

Anni decisivi nella lotta al riscaldamento globale

Crucial years in the fight against global warming

STEFANO CASERINI
stefano.caserini@polimi.it

AFFILIAZIONE
Docente di Mitigazione dei cambiamenti climatici
Politecnico di Milano

ABSTRACT¹

È ormai chiaro che il riscaldamento globale e i conseguenti cambiamenti climatici sono una grande questione non solo ambientale, ma anche sociale e geopolitica. La comunità scientifica ha ormai fornito prove chiare sulla gravità dei pericoli, per le persone e gli ecosistemi che abitano il pianeta, legati ad alti scenari di aumento delle emissioni. Sebbene l'Accordo di Parigi possa essere considerato un successo per il negoziato internazionale sui cambiamenti climatici, i decisori politici a diversi livelli non riconoscono le sue implicazioni, ossia la necessità di una deviazione significativa dalla prassi politica-amministrativa degli ultimi decenni, caratterizzata da mancanza di ambizione, obiettivi limitati e ritardi vergognosi. Sono necessarie rapide e profonde trasformazioni in ogni settore dell'economia, oltre alla comprensione delle radici profonde della crisi climatica.

ABSTRACT

It is now clear that global warming is not only a major environment problem, but also a social and geopolitical challenge. The scientific community has now provided clear evidence on the seriousness of the dangers, for the people and the ecosystems that inhabit the planet, associated to high scenarios of increased emissions. Although the Paris Accord could be considered a success for the international negotiation on climate change, decision makers at different levels fail to acknowledge its implications, as the significant deviation from the policy trend of the last decades, characterized by lack of ambition, limits of scope and shameful delays. Rapid and profound transformations in every sector of the economy are needed, as well as an understanding of the deep roots of the climate crisis.

KEYWORDS

Cambiamenti climatici
Climate Change

Clima
Climate

Mitigazione
Mitigation

Negoziato
Negotiation

UNFCCC
UNFCCC

Accordo di Parigi
Paris Agreement

Sono passati più di tre anni dall'approvazione dell'Accordo di Parigi, si sta avvicinando un altro momento importante per il negoziato internazionale istituito nel 1992 sul tema dei cambiamenti climatici, con la convenzione UNFCCC (United Nation Framework Convention on Climate Change). L'Accordo siglato nella capitale francese è stato un passo di grandissima importanza, un compromesso ben strutturato sui tempi e sulle regole del percorso futuro della governance mondiale e multilaterale del clima, ma ha lasciato ancora da sciogliere alcuni nodi cruciali nella lotta al riscaldamento globale. Infatti, l'Accordo di Parigi ha definito un obiettivo molto ambizioso di contenimento dell'aumento delle temperature medie del pianeta,² che può essere tradotto concretamente nella necessità di ridurre drasticamente e rapidamente le emissioni dei gas che surriscaldano il pianeta, portarle prossime allo zero nei prossimi 3-4 decenni. Tutti gli Stati hanno sottoscritto degli impegni volontari di azione sul cambiamento climatico (chiamati NDC, National Determined Contribution), consistenti in molti casi in impegni di riduzioni delle emissioni climalteranti, ma se vengono sommati non sono nel complesso sufficienti a rispettare l'obiettivo di contenimento delle temperature che gli stessi Stati hanno sottoscritto. Pur se in molti casi gli NDC contengono impegni molto più ambiziosi che nel passato, nel complesso porterebbero a un aumento di temperatura di più di 3°C. Il rilancio degli impegni nei prossimi anni, che dovrà avvenire entro la COP26 di Glasgow a fine 2020, sarà quindi di vitale importanza per la credibilità dell'Accordo e dell'intero negoziato UNFCCC. È una grande questione geopolitica, che dovrebbe costituire anche una grande questione di politica a livello nazionale.

Rispettare l'Accordo di Parigi significa in sostanza impegnarsi a rottamare l'intero sistema energetico basato sui combustibili fossili, e azzerare la deforestazione, in pochi decenni, nonché riuscire a rendere

operative le tecnologie in grado di ottenere emissioni negative, assorbendo CO₂ dall'aria e stoccando il carbonio nel sottosuolo o in altri modi.

