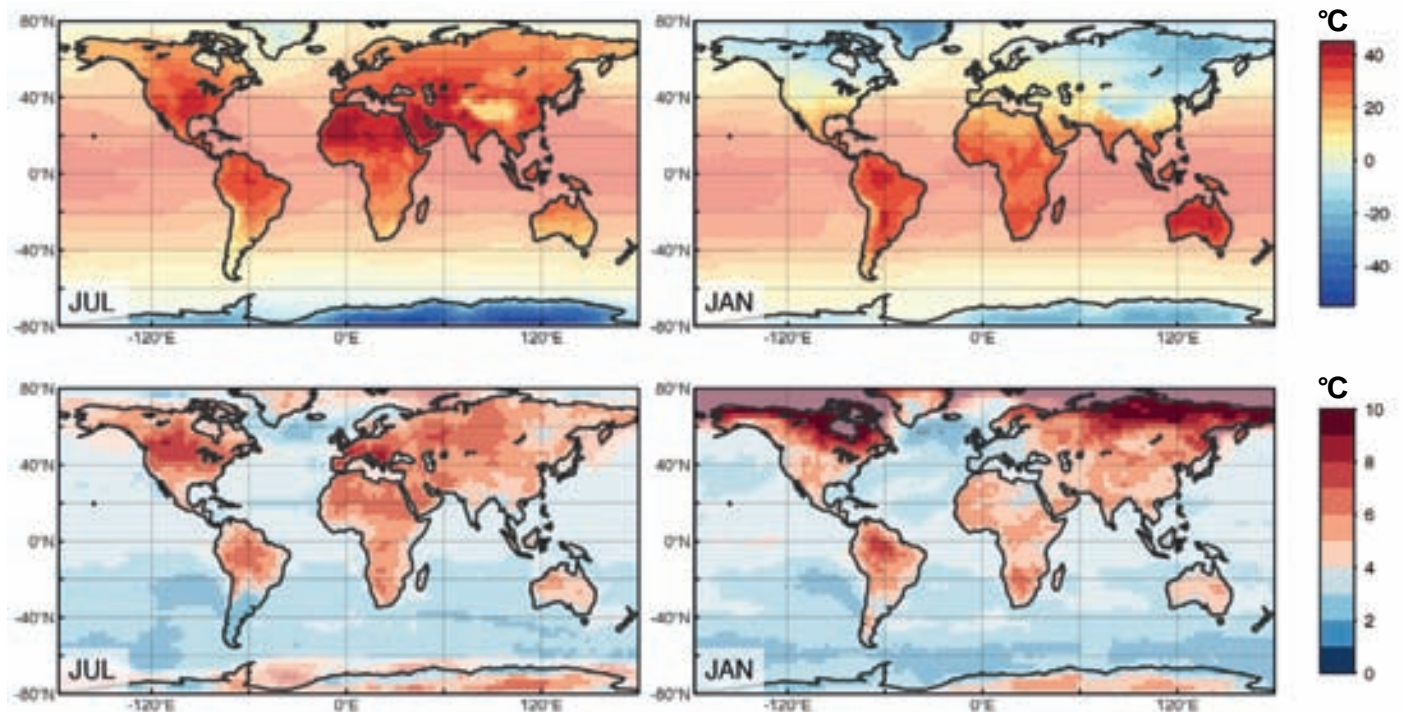
del mare nel XXI secolo di più di 30 cm.

Il riscaldamento dell'atmosfera e degli oceani sta portando a una accelerazione dello scioglimento dei ghiacci in Groenlandia e delle calotte antartiche e questo porterà in futuro ad ulteriori aumenti del livello del mare. Complessivamente, il tasso di perdita dei ghiacci è più che triplicato rispetto al periodo 1993-2003, come riportato nell'AR4 dell'IPCC, raggiungendo gli 1,3 cm a decennio nel periodo 2004-2008; il tasso di perdita nel 2009 è equivalente a 1,7 cm per decennio. Se lo scioglimento delle calotte di ghiaccio continuerà a questi ritmi, senza nuove accelerazioni, l'aumento del livello medio globale del mare derivante da questa specifica causa sarà di circa 15 cm entro la fine del XXI secolo. Una chiara dimostrazione della crescente vulnerabilità al riscaldamento dei ghiacci della Groenlandia è la rapida crescita dell'area di scioglimento osservata a partire dagli anni '70. Per quello che riguarda i ghiacci del Mare Artico, essi hanno raggiunto il minimo storico nel settembre 2012, con un dimezzamento dell'area ricoperta di ghiaccio durante il periodo estivo degli ultimi 30 anni.

