

Analisi del Primo Rapporto IPCC - di Alberto Castagnola

1) Senza appello

Gli scienziati che lavorano per l'IPCC hanno prodotto in agosto l'ennesimo rapporto sulla crisi climatica e il quadro complessivo non potrebbe essere più drammatico. In vista della Conferenza delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici – COP26, che si svolgerà a Glasgow, in Scozia, dal 31 ottobre al 12 novembre 2021, e alla luce della rilevanza dello scorso week-end milanese, sarà utile tornarci per rimarcare alcune considerazioni. In una dozzina di pagine di sintesi, inviate ai decisori politici di ogni paese, gli scienziati avevano fornito sia i dati storici sui più recenti cambiamenti climatici, sia le previsioni di ulteriori peggioramenti nell'immediato futuro.

Le cause principali dell'incidenza delle attività umane sugli equilibri del pianeta sono note ed innegabili, in primo luogo l'andamento delle emissioni di gas serra a partire dal 1750. Dal 2011 la concentrazione nell'atmosfera ha continuato ad aumentare e ha raggiunto nel 2019 le medie annuali di 410 parti per milione per l'anidride carbonica, di 1866 ppb per il metano e di 332 ppb per il protossido di azoto.

Di conseguenza, poichè questi gas impediscono il rilascio nello spazio del calore prodotto dalle attività umane, la temperatura superficiale globale del pianeta nel periodo 2001-2020 è stata di quasi un grado superiore a quella del periodo 1850-1900 ed è stata di 1,09 gradi nel periodo 2011- 2020, con aumenti maggiori sulla terraferma, (1,59 C) rispetto all'oceano (0,88 C).

In una retrospettiva di lunghissimo periodo, i dati sono ancora più impressionanti.

La sintesi del Rapporto sottolinea infatti che nel 2019, le concentrazioni atmosferiche dell'anidride carbonica erano le più alte degli ultimi due milioni di anni e le concentrazioni di metano e protossido di azoto erano le più alte degli ultimi 800.000 anni. Inoltre dal 1750 gli aumenti delle concentrazioni di CO₂ (47%) e del metano (156%) superano di gran lunga i cambiamenti naturali plurimillenni tra periodi glaciali e interglaciali degli ultimi 800.000 anni.

In altre parole, **il collegamento tra inizio della rivoluzione industriale e danni sempre più gravi agli equilibri del Pianeta è confermato e continuamente ribadito. Su questa linea la sintesi del Rapporto contiene anche altri dati relativamente più recenti molto significativi.**

La temperatura superficiale globale è aumentata più velocemente a partire dal 1970 che in qualsiasi altro periodo di 50anni degli ultimi duemila anni. Durante il decennio 2011- 2020 le temperature hanno superato quelle del più recente periodo caldo multicentenario, circa 6500 anni fa.

Alcuni commenti sono subito necessari. Ad esempio, si può aggiornare il dato sulla presenza della CO₂ nell'atmosfera che secondo piccoli gruppi di scienziati ha già raggiunto le 414 ppm e che sembra ormai procedere al ritmo di più di due parti aggiuntive ogni anno.

Inoltre **non si deve mai dimenticare che si parla di dati medi per l'intero pianeta, e che quindi in alcune zone questi livelli sono stati già ampiamente superati.**

A partire dagli anni '90 del secolo scorso le attività umane hanno costituito la causa principale dello scioglimento e del ritiro dei ghiacciai. Questa diminuzione è di circa il 40% nel mese di settembre dell'ultimo anno, momento in cui vengono effettuate le rilevazioni dei ghiacci marini, cioè di massima libertà dei mari artici, fattore questo che permesso di aumentare molto la circolazione marittima.

Sempre le attività umane hanno contribuito allo scioglimento della copertura nevosa primaverile dell'emisfero settentrionale dal 1950 e allo scioglimento superficiale della calotta glaciale della Groenlandia negli ultimi due decenni.

Nello stesso decennio 2011-2020 la media annuale dell'area di ghiaccio marino artico ha raggiunto il livello più basso dal 1850. Nel periodo tardo estivo è stata inferiore a qualsiasi altro periodo degli ultimi mille anni. Più in generale, la natura globale del ritiro del ghiaccio a 'partire dagli anni '50 è senza precedenti negli ultimi 2000 anni.

Per quanto riguarda il riscaldamento della superficie degli oceani, (da zero a 700 metri) e la attuale acidificazione globale dello strato superficiale, la causa sono sempre le emissioni di anidride carbonica alimentate dagli esseri umani. Il livello medio del mare globale è aumentato di 0,20 metri tra il 1901 e il 2018, è il tasso medio di innalzamento è stato di 1,3 millimetri tra il 1901 e il 1971 e le attività umane sono la causa principale di questo innalzamento.

Più di recente, tra il 2006 e il 2018 il tasso di innalzamento ha raggiunto i 3,7 millimetri all'anno. Rispetto al passato, il livello medio del mare è aumentato più velocemente a partire dal 1900 che in ogni secolo precedente degli ultimi 3000 anni. L'oceano si è riscaldato più velocemente nell'ultimo secolo che dalla fine dell'ultima glaciazione (circa 11.000 anni fa).

Gli scienziati alla fine di questa parte del rapporto concludevano che "l'influenza umana ha riscaldato il clima ad un ritmo (velocità) senza precedenti negli ultimi 2000 anni".

Nella seconda parte del Rapporto tutti i livelli raggiunti dai fenomeni vengono proiettati nei prossimi ottanta anni del 21° secolo, però gli scienziati si sono mossi con estrema delicatezza poichè tutto dipende dalle decisioni e dagli interventi di tutti gli Stati dell'IPCC, e in misura più accentuata dai paesi maggiori inquinatori e da quelli più industrializzati, poichè è noto che i paesi poco sviluppati nel loro insieme possono incidere in misura piuttosto limitata sia sui danni ambientali che sulle eventuali misure positive adottate.

Quindi qualunque previsione verrebbe considerata una pressione indesiderata da parte del mondo scientifico. I responsabili del Rapporti hanno adottato una tecnica piuttosto complessa e non facile da interpretare.

Inoltre è stato adottato un linguaggio, particolare, ben spiegato solo nel rapporto completo, dove avverbi e aggettivi usati hanno dei contenuti statistici convenzionali, che devono essere tenuti presenti nelle valutazioni contenute nel testo.

In altre parole, espressioni come "è probabile" o "è molto probabile" possono avere alle spalle il 25 o il 50 per cento di probabilità di essere realizzate in base ad una complessa tabella di confronti, che contiene tutte le parole usate e le rispettive percentuali probabilistiche. In sostanza, in questo modo gli scienziati sperano di avere messo a disposizione dei decisori politici degli elementi utili per assumere posizioni o prendere decisioni, riducendo i margini di approssimazione o improvvisazione.

