



**COMUNE** **INFO**

# **IL CLIMA È PROPRIO DIVERSO**

LE MUTAZIONI  
APRILE 2021 – NOVEMBRE 2022:  
I 18 MESI CHE SARANNO  
IL FUTURO DEL PIANETA

**[ALBERTO CASTAGNOLA]**

La foto di copertina è tratta da [pixabay.com](https://pixabay.com)

## **Anno 2021**

Negli ultimi due anni i processi del cambiamento climatico hanno mostrato un salto di qualità, quindi non soltanto una accelerazione o una intensificazione che molti scienziati avevano previsto. Questa modificazione strutturale, iniziata nell'aprile del 2021 e continuata nei nove mesi successivi, si è poi ripetuta con caratteristiche analoghe nel 2022 e tutto lascia prevedere che nei prossimi anni il clima continuerà a evolvere seguendo questa nuova logica, che potrà ovviamente anche comprendere nuovi eventi oggi non prevedibili, ma che alcuni scienziati stanno cercando di immaginare.

Il presente testo, pur con tutte le opportune cautele, mette in evidenza le nuove logiche e dimensioni appena apparse, ed è aperto a tutte le critiche e le correzioni che altri esperti vorranno formulare, poiché la crisi profonda che l'umanità sta attraversando non permette ulteriori ritardi negli interventi e nelle politiche. Inoltre chi scrive è un economista che da 12 anni studia i problemi ambientali, ma che non è certo uno scienziato, e che quindi vedrà con piacere contributi di veri esperti che possano contribuire a formulare correzioni e approfondimenti.

## Le temperature

Il 2020 è stato l'anno più caldo per l'Europa, con temperature autunnali e invernali da record. A livello globale è stato uno dei tre anni più caldi e anche gli ultimi sei anni sono stati i più caldi mai registrati. Il riscaldamento globale è stato di 1,20 gradi centigradi rispetto alla media degli anni 1850-1900. La concentrazione dei gas serra - anidride carbonica e metano - ha continuato ad aumentare toccando i livelli più alti dal 2003, anno in cui sono iniziate le rilevazioni satellitari; in particolare, l'inverno in Europa ha registrato temperature sopra la media stagionale di 3,4 gradi. Negli Stati Uniti, a Phoenix, la temperatura ha superato i 47 gradi, mentre nella Valle della Morte ha superato i 53 gradi. In Russia la temperatura media ha superato di 3,32 gradi quella del periodo 1961-1990. Quindi alcuni paesi hanno già superato ampiamente i livelli massimi, mentre i dati medi globali tendono a far sottovalutare il fenomeno. Però i segnali di una tendenza all'aumento delle temperature erano piuttosto chiari e sono stati molto trascurati. Passano pochi mesi e a giugno del 2021 il caldo comincia a farsi sentire con una violenza e una diffusione mai prima registrata. L'ondata di caldo colpisce la parte ovest degli Stati Uniti e del Canada, in particolare le città di Seattle, Vancouver e Portland, che nel loro insieme contano più di nove milioni di abitanti. Le temperature hanno raggiunto i 49.5 gradi, le più elevate dal 2003. Il record è stato registrato in Canada nella cittadina di Lytton, che poco dopo è stata distrutta da un incendio. Sempre in Canada la temperatura più alta non aveva mai superato i 45 gradi. In Siberia, a Verchojansk, registrate temperature superiori ai 47 gradi, che potrebbero anche accelerare lo scioglimento del permafrost artico. In India, l'ondata di caldo ha superato i 40 gradi in molte regioni e a New Delhi, con 43,1 gradi si sono registrate le temperature più alte dal 2012. Il mese di giugno è stato il più caldo in Nord America, in Finlandia e in alcune zone della Svezia. Su scala planetaria la temperatura più alta è stata registrata a Najaf, in Iraq, con 48,8 gradi centigradi.

Più in generale, si è in presenza di aumenti di 10 gradi rispetto ai valori massimi registrati negli ultimi cento anni, e di almeno 20 rispetto alle medie e alle rilevazioni meteorologiche, quindi una fase chiaramente di accelerazione, mentre il pianeta trattiene sempre più calore e per periodi più lunghi. Inoltre i giorni in cui le temperature hanno superato i 50 gradi centigradi sono raddoppiati nel mondo rispetto agli anni '80. Infine, è da notare che anche nei mesi finora definiti "invernali", novembre e dicembre 2021, in molti paesi sono state registrate temperature piuttosto elevate rispetto al passato. Ad esempio, il primo dicembre nella cittadina di Penticton, nella provincia canadese della British Columbia, è stata registrata una temperatura di 22,5 gradi. A dicembre, nella Siberia orientale, in particolare nella Jakuzia russa, uno dei luoghi abitati più freddi, che in passato arrivava anche a 67 gradi sotto lo zero, il termometro segnava i 37,8 gradi, la temperatura più calda mai registrata entro il Circolo Polare artico. In complesso, l'intero anno 2021 dovrebbe chiudere con nuovi record, la temperatura media mondiale dovrebbe superare di 1,09

gradi quella del periodo 1850-1900 nonostante un leggero raffreddamento dovuto alla Nina e l'anno dovrebbe piazzarsi tra il quinto e il settimo posto nella classifica degli anni più caldi.

## **Gli incendi**

L'aumento delle temperature è sicuramente tra le cause primarie degli incendi. Gli Stati Uniti già nel 2020 hanno subito una ondata di incendi devastante, la peggiore finora registrata, che ha distrutto quasi due milioni di ettari di vegetazione e causato la morte di 31 persone, vale a dire il doppio di quelli del 2018. Inoltre il 10% delle sequoie giganti del mondo è andato perduto, il 4% della superficie degli Stati Uniti è stato carbonizzato e la colonna di fumo prodotta è stata maggiore dell'inquinamento umano e industriale dell'intero ovest. Gli incendi, oltre a essere più vasti, sono anche più intensi poiché dai 950 gradi del passati sono pervenuti ai 1150 gradi.

Sempre nell'anno 2020 è andata in fumo nel mondo un'area della foresta tropicale grande come l'Olanda, con un aumento del 12% rispetto all'anno precedente. Si tratta di 4,2 milioni di ettari e il Brasile occupa il primo posto in questa drammatica statistica. Nel 2021, a partire dal mese di luglio, le regioni più colpite dal calore globale soffrono per incendi dalle caratteristiche ancora non sperimentate, sia per durata che per intensità e per capacità di riprodursi. In California, dopo oltre trenta giorni, il fuoco, il più lungo della storia recente, ha distrutto 2.000 chilometri quadrati di territorio e quasi mille edifici, creando quasi un "proprio clima" e stimolando la nascita di una nuova branca di scienza, la "meteorologia degli incendi". In Russia, nella Yakutsia, in Siberia, il fuoco ha devastato un territorio vasto come la metà della Grecia. In Grecia, una serie di 400 incendi ha investito le foreste intorno ad Atene.

In Italia la serie di incendi è iniziata i primi giorni del mese di luglio in Sicilia con 34 roghi in provincia di Catania, per poi percorrere il resto del paese dal sud verso il nord, vicino Pescara e poi il 7 agosto gli incendi devastano l'Aspromonte, in Calabria.

Ancora a dicembre, in Bolivia, gli incendi hanno distrutto 3,6 milioni di alberi su una superficie più grande del Belgio. Infine, il programma europeo Copernicus afferma che gli incendi che si sono sviluppati in varie regioni del mondo tra luglio e agosto hanno provocato emissioni record di anidride carbonica, aumentando quindi la concentrazione di questo gas serra nell'atmosfera. Poiché la presenza di questi gas ha avuto una forte influenza sulla diffusione e l'intensità degli incendi, siamo probabilmente di fronte a uno dei "circuiti viziosi" più pericolosi per il pianeta.

## I ghiacciai

I ghiacciai continuano a sciogliersi rapidamente. Tra il 2000 e il 2019 sono andate perse 267 miliardi di tonnellate di ghiaccio, pari al 21% del livello dei mari finora osservato. In base ai dati rilevati dai satelliti è possibile tracciare una mappa di 220.000 ghiacciai, escludendo però le calotte dell'Antartide e della Groenlandia. Sulle Alpi e sulle Ande centrali le riduzioni sono di minore entità, mentre al contrario le perdite sono state maggiori in Alaska e a est del Canada. Particolarmente preoccupante è lo scioglimento dei ghiacciai dell'Himalaya, che alimenta i tre grandi fiumi Gange, Brahmaputra e Indo, poiché da questi fiumi dipende la disponibilità di acqua di alcune centinaia di milioni di persone. Cioè nei prossimi decenni India e Bangladesh dovranno affrontare gravi problemi di approvvigionamento idrico. Inoltre in uno studio pubblicato sulla rivista *Cryosphere*, i ricercatori dell'University College di Londra affermano che la banchisa costiera artica si sta sciogliendo ad un ritmo dal 70 al 100% più rapido rispetto alle stime attuali.