Gli effetti dei cambiamenti climatici stanno anche conducendo a mutamenti osservabili in molti altri aspetti climatici e ambientali del Sistema Terra. L'ultimo decennio ha visto un numero eccezionale di ondate di calore estremo in giro per il mondo con conseguenti gravi impatti. I cambiamenti climatici indotti dall'uomo fin dagli anni '60 hanno aumentato la

PERCHÉ UN MONDO PIÙ CALDO DI 4°C DEVE ESSERE EVITATO

Figure 2: Valutazioni mediane multi-modello delle temperature mensili più calde registrate nel periodo 2080-2100 per i mesi di luglio (sinistra) e gennaio (destra) in valore assoluto (in alto) e come anomalie rispetto alle temperature mensili più estreme simulate per il periodo attuale (in basso). L'intensità della scala dei colori è stata ridotta sugli oceani per differenziarli.



frequenza e l'intensità delle ondate di calore e questo ha probabilmente esacerbato i loro impatti sociali. In alcune regioni climatiche, precipitazioni estreme e siccità sono aumentate in intensità e/o frequenza con una probabile influenza umana. Un esempio di una recente ondata di calore estremo è quella avvenuta in Russia nel 2010, che ha avuto importanti conseguenze negative. Stime preliminari di tali conseguenze collocano il conto dei morti a 55.000, i danni alle colture annuali intorno al 25%, oltre un milione di ettari la superficie colpita da incendi e perdite economiche per 15 milioni di dollari (l'1% del PIL).

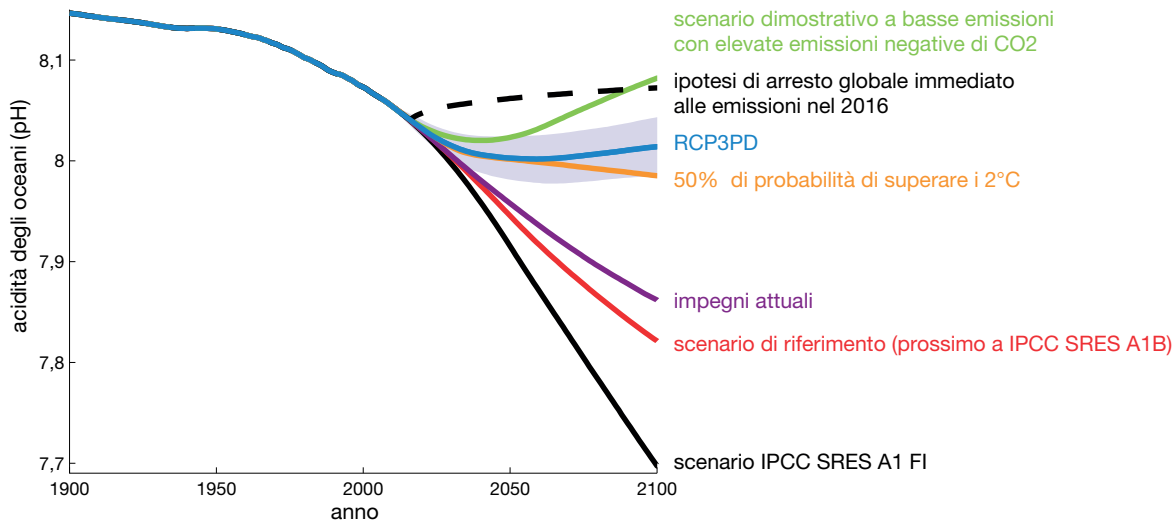
In assenza di cambiamenti climatici, ondate di calore estremo in Europa, Russia e Stati Uniti, per esempio, si verificerebbero solo una volta ogni parecchie centinaia d'anni. Le osservazioni indicano una decuplicazione della superficie del pianeta soggetta a ondate di calore estremo rispetto agli anni '50.

Anche l'estensione della superficie terrestre colpita da fenomeni di siccità è probabilmente aumentata sostanzialmente negli ultimi 50 anni, talvolta anche più velocemente rispetto alle previsioni dei modelli climatici. La siccità del 2012 negli Stati Uniti ha avuto impatti sull'80% dei terreni

agricoli, e ciò ne ha fatto la più grave siccità dagli anni '50. Gli effetti negativi delle temperature più alte sono stati osservati sulle produzioni agricole, con recenti studi che indicano che dagli anni '80 la produzione globale di mais e grano potrebbe essersi ridotta significativamente rispetto a quello che sarebbe avvenuto in assenza di cambiamenti climatici. Gli effetti delle maggiori temperature sulla crescita economica dei paesi più poveri sono stati anch'essi osservati negli ultimi decenni, suggerendo un rischio significativo di un'ulteriore riduzione della crescita economica nei paesi poveri a causa del cambiamento climatico. Uno studio del MIT¹ ha utilizzato le fluttuazioni storiche nei livelli delle temperature all'interno dei paesi per identificare i loro effetti sui risultati economici aggregati. Lo studio giunge alla conclusione che l'innalzamento delle temperature riduce sostanzialmente la crescita economica nei paesi poveri ed ha effetti di vasta portata riducendo la produzione agricola, quella industriale e la stabilità politica. Questi risultati alimentano il dibattito sul

¹ Dell, Melissa, Benjamin F. Jones, and Benjamin A. Olken. 2012. *Temperature Shocks and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century*. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 4(3): 66-95