Un compito enorme, che ha conseguenze per tutti i settori economici, per le politiche energetiche, territoriali e fiscali di tutte le nazioni. Pur se negli ultimi anni molte tecnologie per produrre energia rinnovabile sono diventate più economiche e competitive, e si sono fatti progressi sull'efficienza nella produzione e nel consumo dell'energia, per raggiungere gli obiettivi sottoscritti a Parigi non basta: la tendenza in corso deve essere notevolmente accelerata. È una questione politica, più che tecnologica: molti studi hanno mostrato che è possibile nei prossimi decenni ridurre le emissioni climalteranti in modo molto consistente, azzerarle entro metà secolo o poco più, sviluppando più velocemente su larga scala delle tecnologie che già esistono, grazie a un insieme di misure coerenti (eliminazione sussidi alle fonti fossili, tassazione delle emissioni inquinanti, investimenti sulle energie rinnovabili, ecc.) (Rogeli et al 2015; Clarke et al. 2014). Servono azioni integrate e sinergiche in tutti i settori chiave della società: la produzione e l'uso dell'energia, i trasporti, l'edilizia, l'agricoltura e gli allevamenti, il sistema industriale, le foreste e i cambiamenti di uso del suolo. Servono azioni a tutti i livelli decisionali, le nazioni, le regioni, i comuni, le imprese, gli investitori. Senza dimenticare che la questione climatica non è isolata, ha tante relazioni con le altre sfide dei prossimi decenni, ben riassunte negli "Obiettivi di sviluppo sostenibile" dell'Agenda 2030.³

Il ritardo accumulato nella lotta al surriscaldamento globale diventa ancora più importante se si considera che la posta davvero in gioco non è solo quella degli impatti a cui stiamo assistendo (le ondate di calore sempre più calde, le precipitazioni più intense e devastanti, la perdita di biodiversità, la distruzione delle barriere coralline, la riduzione dei ghiacci montani e della banchisa artica, gli incendi e i danni alle produzioni agricole), o l'aggravamento di questi disastri a cui assisteranno i nostri nipoti. La dimensione reale del problema del riscaldamento globale si coglie solo se si considerano tutte le conseguenze dell'alterazione del sistema climatico, su periodi più lunghi dei ristretti decenni della vita di noi Sapiens, molto più lunghi degli orizzonti temporali della politica. Un articolo pubblicato sulla prestigiosa rivista scientifica Nature Climate

Change nel settembre 2016 (Clark et al. 2016), firmato da 18 scienziati, fra cui molti mostri sacri della climatologia, ha spiegato in modo molto chiaro in cosa consiste realmente il problema del cambiamento climatico: «[...] le decisioni politiche dei prossimi anni e decenni avranno un profondo impatto sul clima globale, gli ecosistemi e le società umane – non solo per questo secolo, ma per i prossimi dieci millenni e oltre». In altre parole, gli impatti del riscaldamento globale attesi per i prossimi decenni sono sì molto pericolosi, avranno conseguenze devastanti per centinaia di milioni di persone, con pesanti conseguenze sociali e geopolitiche; ma è nel lungo periodo che entrano in gioco altri processi determinanti del sistema climatico, caratterizzati da inerzia e irreversibilità.

Negli ultimi anni la ricerca scientifica ha migliorato la descrizione della sensibilità delle enormi calotte glaciali della Groenlandia e dell'Antartide al riscaldamento dell'atmosfera e degli oceani. Sono studi complessi che riguardano zone remote del pianeta, in cui raccogliere dati è costoso e pericoloso. Studi che usano le informazioni della paleoclimatologia (ad esempio l'analisi delle "carote" dei ghiacci estratte nelle calotte polari) e i dati delle misurazioni attuali per mettere a punto modelli matematici in grado di simulare la stabilità di queste enormi masse ghiacciate in diversi scenari di riscaldamento globale futuro. I risultati di questi modelli sono impressionanti: gli scenari considerati negli scorsi decenni come possibili obiettivi delle politiche sul clima (stabilizzare l'aumento delle temperature a +2°C rispetto ai livelli pre-industriali) provocherebbero comunque la destabilizzazione di parti consistenti delle calotte glaciali di Groenlandia e Antartide Occidentale, con aumenti del livello dei mari, nei prossimi secoli e millenni, che possono superare i 10 metri (De Conto e Pollard 2016; Fisher et al. 2018). Non saranno le onde improvvise dei film di fantaclimatologia di Hollywood; saranno aumenti lenti, ma inesorabili: se le calotte glaciali saranno destabilizzate dalle temperature eccessive dell'aria e del mare, sarà inevitabile poi la perdita del ghiaccio, per secoli e secoli.