Tra il 1994 e il 2017 il pianeta ha perso 28.000 miliardi di tonnellate di ghiaccio. La banchisa artica ne ha persi quasi 8.000 miliardi di tonnellate, mentre il ghiaccio marino antartico si è ridotto di oltre 6.000 miliardi di tonnellate e la stessa quantità è scomparsa nei ghiacciai montani. Altre forti perdite si sono registrate in Groenlandia e nell'Antartide continentale. Le rilevazioni via satellite confermano che lo scioglimento sta accelerando e che dagli anni '90 è aumentato del 57%. Lo scioglimento dei ghiacci sulla terraferma ha fatto aumentare di 35 millimetri il livello dei mari, mentre quello dei ghiacci marini riduce la capacità di riflettere i raggi solari, rafforzando la tendenza al riscaldamento del pianeta. Un'altra fonte rende noto che in India è crollato un ghiacciaio nel fiume Dhanliganga e ha invaso una intera valle nello Stato di Utterakhand, causando 32 morti e 170 dispersi. In Tibet, i glaciologi definiscono l'altopiano montuoso "il terzo polo" perché ospita la più grande riserva di acqua dolce del mondo al di fuori delle regioni polari: questa riserva è immagazzinata all'interno di migliaia di ghiacciai in tutta l'area, ma l'aumento delle temperature, lo scioglimento dei ghiacciai e il deflusso dell'acqua di disgelo stanno profondamente modificando il paesaggio. I due laghi più grandi, Dorsoidong Co e Chibzhang Co si sono espansi e poi si sono uniti nel 2005. I laghi sono diventati più profondi e la loro superficie è aumentata del 23% a seguito dello scioglimento dei ghiacciai e del permafrost sottostante lasciato allo scoperto. In Africa, secondo un rapporto dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale, più di 100 milioni di persone sono minacciate dall'accelerazione del riscaldamento globale e gli ultimi ghiacciai dovrebbero scomparire entro il 2050. In Svizzera è stato reso noto di recente che nel 2021 i ghiacciai locali hanno perso l'1% del loro volume, nonostante le abbondanti nevicate e una estate relativamente fresca. Nel mare di Bering, che si estende per due milioni di chilometri quadrati all'estremità dell'Oceano Pacifico e che è collegato al mare glaciale artico dallo stretto di Bering, il ghiaccio marino ha un ruolo importante nell'ecosistema locale, contribuendo al benessere di uccelli e mammiferi marini; inoltre limita gli effetti delle tempeste e

delle inondazioni sulle comunità costiere. Negli ultimi anni il ghiaccio si è molto ridotto e secondo alcuni ricercatori potrebbe scomparire del tutto entro il 2100 e quest'anno ha cominciato a riformarsi a ottobre invece che a settembre. A partire dagli anni ottanta sono cominciate le misurazioni satellitari del ghiaccio marino artico, la cui superficie varia nel corso dei mesi e tocca un minimo a settembre e poi inizia a riformarsi. Per quanto riguarda l'Antartide, nel mese di agosto 2021 si è definitivamente staccato dalla banchisa l'iceberg A74 che ha una superficie di 1.270 chilometri quadrati. Il fenomeno era previsto da due anni e ha dimensioni meno grandi del precedente A68, che si è staccato dalla piattaforma Larsen C nel 2017 che aveva dimensioni cinque volte maggiori. Nella stessa zona gli esperti stanno sorvegliando la spaccatura Halloween, sempre appartenente alla piattaforma Blunt e vicina alla stazione di ricerca inglese Halley VI, che è in via di allargamento. Sempre in Antartide, di recente alcuni scienziati hanno avvertito che il ghiacciaio Thwaites, uno dei più grandi della regione, si sta destabilizzando rapidamente. Quindi anche per questo polo stanno aumentando i segnali di trasformazioni in corso, che avrebbero effetti difficilmente immaginabili sul livello dei mari e sui fenomeni climatici. Infine, anche in Italia la minaccia di sparizione è una realtà. In Trentino, sulle Dolomiti, il ghiacciaio in cima alla Fradusta era negli anni '90 il secondo delle Alpi, nel 2000 occupava un'area di 102 ettari, oggi il ghiacciaio è scomparso e il lago sottostante è ridotto alle dimensioni di una pozzanghera.

Sempre nel mese di agosto sono emersi nuovi dati che riguardano il permafrost, lo strato di ghiaccio che copre terre e mari a seconda delle stagioni; è da ricordare che è il più sensibile ai cambiamenti climatici, e può sciogliersi nel periodo estivo sia nelle regioni artiche che su monti più alti di 2.600 metri nelle Alpi, oppure in zone costiere estendendosi sul mare, per poi riformarsi al ritorno del freddo. Circa la metà del carbonio organico sotterraneo del mondo si trova nelle regioni settentrionali del permafrost, però rappresenta circa il doppio della quantità di carbonio presente nell'atmosfera sotto forma di gas serra, biossido di carbonio e gas metano. Quindi sono chiari i motivi della preoccupazione che circonda lo scioglimento del permafrost, poiché potrebbe anche rilasciare nell'atmosfera grandi quantità di gas metano rimasto intrappolato nel terreno per millenni. In Siberia inoltre il permafrost arriva anche alla profondità di 1.500 metri e questo strato non ha subito alcun scongelamento dall'ultima era glaciale, cioè diecimila anni fa. Tuttavia gli studiosi fanno notare che le sue caratteristiche sono ancora poco note, poiché non si conoscono le sue emissioni di anidride carbonica e di metano durante l'inverno, dal momento che finora le misurazioni sono state effettuate solo in estate. Anche l'aumento del livello del mare è un dato aleatorio, poiché mancano i dati di molti paesi africani che potrebbero essere colpiti dal fenomeno.

## **L'acqua**

Un recente rapporto dell'Onu dedica molta attenzione all'elemento acqua. I dati di sintesi non si dovrebbero mai dimenticare. Oltre 2 miliardi di persone vivono in paesi sottoposti a stress idrico; 4 miliardi di persone vivono in aree caratterizzate da grave scarsità d'acqua per almeno un mese all'anno; 1,6 miliardi di persone affrontano una scarsità d'acqua “economica”, cioè l'acqua c'è ma mancano le infrastrutture per la distribuzione; il 30% delle principali falde acquifere sono in stato di deperimento. E ancora: l'80% delle acque reflue industriali e comunali di tutto il mondo viene rilasciata nell'ambiente senza alcun trattamento previo. La lista delle conseguenze delle carenze idriche continua: sono 829.000 i morti per malattie da acqua non sicura; tre miliardi di persone e due strutture sanitarie su cinque non dispongono dell'acqua necessaria per lavarsi le mani contro il covid e altre infezioni. Infine, entro dieci anni il mondo potrebbe dover fronteggiare un deficit idrico del 40%. Di recente si stanno moltiplicando le situazioni di grave siccità. Ad esempio, la città di Teheran, capitale dell'Iran, tra il 23 settembre e il 26 ottobre 2021 ha visto crollare le precipitazioni del 97%, rispetto al 2020, livello mai raggiunto negli ultimi cinquanta anni. Le cinque dighe che alimentano la città sono piene per un terzo della loro capacità: 477mioni di metri cubi su due miliardi. Ancora, l'Ufficio dell'Onu per gli affari umanitari ha lanciato l'allarme per il peggioramento della siccità in Somalia: circa 2,3 milioni di persone che vivono in 57 dei 74 distretti del paese soffrono di gravi carenze di acqua e di cibo.

## **Foreste**

Nel corso degli ultimi diecimila anni la Terra ha perso un terzo delle sue foreste, la metà di queste solo a partire dal 1900. Abbiamo tagliato gli alberi per usare la legna. Li abbiamo abbattuti per creare fattorie e pascoli. Per costruire case e strade. In tutto il mondo la deforestazione è diminuita rispetto ai picchi degli anni '80, ma l'andamento varia da regione a regione. In Indonesia, paese in cui le foreste sono state abbattute per far posto alle piantagioni di palma da olio, la perdita di alberi è diminuita a partire dal 2016. Da agosto 2020 a luglio 2021 in Amazzonia sono stati distrutti 13.000 chilometri quadrati di foresta pluviale, con un aumento del 22% rispetto all'anno precedente. Le foreste che sono già precipitate nel baratro rappresentano solo una piccola percentuale dei 3000 miliardi di alberi e dei 4 miliardi di ettari boscosi del pianeta. Il punto è che non possiamo ancora quantificare gli effetti climatici su scala planetaria. La superficie coperta da alberi della terra è aumentata del 7% dal 1982, ma ciò non significa che le foreste siano in salute: i dati non distinguono le foreste naturali dai boschi creati per scopi produttivi, cioè i milioni di eucalipti, pini e palme piantati per ottenere determinati prodotti a scapito delle foreste pluviali. Inoltre questi dati non consentono di sapere quali alberi sono stati abbattuti dalle motoseghe e quali sono stati uccisi da eventi legati al clima. Inoltre il numero complessivo di alberi non è

l'unico fattore importante. Gli alberi più vecchi e grandi immagazzinano la maggior parte dell'anidride carbonica, sono cruciali per la biodiversità e saranno difficili da rimpiazzare. Vediamo per quale meccanismo gli alberi sono vulnerabili all'aumento delle temperature. L'aria più calda assorbe più umidità dalle piante e dal terreno. Per ridurre la perdita durante la siccità gli alberi chiudono gli stomi delle foglie o perdono del tutto le foglie. In questo modo però si riduce l'immissione di Co2 per cui le piante rimangono affamate e assetate. Quando fa particolarmente caldo, gli alberi perdono persino parte dell'acqua. Quando il suolo è molto secco, gli alberi non riescono più a mantenere la pressione nei tubicini interni che portano acqua alle foglie. Bolle d'aria interrompono il flusso provocando fatali embolie. Alcune specie si proteggono con radici più profonde o immagazzinando più acqua, ma queste strategie vanno a discapito della possibilità di crescere in altezza per competere con altri alberi per la luce e lo spazio. Come gli scienziati hanno capito solo negli ultimi anni, il sistema idraulico di molti alberi di regioni diverse, funziona già al limite anche in condizioni normali. Ciò significa che un periodo prolungato di caldo e di scarsità di pioggia possono spingerli oltre quella soglia. La siccità che nel 2002 ha colpito le regioni sudoccidentali degli Stati Uniti ha fatto esattamente questo. Studiando gli anelli di accrescimento è emerso infatti che quello è stato l'anno più secco in un millennio, il peggiore in assoluto per la crescita degli alberi. Un fenomeno simile non era mai stato registrato. Nei venti anni successivi, il caldo e la siccità hanno ucciso, direttamente o indirettamente, miliardi di alberi in Spagna, in Corea del Sud e in Australia. Nella Siberia centrale sono andati perduti 800.000 ettari di alberi. Nel 2018 in Europa centrale si è registrata la peggiore siccità degli ultimi cinque secoli. In estate la temperatura è stata 3,3 gradi centigradi più alta della media. Moltissimi alberi sono morti, i sopravvissuti indeboliti hanno cominciato ad attrarre parassiti. La Repubblica Ceca è stata la più colpita. Dal 2018 al 2020 in Germania sono andati perduti 300.000 ettari di foresta. Secoli di storia hanno aggravato la crisi: in questa parte dell'Europa le foreste naturali sono quasi del tutto scomparse. L'uomo ha profondamente cambiato il paesaggio. Dominati in origine da faggi e querce, molti boschi sono stati ripiantati con lecci e pini. Ci vogliono decenni prima che una radura smetta di emettere più carbonio di quanto ne assorba, e secoli prima che recuperi la forza serbatoio dei fusti originali.