Dal punto di vista di un economista critico invece gli scienziati hanno evitato di comprometersi evidenziando le diverse urgenze di intervento per modificare il clima e soprattutto indicando i rischi sempre più chiari di raggiungere i "punti di non ritorno" di alcuni fenomeni molto gravi senza intraprendere iniziative.

Ciò premesso, vediamo alcune indicazioni riguardanti il futuro che erano contenute nel Rapporto. Ad esempio, il documento premette che "È atteso che la temperatura superficiale globale continuerà ad aumentare almeno fino alla metà del secolo in tutti gli scenari di emissioni considerati. Il riscaldamento globale di 1,5 C e 2 C sarà superato durante il corso del 21° secolo a meno che non si verifichino nei prossimi decenni profonde riduzioni delle emissioni di anidride carbonica e di altri gas serra".

Queste frasi contengono un messaggio chiaro, anche se non indica alcun limite o scadenza per il superamento degli obiettivi finora indicati dall'IPCC e per i relativi necessari interventi. Poi si elencano le diverse previsioni elaborate circa la temperatura superficiale media nel 2081-2100 rispetto al periodo 1850-1900:

Scenario di emissioni di gas serra

-molto basso (SSP 1- 1,9), sarà molto probabilmente più alta di 1,0° – 1,8°

-intermedio (SSP 2-4,5) , sarà di 2,1 C- 3,6

-molto alto (SSP 5-8,5), sarà 3,3-5,7 C

Qui il messaggio è piuttosto chiaro: se i livelli di emissioni saranno tenuti molto bassi, la temperatura sarebbe con ogni probabilità entro i limiti finora discussi nell'IPCC; se le emissioni saranno lasciate a livello intermedio o molto alto, le temperature potranno arrivare a 3 o addirittura quasi 6 gradi centigradi. I governi devono sapere che stanno giocando con il fuoco.....e il testo avverte anche che l'ultima volta che la temperatura superficiale globale ha superato i 2,5 C è stato più di tre milioni di anni fa.

I governi sono quindi avvertiti del fatto che stanno rischiando di tornare alla preistoria del genere umano.

Per approfondire:

Peter Wadhams, **Addio ai ghiacci, rapporto dall'Artico**, Le Scienze, agosto 2020

Mark Lynas, **Il nostro ultimo avvertimento, Sei gradi di emergenza climatica**, Fazi Editore, luglio 2021

2) La crisi climatica si complica

Il testo dedica uno spazio importante agli effetti che i mutamenti climatici hanno sugli eventi meteorologici, che colpiscono direttamente le popolazioni, ma tendono ad essere considerati degli eventi che talvolta sono un po' più gravi del solito, ma che nella percezione di molti esseri umani continuano a essere uguali a quelli del passato.

Invece siamo ormai da parecchi anni immersi in una realtà in rapido mutamento e che mostra effetti di gravità crescente. Il rapporto infatti sottolinea che i cambiamenti climatici stanno già modificando profondamente e rendendo estreme molte manifestazioni climatiche e meteo: ondate di calore, piogge più intense, siccità estese e cicloni tropicali più veloci e diffusi.

Ma soprattutto oggi sono ben diversi da come venivano descritti nel precedente rapporto AR5 solo poco più di due anni fa e sono causati sempre di più dalle attività umane. Vediamoli con qualche dettaglio.

Gli estremi di caldo, comprese le ondate e le "cupole" di calore, sono diventati più frequenti e più intensi nella maggior parte delle terre emerse a partire dagli anni cinquanta del secolo scorso (mentre gli estremi di freddo sono diventati meno frequenti e meno gravi, ma ne parleremo con maggior precisione più avanti). In particolare, le ondate di calore marine sono raddoppiate in frequenza dagli anni '80, mentre in alcune regioni è aumentata la siccità agricola ed ecologica, a causa della evapo-traspirazione dei terreni.

Un altro fenomeno: la diminuzione delle precipitazioni monsoniche terrestri globali, tra gli anni '50 e gli anni '80, è in parte attribuita alle emissioni di aerosol nell'emisfero settentrionale causate dagli uomini, ma gli aumenti del periodo successivo sono dovuti all'aumento della concentrazione di gas serra e alla variabilità interna su scala decennale o pluri-decennale.

Il testo degli scienziati IPCC prosegue prendendo in considerazione altri fenomeni climatici fortemente influenzati dalle attività svolte dagli esseri umani. In primo luogo afferma che è probabile che la percentuale di forti cicloni tropicali (quelli facenti parte delle categorie 3-5, cioè i più potenti e dannosi) sia aumentata negli ultimi quattro decenni, e che la latitudine in cui i cicloni tropicali del Pacifico raggiungono il picco di intensità si sia spostata verso nord.

Una conferma molto recente di questa ipotesi è rappresentata dal ciclone Ida, iniziato nei Caraibi, che ha investito gli Stati nordamericani a 240 chilometri all'ora, causando morti e danni in Louisiana e in particolare ha raggiunto New York ancora a 170 chilometri all'ora causando almeno tredici vittime.

Il Rapporto fornisce poi alcuni elementi di conoscenza sui miglioramenti apportati alle analisi scientifiche rispetto al rapporto precedente AR5: ed è utile segnalarli anche se sono effettivamente comprensibili solo per gli scienziati addetti ai lavori.

E' aumentata la probabilità che si verifichino eventi estremi composti, cioè che comprendano più fattori trainanti, ad esempio ondate di calore e siccità concomitanti, oppure un' ondata di maltempo che si accompagna a piogge o flussi fluviali estremi, e ancora incendi in condizioni di caldo, siccità e venti. Ovviamente, combinazioni più frequenti di questo tipo influiscono fortemente sulla durata, la diffusione e la dannosità di ogni fenomeno: quanto è avvenuto in California nei mesi scorsi è un esempio impressionante di questa nuova situazione climatica.

L'altro fenomeno richiamato è il riscaldamento determinato dall'uomo, il "forzante radiativo", principalmente attraverso le emissioni di gas serra e, in passato, di aerosol.

Questo fattore è arrivato nel 2019 a 2,72 watt per metro quadro, calcolato in riferimento all'anno 1750. Negli anni più recenti, il tasso medio annuo osservato di questo riscaldamento è passato da 0,50w nel periodo 1971-2006 a 0,79w nel periodo 2006-2018.

Il rapporto non fornisce dati sull'andamento annuale nei 270 anni che sono passati dall'anno di riferimento ai nostri tempi, ma evidentemente prima dello sviluppo industriale il fattore radiativo era molto basso, mentre sembra in accelerazione nel periodo più recente.