Sono passati più di due anni da quando il presidente statunitense Donald Trump ha annunciato l'intenzione di avviare le procedure per il ritiro degli Stati Uniti dall'Accordo di Parigi. È quindi possibile fare un primo bilancio, che porta a una conclusione chia-

ra: Trump è rimasto nettamente, clamorosamente isolato. Non ha raccolto consensi di altri capi di Stato, che anzi hanno reagito in modo chiaro, criticando più o meno apertamente questa decisione. Non ha avuto seguito all'interno degli stessi Stati Uniti, dove è anzi nata e fortificata una coalizione alternativa di Stati, città, aziende, investitori, università "We are still inn – American Pledge" che hanno dichiarato la volontà di continuare a lavorare per applicare l'Accordo di Parigi. Una settantina di sindaci, sia Repubblicani che Democratici, di grandi città statunitensi (tra cui quelli di New York, Chicago, Seattle, Boston, Los Angeles, San Francisco, Miami, Houston) hanno ribadito la volontà di assumere o confermare impegni di riduzione delle emissioni di gas climalteranti e di sostenere il negoziato globale; analoghi impegni sono arrivati da molti Stati (fra cui la California), da centinaia di grandi aziende e investitori.

Pur se per Trump è importante poter annunciare di voler uscire dall'Accordo di Parigi, per poter dire di aver mantenuto una promessa elettorale e garantirsi consensi in un elettorato, quello repubblicano, in cui la negazione del problema del surriscaldamento globale rimane consistente, anche negli Stati Uniti questa sua posizione è sempre più minoritaria: i sondaggi mostrano come più del 70% degli statunitensi è favorevole alla partecipazione all'Accordo.

L'inconsistenza e la miopia delle critiche di Trump alla sostanza dell'Accordo di Parigi sono talmente evidenti che non hanno suscitato alcun dibattito. I numeri sulle probabili perdite di posti di lavoro (2,5 milioni entro il 2025) o sulla perdita di benessere conseguenti alle politiche sul clima, sono rozzi errori o vere e proprie bugie: tesi senza fondamento che assomigliano agli argomenti con cui nel corso degli anni Trump e i suoi attuali collaboratori hanno denigrato o deriso la scienza del clima.

.....

Un articolo pubblicato su *Science* (Rockstrom et al. 2017) pochi mesi prima dell'annuncio di Trump denominava "legge del carbonio" la traiettoria delle emissioni di CO₂ congruente con l'Accordo di Parigi: dimezzare le emissioni ogni decennio, da 40 miliardi di tonnellate l'anno del 2020 a 5 miliardi del 2050 (Figura 1). Uno sforzo gigantesco, con conseguenze per tutti i settori economici, per le politiche energetiche, territoriali e fiscali di tutte le nazioni.

Dal punto di vista dei costi, al contrario di quanto sostiene Donald Trump, le prospettive sono interessanti: molte analisi hanno mostrato che serviranno ingenti investimenti per favorire questa transizione, ma non tali da danneggiare il sistema economico globale o il benessere delle persone

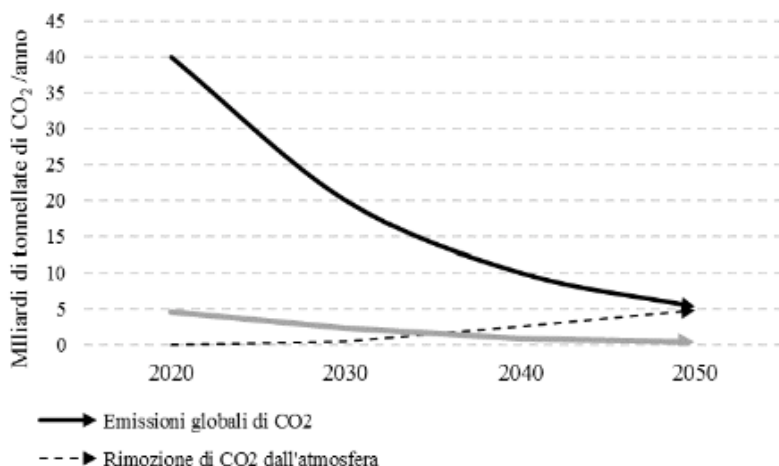


Figura 1: Esempio di scenario di riduzione delle emissioni di CO₂ (e di aumento delle rimozioni di CO₂ dall'atmosfera) congruente con gli obiettivi dell'Accordo di Parigi (Fonte: Rockstrom et al. 2017)