Non possiamo permetterci di aspettare i decenni necessari affinché queste foreste si riprendano dal taglio raso. Nelle centinaia di anni che occorrono perché una foresta maturi, il nostro pianeta sarà proiettato verso un riscaldamento di 5 gradi centigradi, innescando massicci eventi di siccità, pandemie e carestie. Nella British Columbia è rimasto solo il 3% degli alberi primari di fondovalle e stiamo per abbattere anche quelli. Lo stesso avviene nel resto del mondo. Con circa 25.000 specie, di cui più della metà endemiche, il bacino del Mediterraneo è il terzo "hot spot" al mondo per numero di specie vegetali. Conserva inoltre il 10% delle specie vegetali mondiali pur occupando solo l'1,6% della superficie terrestre e custodisce l'80% delle specie vegetali europee. E ancora: nel Mediterraneo sono endemiche il 48% delle

specie di rettili, il 64% degli anfibi, il 28% dei mammiferi. Una biodiversità straordinaria, senza però dimenticare che 5785 delle specie vegetali e animali presenti nel Mediterraneo oggi sono nella Lista Rossa IUCN delle specie in via di estinzione. Si stima che prima dell'intervento umano, migliaia di anni fa, le foreste coprissero l'82% del paesaggio della regione. Oggi si fermano al 35%, con una percentuale inferiore all'1% per quelle che potremmo definire "foreste antiche", ovvero poco toccate dalla pressione antropica. Tutte le foreste del Mediterraneo hanno una diversità specifica molto alta. Uno studio pubblicato nel 2019 ha classificato nella regione euromediterranea un numero incredibilmente alto di Taxa arborei nativi: 245, tra cui 210 specie e 15 sottospecie, appartenenti a 33 famiglie e 64 generi diversi. Tra questi ci sono anche 30 specie e 16 sottospecie endemiche. Questo significa 200 specie e sottospecie in più di quelle presenti nella regione centroeuropea. Una enormità. Tuttavia l'ecoregione già oggi è più calda e secca di prima e gli effetti del riscaldamento globale che stiamo sperimentando possono essere riassunti in tre punti. Il primo: alterazione dei modelli di incendio. Il modo in cui il territorio brucia e le fiamme si diffondono si è intensificato. La combinazione di lunghe ondate di calore, accumulo di siccità, bassa umidità dell'aria e venti molto forti insieme a una vegetazione molto secca e foreste molto infiammabili sono il cocktail perfetto per incendi molto più rapidi e con una virulenza mai sperimentata prima. Il secondo: periodi di rischio più lunghi e meno stagionali. Il terzo: espansione delle zone a rischio, un po' per un uso spregiudicato del territorio e delle risorse idriche, un po' per l'abbandono delle pratiche tradizionali di gestione forestale. L'ultimo rapporto del World Resources Institute, considerata la fonte più attendibile sulla deforestazione, riporta che nel 2021 il mondo ha perso altri 11,1 milioni di ettari di foreste tropicali, al ritmo incredibile di dieci campi di calcio ogni minuto. Il 96% della deforestazione globale avviene ai tropici. Ma l'aspetto più preoccupante è che un terzo di queste foreste distrutte erano primarie, le più preziose sia per lo stoccaggio di carbonio dall'atmosfera che per la protezione della biodiversità. Al primo posto il Brasile, al secondo la R.D. del Congo, al terzo la Bolivia. Anche per le foreste boreali è stato un anno duro: la perdita di copertura arborea del 2021 rispetto al 2020 è stata del 29%.

### **Eventi estremi**

Nel 2020 la tempesta Chalane ha colpito prima il Mozambico e poi il Madagascar e lo Zimbabwe; le frane, in genere in seguito a piogge torrenziali, hanno colpito il sud della Norvegia, Papua-Nuova Guinea e la Columbia, mentre delle valanghe sono state registrate in Iran sui monti Elburz, in Svizzera e a Norilsk in Russia, ma per le loro caratteristiche sono ancora degli eventi "normali". Nel 2021, a metà luglio, mentre si continuavano a registrare ondate di calore in numerosi paesi, in Germania quasi contemporaneamente un nubifragio improvviso e devastante ha colpito la Renania-Palatinato e il Nord Reno-Westfalia, causando 160 morti, distruggendo centinaia di abitazioni e alluvionando intere regioni.

Due dighe sono a rischio, canali e tubature sono scomparsi, oltre mille i dispersi, migliaia di sfollati. Subito dopo situazioni di particolare gravità sono state segnalate in Olanda e in Austria, nonché lungo il Danubio. Era troppo presto per conoscere le origini più lontane di questi eventi, ma la rapidità con la quale si sono prodotti e la forza delle acque e dei venti sono talmente fuori dalle logiche di tipo meteorologico da far sospettare collegamenti a scala planetaria con le modifiche del clima globale in corso. In Italia gli eventi estremi si verificano a settembre. Un nubifragio con piogge ad alta intensità ha colpito l'aeroporto di Malpensa, a Milano; Una tromba d'aria investe l'isola di Pantelleria, causando due morti e decine di case scoperciate. In Lombardia bombe d'acqua e trombe d'aria, Varese e il Lodigiano le zone più colpite, il fiume Olona ha rotto gli argini. Lo stato del British Columbia, in Canada, a metà novembre sempre del 2021, viene colpito da una tempesta che rovescia sul paese in poche ore molte più acqua che in molti mesi precedenti. Gli sfollati sono più di 18.000, le autostrade sono state trasformate in torrenti in piena che trasportavano auto e alberi abbattuti, fango e detriti di ogni genere e tutte le strade che portavano al porto di Vancouver sono rimaste bloccate per molti giorni. Ma la cosa più impressionante è il confronto con l'ultima estate, durante la quale lo stesso territorio ha fatto registrare i 49,6 gradi centigradi, e 600 vittime causate dal calore estremo. Evidentemente esistono ormai delle zone nelle quali si avvicendano eventi estremi di natura diversa, ma che derivano tutti dalla crisi climatica globale. Anche in Italia sono caduti più di 500 millimetri di pioggia su tutta la costa ionica a partire da ottobre, mentre la concentrazione delle piogge in Piemonte e Liguria ha determinato piene storiche di fiumi come il Bormida e l'Orba. Un recente rapporto di Legambiente elenca 133 eventi estremi nel solo 2021.

A livello internazionale altri eventi estremi hanno colpito il centro degli Stati Uniti, causando gravissimi danni e molte vittime. Nel Kentucky le cittadine di Mayfield e Dawson sono state colpite da una serie di tornado che le hanno praticamente rase al suolo e almeno 74 persone sono morte. Altre vittime sono state segnalate nell'Illinois, Tennessee, Arkansas e Missouri. La responsabile dell'Agenzia federale per la gestione delle emergenze ha fatto una dichiarazione molto significativa, che ben descrive la fase che il pianeta sta attraversando: "La moltiplicazione degli eventi meteorologici estremi è la nuova normalità". I tornado sono stati almeno sei in rapida successione, hanno devastato una striscia di territorio di oltre 350 chilometri e sembrano aver raggiunto punte di velocità intorno ai 400 chilometri orari. Inoltre a febbraio il Kentucky era stato colpito da una tempesta di ghiaccio che aveva lasciato senza elettricità 150.000 persone, e a luglio si era verificata una inondazione nella parte settentrionale. In Inghilterra la tempesta Arwen, con venti fino a 160 chilometri all'ora, ha paralizzato i trasporti e lasciato migliaia di persone senza elettricità per i danni alla rete. La tempesta è stata poi seguita da una ondata di gelo proveniente dall'Artico. Una forte tempesta ha inoltre colpito la regione di Marmara in Turchia con molte vittime. Nello stesso periodo forti alluvioni hanno colpito il Kenya e l'Australia. Infine un evento estremo si è

verificato in Italia gli ultimi giorni dell'anno, in particolare sulle Alpi. Sono state registrate temperature intorno ai 20 gradi, cioè quelle in passato tipiche del mese di maggio. Una imponente area di alta pressione di origine africana, l'anticiclone subtropicale, centrato su Marocco e Spagna, si stava impadronendo di buona parte del bacino Mediterraneo. Quindi si sono registrati i 22 gradi a Catania, mentre sulle Alpi nemmeno di notte a 3000 metri si è scesi sotto lo zero. In Val di Susa si sono registrati i 22 gradi. Analogo fenomeno, ma di segno contrario, in California, dove ha nevicato: nell'ultimo mese dell'anno la neve ha superato i cinque metri. In Alaska invece un caldo record: si sono sfiorati i 20 gradi, in un periodo di solito caratterizzato da freddo pungente e abbondanti nevicate.

## Anno 2022

Nel corso dell'analisi fin qui svolta, alcuni fenomeni avevano dato segnali di cambiamento del clima globale anche nel 2020 e tali modifiche avevano assunto forme e intensità nuove a partire dal maggio 2021. Non era tuttavia corretto dare per scontato che tali modifiche fossero ormai destinate a continuare negli anni successivi. Quindi abbiamo atteso con molta preoccupazione un intero anno per raccogliere ulteriori dati, usando gli stessi schemi di analisi. Come si vedrà, i cambiamenti sono non solo continuati, ma anche precisati e intensificati.

### Temperature

Il 2021 appena terminato è stato il quinto anno più caldo da quando sono iniziate le rilevazioni, con una temperatura media globale che ha superato di 1,1/1,2 gradi centigradi il livello dell'epoca preindustriale. Il dato è particolarmente preoccupante per la presenza della Nina, il fenomeno meteorologico che in genere causa un raffreddamento delle temperature complessive, e quindi ci si dovrebbe chiedere quali livelli sarebbero stati raggiunti in sua assenza. Non dobbiamo inoltre dimenticare che tutti gli ultimi sette anni sono stati i più caldi mai registrati.