Il rapporto dà invece informazioni molto interessanti sugli effetti del riscaldamento globale, che ha causato l'aumento del livello medio dei mari, a seguito dello scioglimento dei ghiacciai terrestri e all'espansione termica degli oceani. In particolare, l'espansione termica giustifica il 50% dell'innalzamento del livello dei mari, nel periodo 1971-2018, mentre l'arrivo dell'acqua dei ghiacciai disciolti ha contribuito al 22%, le calotte di ghiaccio marino per il 20% e i cambiamenti nell'immagazzinamento delle acque terrestri per l'8%.

Veniamo ora alle previsioni, formulate dal Rapporto sempre con una gamma di almeno cinque livelli possibili, e per questi vengono indicati diversi gradi di probabilità di verificarsi, lasciando quindi agli Stati di pronunciarsi sugli obiettivi concreti da perseguire.

Vediamo pertanto che in presenza di scenari di emissioni di gas serra basse, è "estremamente improbabile" che il riscaldamento globale di 2 gradi centigradi venga superato nello scenario SSP 1-1,9 e "improbabile" nello scenario SSP 1-2,6. Questi due scenari iniziano nel 2015, prevedendo emissioni di gas serra molto basse, e anzi che l'anidride carbonica sia ridotta allo zero netto entro il 2050 e che negli anni successivi continuino a registrare emissioni negative di CO₂.

Invece il superamento dei 2 gradi centigradi nel medio termine (2041-2060) è considerato molto probabile nello scenario di emissioni di gas serra molto elevate, SSP 5-8,5, e probabile negli scenari di emissioni intermedie ed elevate.

Per quanto riguarda il riscaldamento globale non superiore a 1,5 gradi centigradi (rispetto al 1850-1900), l'obiettivo auspicato dall'IPCC, ma non ancora approvato dagli Stati membri, verrebbe superato nel corso del ventunesimo secolo negli scenari intermedio, alto e molto alto (SSP 2-4,5; SSP 3- 7,0 e SSP 5-8,5 rispettivamente).

Nel breve termine (2021-2040) è molto probabile che l'aumento di 1,5 gradi centigradi venga superato nello scenario di emissioni molto alte, è probabile che venga superato negli scenari intermedio e alto.

E' invece probabile che non venga superato nello scenario di emissioni molto basse; inoltre in tale scenario c'è una probabilità superiore al 50% che la temperatura superficiale globale scenda nuovamente al di sotto dei 1,5 gradi centigradi verso la fine del secolo attuale, con un superamento per brevi periodi di non più di un decimo di grado al di sopra del di 1,5 C.

Questa evidentemente è l'ipotesi "preferita" dagli scienziati, anche se non appare molto chiaro il comportamento previsto dai fattori reali del riscaldamento globale.

Il rapporto infatti a questo punto sottolinea che la temperatura superficiale globale in ogni singolo anno può variare al di sopra o al di sotto della tendenza di lungo termine indotta dall'uomo a causa della variabilità naturale del clima, vale a dire la parte non influenzata dalle attività umane, come ad esempio le eruzioni vulcaniche, i cambiamenti nell'attività solare e, su scale temporali più lunghe, gli effetti orbitali e la tettonica a placche, cioè le variazioni dell'asse terrestre e gli spostamenti dei vari strati del pianeta. Vale a dire, in sostanza, una volta stabilizzata la temperatura ottimale, eventuali sforamenti di uno o due anni, non implicano che l'obiettivo prefissato non sia stato raggiunto.

Possiamo quindi notare che in realtà gli scienziati sottolineano l'importanza di ridurre molto e subito le emissioni di gas serra – obiettivo ormai ben chiaro ma fortemente contrastato dalle imprese fossili, non a parole ma nelle loro strategie di prospezione di nuove fonti di petrolio o con la costruzione di nuovi impianti elettrici a carbone in Cina – mentre, una volta stabilizzato l'obiettivo deciso, scarti di uno o due anni non avrebbero molta importanza.

Le loro analisi e le loro previsioni, quindi, mettono bene in evidenza l'urgente necessità di abbassare radicalmente le emissioni dannose, il che significa incidere in tempi brevi su uno dei meccanismi di fondo del sistema economico dominante.

Alcune letture possono aiutare ad approfondire questi ragionamenti:

Laurent Testot, **Cataclismi, storia ambientale dell'umanità**, Odoja, Città di castello e Bologna, 2021

Ian Angus, **Anthropocene, capitalismo fossile e crisi del sistema Terra**, Asterios Editore, luglio 2020

3) Siamo in piena crisi idrica

La terza parte dell'AR6, il rapporto presentato alla COP 26, nella sua forma di sintesi per i decisori politici, offre un'ampia gamma di previsioni concernenti i principali fenomeni climatici, influenzati dal riscaldamento globale, nei loro andamenti recenti e previsti.

Il testo sottolinea infatti che sono numerosi i cambiamenti indotti dal caldo crescente, in particolare l'aumento della frequenza e dell'intensità degli "eventi estremi", delle ondate di calore marine, delle forti precipitazioni nella siccità agricola ed ecologica in alcune regioni, nelle caratteristiche dei cicloni tropicali più intensi, nella crescente riduzione del ghiaccio marino artico, della copertura nevosa di montagne e pianure, e del continuo scioglimento del permafrost.

Le indicazioni che seguono sono molto importanti e dovrebbero essere verificate continuamente nei prossimi mesi e anni, poichè definiscono un quadro scientifico indiscutibile e che non permette illusioni.

E' certo che la superficie terrestre continuerà a riscaldarsi più di quella oceanica, almeno di 1,4-1,7 volte di più, e che l'Artico continuerà a riscaldarsi a una velocità due volte superiore a quella della temperatura superficiale globale. Ad ogni ulteriore incremento del riscaldamento globale, i cambiamenti negli eventi estremi continueranno ad aumentare.

Ad esempio, ogni 0,5 grado centigrado in più di riscaldamento globale provoca diversi effetti: aumenti chiaramente percepibili dell'intensità e della frequenza degli eventi estremi dovuti al caldo, ivi comprese le ondate di calore e le forti precipitazioni, nonché la siccità dei terreni agricoli e le condizioni ecologiche generali, specie in alcune regioni ormai chiaramente individuate.

Inoltre alcuni eventi estremi avranno aumenti senza precedenti causati da un ulteriore riscaldamento globale anche dopo aver raggiunto la temperatura di 1,5 C rispetto al periodo preindustriale.

Quest'ultima notazione è molto rilevante perchè elimina molte delle illusioni in circolazione concernenti i limiti invalicabili degli obiettivi climatici medi globali in discussione in molte sedi e introduce un elemento di realismo assolutamente non trascurabile a livello politico.