(International Energy Agency 2011; IPCC 2014). Inoltre, oltre ai costi ci sono anche i risparmi, ossia costi evitati degli impatti dei cambiamenti climatici, che aumentano tanto più ci sono ritardi nell'inizio delle politiche di mitigazione. E ci sono altresì i co-benefici su altri importanti piani, quali la sicurezza nell'approvvigionamento energetico, la riduzione dei costi per l'importazione dell'energia, il miglioramento della qualità dell'aria, la competitività nel settore delle nuove tecnologie, lo sviluppo di nuovi posti di lavoro (Caserini 2019). Ad esempio, proteggere una foresta ha un beneficio non solo per il mantenimento dello stock di carbonio, ma per la biodiversità, per l'equilibrio idrologico ed ecosistemico, per le comunità locali; fattori spesso non considerati nei conti economici a breve termine che inducono alla deforestazione.

.....

Il 12 dicembre 2017, secondo anniversario dell'approvazione dell'Accordo di Parigi, la Banca Mondiale ha annunciato che non finanzia più, dopo il 2019, le infrastrutture per l'estrazione di petrolio e gas.

Poteva sembrare uno dei tanti annunci di buoni propositi ecologisti, peraltro da un'istituzione che negli scorsi decenni non si è distinta per la sua lungimiranza, per usare un eufemismo; eppure è stato un segnale importante, necessario in questo momento storico in cui è urgente cambiare marcia nella lotta al riscaldamento globale. Tagliare i fondi per l'estrazione di nuovi combustibili fossili è cruciale se si vuole lasciare sotto terra tre quarti delle riserve di fossili conosciute, per avere qualche probabilità decente di limitare il riscaldamento globale al di sotto di +2°C rispetto al periodo preindustriale.

La Banca mondiale aveva già annunciato nel 2010 la fine dei finanziamenti all'estrazione del carbone, che è il più inquinante dei combustibili fossili: tagliare i finanziamenti alle nuove estrazioni di gas, no, quest'annuncio non era affatto scontato.

Il gas è da tempo proposto come il combustibile da utilizzare durante la transizione energetica, per sostituire il carbone. Indubbiamente, a parità di energia prodotta se si usa il gas al posto del carbone si dimezzano le emissioni di gas serra, e si riducono le emissioni di altri inquinanti (solfati, polveri) che provocano l'inquinamento dell'aria locale; come cinesi e indiani ben sanno. Ormai per il carbone la parabola discendente è già iniziata, in

particolare nei paesi occidentali: durante la COP23 di Bonn, 25 Stati (fra cui Francia, Regno Unito, Canada e Italia) hanno annunciato l'impegno a dismettere l'uso del carbone per la produzione di elettricità, e l'Italia ha annunciato di chiudere le sue centrali entro il 2025, impegno inserito nella Strategia Energetica Nazionale 2017. Servirà quindi sicuramente del gas nella frase transitoria. Il problema è che anche di gas, e di petrolio, ce n'è molto più di quanto è compatibile con la traiettoria verso i 2°C (McGlade e Ekins 2015), quindi la transizione deve avere una scadenza, una conclusione certa.

Una buona notizia è che, al contrario di quanto auspicato da Trump, le energie rinnovabili hanno raggiunto nuovi traguardi, sono sempre più competitive. L'ultima analisi di BloombergNEF, uno dei più importanti istituti sulle temi dei costi dell'energia, ha mostrato un'ulteriore riduzione dei costi della produzione di elettricità con impianti fotovoltaici di grande scala: del 18% solo nell'ultimo anno. Per l'energia eolica prodotta con impianti sulla terraferma o ancorati sui fondali marini (off-shore), la riduzione è stata rispettivamente del 10% e del 24%. Ormai la produzione elettrica fotovoltaica e eolica su grande scala è competitiva con le energie fossili, anche se quest'ultima è prodotta con la tecnologia più efficiente (cicli combinati a gas) o con quella più sporca (le centrali a carbone).

Gestire la fuoriuscita dal mondo fossile, le conseguenze sui lavoratori, sui sistemi fiscali, sugli asset finanziari, non sarà facile, ma può essere conveniente; perdere altro tempo è pericoloso. I nodi della questione sono chiari: con il sistema dei "rilanci" quinquennali degli impegni previsto dall'Accordo di Parigi, il percorso è delineato, il periodo degli alibi è finito. Il prossimo rilancio sarà nel 2020, ci aspetta un anno cruciale. Riguarda anche l'Europa, anche l'Italia.