Figure 3: Stime mediane (linee) derivanti dalle proiezioni probabilistiche del pH della superficie oceanica. Livelli più bassi di pH indicano maggiori livelli di acidificazione degli oceani, che inibiscono la calcificazione degli organismi, inclusi i molluschi, il fitoplancton calcareo e le barriere coralline. Lo scenario SRES A1FI mostra che l'aumento dell'acidificazione degli oceani è probabilmente associato con livelli di riscaldamento oltre i 4 °C rispetto al periodo preindustriale. L'intervallo di incertezza al 95% (area ombreggiata) è riportato per un unico scenario in modo da migliorare la leggibilità del grafico ed è determinato principalmente dall'incertezza connessa al ciclo del carbonio. Per gli scenari e i metodi di modellizzazione si vedano: Bernie et al. 2010; Rogelj et al., 2010; Hare et al., 2011; Schaeffer et al., 2012.



ruolo del clima nello sviluppo economico e suggeriscono la possibilità di sostanziali impatti negativi dell'innalzamento delle temperature sui paesi poveri.

Gli impatti dei cambiamenti climatici in un pianeta a 4°C

Gli impatti di un riscaldamento di 4°C non saranno distribuiti uniformemente a livello mondiale, né le conseguenze saranno una semplice estensione di quelle percepite con un innalzamento delle temperature di 2°C. Il riscaldamento maggiore avverrà sulla superficie terrestre e sarà compreso tra i 4°C e i 10°C. Incrementi di 6°C o più sono attesi nelle temperature medie del periodo estivo in vaste regioni del pianeta, inclusi il Mediterraneo, il Nord Africa, il Medio Oriente e la periferia degli Stati Uniti (Figura 2).

Le previsioni per un pianeta a 4°C mostrano un drammatico aumento nell'intensità e nella frequenza di eventi estremi con alte temperature. In un pianeta a 4°C, le recenti ondate di calore estremo come quelle avvenute in Russia nel 2010 diventeranno con tutta probabilità la nuova normalità dei periodi estivi. L'America sud-tropicale, l'Africa centrale e tutte le isole tropicali del Pacifico sperimenteranno regolarmente ondate di calore senza precedenti in termini di intensità e durata. In questo nuovo regime ad alte temperature, i mesi più freddi saranno con

buona probabilità sostanzialmente più caldi di quelli più caldi della fine del XX secolo. In regioni quali il Mediterraneo, il Nord Africa, il Medio Oriente e l'Altopiano Tibetano, quasi tutti i mesi estivi saranno più caldi di quelli delle più estreme ondate di calore sperimentate attualmente. Per esempio, il luglio più caldo nella regione del Mediterraneo potrà essere di 9°C più caldo rispetto al più caldo luglio di oggi.

Le ondate di calore estremo negli ultimi anni hanno avuto gravi impatti, causando morti, incendi forestali e perdite nei raccolti. Gli impatti delle ondate di calore estremo previste in un mondo a 4°C non sono stati valutati, ma ci si può attendere che essi supereranno ampiamente le conseguenze sperimentate fino ad oggi e che potranno potenzialmente andare anche oltre le capacità di adattamento di molti sistemi sociali e naturali.

Aumento della concentrazione di CO₂ e acidificazione degli oceani

Al di là del riscaldamento del sistema climatico, una delle conseguenze più gravi dell'aumento della concentrazione di biossido di carbonio in atmosfera deriva dalla dissoluzione negli oceani e dalla loro conseguente acidificazione. Un aumento sostanziale dell'acidità dell'oceano è stato osservato a partire dall'epoca preindustriale. Un riscaldamento di 4°C o più al 2100 corrisponderebbe a una concentrazione di



CO₂ di 800 ppm e a un aumento dell'acidità degli oceani di circa il 150%. I tassi di cambiamento osservati e quelli previsti nell'acidità degli oceani nel corso del prossimo secolo appaiono essere senza eguali nella storia della Terra. Sta già emergendo l'evidenza delle conseguenze negative dell'acidificazione per gli organismi e gli ecosistemi marini, combinata con gli effetti del riscaldamento, della pesca eccessiva e della distruzione degli habitat (Figura 3).

In particolare, le barriere coralline sono estremamente sensibili ai cambiamenti nelle temperature dell'acqua, del pH degli oceani e all'intensità e alla frequenza dei cicloni tropicali. Le barriere coralline forniscono protezione dalle inondazioni costiere, dalle mareggiate, dai danni provocati dalla forza delle onde ma rappresentano anche le zone di riproduzione e gli habitat di molte specie di pesci. La crescita delle barriere coralline potrebbe interrompersi se la concentrazione di CO₂ si avvicinerà a 450 ppm nei prossimi decenni (corrispondente a un riscaldamento di circa 1,4°C nel 2030). Se con il passare del tempo la concentrazione raggiungesse quota 550 ppm (corrispondente a un riscaldamento di 2,4°C nel 2060), è probabile che le barriere coralline in molte zone comincerebbero a scomparire. La combinazione dello sbiancameto (*bleaching*) indotto dall'aumento termico, dell'acidificazione degli oceani e dell'innalzamento del livello del mare minacciano vaste zone di barriere coralline già nell'ipotesi di un riscaldamento globale di 1,5°C. L'estinzione regionale di

interi ecosistemi di barriere coralline, che potrebbe avvenire già ben prima di raggiungere i 4°C, avrebbe profonde conseguenze per le specie da esse dipendenti e per le popolazioni che da tali specie dipendono per il proprio sostentamento, il reddito, il turismo e la protezione del litorale.

