ECONOMIA ITALIANA

Fondata da Mario Arcelli

Agenda 2030: il punto sullo sviluppo sostenibile

2019/2

LUISS
CASMEF Centro Arcelli per gli Studi Monetari e Finanziari

UNIVERSITÀ CATTOLICA del Sacro Cuore
CESPEM
Centro Studi di Politica economica e monetaria "Mario Arcelli"

Economia Italiana

Fondata da Mario Arcelli

COMITATO SCIENTIFICO
(Editorial board)

CO-EDITORS

GIUSEPPE DE ARCANGELIS - Sapienza, Università di Roma
ENRICO GIOVANNINI - Università di Roma "Tor Vergata"
FABIANO SCHIVARDI - LUISS Guido Carli

MEMBRI DEL COMITATO *(Associate Editors)*

Lorenzo Codogno
London School of Economics and Political Science

Giuseppe Di Taranto,
LUISS Guido Carli

Stefano Fantacone
Centro Europa Ricerche

Giovanni Farese
Università Europea di Roma

Paolo Giordani
LUISS Guido Carli

Marco Mazzoli
Università degli Studi di Genova

Andrea Montanino
Atlantic Council

Salvatore Nisticò
Sapienza, Università di Roma

Francesco Nucci
Sapienza, Università di Roma

Antonio Ortolani
AIDC

Alessandro Pandimiglio
Università degli Studi "Gabriele d'Annunzio" Chieti - Pescara

Alberto Petrucci
LUISS Guido Carli

Paola Profeta
Università Bocconi

Pietro Reichlin
LUISS Guido Carli

Marco Spallone
Università degli Studi "Gabriele d'Annunzio" Chieti - Pescara

Francesco Timpano
UNIVERSITA' CATTOLICA del Sacro Cuore

Giovanna Vallanti
LUISS Guido Carli

DIRETTORE RESPONSABILE: Giovanni Parrillo

ADVISORY BOARD

PRESIDENTE

PAOLO GUERRIERI - SAPIENZA, UNIVERSITÀ DI ROMA

CONSIGLIO

Federico Arcelli, Center for International Governance Innovation
Riccardo Barbieri, Tesoro
Carlo Cottarelli, Università Cattolica del Sacro Cuore
Sergio De Nardis, Ufficio parlamentare di bilancio
Giorgio Di Giorgio, Editrice Minerva Bancaria
Andrea Ferrari, AIDC
Eugenio Gaiotti, Banca d'Italia
Luca Gentile, British American Tobacco Italia
Vladimiro Giacchè, Centro Europa Ricerche
Mauro Micillo, Banca IMI
Stefano Micossi, Assonime
Roberto Monducci, ISTAT
Luca Petroni, Deloitte
Beniamino Quintieri, SACE
Claudio Torcellan, Oliver Wyman
Alberto Tosti, Sara Assicurazioni

Economia italiana

Fondata da Mario Arcelli

numero 2/2019
Pubblicazione quadrimestrale
Roma

ECONOMIA ITALIANA
Rivista quadrimestrale fondata nel 1979 da Mario Arcelli

DIRETTORE RESPONSABILE
Giovanni Parrillo, Editrice Minerva Bancaria

COMITATO DI REDAZIONE
Simona D'Amico *(coordinamento editoriale),*
Natasha Rovo,
Guido Traficante,
Ugo Zannini.

(Pubblicità inferiore al 70%)

Autorizzazione Tribunale di Roma n. 43/1991

ISSN: 0392-775X

Gli articoli firmati o siglati rispecchiano soltanto il pensiero dell'Autore e non impegnano la Direzione della Rivista.
I *saggi* della parte monografica sono a invito o pervengono a seguito di call for papers e sono valutati dall'editor del numero.
I *contributi* vengono valutati anonimamente da due referee individuati dagli editor o dai membri del Comitato Scientifico.
Le *rubriche* sono sottoposte al vaglio della direzione/redazione.

Finito di stampare nel mese di luglio 2019 presso Press Up, Roma.

www.economiaitaliana.org

Editrice Minerva Bancaria srl

DIREZIONE E REDAZIONE Largo Luigi Antonelli, 27 – 00145 Roma
redazione@economiaitaliana.org

AMMINISTRAZIONE EDITRICE MINERVA BANCARIA S.r.l.
presso P&B Gestioni Srl, Viale di Villa Massimo, 29 - 00161 - Roma -
Fax +39 06 83700502
amministrazione@editriceminervabancaria.it

Segui Editrice Minerva Bancaria su:

Sommario

Agenda 2030: il punto sullo sviluppo sostenibile

EDITORIALE

5 Sostenibilità: rischi, opportunità e sfide per il nostro futuro
Enrico Giovannini

SAGGI

9 Europa: invertire rotta e aggredire le disuguaglianze
Fabrizio Barca, Patrizia Luongo

25 Il cambiamento climatico e la transizione energetica dopo Parigi
Toni Federico

105 Economia circolare: principi e sfide per la trasformazione delle imprese
Patrizia Giangulano, Lorenzo Solimene

121 La finanza per lo sviluppo sostenibile: un'analisi dello stato dell'arte
Francesco Timpano, Marco Fedeli

INTERVENTI

165 Sviluppo sostenibile e rischi climatici: il ruolo delle banche centrali
Ignazio Visco

RUBRICHE

175 Sviluppo sostenibile e downstream petrolifero
Livio Livi

183 Verso il 2030: Edison e l'energia sostenibile
Francesca Magliulo

189 Terre rare: criticità, applicazioni e alternative
Daniele Lombardini

195 Le imprese italiane di fronte alla sfida dello sviluppo sostenibile. Il contributo delle associazioni e dei network per la sostenibilità.
Sabrina Florio