.....

I temi della lotta al cambiamento climatico sono finalmente comparsi nei programmi elettorali di quasi tutte le forze politiche che si sono presentate alle elezioni italiane nella primavera del 2018. Con impegni, toni e sfumature molto diversi, come ovvio, ma nel complesso l'attenzione è sicuramente aumentata rispetto alle precedenti elezioni. Qualcosa sull'efficienza energetica e le energie rinnovabili è stata inserita da tutti, le parole d'ordine tradizionali sullo sviluppo sostenibile o la sostenibilità ambientale sono

state declinate in termini di green economy, economia circolare, raccolta differenziata, auto elettriche. Alcune forze politiche si sono spinte a definire il tema del cambiamento climatico "la sfida centrale per l'umanità" o "un tema essenziale che tocca profondamente anche il nostro paese", o hanno indicato la necessità di una "visione e strategia per puntare senza più indugi verso una totale decarbonizzazione". Il tema delle politiche sul clima ha avuto più spazio nella formazione del nuovo governo nel settembre 2019, con il varo di uno specifico "Decreto Clima".

Nel complesso, comunque, si può dire che in Italia il cambiamento climatico non è ancora diventato una questione strategica e importante. A differenza di quanto succede in altri paesi (anche negli Stati Uniti di Donald Trump) è un tema che interessa poco gli editorialisti dei quotidiani nazionali. E a volte, leggendo cosa viene pubblicato, si è spinti a pensare che forse sia meglio così: meglio che non ne parlino. Il problema non sono solo *Libero*, *Il Giornale*, *La Verità* o *Il Foglio*, che propongono regolarmente in prima pagina articoli negazionisti, deliri autoreferenziali in cui l'aderenza alla realtà è un optional.⁴ Ci sono eccezioni, ma nel complesso il mondo culturale italiano sta ignorando più o meno consapevolmente questo problema; non ha ancora capito quanto le decisioni prese nei prossimi decenni avranno conseguenze su centinaia di generazioni che verranno dopo di noi.

Ma se gli articoli che mettono in discussione la scienza del clima si sono fatti più rari, e viceversa i segnali del clima che cambia non possono alla fine essere ignorati, la narrazione dei vari Pierluigi Battista, Aldo Grasso, Paolo Mieli, Danilo Taino è quella di tranquillizzare, di evitare gli "opposti estremismi". L'importante è non far preoccupare il lettore: non facciamo i catastrofisti, svuovia!

In televisione va anche peggio. Assisteremo a breve alla ventiquattresima replica del viaggio nell'Antica Roma di Angela padre o figlio, della distruzione di Pompei o dei segreti di Venezia, ma non esiste una trasmissione in tutto il servizio pubblico in grado di informare sul cambiamento climatico. Luca Mercalli ci ha provato con un buon risultato, con una trasmissione subito rimossa dal palinsesto.

Non è certo un problema solo italiano: secondo lo scrittore indiano Amitav Ghosh, la nostra epoca, pur così fiera della propria consapevolezza, verrà in futuro definita come "l'epoca della

grande cecità" (Ghosh 2017), per il modo in cui il mondo culturale sta eludendo il problema del cambiamento climatico. La cecità di cui scrive Gosh è solo una parte di una più generale rimozione del problema, da parte del mondo culturale politico, dell'informazione, della formazione.

.....

Non deve quindi sorprendere se la fuoriuscita dal sistema dei combustibili fossili si riveli lenta e difficile. In fondo, l'estrazione, la vendita e il consumo su scala industriale di combustibili fossili avviene da più di un secolo, è un vero e proprio sistema, diffuso in modo capillare nel mondo, e che genera profitti giganteschi. Pur se siamo arrivati a un punto critico e molto pericoloso, qualche passo in avanti e qualche buona notizia si può trovare, che permetta di non vedere la situazione attuale del tutto desolante, senza speranza, come se i giochi fossero ormai fatti, e non ci fosse altro da fare che stare a guardare il procedere della catastrofe. La storia di come gli esseri umani del XXI secolo hanno cambiato il clima del pianeta è in buona parte ancora da scrivere. Le scelte che faremo nei prossimi anni contano: i tempi della crisi climatica non permettono di continuare con la lentezza e le inerzie degli ultimi 20 anni. Una proposta seria per l'agenda politica pre e post elettorale potrebbe partire dal fatto che per cambiamenti epocali, come quelli necessari per rottamare un sistema energetico distribuito capillarmente, servono azioni legislative decise, indirizzi coerenti per la politica industriale, l'urbanistica e le infrastrutture; investimenti pubblici e privati, incentivi e i divieti appropriati.