A livello territoriale il rapporto prevede che alcune regioni alle latitudini intermedie e semi aride e la vasta regione sudamericana dei monsoni vedranno il più alto aumento della temperatura media dei giorni più caldi, quelli che hanno un tasso di riscaldamento che è 1,5-2 volte più alto della media globale.

L'Artico invece sperimenterà il più alto aumento della temperatura media dei giorni più freddi, pari a circa tre volte il tasso di riscaldamento globale.

Inoltre, è molto probabile che in presenza di un ulteriore aumento del riscaldamento globale, si intensifichino gli eventi di forte precipitazione acqua e soprattutto diventino più frequenti nella maggior parte delle regioni. Su scala globale, si prevede che gli eventi estremi di precipitazione di pioggia giornaliera si intensificheranno di circe il 7% per ogni grado centigrado di riscaldamento globale. La proporzione di cicloni tropicali intensi (categorie 4 e 5) e la velocità del vento di picco dei cicloni più intensi aumenteranno su scala globale.

Il recente ciclone Ida che ha colpito dai Caraibi fino a New York con venti iniziali a 240 chilometri orari è l'ennesima conferma di questa previsione.

Infine si prevede che un ulteriore riscaldamento globale amplifichi ancora di più lo scioglimento del permafrost, la perdita della copertura nevosa stagionale, del ghiaccio terrestre e del ghiaccio marino artico. E' anche probabile che l'Artico sarà praticamente privo di ghiaccio marino a settembre almeno una volta prima del 2050, con occorrenze più frequenti per livelli di riscaldamento più elevati. In realtà, i risultati di studi apparsi negli ultimi mesi, cioè quando il rapporto era già stato diffuso, forniscono numerosi dati di supporto a queste previsioni, accompagnati da ipotesi di ulteriori accelerazioni di questi effetti.

Analoghe considerazioni vengono svolte nel Rapporto riguardo all'acqua, poichè si prevede che il continuo riscaldamento globale intensifichi ulteriormente il ciclo dell'acqua a livello planetario, ivi comprese la sua variabilità nel tempo, le precipitazioni monsoniche e la gravità degli eventi di precipitazione delle piogge e di aumento del grado di siccità.

In particolare, il ciclo globale dell'acqua continuerà a intensificarsi con l'aumento della temperatura globale, le precipitazioni e i flussi di acqua superficiali dovrebbero diventare più variabili nella maggior parte delle regioni terrestri, sia a scala stagionale che di anno in anno. Si prevede che le temperature terrestri medie aumenteranno dello 0-5% nello scenario di emissioni di gas serra molto basse (SSP 1-1,9) e dell'!-13% nello scenario di emissioni molto alte (SSP 5-8,5) entro il 2081-2100 rispetto al 1995-2014. A tale proposito si potrebbe notare che il periodo scelto per il confronto nel passato è in realtà piuttosto vicino, mentre le precipitazioni in aumento sono proiettate verso l'ultimo ventennio del secolo. Sembra quasi che il fenomeno sia stato "appiattito" nelle sue dinamiche, mentre le esperienze della scorsa estate – in particolare quanto avvenuto in Germania, inatteso e molto rapido – farebbero piuttosto pensare a fenomeni in via di accelerazione.

Si prevede che le precipitazioni aumenteranno alle alte latitudini, nel Pacifico equatoriale e in alcune regioni monsoniche, ma diminuiranno in alcune regioni subtropicali e in aree limitate dei tropici.

In realtà nei mesi scorsi tempeste improvvise e molto violente hanno investito molte più regioni, anche distanti tra loro, e ciò farebbe pensare a dei nuovi fenomeni tra loro collegati anche su grandi distanze (ad esempio che hanno origine nell'indebolimento della Corrente del Golfo ma si verificano in Europa o nel nord degli Stati Uniti)

Inoltre un clima più caldo intensificherà gli eventi meteorologici e climatici molto umidi o molto secchi, con implicazioni per inondazioni o siccità, ma la localizzazione e la frequenza di questi eventi dipendono dai cambiamenti nella circolazione atmosferica regionale.

Infine si prevede che le precipitazioni monsoniche aumentino nel medio-lungo termine su scala globale, in particolare nell'Asia meridionale e sudorientale, nell'Asia orientale, e nell'Africa occidentale, tranne che nell'estremo ovest del Sahel.

Per quanto riguarda gli scenari per il futuro in cui aumentano le emissioni di anidride carbonica, si prevede che i serbatoi di carbonio oceanici e terrestri saranno meno efficaci nel rallentare l'accumulo della CO₂ in atmosfera. Più in dettaglio, sulla base delle proiezioni contenuti nei modelli, nello scenario intermedio che stabilizza le concentrazioni atmosferiche dell'anidride carbonica in questo secolo (SSP 2-4,5) i tassi di CO₂ assorbiti dalla terra e dagli oceani dovrebbero diminuire nella seconda metà del 21° secolo .

Negli scenari di emissioni di gas serra bassi e molto bassi ((SSP 1-2,6 e SSP 1-1,9), la terra e gli oceani iniziano ad assorbire meno carbonio in risposta al calo delle concentrazioni atmosferiche di anidride carbonica, nello scenario più basso, diventano una debole fonte netta di emissioni entro la fine del secolo.

Sembra importante dedurre, pur nel rispetto delle metodologie adottate dagli scienziati dell'IPCC, che sia in relazione alla scadenza trentennale della metà del secolo, sia nella successiva metà, l'inizio delle riduzioni delle emissioni dannose e l'avvio della diminuzione della concentrazione di sostanze dannose nell'atmosfera sono sempre spostati molto avanti nel tempo.

E' evidente che gli scienziati sono piuttosto realistici per quanto riguarda i momenti di eventuali scelte radicali delle imprese produttrici di carburanti fossili. Inoltre tengono anche presente i tempi di salita dei gas serra nell'atmosfera (stimati intorno ai dieci anni). In altre parole, è noto che passa un lungo periodo di tempo prima che eventuali drastiche decisioni sui fossili, facciano veramente effetto sul riscaldamento climatico. Resta da vedere se questo realismo a livello scientifico in realtà non contribuisca a ritardare le necessarie decisioni dei governi (e infatti finora solo un paio di governi di piccoli Stati hanno cominciato ad assumere decisioni che vadano nella direzione ormai inderogabile.

E in effetti – e in aggiunta – il testo ricorda che l'ampiezza delle correlazioni (dei feedback) tra i cambiamenti climatici e il ciclo del carbonio diventa più grande ma anche più incerta negli scenari ad alte emissioni di anidride carbonica. Ulteriori risposte degli ecosistemi al riscaldamento non ancora completamente riflesse nei modelli climatici finora utilizzati (ad esempio i flussi di anidride carbonica e di metano provenienti dalle zone paludose, la velocità di disgelo del permafrost e gli incendi in fase di moltiplicazione), potrebbero aumentare ulteriormente la concentrazione di questi gas in atmosfera.