DOCUMENTI

203 Acceleriamo la transizione alla sostenibilità Le imprese per l'agenda 2030
Rinnovato il "Patto di Milano"

RECENSIONI

209 F.D. Roosevelt, *Guardare al futuro: la politica contro l'inerzia della crisi*
Lorenzo Paliotta

Il cambiamento climatico e la transizione energetica dopo Parigi

Toni Federico *

Sintesi

C'è un nesso stretto, causale, tra la crisi climatica in atto che mette in seria discussione l'equilibrio ecologico del pianeta e lo stesso sviluppo economico e sociale così come lo conosciamo, determinato in gran parte dalle modalità di uso delle risorse naturali dalle quali ricaviamo l'energia. La base scientifica del cambiamento climatico è ormai piuttosto evidente e condivisa, al di là di ogni polemica o negazione: pompando in atmosfera gas serra oltre la resilienza dell'ecosistema atmosfera-oceano, cambiano i flussi di energia riemessi dalla terra che si scalda in misura proporzionale all'aumento della concentrazione atmosferica dei gas ad effetto serra. Le basi scientifiche delle dinamiche climatiche sono affidate ad un *Panel* di scienziati appartenenti a tutti i maggiori istituti di ricerca del mondo, lo *International Panel on Climate Change*, IPCC, che ha finora prodotto 5 rapporti di *assessment* climatici e si appresta a pubblicare il prossimo, AR6, nel 2022. Si tratta di un'impresa scientifica epocale in termini di investimenti e di partecipazione, che sta via via cancellando ogni illusione negazionista, in particolare quella che non sarebbero le attività umane l'origine dei cambiamenti climatici. A Parigi, nel Dicembre 2015, al culmine di un quarto di secolo di trattative, in un quadro di *governance* globale piuttosto incerta, si è finalmente trovato un Accordo in base al quale l'aumento della temperatura media terrestre dovrebbe stare *ben al di sotto* dei 2° C di anomalia rispetto al periodo preindustriale. Poiché la quota delle emissioni serra attri-

* Fondazione per lo sviluppo sostenibile, Coordinatore del GdL Clima - Energia di ASviS, Maggio 2019. tonifederico1942@gmail.com

buibile agli usi energetici dei combustibili fossili si avvicina all'80%, l'ipotesi di contenere i cambiamenti climatici è condizionata da una trasformazione del modello globale della produzione e del consumo dell'energia. Nell'Agenda 2030 dello sviluppo sostenibile l'obiettivo SDG 13 (lotta ai cambiamenti climatici), i cui target sono fissati dall'Accordo di Parigi, è strettamente connesso allo SDG 7 (energia pulita ed accessibile), i cui *target* prescrivono aumenti adeguati delle fonti rinnovabili e dell'efficienza energetica, in un quadro di garanzie di un accesso equo all'energia. Questo mutamento, assieme alle implicazioni di carattere sociale ed ambientale, è l'asse di quella che chiamiamo transizione energetica.

Abstract - Climate change and energy transition after the Paris Agreement

There is a close, causal connection between the current climate crisis, that seriously calls into question the ecological balance of the planet, and the economic and social development as we know it, determined largely by the use of natural resources by which we get the energy. The scientific basis of climate change is now quite evident and shared, beyond any controversy or denial: by pumping greenhouse gases into the atmosphere beyond the resilience of the atmosphere-ocean ecosystem, the energy flows re-emitted by the earth, it warms up to a greater extent in proportion to the increase in the atmospheric concentration of the greenhouse gases. The scientific basis of climate dynamics is entrusted to a panel of scientists belonging to all the major research institutes in the world, the International Panel on Climate Change, IPCC, which has so far produced five climate assessment reports and is preparing to publish the next, AR6, in 2022. It is an epochal scientific enterprise in terms of investments and participation which is gradually erasing all denialist illusions, in particular that human activities should not be the origin of climate change. In Paris, in December 2015, at the culmination of a quarter-century of negotiations, in a rather uncertain framework of global governance, an agreement was finally found whereby the increase in the average earth temperature should be well below 2 °C of anomaly with respect to the pre-industrial period. As the share of greenhouse emissions attributable to the energy uses of fossil fuels approaches 80%, the hypothesis of limiting climate change is conditioned by a transformation

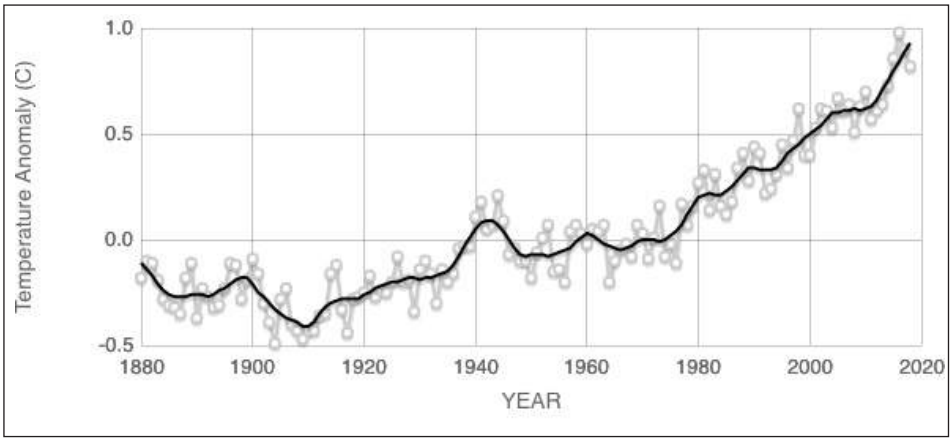
of the global model of energy production and consumption. In the 2030 Agenda of sustainable development the goal SDG 13 (Fight against climate change), whose targets are set by the Paris Agreement, is strictly connected to SDG 7 (Clean and accessible energy), whose targets prescribe adequate increases in energy renewable sources and efficiency, in a framework of guarantees of fair access to energy. This change, together with the social and environmental implications, is the core of what we call the energy transition.