Le emissioni di Co2 nell'atmosfera hanno ormai raggiunto le 414,3 parti per milione, segno ulteriore che nessuna reale azione per ridurre i gas serra è stata finora intrapresa. Sempre nello stesso anno 2021 in alcune località sono state segnalate temperature estremamente elevate. Ad esempio, in Alaska, negli Stati Uniti, nell'isola di Kodiak nel mese di dicembre sono stati registrati 19,4 gradi, la temperatura più elevata di sempre in questo mese. Una temperatura record di 50,7 gradi è stata raggiunta nella località costiera di Onslow, nell'ovest dell'Australia; un livello simile era stato raggiunto solo nel 1960, nella località di Oodnadatta. Nello stesso paese, la temperatura più alta è stata registrata il 18 gennaio 2022 a Windorath, dove il termometro è salito fino a 45,4 gradi centigradi.

In altri termini, nel caso dell'anno appena concluso, 1,8 miliardi di persone, quindi poco meno di un essere umano su quattro, hanno vissuto il giorno più caldo della loro vita. Nel febbraio 2022, quindi in pieno inverno, un'ondata di caldo anomalo ha colpito la California, con temperature che in alcune zone hanno raggiunto i 32 gradi. In Italia, sulle Alpi, mai un inverno così caldo e secco dal 1864. Secondo una ricerca dell'Ufficio Federale Meteo della Svizzera, che ha analizzato i dati degli ultimi 158 anni, è stata rilevata una temperatura media superiore di 1,8 gradi rispetto alle medie dell'ultimo trentennio e delle precipitazioni che sono appena il 22% di quelle previste. Le cause sono individuate nelle “condizioni anticicloniche persistenti caratterizzate da aria mite in quota” e nelle frequenti giornate con Fohn o favonio, un evento decisamente caldo. Intanto in Piemonte si registrano temperature di 20 gradi in pieno inverno e il Po ha livelli delle acque di oltre tre metri più bassi, che in genere caratterizzavano i mesi

estivi. Il 7 febbraio, dopo 80 giorni di siccità, una burrasca di tre ore si è abbattuta su Milano con venti fino a 130 chilometri orari, che ha scoperchiato molti tetti e causato vari danni alla stazione centrale e ad altri uffici pubblici. Il 18 marzo alla base di ricerca Concordia, nell'est dell'Antartide, a 3000 metri di altezza, è stata rilevata la temperatura più alta di sempre – 12,2 gradi, circa 30 gradi in più della media stagionale. Nella base Dumont d'Urville, sulla costa est, è stata rilevata una temperatura di 4,9 gradi, la più alta per il mese di marzo. Sembra quindi che ai poli le temperature stiano aumentando più velocemente che nel resto del pianeta. A maggio i meteorologi si affannano a cercare confronti con il 2003, ma non riescono a nascondere il fatto che l'“estate” è iniziata almeno con un mese di anticipo, riducendo a poche settimane “la primavera”. In Andalusia, in Spagna, nella seconda metà del mese raggiunti i 43,3 gradi e anche a Cordoba e a Siviglia si sono superati i 41 gradi. In Francia, nell'Occitania, 36,7 gradi, 35 a Strasburgo, nel nord del paese. In Germania negli stessi giorni 33 gradi a Mundingen e uno di meno a Stoccarda e a Monaco. In paesi come l'Iran si segnalano i 48 gradi a Bander-e-Dayyer, mentre in Kuwait, Qatar, Oman ed Emirati Arabi le temperature massime oscillano tra i 46 e i 47 gradi. Fanno anche una certa impressione gli appena tre gradi sotto lo zero alla Capanna Margherita, visto che si trova in cima al Monte Rosa, a 4.560 metri di altezza. Nella seconda metà di maggio, nel Rajasthan, nel nord ovest dell'India, le temperature hanno raggiunto i 48,1 gradi, mentre a Jacobstan, nel nord del Pakistan, sono stati raggiunti i 50 gradi.

Inoltre non si può dimenticare il fatto che più fa caldo, maggiore è il vapore nell'aria e maggiore è il rischio di eventi estremi come bombe d'acqua, trombe d'aria e grandinate devastanti. A fine maggio, una ondata di freddo anomalo ha colpito il Brasile, e nella capitale Brasilia viene registrata la temperatura più bassa di sempre, 1,4 gradi. A giugno, se si considerano ondate di calore quelle che durano almeno sei giorni, dagli anni '80 ci sono stati 17 giorni in più caratterizzati dal caldo estremo, rispetto alla media degli ultimi 30 anni in tutta l'Europa. Già il 2 luglio una ondata di calore investe il Giappone, a metà del mese in Europa un'altra ondata colpisce la Spagna e il Portogallo, superando i 44 gradi e poi si sposta fino a percorrere parte del nord Italia. Nel paese iberico il picco dei 45 gradi causa la morte di 360 persone, in gran parte anziani e malati, mentre in Portogallo con un picco di 47 gradi le vittime sono state 238. Ma sia in Inghilterra che in Grecia vengono superati i 40 gradi, che per i paesi nordici sono una novità storica. Il 22 invece viene investita la Cina. L'Italia ha probabilmente registrato il 16 luglio i 40 gradi (che non venivano raggiunti dal 2003) e la stessa soglia è stata superata nei giorni successivi a Firenze e a Perugia e poi nella pianura padana, ma il picco era previsto dopo il 20 luglio. Negli stessi giorni la Francia ha raggiunto i 42,6 gradi presso Nantes, superando tutti i livelli più alti del passato, mentre la massa di aria calda iniziava a spostarsi verso Belgio, Olanda e Germania. Su tutto l'arco delle Alpi si sono registrati 4 gradi sulle cime superiori ai 4000 metri (Monte Bianco, Gran Paradiso, Cervino), 6 gradi su Monte Rosa e Bernina, 10 sull'Ortles, 12 sulla Marmolada e 17 sulla Vetta d'Italia (2.500 metri). Per il pianeta, la

temperatura massima è stata registrata il 19 luglio ad Al Jahra, in Kuwait, dove il termometro è salito a 51,2 gradi, mentre quella più bassa si è misurata in Antartide alla stessa data a -76,4 gradi centigradi. Dal gennaio 2022 i sette mesi più caldi della storia. Ma dal 6 agosto inizia l'estate più calda della storia in molti paesi europei, ma anche con bombe d'acqua, piogge, alluvioni e frane in Italia, nel Trentino e in Val di Fassa, che fanno registrare 2,26 gradi sopra la medie di lungo periodo, cioè dal 1800. Ma è anche stato l'anno con meno della meta delle piogge registrate mediamente negli ultimi trenta anni. E una situazione analoga si verifica anche in Francia, con oltre 100 comuni che non hanno più acqua potabile e con un deficit di pioggia dell'84% rispetto alla media stagionale. Ma la siccità caratterizza molte zone dell'Europa: la sorgente del Tamigi è praticamente secca, nello Yorkshire si cammina sulle terre emerse della riserva idrica di Baitings, a Budapest il Danubio ha fortemente ridotto la sua portata. Secondo il Servizio europeo sul cambiamento climatico, Copernicus, il periodo dal primo giugno al 31 agosto è stato il più caldo mai registrato in Europa: 1,34 gradi più della media del periodo 1991-2020 e 0,4 gradi più del precedente record del 2021.

## **Incendi**

La crisi climatica ha reso le notti più calde e secche e questo cambiamento negli ultimi anni ha causato numerosi incendi di lunga durata, nonché molti incendi incontrollabili durati anche parecchie settimane. Ad esempio, negli Stati Uniti nella zona di Cameron Peak, è scoppiato un incendio il 13 agosto che si è spento solo a dicembre e in Australia nel 2019 erano andate a fuoco delle foreste di eucalipti, e gli incendi sono terminati solo dopo alcuni mesi. A febbraio 2022 un incendio ha distrutto più di 60 ettari di vegetazione vicino alla località costiera di Laguna Beach. Nello stesso periodo, altri incendi hanno distrutto diecimila ettari di foresta amazzonica in Colombia e il fumo ha raggiunto la capitale Bogotá. In Argentina, nella provincia di Corrientes, altri incendi hanno distrutto almeno 520.000 ettari di pascoli e coltivazioni. In tutti questi casi si è notato che le notti, un tempo umide e fresche, agevolavano lo spegnimento dei fuochi, mentre negli ultimi anni le notti secche e calde erano diventate più “infiammabili” e quindi agevolavano la ripresa e la continuazione degli incendi. Ad aprile, nel New Mexico, nel sud degli Stati Uniti, un incendio ha causato la distruzione di 2.400 ettari di vegetazione, e la morte di alcune persone. Un altro incendio ha distrutto 95 ettari di vegetazione a Tepoztlan, nello Stato di Morelos in Messico, mentre altri due roghi si sono sviluppati negli Stati di Jalisco e Tamaulipas. Nel mese successivo, numerosi incendi negli Stati Uniti, New Mexico e Colorado e diversi in Messico, tra i quali uno di grandi dimensioni, denominato Hermita Peak Fire, ha distrutto 170 case e 670 chilometri quadrati di vegetazione. In Russia, un incendio a Krasnojarsk ha distrutto 450 case e fatto cinque vittime; altri cinque i morti nei roghi delle regioni vicine di Kemerovo e Omsk.

Nel mese di giugno un incendio ha distrutto 3.500 ettari di vegetazione in Andalusia; sempre in Spagna un altro incendio ha distrutto 30.000 ettari di vegetazione sulla Sierra de la Culebra, nel nord ovest del paese. Nel mese di luglio le temperature elevate e le ondate di calore hanno creato le condizioni ideali per la moltiplicazione degli incendi. Nella provincia di Sètif, nel nord est dell'Algeria, numerose le vittime di incendi; a Cipro nord un rogo ha distrutto 2.600 ettari di vegetazione. In Grecia nella prima settimana di luglio un incendio ha distrutto 300 ettari di vegetazione e 900 di boscaglia, ma soprattutto ha minacciato il grande e antico uliveto di Amfissa, vicino a Delfi, che comprende centinaia di migliaia di ulivi, alcuni dei quali centenari.