Qualche lettura selezionata può contribuire ad una comprensione più profonda di tutti questi fenomeni:

Luca Mercalli, **Che tempo che farà**, breve storia del clima con uno sguardo al futuro. Rizzoli, Milano, 2009

Jeremy Leggett, **Fine corsa**, sopravviverà la specie umana alla fine del petrolio? Einaudi, Torino, 2005

4) Cambiamenti irreversibili

In questo quarto articolo sui dati del SR6 e i nostri commenti, non seguiamo l'ordine del testo ufficiale, preferiamo accorpate due parti non consecutive ma che ci sembrano logicamente connesse.

C'è una specie di lungo titolo che parla di effetti drammatici e di lunghissima durata, un aspetto spesso trascurato da scienziati e analisti, ma che evidentemente è assolutamente necessario tenere presenti, anche perché in qualche modo sembra siano già iniziati.

L'apertura è molto impressionante e la riportiamo integralmente: *“Molti cambiamenti dovuti alle emissioni di gas serra passate e future sono irreversibili per secoli o millenni, in particolar modo i cambiamenti nell'oceano, nelle calotte glaciali, e nel livello del mare“.*

La parola “irreversibili” ha un valore particolarmente pesante, perchè significa che una volta avviati, certi processi non possono essere invertiti o recuperati o annullati.

Inoltre già parlare di effetti che durano secoli spaventa, e i millenni, pur essendo inimmaginabili, proiettano le responsabilità umane in un futuro praticamente infinito. Purtroppo il rapporto, pur calibrando le parole, non lascia spazio a dubbi. Vediamo i dettagli.

Le emissioni passate di gas serra, a partire dal 1750, porteranno l'insieme degli oceani ad un riscaldamento che si prolungherà nel futuro. La stratificazione dell'oceano superiore, l'acidificazione, e la deossigenazione continueranno ad aumentare nel 21° secolo, poichè evidentemente non esistono processi di segno opposto che li facciano degradare o ridursi: *“Avranno tassi variabili di incremento a seconda delle emissioni dannose per l'ambiente e sono potenzialmente irreversibili per secoli e millenni”*.

I ghiacciai montani e polari sono destinati a continuare a sciogliersi per decenni/secoli. La perdita di carbonio dal permafrost in seguito al suo disgelo è irreversibile su scale temporali centenarie, la continua perdita di ghiaccio nel corso del 21° secolo è virtualmente certa per la calotta glaciale della Groenlandia e probabile per la calotta glaciale antartica.

Conseguenze a bassa probabilità e ad alto impatto (derivanti da processi di instabilità della calotta glaciale, caratterizzati da profonda incertezza che in alcuni casi raggiungerebbe punti critici. In nota il rapporto precisa che si parla di conseguenze a bassa probabilità e ad alto impatto quando la probabilità di verificarsi è bassa o non ben nota, ma l'impatto sulla società e sugli ecosistemi potrebbe essere alto.

In altre parole, del continuo distacco di grandi iceberg dalle coste ghiacciate dell'Antartide non si conoscono ancora bene cause e meccanismi, ma se continuassero a distaccarsi creerebbero gravi problemi. Infatti un punto critico (tipping point) è una soglia critica oltre la quale un sistema si riorganizza, spesso in modo brusco e/o irreversibile. In questo caso lo scioglimento della calotta antartica potrebbe causare la perdita di ghiaccio per secoli qualora le emissioni di gas serra continuassero ad aumentare.

Il livello medio globale del mare continuerà ad aumentare nel corso di questo secolo. Rispetto al periodo 1995-2014, l'aumento sarà probabilmente di 0,28-0,55 m. entro il 2100 negli scenari di emissioni dei gas serra molto basse (SSP 1-1,9) e 0,63-1,01 m. nello scenario di emissioni molto elevate (SSP 5-8,5). Entro il 2050 l'aumento è di 0,37-0,86 m. nello scenario molto basso e di 0,98-1,88 nello scenario molto elevato.

E qui il rapporto fornisce una indicazione molto realistica anche se espresso in forma dubitativa: un innalzamento intorno a 2 metri entro il 2100 e di 5 metri entro il 2150 in uno scenario di emissioni molto alto (SSP 5-8,5) non può essere escluso. E' sulla base di questo tipo di dati che la prossima Conferenza delle Parti dovrà necessariamente prendere delle decisioni.

Nel lungo termine, il livello del mare è destinato ad aumentare per secoli/millenni a causa del continuo riscaldamento profondo degli oceani e dello scioglimento delle calotte glaciali e rimarrà elevato per migliaia di anni.

Nei prossimi 2000 anni il livello medio del mare potrebbe aumentare di circa 2-3 metri se il riscaldamento sarà limitato a 1,5° C e di 2-6 metri se sarà limitato a 2° C. Forse a qualcuno una data così lontana sembrerà molto poco importante, non bisogna però dimenticare che qui si parla di dati medi globali e quindi che situazioni territoriali diverse sono molto più minacciate e che già oggi alcune isole sono state sommerse.

Vediamo cosa gli scienziati prevedono nel futuro. Esiti del cambiamento climatico a bassa probabilità, come il collasso della calotta glaciale, bruschi cambiamenti nella circolazione oceanica, alcuni eventi estremi combinati tra loro e un riscaldamento notevolmente maggiore di quello stimato non possono essere esclusi ma dovrebbero far parte della valutazione del rischio.

Anche se è considerato poco probabile un riscaldamento molto elevato porterebbe a impatti potenzialmente molto significativi, come ondate di calore più intense e più frequenti, forti precipitazioni e rischi elevati per i sistemi umani ed ecologici.

Non possiamo dimenticare che i dati sui quali si è basato il Rapporto arrivano fino al gennaio 2021, mentre l'estate scorsa ha visto realizzarsi proprio alcuni di eventi ritenuti "poco probabili". Ovviamente non possiamo dedurre che ciò che abbiamo vissuto si ripeterà nei prossimi anni, però non possiamo evitare di essere almeno preoccupati.

E il rapporto afferma che non si possono escludere cambiamenti improvvisi e superamento di punti critici del sistema climatico in risposta al riscaldamento climatico, ad esempio un forte aumento nello scioglimento della calotta antartica o l'accelerazione del deperimento delle foreste.

E' invece considerato molto probabile che l'Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC) si indebolisca nel corso del 21° secolo in tutti gli scenari di emissioni, ed è possibile un brusco collasso prima del 2100. Se tale collasso dovesse verificarsi, causerebbe bruschi cambiamenti nell'andamento degli eventi meteo e nel ciclo dell'acqua a livelloregionale.