JEL Classification: Q42; Q54.
Parole chiave: Cambiamenti climatici; Energia; Transizione; Effetto serra; Riscaldamento globale.
Keywords: *Climate change; Energy; Transition; Greenhouse effect; Global warming.*

1. La crisi climatica

La variabile di stato dominante dell'ecosistema climatico è la temperatura media della superficie terrestre che si ottiene da una combinazione della temperatura medie continentali ed oceaniche. È per questo che il termine *global warming* è considerato sinonimo di cambiamento climatico.

Figura 1 **Anomalia termica terrestre, scostamento della temperatura rispetto alla media 1951-1980**



Fonte: NASA Goddard Institute for Space Studies

Secondo il quinto *Assessment Report* dell'IPCC[1] i trend attuali, senza misure aggiuntive di mitigazione, cioè di contenimento delle emissioni serra, porteranno, entro la fine del secolo, a un innalzamento della temperatura media terrestre, rispetto al periodo pre-industriale, compreso tra 3,7 e 4,8°C, con una concentrazione di gas serra in equivalente carbonico fra 750 e 1300 ppm, a fronte di una soglia di sicurezza raccomandata di 1,5 - 2°C e concentrazioni serra limite non superiori ai 450 ppm. Già oggi l'anomalia termica è vicina ad 1 °C nella media e localmente, come in Italia, ha già raggiunto i limiti di sicurezza di 1,5 °C.

La *World Bank*[2] ha provato ad analizzare le conseguenze di uno scenario di aumento medio delle temperature di 4°C: un valore più vicino al minimo del

trend attuale più probabile secondo l'IPCC AR5. Un riscaldamento globale di 4°C aggraverebbe significativamente la scarsità di risorse idriche in molte regioni, particolarmente nel Nord Africa e nell'Africa dell'Est, nel Medio Oriente e nell'Asia del Sud. Condizioni di maggiore aridità coinvolgerebbero l'Europa meridionale, l'Africa ad eccezione di alcune zone del nord-est, ampie parti del Nord America e del Sud America e l'Australia meridionale. Eventi estremi di siccità sarebbero accompagnati da eventi estremi di piovosità concentrata in altri periodi dell'anno nelle stesse aree o in altre aree del pianeta. Con un riscaldamento di 4°C, il rischio di dissesti negli ecosistemi come risultato degli incendi, della trasformazione degli ecosistemi, del deperimento forestale, dell'aumento dell'aridificazione e dell'avanzata della desertificazione, sarebbe significativamente elevato. La crescente vulnerabilità termica porterebbe probabilmente all'aumento della mortalità e all'estinzione di intere specie.

In un mondo a +4°C i cambiamenti climatici sembrano diventare il *driver* dominante dei mutamenti degli ecosistemi, producendo la distruzione degli habitat come la più grande minaccia alla biodiversità. I danni agli ecosistemi ridurranno drammaticamente l'apporto dei servizi da essi erogati, dai quali dipendono le nostre economie e la stessa qualità della vita, come ad esempio l'acqua potabile, la qualità dell'aria, la pesca o la protezione dei litorali costieri offerta dalle barriere coralline e dalle mangrovie[3,4]. Sarebbe comunque impegnativo mantenere livelli adeguati di produzione alimentare e agricola in risposta all'accrescimento della popolazione e all'aumento dei livelli di reddito, ma ora, nel trend in corso verso un aumento di 4°C, saremmo costretti a misurarci con uno scenario drammatico prodotto da una riduzione nella resa delle colture man mano che il pianeta si riscalda. Ad aumentare questi rischi c'è l'effetto avverso delle previsioni degli impatti dell'innalzamento del livello del mare sull'agricoltura in importanti aree dei delta dei fiumi più basse rispetto al livello del mare, come in Bangladesh, in Egitto, in Vietnam e in alcune parti delle coste dell'Africa. L'innalzamento del livello del mare avrà probabilmente impatti anche sulle coste a medie latitudini e aumenterà la penetrazione di acqua di mare nelle falde acquifere costiere utilizzate per l'irrigazione dei terreni costieri. Ulteriori rischi derivano dalla probabilità dell'aumento di siccità a medie latitudini e di alluvioni a latitudini più elevate[5].

2. L'effetto serra

L'equilibrio termico terrestre, indispensabile per la vita, è consentito, come è noto, dall'effetto serra che è causato da una asimmetria tra l'energia radiante solare in entrata ed in uscita attraverso l'atmosfera. Il punto di equilibrio termico è determinato dal contenuto dell'atmosfera in vapor d'acqua, anidride carbonica (CO_2), metano (CH_4), ossido nitroso (N_2O), ozono (O_3) ed altri gas minori. I primi tre gas fanno parte del pacchetto di sei gas serra (GHG) che il Protocollo di Kyoto del 1997[6] ha fatto oggetto del primo provvedimento multilaterale di mitigazione climatica, cioè di contenimento delle emissioni dei GHG su scala mondiale. L'eccesso di emissioni supera la resilienza dell'ecosistema atmosferico quando altera l'equilibrio che si è storicamente stabilito tra emissioni ed assorbimenti dei gas serra da parte della terra e degli oceani e determina un accumulo crescente dei gas in atmosfera. Questo fenomeno equivale ad una alterazione delle concentrazioni di gas serra e quindi delle proprietà fisiche dell'atmosfera, e sposta il punto di equilibrio termico.