Innalzamento del livello del mare, inondazioni costiere ed erosione

Un riscaldamento di 4°C porterebbe a un aumento del livello del mare tra 50 cm e 1 metro, e potenzialmente anche di più, entro il 2100, con una prospettiva di ulteriori metri di innalzamento nei prossimi secoli. Limitare il riscaldamento a 2°C potrebbe ridurre l'innalzamento del livello del mare di circa 20 cm al 2100 rispetto allo scenario di un riscaldamento di 4°C. Tuttavia, anche se il riscaldamento rimanesse limitato ai 2°C, il livello medio del mare continuerebbe a crescere, raggiungendo un valore compreso tra 1,5 e 4 metri al di sopra dei livelli attuali entro il 2300. L'aumento del livello del mare potrebbe probabilmente essere contenuto al di sotto dei 2 metri se il riscaldamento venisse mantenuto al di sotto di 1,5°C.

L'aumento del livello del mare varierà da regione a regione: a causa di una serie di motivazioni di origine geofisica, si prevede che esso sarà più alto del 20% nelle regioni tropicali e sotto la media alle alte latitudini. In particolare, lo sciogli-

mento dei ghiacci ridurrà la spinta gravitazionale dell'oceano verso la calotta glaciale e, come conseguenza, l'acqua dell'oceano tenderà a gravitare verso l'equatore. Cambiamenti nelle correnti dei venti e degli oceani dovute ai cambiamenti climatici e ad altri fattori avrebbero anch'essi effetti sull'innalzamento regionale del livello del mare, così come lo avranno i modelli di assorbimento del calore e di riscaldamento degli oceani.

Le previsioni degli impatti connessi con l'innalzamento del livello del mare sono asimmetriche persino tra regioni e paesi. Degli impatti previsti per 31 Paesi in via di sviluppo, 10 città contano da sole per i 2/3 dell'esposizione totale ad inondazioni estreme. Città altamente vulnerabili sono state individuate in Mozambico, Madagascar, Messico, Venezuela, India, Bangladesh, Indonesia, Filippine e Vietnam.

Per gli stati costituiti da piccole isole e le regioni dei delta dei fiumi, l'aumento del livello del mare avrà conseguenze ancora più gravi, specialmente se combinate con il previsto aumento dell'intensità dei cicloni in molte regioni tropicali, altri eventi meteorologici estremi e cambiamenti climatici indotti sugli ecosistemi oceanici (per esempio la perdita delle barriere coralline dovuta all'innalzamento delle temperature e all'acidificazione degli oceani).

Rischi per i sistemi di supporto alla vita umana: cibo, acqua, ecosistemi e salute

Sebbene le proiezioni di impatto di un pianeta a 4°C siano ancora preliminari ed è spesso difficile comparare singole valutazioni, questo rapporto identifica un certo numero di gravi rischi ai sistemi di supporto alla vita umana. Con livelli estremi di temperatura, le ondate di calore, le piogge e le siccità sono previste in aumento a causa del riscaldamento; e i rischi sarebbero ben più alti in un pianeta a 4°C rispetto ad un a 2°C.

In un mondo che rapidamente si riscalda fino a 4°C, i peggiori impatti negativi sulla disponibilità di acqua si assocerebbero probabilmente alla crescente domanda d'acqua dovuta all'aumento della popolazione mondiale. Alcune stime indicano che un riscaldamento di 4°C potrebbe esacerbare significativamente l'attuale scarsità di risorse idriche in molte regioni, particolarmente nel Nord Africa e nell'Africa dell'Est, nel Medio Oriente e nell'Asia del Sud, mentre alcuni paesi africani si dovrebbero confrontare per la prima volta con la scarsità d'acqua su scala nazionale a causa dell'aumento della popolazione.

- Condizioni di maggiore aridità sono previste, fra gli altri, per l'Europa meridionale, per l'Africa (ad eccezione di alcune zone del nord-est), per ampie parti del Nord America e del Sud America e per l'Australia meridionale.

- Condizioni di maggiore piovosità sono previste in particolare per le alte latitudini settentrionali – cioè, il nord del Nord America, l'Europa del nord e la Siberia – e in alcune regioni monsoniche. Alcune regioni potrebbero sperimentare una ridotta concentrazione di piogge rispetto allo scenario in assenza di cambiamenti climatici.

- Cambiamenti sub-stagionali e sub-regionali al ciclo idrogeologico sono associati a gravi rischi, come alluvioni e siccità, che potrebbero aumentare significativamente anche nel caso in cui le medie annuali cambino di poco.