Vengono poi evocati eventi naturali imprevedibili e rari, non collegati all'influenza umana sul clima, che possono portare a conseguenze a bassa probabilità ed alto impatto.

Per esempio una sequenza di grandi eruzioni vulcaniche esplosive nel giro di decenni si è verificato in passato, causando sostanziali perturbazioni del clima globale e regionale per diversi decenni. E poi segue una precisazione destinata a suscitare molte perplessità "tali eventi non possono essere esclusi in futuro, ma a causa della loro intrinseca imprevedibilità non sono inclusi nella serie illustrativa di scenari a cui si fa riferimento nel rapporto".

E quindi le valutazioni di rischio complessive sarebbero in qualche misura poco significative, poichè terremoti ed eruzioni vulcaniche si verificano continuamente con effetti anche molto gravi (vedi quanto è successo ad Haiti pochi mesi fa, ma gli esempi sono numerosi).

Come letture, suggeriamo:

Lauca Mercalli, **Non c'è più tempo**, come reagire agli allarmi ambientali, Serie Vivere Sostenibile del Corriere della Sera, Media Group, Milano, 2020

Aurélien Barrau, **Ora**, la più grande sfida della storia dell'umanità, ADD Editore, Torino, 2020

5) La valutazione dei rischi climatici

Nella quinta parte del Rapporto degli scienziati dell'IPCC inviato ai decisori politici si affronta il tema della valutazione dei rischi climatici e della pianificazione degli interventi di adattamento a scala globale, regionale e locale, cioè si forniscono elementi, risultato di una grande mole di ricerche, per contrastare il deterioramento del clima del pianeta.

In primo luogo si afferma che i fattori naturali e la variabilità interna (che comprende El Niño Southern Oscillation, la variabilità su scala decennale del Pacifico, e la variabilità multidecennale dell'Atlantico attraverso la loro influenza regionale) regoleranno i cambiamenti causati dall'uomo, in particolar modo su scala regionale e a breve termine, ma con effetti minimi sul riscaldamento globale di lungo periodo. Queste modulazioni su scale temporali decennali o multi-decennali sono importanti da considerare nella pianificazione dell'intera gamma di possibili cambiamenti. Il linguaggio è un po' criptico, ma forse diventerà più chiaro leggendo i punti successivi.

La temperatura superficiale globale registrata storicamente evidenzia che la variabilità su scala decennale ha potenziato e mascherato i cambiamenti sottostanti causati dall'uomo nel lungo termine, e che questa variabilità continuerà in futuro. Per esempio, la variabilità interna su scala decennale e le variazioni dei driver solari e vulcanici hanno

parzialmente mascherato il riscaldamento globale e superficiale causato dall'uomo nel periodo 1998-2012, con distinzioni regionali e stagionali pronunciate.

In nota viene chiarito il termine "driver", (CID) cioè le condizioni fisiche o le caratteristiche del sistema climatico (ad esempio medie, eventi, eventi estremi) che influenzano un elemento della società o degli ecosistemi. In parole molto più povere, una variazione della Corrente del Golfo o la presenza del Niño (che porta più caldo, o della Niña, che porta più freddo, influisce o tempera la situazione climatica di intere regioni, però nel contempo rende più difficile capire fino in fondo quali siano stati gli effetti sul clima dei comportamenti umani. Il rapporto dice in pratica che fenomeni che non si verificano tutti gli anni, possono da un lato influire e dall'altro mascherare gli effetti delle attività umane. Però afferma anche che tali fenomeni devono essere tenuti presenti quando si cerca di mettere in opera fattori di contrasto delle emissioni dannose prodotte dagli esseri umani. Per questo nella nota (la numero sette) il testo afferma che a seconda della tolleranza del sistema climatico complessivo, i CID e i loro cambiamenti possono essere dannosi, benefici, neutri o un misto di queste tre caratteristiche, a seconda degli elementi che compongono il sistema e delle regioni con cui interagiscono.

D'altra parte, continua il rapporto, il riscaldamento del sistema climatico è continuato durante il periodo sopra indicato e ciò si riflette nel continuo riscaldamento dell'oceano e nell'aumento di estremi caldi nelle aree continentali. Secondo gli scienziati se ne possono trarre alcune indicazioni. I cambiamenti causati dall'uomo previsti nelle condizioni climatiche medie e nei driver di impatto climatico (CID), inclusi gli estremi, saranno o amplificati o attenuati dalla variabilità interna, cioè dai fenomeni sopra indicati. Un raffreddamento a breve termine, in qualsiasi luogo, sarebbe consistente con l'aumento della temperatura superficiale globale dovuto all'influenza umana. E ancora, la variabilità interna è stata in gran parte responsabile dell'amplificazione e dell'attenuazione dei cambiamenti causati dall'uomo nelle precipitazioni medie da decennali a multi-decennali osservate in molte regioni terrestri. Il rapporto quindi continua a cercare di far emergere i vari aspetti delle relazioni che possono stabilirsi tra i principali fenomeni climatici non dipendenti dai comportamenti umani e e quelli invece indotti principalmente dalle attività umane.

Come sottolineato, molteplici sono le forme e assunte da queste interrelazioni e molto diversi possono essere i risultati concreti e soprattutto molto variabili a seconda delle regioni coinvolte. Poi invece ricorda un tipo di evento completamente indipendente dall'influenza umana, e afferma che sulla base delle evidenze paleoclimatiche e storiche, è probabile che nel corso di questo secolo si verifichi almeno una grande eruzione vulcanica esplosiva. Tale esplosione ridurrebbe la temperatura superficiale globale e le precipitazioni, specialmente sulla terraferma, per uno-tre anni, altererebbe la circolazione monsonica globale modificherebbe le precipitazioni estreme e cambierebbe molti CID.

Tale evento andrebbe a mascherare temporaneamente e parzialmente il cambiamento climatico causato dall'uomo. In pratica, dal testo sembra si possano dedurre solo delle indicazioni di larga massima sulle interrelazioni dei due ordini di fenomeni nel corso del secolo. In termini di pianificazione degli interventi sembra si possa concludere che le strategie di intervento, per essere definite, avranno dei margini di variabilità piuttosto ampi, ma non dovranno dimenticare di inserire nelle previsioni anche alcuni eventi di portata e frequenza eccezionali, accantonando delle risorse tali da poter affrontare delle situazioni completamente imprevedibili, ma che sicuramente si verificheranno, anche se non sapremo mai quando in anticipo. Infatti questo sembra essere il significato sostanziale di questa parte del testo: "Con un ulteriore riscaldamento globale si prevede che ogni regione sperimenterà sempre più cambiamenti concomitanti e multipli negli eventi climatici capaci di generare un impatto su società ed ecosistemi (CID). Questi sarebbero più diffusi a 2° C rispetto che a 1,5° C e ancora più diffusi e/o pronunciati per livelli di riscaldamento più elevati".