La radiazione solare piana e parallela incidente sulla terra ai margini dell'atmosfera è:

$$S = 1380 \frac{W}{m^2}$$

In assenza di atmosfera l'energia incidente sulla terra per unità di superficie, E_{st}, sarebbe:

$$E_{st} = \frac{(1-\alpha) S \pi r^2}{4 \pi r^2} = \frac{1}{4}(1-\alpha) S = 238 \frac{W}{m^2}$$

dove α è l'albedo, cioè la capacità riflettente media della luce solare nell'area illuminata. In base alla legge del corpo nero di Boltzmann che lega l'energia irradiata da un corpo nero, E, alla sua temperatura assoluta in gradi Kelvin, K:

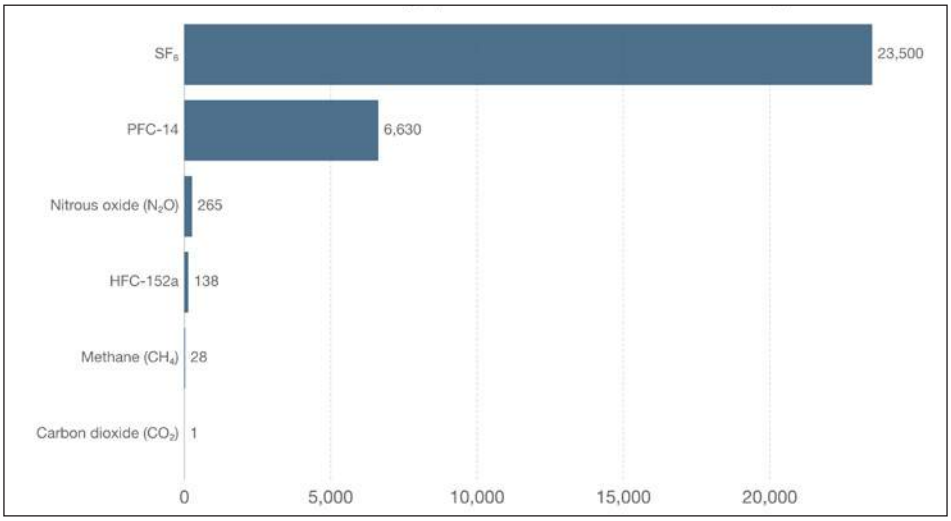
$$E = \sigma T^4$$

$$\sigma = \pi k^4 / 60 h^3 c^2 = 5,67 \cdot 10^{-8} W/m^2 K^4$$

dove k, h sono le costanti di Boltzmann, Planck e c è la velocità della luce nel vuoto, nota E_{st} e risolvendo per T si trova che la temperatura superficiale terrestre in assenza di atmosfera sarebbe, per il solo effetto del riscaldamento solare, di -18 °C, incompatibile con la vita biologica. Poiché noi misuriamo oggi una temperatura media terrestre di circa 15 °C, pari a 288 °K, l'energia emessa dalla terra attualmente è di circa $390W/m^2$. La differenza tra i due importi energetici è di $152W/m^2$ cioè la quota di energia che l'atmosfera trattiene per effetto serra.

L'equilibrio termico è dunque cosa assai delicata per la vita sul pianeta. Alterare il mix dei componenti dell'atmosfera sposta questo equilibrio. I principali componenti gassosi dell'atmosfera sono l'azoto (N_2, 79%), un gas inerte, e l'ossigeno (O_2, 21%), un gas vitale per la respirazione degli animali e delle piante, la cui concentrazione non è stata finora compromessa dalle varie crisi ecologiche in atto. Nessuno dei due genera effetto serra. Non così i GHG, pur presenti in misura percentuale minima, talché le relative concentrazioni si esprimono in ppm, parti per milione per la CO_2, un gas vitale per la sintesi clorofilliana che è alla base della creazione della biomassa vegetale e quindi della vita. Per gli altri GHG si usa l'unità ppb, parti per miliardo. Sono queste quantità minime a determinare l'effetto serra assieme al vapor d'acqua. Un aumento di emissione dei GHG, se non compensato dai cicli naturali, aumenta l'effetto serra e causa riscaldamento. Dobbiamo quindi esaminare le storie delle concentrazioni e delle emissioni GHG, in particolare di quelle antropogeniche.

Figura 2 **Il potere riscaldante relativo alla CO_2, GWP, dei vari gas ad effetto serra**



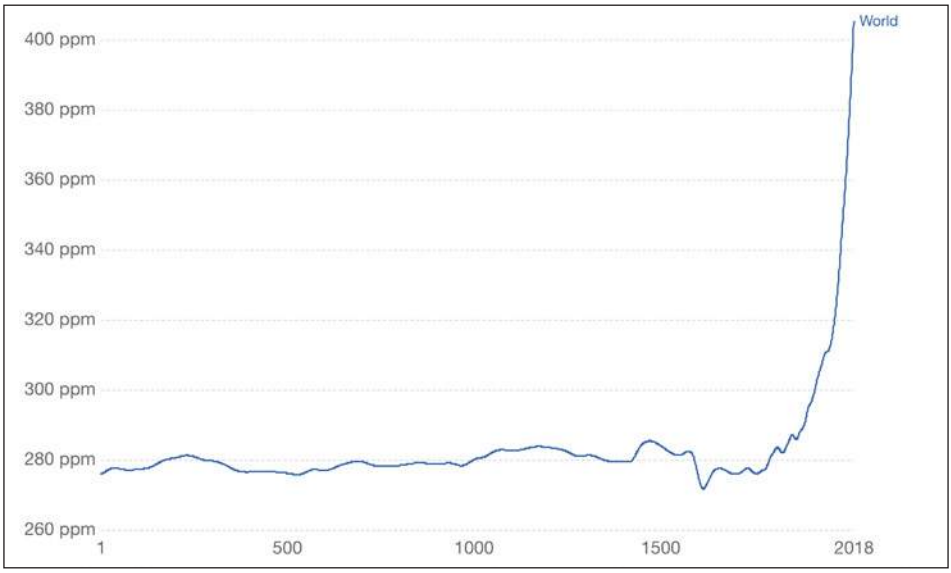
Fonte: IPCC AR5

3. Lo stato delle concentrazioni e delle emissioni globali di gas serra

Le emissioni di gas serra sono i *driver* principali delle relative concentrazioni in atmosfera e la CO_2 è il principale e il più persistente dei gas serra. Le concentrazioni determinano gli equilibri termici del pianeta regolando il bilancio tra energia solare *entrante* ed uscente ai limiti dell'atmosfera. I diversi gas hanno effetti serra diversi, che vengono quantificati relativamente alla CO_2 mediante i loro *Global warming potentials*, GWP (Fig. 2). Le concentrazioni GHG globali vengono pertanto riportate in anidride carbonica equivalente, cioè nella concentrazione di CO_2 che determinerebbe lo stesso effetto serra. In tal modo le concentrazioni diventano sommabili in termini di effetto riscaldante. Nel 2016 la concentrazione dei GHG era di 487 ppm CO_2eq, mentre la concentrazione di riferimento del 1990 era di 414 ppm. Va considerato che la soglia oltre la quale la probabilità di restare entro un riscaldamento medio superficiale di 1,5°C scende al di sotto del 50% è stata determinata dall'IPCC a 478 ppm. Il rapporto tra l'accrescimento delle concentrazioni GHG ed il