Nella Amazzonia brasiliana si sono sviluppati oltre 2.500 incendi nel corso dell'anno. Una serie di incendi hanno devastato migliaia di ettari di vegetazione nel centro nord del Portogallo. Nel nord del Marocco gli incendi hanno distrutto almeno 6.600 ettari di vegetazione. Nell'Ovest del Canada, provincia della British Columbia, un rogo ha distrutto 1.500 ettari di foreste e alcune case. Nella seconda metà del mese di luglio, in Spagna, si è sviluppato un numero insolitamente elevato di incendi, che hanno distrutto 70.000 ettari di vegetazione, più del doppio della media annuale del decennio precedente. Nella Gironda, sulla costa atlantica della Francia, due grandi incendi hanno devastato le foreste di pini marittimi intorno alla località turistica di Ancachon, distruggendo 19.000 ettari di vegetazione e costringendo ad evacuare almeno 37.000 persone. Altri incendi sono scoppiati vicino a Zara in Croazia e a Dehaan in Belgio.

Anche l'Italia non è stata risparmiata: nei primi giorni del mese di luglio numerosi gli incendi nella periferia della capitale, in Friuli nella zona del Carso e in Toscana, in particolare in Versilia, e ampie aree sono state distrutte dal fuoco, che ha costretto a chiudere strade e autostrade. Ad agosto alcuni dati europei evidenziano che almeno il 64% del territorio è a rischio incendi per la siccità, che probabilmente è la peggiore degli ultimi 500 anni. Ad Albenga, in Liguria, un incendio distrugge 400 ettari di vegetazione; il 12 agosto brucia ancora la Francia, dove vengono distrutti 7.000 ettari di foresta. A settembre, i dati complessivi per l'Europa e l'Italia sono i seguenti: tra il 4 giugno e il 3 settembre sono bruciati in Europa 508.260 ettari di terreno, producendo 6,4 milioni di tonnellate di carbonio immesso nell'atmosfera, in Italia gli ettari bruciati stati oltre 54.855, tremila in più rispetto alla media del 2016-2021.

## **Ghiacciai**

Dall'800 ad oggi, e con una accelerazione negli ultimi decenni, i circa 4.000 ghiacciai delle Alpi hanno perso due terzi del loro volume a causa del riscaldamento globale. Le temperature medie di questa catena montuosa sono aumentate di 2 gradi, quasi il doppio della media mondiale. La neve arriva più tardi e fonde più in fretta. Stando agli studiosi che hanno analizzato i dati di oltre 2.000 stazioni meteorologiche, le Alpi nel loro complesso hanno perso quasi un mese di copertura nevosa. Durante le estati asciutte, i più

grandi fiumi di Europa, il Rodano, il Reno, il Danubio e il Po, sono in buona parte alimentati dall'acqua di disgelo. E quindi la navigazione e l'irrigazione stagionale potrebbero diventare un problema. Inoltre cambiano gli inverni, a partire dall'anno 2000 in quasi l'80% delle catene montuose, si registra una forte diminuzione delle aree coperte dalla neve e dei giorni di permanenza al suolo della neve. Cioè la prima neve cade più tardi e l'ultimo giorno di neve arriva prima. È poi da notare che se neve o ghiaccio marino si ritirano in anticipo, liberano superfici scure, terra o mare, che assorbono più sole e irradiano nuovamente il calore, aumentando la temperatura dell'aria e riducendo ulteriormente le precipitazioni nevose. Questa retroazione ghiaccio-albedo è quindi un fenomeno che si autoalimenta e che danneggia l'agricoltura, allunga la stagione degli incendi e aumenta il rischio di inondazioni.

Due gravi fenomeni riguardano l'Antartide. Una piattaforma di ghiaccio grande come il territorio di Roma, denominata Conger, è collassata nella parte orientale. Ciò è accaduto in concomitanza dell'anomala ondata di calore registrata a metà marzo, quando la temperatura del plateau antartico è salita di più di 40 gradi oltre la norma, fino a segnare il record di 11,8 gradi sotto zero. L'ondata di caldo eccezionale è durata una settimana circa: la temperatura è iniziata a salire il 16 marzo, ha quindi raggiunto il picco di -11,8 gradi ed è tornata gradualmente a scendere nella norma intorno al 23 marzo. Il secondo fenomeno riguarda l'inquinamento, cioè la superficie ghiacciata che si ricopre di particelle di fuliggine. Il fenomeno è noto, poiché si verifica da tempo nell'Artico, sull'Himalaya e sulle Ande, con microparticelle originate dalla combustione di carburanti fossili o da grandi incendi e trasportate dal vento. Però l'Antartide è protetta da correnti circolari che la isolano dal resto del pianeta e quindi l'inquinamento deve dipendere da cause locali. I ricercatori hanno studiato 28 siti lungo rotte turistiche e presso le stazioni di ricerca, scoprendo che in queste aree, durante l'estate australe, oltre 70.000 turisti hanno visitato il continente su navi da crociera, mentre vicino alle 70 stazioni di ricerca l'inquinamento era addirittura maggiore. Le particelle di fuliggine scuriscono quindi i ghiacci che assorbono più raggi solari e si sciolgono più facilmente. A giugno, tra le situazioni più preoccupanti ci sono condizioni climatiche ad alta quota: la combinazione tra un inverno poverissimo di neve e un maggio tra i più caldi di sempre ha fatto sì che al momento sui ghiacciai l'innevamento sia ai minimi storici, con una situazione che sarebbe "normale" per la seconda metà di luglio. Il primo giugno i rilievi condotti sul ghiacciaio Ciardoney (a 3.000 metri sul Gran Paradiso) hanno rivelato spessori tra i 25 e i 165 centimetri, mai così poca in trent'anni di misurazioni, mentre il pianoro di fronte al ghiacciaio, dove in questo periodo di norma ci sono ancora due metri di neve, era punteggiato da sassifraghe in fiore. Insomma ci sono tutti i presupposti per una estate molto difficile per tutti i ghiacciai alpini. Tutto ciò spiega l'evento drammatico verificatosi nei primi giorni di luglio in Italia nelle Dolomiti, sulla Marmolada (3.300 metri), dove un seracco si è staccato dal ghiacciaio e ha investito un gruppo di escursionisti, causando dieci morti e numerosi feriti.

Nel recente passato, il ghiacciaio si era ridotto di oltre il 30% e la superficie coperta del 22%, e nella zona si era registrata una temperatura di 10,3 gradi, molto elevata per quella altitudine.

## **Foreste**

L'anno 2022 inizia con dati interessanti relativi alle diverse qualità delle foreste. In Cina sono state avviate massicce campagne di rimboschimento, nel tentativo di limitare le emissioni complessive di anidride carbonica, ma poiché il paese è anche il principale importatore di materie prime agricole come la soia e l'olio di palma, la cui produzione in paesi di origine come il Brasile ha come conseguenza la deforestazione, sembra che in realtà gli squilibri del pianeta non vengano di fatto attenuati. In generale le foreste possono rimuovere il diossido di carbonio dall'aria in misura doppia di quella che immettono nell'aria che respiriamo. Ma purtroppo, c'è foresta e foresta: quelle degradate e quelle piantate per usi produttivi rilasciano più anidride carbonica di quanta ne assorbono; al contrario le foreste pluviali tropicali protette fanno registrare i migliori risultati nel mitigare i cambiamenti climatici in corso. Secondo un recente rapporto della FAO, tra il 2010 e il 2020 la Cina è il paese che più ha allargato i territori coperti da foreste: ogni anno più di 1.937.000 ettari in più. Nel resto del mondo, invece, la deforestazione negli ultimi trenta anni ha colpito 178 milioni di ettari. La Cina tuttavia è il principale importatore di semi di soia, il 60% di quelli prodotti in altri paesi, così come il 13% dell'olio di palma e il 15% della polpa di cellulosa, usata per produrre carta. Il bilancio complessivo è quindi ancora negativo e lo squilibrio tende a peggiorare ogni anno di più.

Per quanto riguarda il Brasile, dopo le piogge torrenziali verificatesi nel mese di dicembre 2021 dopo una lunga siccità, gli esperti stanno cercando di capire in particolare in che misura la deforestazione sta determinando una riduzione dei corridoi di umidità, i cosiddetti “fiumi volanti”, provenienti dall'Amazzonia e che influiscono molto sul clima del paese. In effetti l'Amazzonia risente in misura crescente dei danni arrecati dalle attività umane e ora anche dalla crisi climatica. Una recente ricerca (marzo 2022) ha analizzato la salute della foresta amazzonica con dati rilevati dai satelliti tra il 1991 e il 2016. È stato evidenziato un crollo della resilienza di tutta l'Amazzonia, cioè della sua capacità di riprendersi dai momenti di stress, soprattutto dalla siccità, dagli incendi e dai disturbi antropici. Questo parametro è definito dai ricercatori “rallentamento critico”, che se si prolunga nel tempo rende sempre più probabile che l'intero ecosistema cambi stato in modo drastico, drammatico e veloce. I dati raccolti sono quindi i primi segnali di allarme di una catastrofe su larga scala per quell'area del mondo. Attraverso una misura chiamata “profondità ottica della vegetazione” i ricercatori hanno osservato che la biomassa forestale non riesce a recuperare le perdite, muoiono più alberi di quelli che nascono per rimpiazzarli, la foresta si indebolisce ciclo dopo ciclo, stress dopo stress, anche perché le nuove piante crescono e si

adattano più lentamente e ad esempio le specie più resistenti alla siccità non fanno in tempo a sostituire quelle più sensibili. La regione in origine era una delle più umide al mondo, ma ci sono state tre diverse siccità dal 2000 a oggi. Molto intense sono state le attività umane nei paesi coperti dalla foresta amazzonica: conversione dei suoli, ampliamento dell'agricoltura e degli allevamenti intensivi, la costruzione di strade, il prelievo di legname, gli incendi dolosi. Inoltre in questi territori vivono un decimo delle specie conosciute e sono 5,5 milioni di chilometri quadrati di foreste che assorbono quantitativi di anidride carbonica dall'atmosfera. Questa perdita di “stabilità” del territorio forestale è già pervenuta al 75% del totale iniziale, il punto di non ritorno è sempre più vicino, anche perché non sembra siano previste politiche volte ad invertire questi processi. Nel solo 2021 sono stati deforestati 9724 chilometri quadrati di tutta l'Amazzonia.