Il testo fornisce poi ulteriori dettagli, che rappresentano il reale contributo degli scienziati alle scelte che necessariamente i governi dovranno assumere, nella speranza che lo facciano in tempo, prima dei fenomeni irreversibili. In tutte le regioni si prevede un ulteriore aumento dei CID caldi e una diminuzione di CID freddi. Ulteriori sono previste nel permafrost, nella neve, nei ghiacci e nelle calotte glaciali, nei laghi e nel ghiaccio marino artico e questi cambiamenti saranno maggiori con un riscaldamento globale di 2° C rispetto che a 1,5° C. Ad esempio, si prevede che soglie critiche di caldo per l'agricoltura e la salute saranno superate più frequentemente a livelli più alti di riscaldamento globale.

Nei punti successivi, gli scienziati si rivelano molto realistici e su posizioni analitiche avanzate. Con un riscaldamento globale di 1,5 C si prevede che le precipitazioni forti e le relative inondazioni si intensificheranno e saranno più frequenti nella maggior parte dell’Africa, Asia, Nord America ed Europa. Inoltre si prevedono delle siccità agricole ed ecologiche più frequenti e/o gravi in alcune regioni di tutti i continenti, tranne l’Asia. Con un riscaldamento globale di 2°C e oltre, gli eventi siccitosi e le forti precipitazioni aumenteranno e saranno più intensi rispetto a quanto succederà per un aumento della temperatura globale a 1,5 C. Si prevede che le forti precipitazioni e gli eventi alluvionali diventeranno più intensi e frequenti nelle isole del pacifico, in molte regioni del Nord America e dell’Europa e in alcune regioni dell’Australasia e dell’America centrale e meridionale. In diverse regioni dell’Africa, del Sud America e dell’Europa si prevede un aumento della frequenza e/o gravità delle siccità agricole ed ecologiche; aumenti sono previsti anche in Australasia, in America centrale e del nord e nei Caraibi. Si prevede che le precipitazioni medie aumentino in tutte le regioni polari, nel Nord Europa e nel Nord America, nella maggior parte delle regioni asiatiche e in due regioni del Sud America purtroppo non specificate. Cambiamenti specifici in alcune regioni includono l’intensificazione dei cicloni tropicali e/o delle tempeste extra tropicali, l’aumento delle inondazioni fluviali, la riduzione delle precipitazioni medie e l’aumento dell’aridità e degli incendi. L’innalzamento medio regionale del livello del mare continuerà per tutto il 21° secolo, eccetto in poche regioni che hanno sostanziali tassi di sollevamento geologico del terreno. (Una lista di queste zone sarebbe stata molto interessante).

A causa dell’innalzamento relativo del livello del mare, si prevede che entro il 2100 eventi estremi che nel recente passato si verificavano una volta ogni 100 anni, si verificheranno annualmente in più della metà delle località di misurazione delle maree. L’innalzamento relativo del livello del mare contribuisce all’aumento della frequenza della gravità delle inondazioni costiere alle quote più basse e all’erosione costiera lungo la maggior parte delle coste sabbiose. Infine, le città intensificano il riscaldamento indotto dall’uomo a livello locale e un’ulteriore urbanizzazione, insieme a temperature estreme più frequenti, aumenterà la gravità delle ondate di calore. L’urbanizzazione aumenta anche le precipitazioni medie e intense, e la conseguente intensità di deflusso. Nelle città costiere, la combinazione di eventi estremi più frequenti a livello del mare e di eventi estremi di pioggia /deflusso dei fiumi renderà più probabili le inondazioni.

Quest’ultima parte del Rapporto, che pure non entra in troppi dettagli, sembra essere una analisi piuttosto realistica della situazione che si realizzerà nell’immediato futuro. Ma si può solo sperare che un numero sufficiente di Stati accetti questa visione e costringa l’IPCC ad adottare misure adeguate.

Queste le letture consigliate:

Ugo Bardi, **La Terra svuotata**, il futuro dell’uomo dopo l’esaurimento dei minerali, Editori Riuniti, Roma 2011 Ian Angus, **Anthropocene**, capitalismo fossile e crisi del sistema Terra, Asterios

6) Limitare i cambiamenti climatici

In questa sesta e ultima parte del [AR6](#), cioè della sintesi del corposo documento di base inviata ai decisori politici, gli scienziati che lavorano per l’IPCC suggeriscono misure di intervento dirette a limitare i cambiamenti climatici in corso.

Il testo inizia affermando che **limitare il riscaldamento globale ad un livello specifico richiede una limitazione delle emissioni cumulative di CO2 che raggiunga emissioni zero nette, insieme a forti riduzioni delle emissioni degli altri gas serra. Forti riduzioni delle emissioni di metano (CH4) limiterebbero anche l’effetto di riscaldamento risultante dalla diminuzione dell’inquinamento da aerosol e migliorerebbero la qualità dell’aria.**

C’è infatti una relazione quasi lineare tra le emissioni cumulative di anidride carbonica antropiche e il riscaldamento globale: ogni 1000 gigatonnellate di CO2 di emissioni cumulative di anidride carbonica la temperatura superficiale globale aumenta di circa 0,45 gradi centigradi (ogni gigatonnellata equivale ad un miliardo di tonnellate).

Questa quantità è indicata come la risposta transitoria del clima alle emissioni cumulative di anidride carbonica (TCRE) e implica che raggiungere emissioni antropiche di CO2 nette è un requisito necessario per stabilizzare l’aumento della

temperatura globale indotta dall'uomo a qualsiasi livello, ma che **limitare l'aumento della temperatura a un livello specifico implica limitare le emissioni cumulative di anidride carbonica entro un budget di carbonio.**

In nota si precisa che **il termine budget di carbonio si riferisce alla quantità massima di emissioni globali nette cumulative di anidride carbonica antropogenica che risulterebbe nella limitazione del riscaldamento globale a un dato livello con una data probabilità, tenendo conto dell'effetto di altri forzanti climatici antropogenici.**

Le emissioni cumulative storiche di CO₂ determinano in larga misura il riscaldamento fino ad oggi, mentre le emissioni future sono responsabili di un ulteriore riscaldamento futuro. **Il bilancio di carbonio rimanente indica quanta anidride carbonica potrebbe essere ancora emessa mantenendo il riscaldamento al di sotto di un livello di temperatura specifico. Il testo richiede di essere letto più volte per essere in parte compreso.**

Tuttavia vuole solo sottolineare che è necessario limitare al più presto ulteriori immissioni di anidride carbonica e di tutti gli altri gas serra, metano in prima fila, se si vuole realmente bloccare il riscaldamento globale ad un certo livello. Inoltre si sottolinea che conoscere con la massima esattezza l'ammontare di carbonio che resta nell'atmosfera è importante per sapere in futuro quanto altro carbonio si può continuare a immettere nell'atmosfera provocando solo piccoli aumenti di temperatura globale.