loro andamento su base annua o su base cumulativa è questione assai complessa ma è inevitabile che con l'aumento delle emissioni le concentrazioni abbiano a crescere. La Fig. 3 mette in evidenza per la CO_2 l'impennata delle concentrazioni, che hanno oscillato per poco meno di due secoli attorno alle 280 ppm, per poi impennarsi a partire dalla rivoluzione industriale, quando si è cominciata ad usare la combustione dei fossili su scala globale.

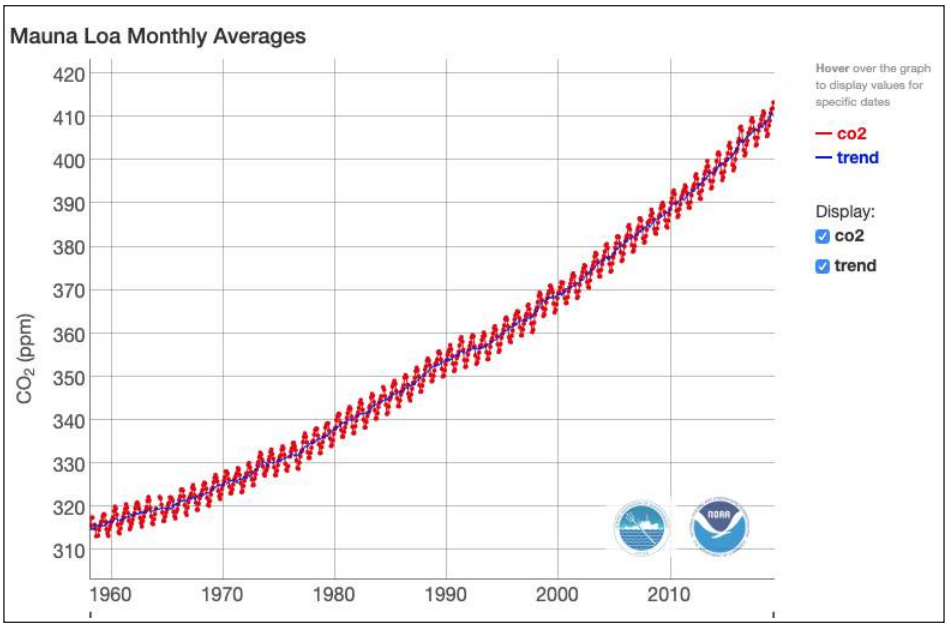
Figura 3 **Serie storica bimillenaria della concentrazione atmosferica della CO_2**



Fonte: Our world in data

La CO_2 diffonde rapidamente in atmosfera, pertanto la sua concentrazione è soggetta a variazioni locali minime e la collocazione geografica delle sorgenti emittenti è ininfluente. Ciò significa che, a differenza di altri tipi di inquinamento dell'aria, il prezzo degli effetti della CO_2 sul clima viene pagato, talvolta in misura maggiore, dalle comunità che, per essere in ritardo di sviluppo hanno contribuito in maniera irrilevante alle emissioni. Nella Fig. 4 è riportata la curva di Keeling, l'andamento della concentrazione del principale gas serra, la CO_2, registrata all'osservatorio di Mauna Loa nelle Hawaii che è indicativa, per le ragioni dette, della concentrazione planetaria.

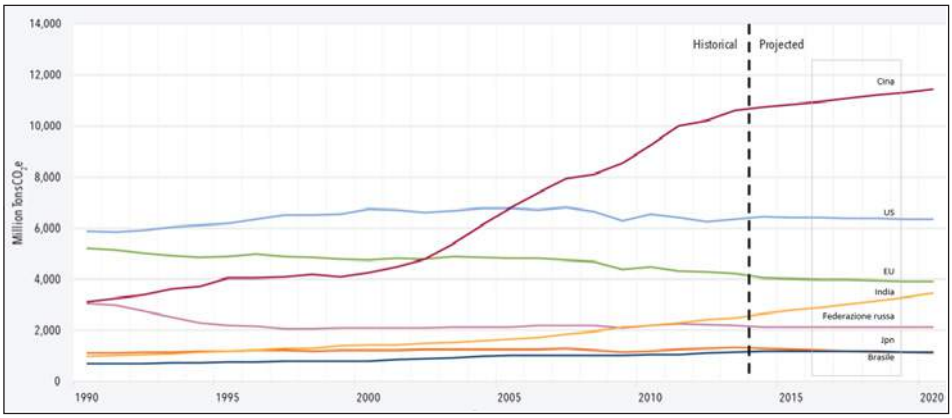
Figura 4 **Serie storica della concentrazione di anidride carbonica rilevata all'osservatorio di Mauna Loa**



Fonte: US NOAA

La CO_2 è il prodotto finale di tutte le forme storiche di combustione di materiali contenenti carbonio. Tra i combustibili fossili che dominano gli usi energetici mondiali, il carbone contiene solo carbonio ed impurità, il petrolio e i derivati hanno molecole organiche dove il carbonio prevale sull'idrogeno, il gas naturale è essenzialmente CH_4, cioè ha un atomo di carbonio per 4 atomi di idrogeno che bruciando danno vapor d'acqua. Lo stesso discorso vale per il legno e le biomasse in genere dove il carbonio, prevalente, e l'idrogeno si miscelano in proporzioni diverse. Questo carbonio ha origine dalla fotosintesi clorofilliana della CO_2 che produce biomassa carboniosa ed ossigeno mediante l'energia solare. La sua combustione non fa che restituire la stessa CO_2 all'atmosfera dove torna ad occupare il posto lasciato all'atto dell'accrescimento della biomassa. Per questo il ciclo della combustione delle biomasse e dei biogas derivati si può ritenere rinnovabile, seppure con qualche cautela.