È indubbia l'importanza dei temi del lavoro, della lotta alla disoccupazione, che occupano in modo quasi ossessivo la retorica elettorale. Indubbiamente il lavoro è stato il luogo di emancipazione per gli ultimi della società, ancora prima della scuola; ma se il clima è cambiato ci deve essere un modo nuovo per declinare questo tema. La catastrofe del lavoro, davanti agli occhi di tutti, confermata dalle feroci percentuali di disoccupati impensabili solo qualche decennio fa, che diventano drammatiche fra i giovani e nelle zone rurali o periferiche al grande business finanziario, ci dice che la retorica sviluppatista novecentesca è arrivata al capolinea. Prenderne atto conviene a tutti, e il cambiamento climatico fornisce un'occasione per cambiare direzione.

In questo senso, non si può inoltre non registrare il grande successo che ha avuto l'azione di Greta Thunberg, un fatto indubbiamente importante e interessante nel panorama della lotta al cambiamento climatico dell'ultimo anno. In pochi mesi, l'attivista svedese con i suoi sguardi imbronciati, le parole nette e la sua clamorosa giovinezza ha canalizzato le energie di molti giovani e ricevuto una quantità di consensi non scontati. Certo, molti di questi applausi e dei sorrisi sono di circostanza, belle parole che non costano nulla. Come molti dei generici discorsi sullo sviluppo sostenibile, non richiedono azioni concrete. Ma le imponenti manifestazioni in tutto il mondo della Climate Week del settembre 2019 sono comunque un segno dei tempi: se chi chiede cambiamenti radicali e impegni incisivi nelle politiche sul clima ha l'appoggio di milioni di giovani, significa che qualcosa è cambiato. Non solo il clima.

NOTE E BIBLIOGRAFIA

1. Il presente articolo è stato aggiornato nella edizione online a settembre 2019.

2. L'obiettivo è stato definito nell'art. 2 dell'Accordo, dopo un dibattito serrato: «limitare l'aumento medio della temperatura globale ben al di sotto dei 2° C» e altresì «fare ogni sforzo possibile per contenere l'aumento delle temperature in +1,5°C». Ad oggi, l'aumento delle temperature globali già registrato, rispetto al periodo pre-industriale, è di circa 1°C.

3. www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/

4. Si rimanda per i dettagli al blog scientifico www.climalteranti.it, che effettua un sistematico "debugging" delle tesi negazioniste sul clima, nonché al libro "A qualcuno piace caldo" (Edizioni Ambiente, 2008), disponibile gratuitamente sul sito www.caserinik.it/aqpc.

• Clarke L et al. 2014. Assessing transformation pathways. In Edenhofer O et al., eds. 2014. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge Univ. Press; Chapter 6.

• Clark PU et al. 2016. Consequences of twenty-first-century policy for multi-millennial climate and sea-level change. *Nature Climate Change*, 6: 360-9.

• Caserini S. 2019. Il clima è già cambiato. 9 buone notizie sui cambiamenti climatici. Milano: Edizioni Ambiente.

• De Conto B, Pollard D. 2016. Contribution of Antarctica to past and future sea-level rise. *Nature*, 531: 591-7.

• Fisher et al. 2018 Palaeoclimate constraints on the impact of 2°C anthropogenic warming and beyond. *Nature Geoscience*, 11: 474-85.

• Ghosh A. 2017. La grande cecità. Il cambiamento climatico e l'impensabile. Milano: Neri Pozza.

• International Energy Agency. 2011. Energy technology perspectives 2010, Scenarios & Strategies to 2050, <https://www.iea.org/publications/free-publications/publication/etp2010.pdf>

• IPCC. 2014. Summary for Policymakers. In Edenhofer O et al., eds. 2014. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge Univ. Press.

• McGlade C, Ekins P. 2015. The geographical distribution of fossil fuels unused when limiting global warming to 2°C. *Nature*, 517: 187-90.

• Rockstrom J et al. 2017. A roadmap for rapid decarbonization. Emissions inevitably approach zero with a "carbon law". *Science*, 355(6331): 1269-71.

• Rogelj J et al. 2015. Energy system transformations for limiting end-of-century warming to below 1.5 °C. *Nature Climate Change*, 5: 519-28.