### **Eventi estremi**

La potenza dei tornado è sempre più spesso evocata tra le notizie del giorno, poiché questi eventi atmosferici devastanti stanno crescendo di numero e di intensità. Due intere pagine del Corriere della Sera (26 gennaio 2022, n. 20 e 21) forniscono descrizioni e dati, suggerendo in primo luogo le definizioni dei principali tipi di eventi. Un tornado è una colonna d'aria stretta e rotante, che parte da un temporale e arriva al suolo, in pratica una tromba d'aria di dimensioni molto più grandi, che si forma quando c'è un mix di temperatura, umidità e vento e si incontrano due fronti di aria, una fredda e una calda, ma il meccanismo che li origina non è ancora molto chiaro, a parte il fatto che il vento deve essere molto forte ed avere una notevole velocità. Un ciclone, invece, è una tempesta in rapida rotazione che ha origine sugli oceani tropicali dai quali trae l'energia per svilupparsi. Nella parte centrale, l'occhio, c'è normalmente la calma e non vi sono nubi. Il suo diametro è in media tra i 200 e i 500 chilometri, ma può raggiungere anche i mille. Porta venti violenti, piogge torrenziali e onde alte. Infine, cos'è un nubifragio. Ha un tasso di caduta di pioggia superiore ai 30 millimetri all'ora, una velocità di caduta al suolo di otto metri al secondo, ma può arrivare ad avere un tasso di caduta anche di un centinaio di millimetri all'ora ed è chiamato pure “bomba d'acqua”. Negli Stati Uniti si possono formare dei tornado in ogni stagione dell'anno, e in media sono circa 1200 all'anno, ma raggiungono la massima frequenza nella cosiddetta “Tornado Alley” e negli ultimi trenta anni sono decisamente aumentati. Nel 2021, tra il 10 e l'11 dicembre, una serie di quattro tornado ha attraversato il Kentucky e sei Stati del Midwest e del sud est degli Stati Uniti, devastando completamente la cittadina di Mayfield e l'area a nord ovest di Nashville, nel Tennessee, e causando 80 morti. Pochi giorni dopo, un tifone con venti a 195 chilometri orari ha devastato le Filippine, causando 300 morti, centinaia di migliaia di feriti e sfollati, e distruggendo 480.000 case. In Italia si verificano 40-50 trombe d'aria ogni anno. A Rossiglione, nel Ponente Ligure, il 3-4 ottobre 2021, sono caduti in 12 ore 740 millimetri di pioggia e oltre 830 nelle 24 ore.

## Parte terza

Durante l'analisi di questi due ultimi anni, rivelatisi cruciali per le prospettive del cambiamento climatico, abbiamo visto emergere alcuni fenomeni di grande importanza, ma finora patrimonio del sapere scientifico di pochissimi esperti. Si tratta anche di fenomeni che comportano rischi enormi per il pianeta e per l'umanità nel suo insieme, ma le pubbliche opinioni sono ancora completamente all'oscuro dei rischi che correremo in un futuro molto vicino. Quanto segue è solo un richiamo abbastanza superficiale di alcuni di questi fenomeni (che forse non sono i soli ad essere nascosti) con la speranza che nelle sedi opportune, non solo istituzionali, si decidano le misure adeguate da adottare in tempi stretti.

### I sette mari

Nell'agosto 2021 sono diventati pubblici nuovi e più accurati dati relativi alla temperatura degli oceani, elaborati da 13 istituti di ricerca di tutto il mondo. Il contenuto di calore complessivo dei mari è stato stimato in 21 zettajoule. Per far meglio comprendere questa unità di misura, nota solo agli scienziati del settore, la ricerca suggerisce di pensare a 630 miliardi di asciugacapelli tenuti accesi per un anno. Inoltre viene segnalato che in ciascuno degli ultimi decenni il mare è risultato più caldo del precedente e che i cinque anni più caldi sono quelli che iniziano nel 2015. I ricercatori fanno tuttavia notare che le rilevazioni non si sono spinte oltre i 2.000 metri di profondità, e che quindi queste prime indicazioni andranno riviste man mano che saranno disponibili altri dati, specie quelli riguardanti le correnti dei mari più profondi. Nello stesso mese di agosto è emerso un altro fenomeno che riguarda più oceani. La Corrente del Golfo si è indebolita e oggi gli scienziati dispongono dei primi dati per valutare la portata del fenomeno. Il rallentamento, causato dal riscaldamento globale, potrebbe portare ad un aumento del livello del mare sulla costa est degli Stati Uniti e rendere più frequenti le tempeste in Europa. Era da più di mille anni che non si registrava una Corrente del Golfo debole come negli ultimi decenni. Di cosa stiamo parlando? “Il capovolgimento meridionale della corrente atlantica (Atlantic Meridional Overturning Circulation, AMOC), il sistema da cui dipende la Corrente del Golfo, funziona da nastro trasportatore. Porta verso nord le acque superficiali calde dell'equatore e riporta a sud le acque profonde, fredde e povere di sale”. A partire dalla metà del '900 la Corrente del Golfo aveva subito un rallentamento di circa il 15%, a causa del riscaldamento globale provocato dagli esseri umani. Le rilevazioni di dati sono iniziate nel 2004 e oggi gli scienziati hanno delle serie di dati abbastanza significative. Un primo indebolimento a partire dal 1850 e un altro più marcato dal 1950. Il sistema era basato sulle differenze di densità delle acque oceaniche. Quelle superiori, calde e saline, si spostano da sud a nord, dove si raffreddano e aumentano di densità. Precipitando negli strati oceanici più profondi e tornando a fluire verso sud. È

proprio questo meccanismo a essere alterato dal riscaldamento globale. Con l'aumento delle piogge e lo scioglimento dei ghiacci della Groenlandia, l'Atlantico settentrionale ha un maggiore afflusso di acqua dolce, che riduce la densità delle sue acque, impedendone l'inabissamento e di conseguenza indebolendo il flusso dell'Amoc. Il meccanismo causerebbe anche il “pozzo” di freddo rilevato nell'Atlantico negli ultimi decenni. L'indebolimento della Corrente del Golfo ha conseguenze per entrambe le sponde dell'Atlantico. La corrente superficiale dell'Amoc, che scorre verso nord, comporta uno spostamento a destra delle masse di acqua, che quindi si allontanano dalla costa orientale degli Stati Uniti. Se la corrente rallenta il fenomeno si indebolisce e sulla costa orientale degli Stati Uniti si accumulano maggiori quantità d'acqua. Questo potrebbe causare un aumento del livello del mare. In Europa, invece, l'indebolimento dell'Amoc potrebbe rendere più frequenti i fenomeni meteorologici estremi, come le tempeste invernali sull'Atlantico. Secondo altri studi, potrebbero moltiplicarsi le ondate di calore e gli episodi di siccità. Ma le esatte conseguenze non sono ancora chiare. Le fasi finali dell'articolo sono ancora più impressionanti, anche se inserite in una prospettiva di fine secolo: “Se non contrastiamo il riscaldamento globale, la Corrente del Golfo potrebbe indebolirsi del 34-45% entro la fine del secolo, e rischieremo di arrivare a un punto di non ritorno in cui la corrente diventa instabile. Nel gennaio 2022, in base ai dati complessivi già disponibili, si afferma che nel 2021 anche i mari hanno registrato un nuovo record, l'aumento delle temperature per il sesto anno consecutivo, fenomeno mai prima verificatosi. Gli studi di 23 ricercatori, di cui due italiani dell'Enea e dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, sottolineano che la variazione del contenuto termico degli oceani nel corso dell'anno è equivalente a quello che si otterrebbe facendo esplodere sette bombe atomiche ogni secondo durante tutto l'anno. Inoltre gli oceani assorbono poco meno di un terzo delle emissioni di anidride carbonica prodotte dalle attività umane, ma il riscaldamento riduce l'efficienza di questo processo e una quantità maggiore di anidride carbonica va nell'atmosfera. Invece nel 2021, come nei sei anni precedenti, il mare ha assorbito il 90% dell'aumento netto di temperatura causato dai gas serra nel loro complesso. Aumenta inoltre il volume delle acque, con ripercussioni drammatiche per gli atolli del Pacifico e degli Stati insulari come le Maldive, ma con effetti di erosione anche sulle altre zone costiere. E poi le acque dei mari sempre più calde creano le condizioni per tempeste e uragani sempre più violenti e frequenti, con zone di caldo esasperato sempre più estese. Ovviamente temperature crescenti incidono anche sulle catene alimentari marine e sulle alghe. Nel Mediterraneo le rilevazioni effettuate nel dicembre 2021 evidenziano strati più caldi anche a 800 metri di profondità, mentre tra gli effetti di questo maggior caldo vi sono anche meteo estremi come le ondate di calore, il caldo elevatissimo in Sicilia, la pioggia in Liguria e i “medicare”, cioè gli uragani che hanno colpito il Mediterraneo a partire dalla scorsa estate. In Indonesia, Stato che comprende 17.000 isole e ha una estensione di 5 milioni di chilometri quadrati, di cui solo 2 milioni sono terre emerse, la capitale Giacarta sarà sommersa dalle acque per un quarto della sua superficie entro il

2050, ma l'acqua è già oggi un problema, perché durante l'inverno, la stagione più piovosa, si moltiplicano gli allagamenti di interi quartieri, attanagliati dalla morsa del mare e delle alluvioni. Si aggiunge poi un fenomeno di erosione lento ma inarrestabile, che insieme rendono molto difficile la vita per i 30 milioni di abitanti della città metropolitana. Negli ultimi giorni di gennaio 2022 è stata quindi approvata una legge che prevede lo spostamento della capitale nel Borneo occidentale, che disterà da quella attuale circa 2000 chilometri in linea d'aria. La spesa attualmente prevista è di oltre 32 miliardi di dollari e i lavori dovrebbero terminare nel 2024, ma cifre e date sembrano essere molto ottimistiche. Nel giugno 2022, secondo la NOAA, la stagione degli uragani nell'Oceano Atlantico sarà più intensa del solito. Si prevedono tra 14 e 21 tempeste e di queste fino a sei diventeranno uragani maggiori. Più di recente, sono apparsi nuovi dati sui mari. L'innalzamento del livello dei mari ha raggiunto livelli record nel 2021, con una media di 4,5 millimetri all'anno dal 2013 ad oggi. Ma un numero crescente di paesi sta sperimentando innalzamenti molto più consistenti, oltre alla Thailandia tutti gli Stati insulari. Un quarto delle emissioni storiche di anidride carbonica sono state assorbite dagli oceani, che oggi sono più acidi di quanto lo siano stati negli ultimi 26.000 anni.