Con eventi estremi di piovosità e siccità previsti in aumento a causa del riscaldamento, questi rischi previsti saranno presumibilmente molto maggiori in un pianeta a 4°C rispetto a uno a 2°C. In un mondo a 2°C:

- I bacini fluviali dominati da un regime monsonico, come il Gange e il Nilo, sono particolarmente vulnerabili ai cambiamenti nella stagionalità del deflusso che possono avere grandi impatti negativi sulla disponibilità d'acqua.

- La media annua di deflusso dei bacini del Danubio, del Mississippi, del Rio delle Amazzoni e del *Murray Darling* è prevista ridursi tra il 20 e il 40%, ma l'incremento previsto per il bacini del Nilo e del Gange è approssimativamente del 20%.

Tutti questi cambiamenti approssimativamente raddoppiano in di intensità in un pianeta a 4°C.

Il rischio di dissesti negli ecosistemi come risultato delle variazioni degli ecosistemi stessi, degli incendi, della trasformazione degli ecosistemi, del deperimento forestale sarebbe significativamente più alto con un riscaldamento di 4°C se comparato con un riscaldamento più ridotto. La crescente vulnerabilità al calore e alla siccità porterà probabilmente all'aumento della mortalità e all'estinzione di intere specie.

Gli ecosistemi saranno interessati da eventi atmosferici estremi sempre più frequenti, quali perdite di foreste dovute a siccità e incendi alimentati dalle questioni legate all'uso del suolo e dell'espansione dell'agricoltura. In Amazzonia, gli incendi forestali potrebbero raddoppiare al 2050 a seguito di un riscaldamento rispetto al periodo preindustriale

PERCHÉ UN MONDO PIÙ CALDO DI 4°C DEVE ESSERE EVITATO

compreso tra 1,5°C e 2°C. I cambiamenti sono attesi essere ancora più gravi in un mondo a 4°C.

Infatti, in un mondo a 4°C i cambiamenti climatici sembrano diventare il *driver* dominante dei mutamenti degli ecosistemi, superando la distruzione degli habitat come la più grande minaccia alla biodiversità. Studi recenti dimostrano che una perdita di biodiversità su vasta scala ha grandi probabilità di verificarsi in un pianeta a 4°C, con il cambiamento climatico e l'alta concentrazione di CO₂ che guidano una transizione degli ecosistemi terrestri verso uno stato sconosciuto all'esperienza umana. I danni all'ecosistema ridurranno drammaticamente l'apporto dei servizi ecosistemici dai quali dipendono le nostre società (ad esempio la pesca e la protezione dei litorali costieri – offerta dalle barriere coralline e dalle mangrovie).

Mantenere livelli adeguati di produzione alimentare e agricola in risposta all'accrescimento della popolazione e all'aumento dei livelli di reddito sarà una sfida indipendentemente dai cambiamenti climatici indotti dall'uomo. Il quarto Rapporto di valutazione dell'IPCC prevede che la produzione di cibo a livello mondiale potrebbe aumentare con una temperatura media locale accresciuta tra 1°C e 3°C, ma dovrebbe diminuire al di sopra di queste temperature. Nuovi risultati pubblicati a partire dal 2007 sono molto meno ottimistici. Questi risultati suggeriscono un rapido aumento del rischio di riduzioni nella resa delle colture man mano che il pianeta si riscalda. Considerevoli impatti negativi sono stati osservati ad alte ed estreme temperature in diverse regioni quali l'India, l'Africa, gli Stati Uniti e l'Australia. Per esempio, effetti non lineari significativi sono stati osservati negli Stati Uniti a causa dell'aumento delle temperature locali a 29°C per il mais e a 30°C per i semi di soia. Questi nuovi risultati e osservazioni indicano un rischio rilevante che il superamento di soglie di alta temperatura potrebbe minare in maniera sostanziale la sicurezza alimentare in un mondo a 4°C.

Ad aumentare questi rischi c'è l'effetto avverso delle previsioni degli impatti dell'innalzamento del livello del mare sull'agricoltura in importanti aree dei delta dei fiumi più basse del livello del mare, come in Bangladesh, in Egitto, in Vietnam e in alcune parti delle coste dell'Africa. L'innalzamento del livello del mare avrà probabilmente impatti anche sulle coste a medie latitudini e aumenterà la penetrazione di acqua di mare nelle falde acquifere costiere utilizzate per l'irrigazione dei terreni costieri. Ulteriori rischi

derivano dalla probabilità dell'aumento di siccità a medie latitudini e di alluvioni a latitudini più elevate.

L'aumento previsto nelle intensità degli eventi estremi in futuro avrà probabilmente implicazioni negative sugli sforzi per ridurre la povertà, particolarmente nei Paesi in via di sviluppo. Recenti previsioni suggeriscono che i poveri sono particolarmente sensibili ad aumenti nell'intensità della siccità in un mondo a 4°C, specialmente in Africa, nell'Asia del sud e in altre regioni.