Figura 5 **Emissioni serra da parte dei principali paesi emettitori**

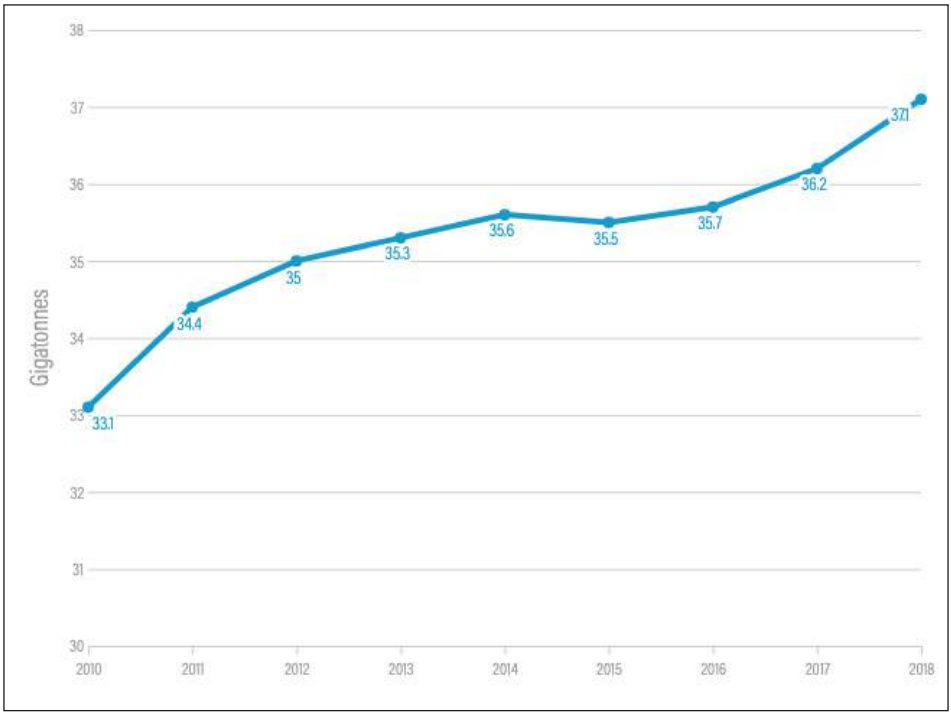


Fonte: OECD IEA, US EPA

Le emissioni di gas serra da tutte le fonti di tutti i paesi sono studiate e catalogate con grande cura a livello internazionale, perché su questi dati si basano gli impegni e le prescrizioni di mitigazione che sono la materia del negoziato climatico multilaterale. La Fig. 5 illustra gli andamenti globali delle emissioni attribuite ai maggiori paesi. Si evidenzia il declino delle emissioni dei paesi occidentali, US, EU, Giappone a fronte della crescita imponente delle emissioni cinesi, indiane e brasiliane. Il totale delle emissioni GHG resta in persistente crescita, spinto dagli usi energetici, ed ha raggiunto il record di 53.5 $GtCO_2eq$ nel 2017[7].

Osservando l'andamento globale delle emissioni, in particolare della CO_2, i dati del 2016 avevano aperto qualche spazio alla speranza di aver raggiunto il picco nel quale si comincia a verificare il disaccoppiamento assoluto delle emissioni dalla crescita economica[8]. Infatti le emissioni di CO_2 legate all'energia erano rimaste ferme intorno al dato di 32,2 Gt, pur a fronte del 3% di crescita del PIL globale nel solo 2014. Sfortunatamente nel 2017 le emissioni totali di biossido di carbonio da combustibili fossili per usi energetici sono aumentate dell'1,6% a 36,2 Gt. Inoltre, la previsione per il 2018 del *Global Carbon Project* è di 37,1 Gt, con un aumento del 2,7% su base annua (Fig. 6).

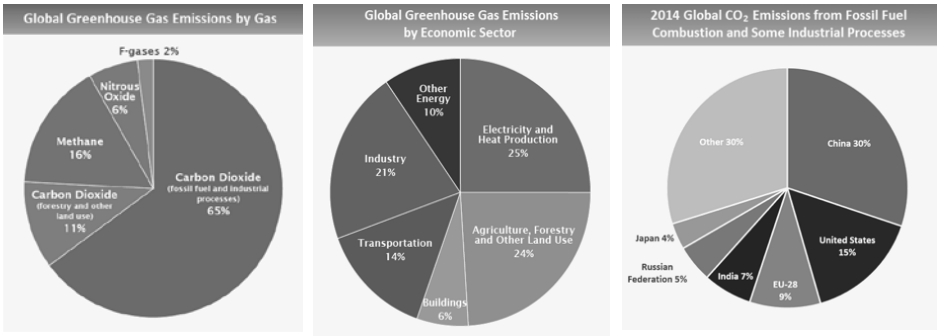
Figura 6 **Emissioni di anidride carbonica da usi energetici**



Fonte: Global Carbon Project

La composizione del quadro delle emissioni globali può essere efficacemente rappresentata per gas, per settori economici e per paesi emettitori, come in Fig. 7. Il dato è del 2014 ma, poiché il quadro si modifica nel corso degli anni essenzialmente per l'aumentare del totale delle emissioni energetiche di CO_2, mentre la composizione subisce variazioni minori, i dati 2014 sono ancora pienamente rappresentativi.