L'inquinamento è fuori controllo: otto milioni di tonnellate di plastica entrano negli ecosistemi ogni anno. La biodiversità sta collassando: il 37% degli squali e delle razze, il 33% dei coralli, il 21% dei rettili è minacciato di estinzione.

### **Sussidi e prestiti alle imprese fossili**

Le grandi banche in quattro anni hanno versato 3.800 miliardi di dollari alle imprese che producono combustibili fossili. Molti altri dati sono contenuti in un articolo di Luca Manes apparso su l'Extra Terreste del primo aprile 2021. Sia la strategia finanziaria dei maggiori istituti di credito, sia le richieste dei principali gruppi petroliferi confermano che nulla è ancora mutato nelle attività industriali che producono due terzi delle emissioni dannose per l'ambiente. Né tanto meno suggeriscono che abbiano intenzione di effettuare cambiamenti strutturali nei prossimi anni, che purtroppo sono quelli cruciali per ottenere dei risultati significativi nella tutela del pianeta (aprile 2021). Foreste e banche, all'origine del riscaldamento globale. Negli ultimi cinque anni, cioè da quando fu firmato l'Accordo di Parigi, cinque banche internazionali – J.P. Morgan, Chase, HSBC, Bank of America, Bnp Paribas e Industrial and Commercial Bank of China – e alcuni fondi di gestione patrimoniale hanno aumentato fino a 119 miliardi di dollari il loro impegno finanziario a favore di venti aziende agroalimentari, tra cui il colosso brasiliano della carne JBS, legate alle attività di deforestazione, scrive il Financial Times. Lo sostiene una ricerca realizzata dall'organizzazione umanitaria Global Witness. (ottobre 2021). L'Ocse e l'AIE stimano che i sussidi al settore dei combustibili fossili forniti dai governi di 52 economie avanzate o emergenti, che

rappresentano circa il 90% della fornitura globale di energia prodotta da fonti fossili, abbiano raggiunto un valore medio di 555 miliardi di dollari all'anno, dal 2017 al 2019. Questo sostegno è calato a 345 miliardi di dollari nel 2020 per il crollo del prezzo del petrolio e il calo dei consumi durante la pandemia. Ma già prima della guerra in Ucraina si temeva un rialzo generalizzato dei sussidi. Di recente, il Fondo Monetario Internazionale ha adottato un metodo diverso di calcolo dei sussidi, che include sia i sussidi espliciti, e cioè i sistemi per far pagare meno i costi di fornitura, sia i sussidi impliciti, cioè gli sconti fiscali e sui costi ambientali, quindi nel 2020 i sussidi globali hanno raggiunto i 5900 miliardi di dollari, vale a dire la stima Ocse e Aie moltiplicata per 10, e ciò perché i sussidi impliciti rappresentano il 92% del totale. È da notare inoltre che negli stessi anni i finanziamenti provenienti da fonti pubbliche e private per l'economia verde erano circa un decimo dei sussidi. Solo questo fattore spiega l'origine della persistenza del petrolio e del carbone, oggi ulteriormente aggravata dal conflitto in corso. Vi è poi un altro elemento da non dimenticare. Negli ultimi cinque anni, le sessanta maggiori banche hanno concesso 4600 miliardi di dollari di prestiti alle aziende legate alle fonti fossili, e in particolare a quelle che stanno espandendo le loro attività (aprile 2022). La copertina di Internazionale n.1466 (24-30 giugno 2022) ha un titolo inequivocabile e non può non attirare tutti coloro che si preoccupano per l'ambiente: "Per salvare il clima bisogna fermare le aziende del gas e del petrolio, SUBITO". Il sottotitolo è ancora più impressionante. "Le aziende dei combustibili fossili hanno già approvato enormi progetti per lo sfruttamento di nuovi giacimenti, che porteranno l'aumento delle temperature globali oltre tutti i limiti fissati dagli accordi internazionali". Il testo è pieno di dati e informazioni e dovrebbe diventare uno strumento di base per ogni azione volta ad affrontare realmente il futuro del nostro pianeta. Vediamo alcuni dati. Negli ultimi trent'anni, la Exxon Mobil, la Shell, la BP e la Chevron hanno guadagnato quasi 2000 miliardi di dollari. I piani di espansione a breve termine prevedono il lancio di una serie di progetti che produrranno una quantità di gas serra equivalente a dieci anni di emissioni di anidride carbonica della Cina, la più grande inquinatrice del mondo. Tra questi piani ci sono 195 bombe climatiche, ognuna delle quali comporterebbe l'emissione di almeno un miliardo di tonnellate di anidride carbonica nell'arco della loro vita, per un totale equivalente più o meno a 18 anni delle attuali emissioni globali. Circa il 60% di questi progetti è già attivo. La guerra in Ucraina ha spinto ancora più in alto i prezzi di petrolio e gas, incentivando ulteriormente le scommesse su nuovi campi di ricerca e infrastrutture che resteranno in funzione per decenni. I piani di espansione a breve termine di aziende come la Exxon Mobil e la Gazprom sono giganteschi. Nei prossimi sette anni lanceranno progetti di espansione per un totale di 192 miliardi di barili di petrolio, pari a dieci anni delle attuali emissioni della Cina. Un terzo dei piani riguarda processi "non convenzionali" e rischiosi, come il fracking (fratturazione idraulica) e l'estrazione in acque profonde, 192 miliardi di barili sono divisi in parti più o meno uguali tra liquidi (come il greggio) e gas. Bruciandoli si produrrebbero 73 miliardi di tonnellate di anidride carbonica. Ma il gas metano è di per sé un potente

gas serra, capace di trattenere, nell'arco di 20 anni, 86 volte più calore dell'anidride carbonica e durante la sua lavorazione si verificano costantemente delle perdite. Liberare il mondo dai combustibili fossili è ancora più difficile a causa dei ricchi sussidi pubblici di ciascuno Stato di appartenenza, che rendono questi carburanti molto più convenienti rispetto al loro costo reale, e se si tiene conto dei danni provocati (l'inquinamento dell'aria uccide sette milioni di persone ogni anno). L'aiuto finanziario diretto è molto rilevante, ma l'aiuto rappresentato dal fatto di non pagare i danni che provocano è molto più grande. Secondo il Fondo Monetario Internazionale, se si considerano i danni causati dal cambiamento climatico e dall'inquinamento dell'aria, i sussidi arrivano a toccare i 6000 miliardi di dollari all'anno. E l'attuale crisi energetica ha spinto molti governi ad aumentare i bonus per i consumatori. (giugno 2022).

## **Il metano**

I gas serra fuori controllo. Wmo: Green Gas Bulletin: Lo scorso anno 2020, tasso di incremento annuo dei gas serra è superiore alla media 2011-2020, arriva a 413,2 parti per milione ed è del 149% superiore a quello preindustriale. Il metano è al 262% e il protossido di azoto è al 123% rispetto ai livelli del 1750. Nemmeno la riduzione delle emissioni a causa del Covid 19 è stata sufficiente per incidere sulle tendenze di fondo delle emissioni (ottobre 2021). L'Extra Terrestre del 4 novembre 2021 presenta una analisi piuttosto completa dei danni derivanti dal metano, un gas naturale che produce circa la metà del riscaldamento globale e che oltre 100 paesi, durante la COP 26, hanno promesso di ridurre del 30% entro i prossimi dieci anni, anche se il gruppo non comprende paesi grandi produttori come la Cina, la Russia e l'India e il testo dell'accordo promosso da UE e Stati Uniti non fornisce alcuna indicazione sulle modalità da seguire per conseguire tale obiettivo e sui relativi costi. L'articolo sottolinea subito che il metano non è facile da rilevare né da misurare, che è responsabile di circa la metà del riscaldamento globale finora preso in considerazione a livello internazionale e che circa la metà del metano di origine antropica deriva dal bestiame degli allevamenti e dalla coltivazione di riso, un quarto dai rifiuti e per il 19% dal settore petrolifero. Però quest'ultimo dato è sicuramente molto sottovalutato, poiché le perdite di metano dai metanodotti e dagli impianti di produzione non vengono rilevate o si rivelano sempre molto maggiori di quanto ipotizzato. Ad esempio, una ricerca effettuata di recente ha evidenziato perdite di metano nei pressi di serbatoi di stoccaggio, compressori di gas, valvole, pozzi, terminali per il gas naturale liquefatto, rigassificatori, ecc. Inoltre sono in aumento le emissioni di metano provenienti da pozzi petroliferi esausti, permafrost in fase di scioglimento, ecc. E questo aspetto è particolarmente importante per l'Italia, il paese più metanizzato d'Europa e dove la gran parte degli impianti sono nella Pianura Padana. E invece il metano è sempre più un gas fossile che ha un effetto potenziale sul riscaldamento globale più di 80 volte superiore a quello dell'anidride carbonica in un arco temporale di venti anni (i due gas serra hanno periodi diversi di dissoluzione nell'atmosfera e di salita verso l'alto). Sono invece ancora alla fase di studio gli