Eventi estremi di vasta scala, come grandi alluvioni che interferiscono con la produzione alimentare, possono anche indurre deficit nutrizionali e un aumento dell'incidenza di epidemie. Le alluvioni possono portare contaminanti e vettori di malattie in riserve d'acqua potabile e aumentare l'incidenza di malattie quali la diarrea e le difficoltà respiratorie. Gli effetti dei cambiamenti climatici sulla produzione agricola possono esacerbare la sotto-alimentazione e la malnutrizione in molte regioni – attualmente le maggiori cause di mortalità tra i bambini nei Paesi in via di sviluppo. Mentre la crescita economica si prevede possa ridurre significativamente i fenomeni di arresto della crescita infantile, i cambiamenti climatici si prevede possano allontanare da questi obiettivi in un buon numero di regioni: si prevede che un sostanziale aumento nei fenomeni di arresto della crescita nei bambini dovuto alla malnutrizione si verificherà con un riscaldamento tra i 2°C e i 2,5°C, specialmente nell'Africa sub-sahariana e nell'Asia del sud, e si prevedono scenari anche peggiori con un aumento a 4°C. Nonostante sforzi significativi per migliorare i servizi sanitari (per esempio, miglioramento delle cure mediche, sviluppo delle vaccinazioni, programmi di sorveglianza), ci si attendono impatti addizionali significativi sui livelli di povertà e sulla salute. Cambiamenti nelle temperature, nei tassi di precipitazione e nell'umidità influenzano la trasmissione di alcune malattie (ad esempio, malaria e dengue) così come hantavirus, leishmaniosi, malattia di Lyme, e la schistosomiasi.

Ulteriori impatti dei cambiamenti climatici possono includere i morti e i feriti dovuti a eventi meteorologici estremi. Livelli di smog amplificati dal calore possono peggiorare le malattie respiratorie e le malattie cardiache e dei vasi sanguigni, mentre in alcune regioni l'aumento delle concentrazioni di allergeni (pollini, spore) a causa del cambiamento climatico possono amplificare i tassi di malattie respiratorie allergiche.

Rischi di disgregazioni e migrazioni in un pianeta a 4°C

I cambiamenti climatici non accadranno nel nulla. La crescita economica e l'aumento della popolazione nel corso del XXI secolo probabilmente aggiungerà qualcosa al benessere umano e accrescerà la capacità adattativa in molte, se non nella maggior parte, delle regioni. Allo stesso tempo, però, ci saranno crescenti stress e prelievi sugli ecosistemi planetari che già adesso sono prossimi a soglie critiche e ai limiti. La resilienza di molti ecosistemi naturali e gestiti verrà probabilmente minata da queste pressioni e dalle previste conseguenze dei cambiamenti climatici.

Gli impatti previsti sulla disponibilità d'acqua, sugli ecosistemi, sull'agricoltura e sulla salute umana potranno condurre a migrazioni di popolazioni su vasta scala e avere conseguenze negative per la sicurezza umana e per i sistemi economici e del commercio. La portata globale dei danni in un mondo a 4°C non è stata ancora valutata. Cambiamenti distruttivi e su vasta scala nel sistema terrestre generalmente non vengono inclusi nei modelli e raramente nelle valutazioni di impatto. Nella misura in cui il riscaldamento globale si avvicina e supera i 2°C, aumenta il rischio di raggiungere delle soglie critiche di non linearità del sistema terrestre, con bruschi impatti sul cambiamento climatico e regimi di alta temperatura senza precedenti. Alcuni esempi includono il dissolvimento dei ghiacciai dell'ovest dell'Antartico che porterebbe a un più rapido innalzamento del livello del mare rispetto a quello previsto in questa analisi oppure il vasto deperimento dell'Amazzonia che colpisce drasticamente gli ecosistemi, i fiumi, l'agricoltura, la produzione di energia e dei mezzi di sussistenza in una regione di scala quasi continentale, potenzialmente aggravando in modo sostanziale il riscaldamento globale nel XXI secolo.

Ci potranno anche essere risposte non lineari all'interno di particolari settori economici agli alti livelli di riscaldamento globale. Per esempio, gli effetti non lineari delle temperature sulle colture saranno estremamente rilevanti nella misura in cui il mondo si riscalda di 2°C o più. Tuttavia, la maggior parte dei nostri attuali modelli sulle coltivazioni non tengono ancora completamente conto di questi effetti o dei potenziali della accresciuta variabilità (per esempio le temperature estreme, invasioni di nuovi parassiti e

malattie, bruschi spostamenti in fattori critici del clima che hanno grandi impatti sui rendimenti e/o la qualità del grano).

Le previsioni dei costi dei danni derivanti dai cambiamenti climatici generalmente valutano il costo dei danni a livello locale, incluse le infrastrutture, e non forniscono un'adeguata considerazione degli effetti a cascata (per esempio catene del valore aggiunto e delle reti di rifornimento) su scala regionale e nazionale. Tuttavia, in un mondo sempre più globalizzato che sperimenta una sempre maggiore specializzazione dei sistemi produttivi e, pertanto, una sempre più forte dipendenza dalle infrastrutture per fornire i beni prodotti, i danni alle infrastrutture possono portare impatti indiretti sostanziali. I porti sono un esempio di uno dei punti iniziali dove un guasto o un danno sostanziale nelle infrastrutture può innescare impatti che vanno molto al di là del luogo in cui avviene il danno.