In altre parole **gli scienziati vogliono sottolineare il fatto (ovvio, ma non sempre tenuto presente) che ridurre a zero le emissioni è fondamentale, ma non riduce o elimina i gas serra che da tempo abbiamo fatto accumulare nell'atmosfera.** Subito dopo infatti il rapporto ricorda che nel periodo 1850-2019 sono state emesse 2390-2400 gigatonnellate di anidride carbonica originata da attività umane e che le stime del "bilancio di carbonio" rimanente sono state rivalutate e risultano simili a quelle del rapporto SR1,5, ma più grandi rispetto al precedente Rapporto di Valutazione dell'IPCC (AR5, a causa di miglioramenti nelle metodologie adottate.

Il testo affronta poi un tema molto complesso, e sul quale molte imprese si stanno cimentando, vedendolo come un campo di investimento e di sussidi statali molto promettente. La rimozione antropica di anidride carbonica (CDR) ha il potenziale di rimuovere la CO₂ dall'atmosfera e di immagazzinarla in modo duraturo nei serbatoi.

La CDR mira a compensare le emissioni residue per raggiungere emissioni zero nette di anidride carbonica e di altri gas serra. I metodi di CDR possono avere effetti potenzialmente ad ampio raggio sui cicli biogeochimici e sul clima e possono avere effetti sulla disponibilità e la qualità dell'acqua, la produzione alimentare e la biodiversità.

Se la rimozione antropica di anidride carbonica (CDR) portasse a emissioni globali nette negative, si abbasserebbe la concentrazione atmosferica di CO₂ e si invertirebbe l'acidificazione superficiale degli oceani.

Le rimozioni ed emissioni antropiche di anidride carbonica sarebbero parzialmente compensate rispettivamente dal rilascio e dall'assorbimento di anidride carbonica da e verso i bacini di carbonio terrestri e oceanici.

Questa parte del testo dovrebbe essere fortemente rivista e analizzata, poichè le esperienze concrete in materia sono ancora allo studio o in fase di prima sperimentazione (confrontare iniziativa dell'ENI a Ravenna), ma soprattutto manca ogni stima di fattibilità e soprattutto di costi, che è facile prevedere molto rilevanti.

E' probabile che gli scienziati si siano lasciati sedurre dalla possibilità di disporre di tecnologie capaci di ridimensionare gli immani problemi che stanno affrontando ormai da molti anni, ma forse certe ipotesi di origine imprenditoriale dovrebbero essere molto approfondite prima di presentarle al giudizio degli Stati in una situazione drammatica per il clima come quella attuale.

Il testo poi continua ad approfondire le ipotesi di intervento internazionale. Se si raggiungessero e mantenessero emissioni globali nette negative di anidride carbonica, l'aumento globale della temperatura superficiale indotto dalla CO₂ sarebbe gradualmente invertito, ma altri cambiamenti climatici continuerebbero nella loro direzione attuale per decenni o millenni. Per esempio, ci vorrebbero diversi secoli o millenni perchè il livello medio globale del mare inverta la rotta anche con grandi emissioni nette negative di anidride carbonica.

Cambiamenti simultanei nelle emissioni di metano, aerosol e precursore dell'ozono, che contribuiscono anche all'inquinamento atmosferico, portano ad un riscaldamento netto della superficie globale nel breve e nel lungo periodo. Nel lungo termine, questo riscaldamento è inferiore negli scenari che assumono un controllo dell'inquinamento atmosferico combinato con forti e sostenute riduzioni delle emissioni di metano.

A causa del breve tempo di vita in atmosfera sia del metano che degli aerosol, questi effetti sul clima si compensano parzialmente a vicenda. Le riduzioni di metano contribuiscono anche a migliorare la qualità della vita riducendo l'ozono superficiale globale.

Gli scenari con emissioni basse di gas serra (SSP 1-1,9 e SSP 1, 2,6) portano in pochi anni ad effetti percepibili sulla concentrazione di gas serra ed aerosol e sulla qualità dell'aria. Le riduzioni delle emissioni nel 2020 associate alle misure per ridurre la diffusione del COVID-19 hanno portato a effetti temporanei ma rilevabili sull'inquinamento atmosferico, e un temporaneo aumento del forcing radiativo totale, dovuto principalmente alle riduzioni del raffreddamento causato dagli aerosol.

Invece le concentrazioni di anidride carbonica nell'atmosfera hanno continuato ad aumentare nel 2020, senza una diminuzione rilevabile del tasso di crescita osservato dell'anidride carbonica. Queste ultime osservazioni sono state ampiamente approfondite anche sulla stampa nazionale, poichè le riduzioni del traffico di auto e autobus erano chiaramente percepibili; meno chiare sono state le reali chiusure delle industrie, specie di quelle più inquinanti.

Le concentrazioni in atmosfera non si sono evidenziate poichè i gas serra impiegano anche dieci anni per raggiungere gli strati superiori e uno o due anni di riduzione in pratica non hanno inciso sulla massa finora accumulata. Le riduzioni delle emissioni di gas serra portano anche a miglioramenti nella qualità dell'aria.

Tuttavia, nel breve termine (2021-2040), anche negli scenari con una forte riduzione dei gas serra, questi miglioramenti non sono sufficienti a raggiungere le linee guida sulla qualità dell'aria dell'Organizzazione Mondiale della Sanità in molte regioni inquinate.

Gli scenari con riduzioni mirate delle emissioni di inquinanti atmosferici portano a miglioramenti più rapidi della qualità dell'aria rispetto alle riduzioni delle sole emissioni di gas serra nei primi anni, ma, a partire dal 2040 sono previsti miglioramenti maggiori negli scenari che combinano gli sforzi per ridurre sia gli inquinanti atmosferici che le emissioni di gas serra.

Queste ultime considerazioni sembrano prevedere **ancora 20 anni di aria molto nociva, che nella sola Europa fa ogni anno centinaia di migliaia di vittime.** E anche su questo aspetto si può solo sperare che gli Stati decidano di realizzare interventi adeguati ai costi sociali.

Ancora delle letture possono essere suggerite:

Adam Tooze, **Lo schianto**, 2008-2018, Come un decennio di crisi economica ha cambiato il mondo, Le Scie, Mondadori, 2018

Renato Galeotti, **Capitolo zero, mondi possibili e mondi resistenti**, appunti per una scrittura collettiva, Hermatena editore, 2020