Figura 7 **Ripartizione delle emissioni GHG**



Fonte: US EPA 2014

Nel corso dell'ultimo secolo le emissioni annuali sono aumentate ad un ritmo sempre maggiore: il settore dell'energia ha emesso più CO_2 negli ultimi 30 anni che in tutti gli anni precedenti. I combustibili fossili continuano a soddisfare oltre l'80% del totale della domanda di energia primaria e più del 90% delle emissioni legate all'energia è la CO_2 causata dai combustibili fossili. Dal 2000, la quota del carbone è aumentata dal 38% al 44%. Le emissioni di CO_2 dal gas naturale sono stabili al 20% e quelle del petrolio sono diminuite dal 42% al 35% nel 2014. Il metano, meno persistente in atmosfera della CO_2, incide per circa il 10% delle emissioni del settore energetico e proviene principalmente dall'estrazione, trasformazione e distribuzione di petrolio e gas, oltrechè dalla zootecnia.

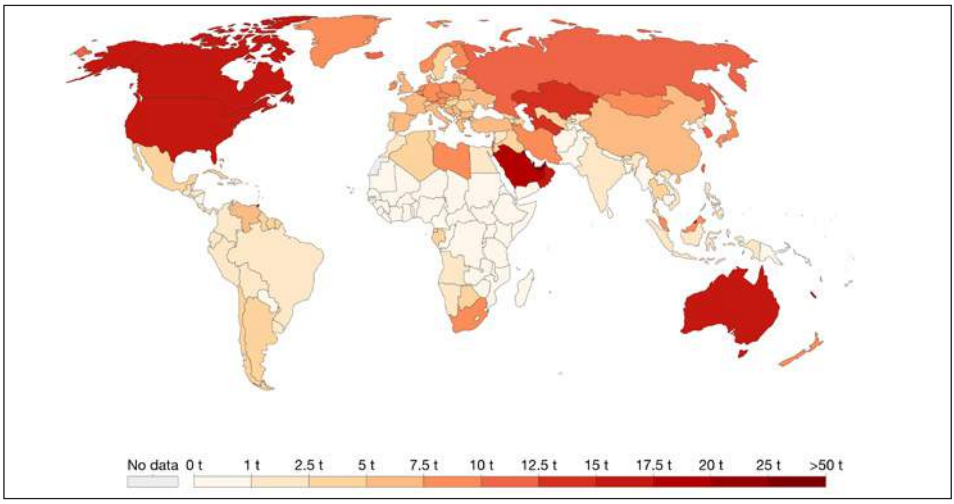
La geografia delle emissioni è cambiata: all'inizio del 20° secolo, le emissioni erano quasi esclusivamente degli Stati Uniti e dell'Europa, che oggi insieme rappresentano meno del 30% del totale. Nel corso degli ultimi 25 anni le emissioni globali di CO_2 sono aumentate di oltre il 50%. Sono cresciute dell'1,2% all'anno negli ultimi dieci anni del 20° secolo, e del 2,3% tra il 2000 e il 2014, trainate in particolare da un rapido aumento delle emissioni dei paesi emergenti. A partire dall'inizio del 21° secolo, le emissioni da generazione elettrica e termica dei Paesi emergenti e in via di sviluppo sono raddoppiate, con circa due terzi a carico dalla Cina. In questi paesi le emissioni di CO_2 del settore industriale sono raddoppiate dal 1990, spinte da forti aumenti nella produzione di materiali ad alta intensità energetica come cemento e acciaio. Nello stesso periodo, il totale delle emissioni di CO_2 del settore industriale nei

paesi OECD è sceso di un quarto.

Questi dati influenzano grandemente il negoziato multilaterale sul clima, che ha l'obiettivo di ripartire diritti e doveri tra i vari paesi. Stabilire la responsabilità di ciascun Paese nel degrado del clima non è facile e si è tentato variamente di trovare una soluzione equa volta a volta a partire dalle emissioni di ogni Paese, dalle emissioni pro capite (Fig. 8) o dalla quantità di inquinanti storicamente immesse in atmosfera da ogni Paese, come vorrebbero i paesi di industrializzazione più recente, o, infine, dai PIL nazionali.

Ogni soluzione si presta ad apprezzamenti e critiche e, a tutt'oggi, un accordo non si è trovato. La difficoltà di individuare uno o più parametri condivisi per attribuire gli obblighi di mitigazione a ciascun Paese (*burden sharing*) ha modificato in seno alle Nazioni Unite l'approccio negoziale iniziale e ha posto termine all'illusione, nata con il Protocollo di Kyoto del 1997, di perseguire una *governance* climatica di tipo *top-down* o *command and control*.

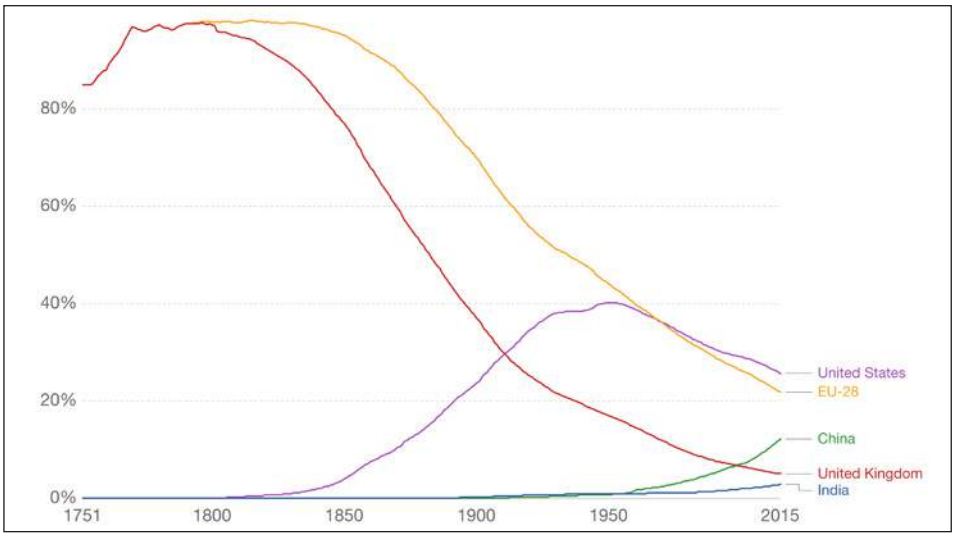
Figura 8 **Emissioni mondiali pro capite di anidride carbonica**