Gli effetti cumulativi e interdipendenti degli impatti di questa portata, molti dei quali verranno probabilmente percepiti chiaramente sopra i 4°C di riscaldamento, non sono ancora ben compresi. Per esempio, non c'è uno studio pubblicato nella letteratura scientifica su tutte le conseguenze ecologiche, umane ed economiche del collasso di un ecosistema di una barriera corallina, meno ancora se combinato con la concomitante perdita di produzione marina dovuta all'aumento delle temperature degli oceani e all'aumento dell'acidificazione, e agli impatti di vasta scala sugli insediamenti umani e le infrastrutture in zone costiere marginali basse che risulterebbero da un innalzamento del livello del mare di un metro o più in questo secolo e oltre.

Dal momento che la scala e il numero degli impatti crescono con l'aumento della temperatura media globale, le interazioni tra di essi potranno accadere più frequentemente, aumentando gli impatti complessivi. Per esempio, uno shock di larga scala sulla produzione agricola dovuta alle temperature estreme in varie regioni, insieme a una sostanziale pressione sulle risorse idriche e a cambiamenti nel ciclo idrogeologico, impatterebbero sia sulla salute umana che sui mezzi di sussistenza. Questo potrebbe, a sua volta, produrre effetti a cascata sullo sviluppo economico riducendo la capacità lavorativa della popolazione, cosa che potrebbe ostacolare la crescita del PIL.

PERCHÉ UN MONDO PIÙ CALDO DI 4°C DEVE ESSERE EVITATO

Con pressioni crescenti man mano che il riscaldamento si avvicina ai 4°C e combinate con stress sociali, economici e demografici non legati al clima, il rischio di superare soglie critiche del sistema sociale crescerebbe. In prossimità di tali soglie le istituzioni esistenti, che avrebbero dovuto supportare azioni di adattamento, potrebbero diventare meno efficaci o addirittura collassare. Un esempio è il rischio che l'innalzamento del livello del mare negli atolli ecceda la capacità di una migrazione controllata e adattativa che si tradurrebbe nella necessità di un completo abbandono dell'isola o della regione. Similmente, stress sulla salute umana, come le ondate di calore, la malnutrizione, la diminuzione della qualità dell'acqua potabile dovuta a contaminazioni di acqua di mare, hanno il potenziale di sovraccaricare i sistemi sanitari al punto in cui l'adattamento non è più possibile, e la migrazione è forzata.

Pertanto, data l'incertezza che persiste circa la natura e la scala degli impatti, non può neppure esservi certezza che l'adattamento a un mondo a 4°C sia possibile. Un mondo a 4°C sarà probabilmente un mondo in cui le comunità, le città e i Paesi sperimenteranno gravi problemi, danni e migrazioni con la maggior parte dei rischi distribuiti in maniera iniqua. I poveri probabilmente soffriranno di più e la comunità globale potrà diventare più frammentata e ineguale di oggi. Semplicemente non bisogna permettere che il previsto riscaldamento di 4°C avvenga – la temperatura deve essere abbassata. Solo azioni immediate, cooperative e internazionali possono far sì che questo accada.

Lista degli acronimi

°C	gradi Celsius
AIS	(Antarctic Ice Sheet) Calotta glaciale artica
AOGCM	(Atmosphere-Ocean General Circulation Model) Modello generale di circolazione atmosferica-oceanica
AOSIS	(Alliance of Small Island States) Unione degli Stati delle piccole isole
AR4	(Fourth Assessment Report of the IPCC) Quarto rapporto di valutazione dell'IPCC
AR5	(Fifth Assessment Report of the IPCC) Quinto rapporto di valutazione dell'IPCC
BAU	(Business As Usual) Scenario tendenziale
CaCO ₃	Carbonato di calcio
cm	centimetri
CMIP5	(Coupled Model Intercomparison Project Phase 5) Fase 5 del progetto di comparazione di modelli accoppiati
CO ₂	Biossido di carbonio (o anidride carbonica)
CO _{2e}	Equivalenti di biossido di carbonio
DIVA	(Dynamic Interactive Vulnerability Assessment) Valutazione dinamica interattiva della vulnerabilità
DJF	(December January February) Dicembre gennaio febbraio
GCM	(General Circulation Model) Modello di circolazione generale
GIS	(Greenland Ice Sheet) Calotta glaciale della Groenlandia
GtCO _{2e}	Gigatonnellate—miliardi di tonnellate—di biossido di carbonio equivalente
IAM	(Integrated Assessment Model) Modello di valutazione integrata
IBAU	(“IMAGE (Model) Business As Usual” Scenario (Hinkel et al. 2011)) Modello tendenziale IMAGE
ISI-MIP	(Inter-Sectoral Impact Model Inter-comparison Project) Progetto per un modello di intercomparazione degli impatti intersettoriali
IPCC	(Intergovernmental Panel on Climate Change) Panel intergovernativo sui cambiamenti climatici
JJA	(June July August) Giugno luglio agosto
LDC	(Least Developed Country) Paesi meno sviluppati
MGIC	(Mountain Glaciers and Ice Caps) Ghiacciai di montagna e calotte glaciali
NH	(Northern Hemisphere) Emisfero settentrionale
NOAA	(National Oceanic and Atmospheric Administration) Amministrazione nazionale per l'atmosfera e gli oceani (USA)
OECD	(Organisation for Economic Cooperation and Development) Organizzazione per lo sviluppo e la cooperazione economica
PG	(Population growth) Crescita demografica
PGD	(Population growth distribution) Distribuzione della crescita demografica
PIL	Prodotto interno lordo
ppm	parti per milione
RBAU	(“Rahmstorf Business As Usual” Scenario (Hinkel et al. 2011)) Scenario tendenziale di Rahmstorf
RCP	(Representative Concentration Pathway) Percorso rappresentativo della concentrazione
SH	(Southern Hemisphere) Emisfero settentrionale
SLR	(Sea-Level Rise) Aumento del livello del mare
SRES	(IPCC Special Report on Emissions Scenarios) Rapporto speciale dell'IPCC sugli scenari emissivi
SREX	(IPCC Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation) Rapporto speciale dell'IPCC sulla gestione del rischio connesso a eventi estremi e disastri per migliorare l'adattamento ai cambiamenti climatici
SSA	(Sub-Saharan Africa) Africa sub-sahariana
UNFCCC	(United Nations Framework Convention on Climate Change) Convenzione quadro sui cambiamenti climatici delle Nazioni Unite
WBG	(World Bank Group) Gruppo Banca Mondiale
WBG _T	(Wet-Bulb Global Temperature) Temperatura globale di bulbo umido
WDR	(World Bank Group's World Development Report) Rapporto sulla Banca Mondiale del Gruppo Banca Mondiale
WHO	(World Health Organization) Organizzazione mondiale della sanità