interventi diretti a ridurre gli effetti dannosi di questo tipo di gas, ad esempio un sistema obbligatorio di rilevazione e riparazione delle fuoriuscite di metano dagli impianti, compresi quelli per biometano e biogas, divieto di “venting”, cioè del rilascio diretto in atmosfera del gas metano durante le estrazioni di greggio, e di “flaring” cioè della combustione del gas in eccesso rilasciato dalle torri petrolifere, invece del recupero del gas a scopi energetici. Inoltre sono da individuare e sigillare i pozzi petroliferi e i siti minerari fuori produzione, che continuano ad emettere metano. Servirà anche una revisione delle direttive sulle emissioni dell'industria e delle energie rinnovabili, oltre che sostenere la produzione di biogas da fonti sostenibili. L'elenco è lungo, alcune misure dovrebbero essere eseguite dalle società petrolifere, quanto tempo ci vorrà per approvarle e farle diventare operative. L'intero comparto rischia di diventare un fattore molto negativo nelle politiche così urgenti di riduzione delle emissioni climalteranti (novembre 2021). Sempre in materia di emissioni climalteranti, il dato più recente, comunicato dalla agenzia federale statunitense NOAA, riguardante il metano, indica un aumento della sua concentrazione nell'atmosfera a oltre 1.900 parti per miliardo nel settembre 2021. Questo valore è il più alto dei quaranta anni di rilevazioni (gennaio 2022). Le infrastrutture per l'estrazione e il trasporto dei combustibili fossili contribuiscono molto alle emissioni di metano, il secondo gas serra che sta modificando il clima. Pozzi, condotte, e altre strutture emettono infatti grandi quantità di metano. Una rilevazione effettuata con satelliti ha individuato i paesi maggiori emettitori, anche se non tutti i paesi sono stati presi in considerazione dall'indagine. Si stima che i super emettitori rilascino 8 milioni di tonnellate all'anno, pari al 8-10% delle emissioni totali dovute all'estrazione e al trasporto del petrolio e del gas. Il maggiore emettitore è il Turkmenistan, seguito da Russia, Stati Uniti, Iran, Kazakistan e Algeria. In Arabia Saudita invece le emissioni sono basse. Questi dati, per quanto parziali, fanno emergere una componente non trascurabile delle emissioni di metano che dovrebbe diventare un settore prioritario per interventi di riparazione e ammodernamento (febbraio 2022). Secondo l'agenzia statunitense NOAA, nel 2021 le emissioni di metano, un gas serra molto più potente dell'anidride carbonica, sono aumentate di 17 parti per miliardo (ppb) rispetto al 2020. È il maggior aumento annuo da quando sono cominciate le rilevazioni nel 1983 (aprile 2022). Un terzo del riscaldamento globale è causato dal metano, quindi la notizia che la concentrazione di metano nell'atmosfera non è calata nemmeno nel periodo della riduzione delle attività economiche durante la pandemia, è piuttosto preoccupante. Il fenomeno sembra dipendere dall'aumento degli incendi. Questi infatti producono monossido di carbonio, che si combina con una componente dell'atmosfera che svolgeva il compito di pulirla dal metano e quindi questo gas rimane nell'atmosfera in misura maggiore del previsto. In altre parole, si è creato un circolo vizioso pericolosissimo: i cambiamenti climatici stanno aumentando il tasso con il quale il metano si accumula in atmosfera, il pianeta si riscalda di più e più velocemente, si creano degli incendi che riducono un fattore detergente del metano. Inoltre qualche mese fa l'Agenzia Internazionale per l'Energia aveva pubblicato un rapporto nel quale si

afferitava che le statistiche ufficiali su emissioni e perdite di metano sottovalutavano il problema nella misura del 70%. Quindi dal settore energia arriva più metano di quello che pensavamo e l'atmosfera diventa sempre meno capace di smaltirlo naturalmente. Tutto questo mentre globalmente la corsa a nuove estrazioni del gas procede a pieno ritmo (luglio 2022).

Un grave problema, ancora irrisolto, è costituito dall'aumento della concentrazione di metano nell'atmosfera, iniziato circa 15 anni fa. Il laboratorio di monitoraggio globale della National Oceanic and Atmospheric Administration misura i diversi gas (anidride carbonica, protossido d'azoto, esafluoruro di zolfo, ecc.) tra i quali il metano è il secondo per importanza, e che ha un effetto sul riscaldamento globale 80 volte superiore a quello dell'anidride carbonica, pur avendo un periodo di permanenza nell'atmosfera molto inferiore a quello dell'anidride carbonica. Il metano è il principale ingrediente del gas naturale, ma viene emesso anche da altre attività umane, come le discariche, le risaie e gli allevamenti di bestiame, specie se intensivi. Nell'ultimo anno l'aumento del metano ha accelerato bruscamente. Le implicazioni per il riscaldamento globale: un terzo di 1,1 gradi centigradi rispetto all'epoca preindustriale può essere attribuito al metano. Nel 2020 la sua presenza nell'atmosfera ha fatto segnare il più elevato tasso di crescita mai registrato e nel 2021 questo record è stato battuto immediatamente. Vediamo le ragioni. Il metano derivato dai combustibili fossili contiene una maggiore quantità di carbonio -13 rispetto a quello atmosferico, mentre quello prodotto da fonti microbiche (aree umide, discariche, animali, ecc.) ne conteneva meno. Intorno al 2007, però, la tendenza si è invertita. L'aumento recente non deriva soprattutto dai combustibili fossili, ma da altre fonti. È quindi successo qualcosa di significativo, che gli scienziati stanno cercando di scoprire. Quali sono le altre fonti? Dalle paludi e dai laghi meno profondi nei tropici, allo scioglimento del permafrost nell'Artico, dalle discariche e dall'attività agricola all'industria dei combustibili fossili, oltre che ai “pozzi” chimici che lo catturano e lo rimuovono dall'atmosfera. Svelare il mistero ci permetterà di stabilire se il mondo stia andando o no verso lo scenario più catastrofico, quello di una “bomba di metano”: un circolo vizioso in cui un pianeta sempre più caldo emette naturalmente una quantità maggiore di metano, alimentando ulteriormente il surriscaldamento. È una prospettiva terrificante, a cui gli scienziati cercano di girare intorno, specialmente nelle interviste. Altri esperti sono più diretti: “Se le emissioni dovute ai combustibili fossili fanno cuocere il mondo a fuoco lento, il metano è una fiamma ossidrica”. E ancora: “Il timore è che se riscaldiamo la Terra abbastanza da cominciare a scaldarsi da sé, perderemo la battaglia”. La fonte di queste affermazioni è Durwood Zaelke, presidente dell'Institute for Governance & Sustainable Development. Grazie al cambiamento nella proporzione di molecole con carbonio -13 sanno che l'incremento deriva da fonti microbiche. Ma quali esattamente? Le zone umide, il bestiame e le discariche producono metano “microbico”, generato dalla decomposizione della materia organica, e quindi gli scienziati stanno raccogliendo dati in tutto il mondo, anche perché la crescita più intensa sembra provenire dai tropici. In particolare, sembra che dal 2007 l'aumento della

quantità di metano microbico nell'atmosfera sia l'85% del totale e che la metà proviene dai tropici. Ma solo nel 2019 si è accertato un forte aumento proveniente dalle aree umide (in particolare dagli acquitrini del Sud nel Sud Sudan, ma anche il sudest asiatico e l'Amazzonia presentano tendenze simili. In pratica, quando l'acqua nelle zone umide aumenta, aumentano anche le emissioni di metano, perché i microbi che producono il gas hanno più materia organica di cui cibarsi. In particolare nell'Artico si moltiplicano i campioni prelevati, perché la regione si sta scaldando tre volte più rapidamente rispetto al resto del pianeta, e il metano (anche nella forma di deuterio o metano pesante) viene prodotto da microorganismi chiamati metanogeni; inoltre nel permafrost da solo ci sono 1.500 miliardi di tonnellate di carbonio. In Alaska, a causa dello scioglimento del permafrost si stanno formando moltissimi laghi. E questi nuovi bacini termocarsici emettono metano in misura dieci volte superiore a quella di un lago normale. Tuttavia le zone umide tropicali ne emettono quantità molto maggiori. Il testo qui utilizzato svolge anche una serie di valutazioni (preoccupate) sugli scarsi impegni in materia nelle sedi internazionali (Glasgow e COP 27) e constata che chi sta effettuando tutte queste ricerche ha finora ricevuto scarsi finanziamenti per un problema così importante.

### **Ipotesi di futuro prevedibile**

Riportiamo quasi integralmente la sintesi di un articolo apparso su "Science", pubblicata su Internazionale n.1478 del 16 settembre 2022 perché tratta di fenomeni futuribili, ma in realtà in qualche caso già in corso. La crisi climatica in atto potrebbe destabilizzare in modo irreversibile fino a sedici sistemi naturali terrestri. Si tratta di meccanismi che regolano il "funzionamento" del pianeta e che se modificati cominceranno ad autoalimentarsi. Con un riscaldamento del pianeta tra 1,5 e 2 gradi rispetto all'era preindustriale, si raggiungerebbero sei punti di non ritorno: il collasso dei ghiacciai della Groenlandia e dell'Antartide occidentale, lo scioglimento del permafrost, la perdita di ghiaccio marino nel mare di Barents, il collasso della corrente del Labrador e la morte delle barriere coralline più vicine all'equatore. Un riscaldamento tra due e quattro gradi renderebbe probabili altri quattro eventi: la scomparsa della foresta pluviale amazzonica, lo scioglimento dei ghiacciai montani, il collasso dei ghiacciai dell'Antartide orientale, e un aumento della vegetazione nel Sahel. Con un riscaldamento oltre i quattro gradi ci potrebbero essere ulteriori conseguenze: lo spostamento a nord della foresta boreale, il collasso totale del permafrost, la scomparsa dei bacini subglaciali dell'Antartide orientale, il collasso della banchisa artica e quello delle correnti dell'Oceano Atlantico meridionale. Infine, il testo fa notare che il pianeta è avviato verso un riscaldamento di 2,4 gradi. In testi precedenti abbiamo riportato informazioni su alcuni di questi fenomeni (situazione della Groenlandia, sbiancamento delle barriere coralline, ecc.), evidentemente già in corso. Inoltre è da notare che si usano dati relativi all'intero pianeta, mentre esistono molte località dove certe temperature sono già state raggiunte, anche di tre gradi o più.