suolo) e, in assenza di ulteriori politiche, si stima che aumenteranno fino a 41.000 milioni di tonnellate di CO₂ nel 2020;

- la temperatura media globale ha continuato ad aumentare ed è attualmente circa 0,8°C superiore ai livelli preindustriali.

Un riscaldamento globale di 0,8°C può non sembrare di grandi proporzioni, ma molti impatti dovuti ai cambiamenti climatici hanno già cominciato a manifestarsi e un passaggio del riscaldamento da 0,8°C a 2°C o oltre porrà sfide ancora maggiori. È utile ricordare che un aumento della temperatura media globale di 4°C si avvicina alla differenza registrata tra le temperature di oggi e quelle dell'ultima era glaciale, quando una buona parte dell'Europa centrale e del nord degli Stati Uniti era coperta da chilometri di ghiaccio e le temperature medie erano approssimativamente tra i 4,5°C e i 7°C più basse delle attuali. E cambiamenti climatici di queste proporzioni – indotti dall'uomo – avverranno nell'arco di un secolo, non di millenni.

Gli oceani hanno continuato a riscaldarsi, con circa il 90% dell'energia termica in eccesso intrappolata dall'aumento delle concentrazioni di gas serra dal 1955 conservata negli oceani sotto forma di calore. L'aumento medio dei livelli del mare nel mondo durante il XX secolo è stato di circa 15-20 centimetri. Nel corso dell'ultimo decennio l'innalzamento medio del livello del mare è cresciuto fino a circa 3,2 cm per decennio. Se questo tasso dovesse rimanere invariato, questo significherebbe un ulteriore innalzamento del livello

del mare nel XXI secolo di più di 30 cm.

Il riscaldamento dell'atmosfera e degli oceani sta portando a una accelerazione dello scioglimento dei ghiacci in Groenlandia e delle calotte antartiche e questo porterà in futuro ad ulteriori aumenti del livello del mare. Complessivamente, il tasso di perdita dei ghiacci è più che triplicato rispetto al periodo 1993-2003, come riportato nell'AR4 dell'IPCC, raggiungendo gli 1,3 cm a decennio nel periodo 2004-2008; il tasso di perdita nel 2009 è equivalente a 1,7 cm per decennio. Se lo scioglimento delle calotte di ghiaccio continuerà a questi ritmi, senza nuove accelerazioni, l'aumento del livello medio globale del mare derivante da questa specifica causa sarà di circa 15 cm entro la fine del XXI secolo. Una chiara dimostrazione della crescente vulnerabilità al riscaldamento dei ghiacci della Groenlandia è la rapida crescita dell'area di scioglimento osservata a partire dagli anni '70. Per quello che riguarda i ghiacci del Mare Artico, essi hanno raggiunto il minimo storico nel settembre 2012, con un dimezzamento dell'area ricoperta di ghiaccio durante il periodo estivo degli ultimi 30 anni.

Gli effetti dei cambiamenti climatici stanno anche conducendo a mutamenti osservabili in molti altri aspetti climatici e ambientali del Sistema Terra. L'ultimo decennio ha visto un numero eccezionale di ondate di calore estremo in giro per il mondo con conseguenti gravi impatti. I cambiamenti climatici indotti dall'uomo fin dagli anni '60 hanno aumentato la