Fonte: Ritchie, Roser[9], 2016

Nella Fig. 9 il dato delle emissioni totali di ciascun paese a partire dall'inizio della propria industrializzazione è dato in percentuali delle emissioni globali per mettere in luce lo straordinario cambiamento intervenuto negli anni ed anche che, nonostante il prevalere delle emissioni annue di Paesi come la Cina, essi rimangono ancora molto al di sotto del totale delle emissioni di Stati Uniti e dell'Europa a 28.

Figura 9 **Serie storiche delle percentuali di emissioni storiche di CO_2 dei vari paesi**



Fonte: Ritchie, Roser, cit.

Una quota significativa delle emissioni di CO_2 legate all'energia viene da un piccolo numero di paesi. Nel 2017, secondo il Programma Edgar dello JRC di Ispra, a fronte di un totale di oltre 38 Gt, tre paesi - Cina, Stati Uniti e India hanno emesso 18,5 Gt pari a quasi la metà delle emissioni totali e i primi dieci paesi ne hanno emesse i due terzi circa.

Dal 1990, le emissioni totali degli Stati Uniti sono leggermente aumentate, mentre sono diminuite di poco meno di un quinto in seno all'Unione Europea. Dopo il crollo di quasi il 30% delle emissioni dell'ex URSS nei primi anni 1990, le emissioni sono in seguito ivi aumentate di poco. Nel 2006, la Cina ha superato gli Stati Uniti come il più grande emettitore di CO_2, mentre l'India ha superato la Russia nel 2009. Anche se le emissioni di

CO_2 sono aumentate del 454% in Cina e del 404% in India tra il 1990 e il 2017, le emissioni pro-capite in entrambi i paesi sono ancora al di sotto della media dei paesi sviluppati, e in particolare degli Stati Uniti, Canada, Australia e paesi del Golfo. Le emissioni pro-capite per anno della Cina nel 2017 hanno raggiunto 7,7 t, valore che supera il livello dell'Unione europea a 28, che è di 7 t. Quelle dell'India erano 1,8 t nel 2017, ovvero circa l'11% del livello degli Stati Uniti pari a 15,7 t, e il 23% del livello in Cina (Fig. 8). Nella visione di uno sviluppo sostenibile socialmente equo ci attendiamo che la convergenza generale verso l'obiettivo dei 2° avvenga con una transizione che porti ad emissioni pro-capite tendenzialmente eguali per tutti.

Differenze significative esistono, non solo in termini di emissioni pro-capite, ma anche in termini di intensità carbonica, emissioni di CO_2 per unità di PIL. Mentre tutti i principali Paesi hanno ridotto l'intensità carbonica delle loro economie, secondo la IEA, la Cina ha emesso 0,47 kgCO_2/US$PPP nel 2016, molto di più dei 290 grammi degli Stati Uniti e dei 170 dell'Unione europea.

L'Europa ha ampiamente superato il target di Kyoto a differenza di Stati Uniti e Cina, e ha conseguito, praticamente già oggi, il suo programma per il clima per il 2020. Nell'ottobre 2014, i leader dell'UE hanno concordato un obiettivo obbligatorio per tutti i paesi di riduzione delle emissioni GHG al 2030, di almeno il 40% rispetto al 1990, con almeno il 27% di energie rinnovabili e di risparmio energetico. Nel 2019 il parlamento europeo ha spostato il target al 55%. Le emissioni GHG nell'Unione europea, secondo l'EEA, sono scese nel 2016 al 77,6% del valore di riferimento del 1990, pari a una riduzione del 22,4%, oltre l'obiettivo 2020.

In Cina i valori relativi alle emissioni del 2014 sono compatibili con un indebolimento del legame tra crescita economica e aumento delle emissioni, anche se tale legame è ancora solido. Le emissioni in Cina sono diminuite nel 2014 per la prima volta dal 1999, registrando un calo di circa 130 M_t (1,5%). La domanda di carbone, che ha visto una crescita straordinaria in Cina negli ultimi decenni, è diminuita di circa il 3%, un risultato che è almeno in parte strutturale. C'è stata un'imponente crescita della produzione idroelettrica nel 2014 (22%), principalmente a causa di un anno di grandi precipitazioni. La produzione di energia eolica e solare è aumentata del 34% e la domanda di gas naturale è cresciuta del 9%, aprendo la strada ad un abbattimento più

sostenuto della domanda di carbone. In generale, le forme di produzione di energia a basse emissioni di carbonio hanno fornito un quarto dell'energia elettrica della Cina nel 2014, in crescita di un quinto in un anno. Parallelamente, ci sono segnali a livello di sistema che la crescita economica nel futuro della Cina sarà dominata dai consumi e dall'espansione dei servizi, piuttosto che dai tradizionali investimenti nell'industria ad alta intensità energetica che hanno caratterizzato l'economia cinese fino ad oggi.

Le emissioni di CO_2 dei paesi in via di sviluppo, senza la Cina, sono aumentate di circa 290 Mt nel 2014, spinte dal maggiore uso del carbone per la produzione di energia elettrica in India e nel Sud-Est asiatico. Nella maggior parte dei paesi emergenti e in via di sviluppo, la relazione tra crescita economica e crescita delle emissioni rimane forte, come è logico in questi paesi che sono in una fase di alto consumo energetico per supportare il loro sviluppo.

4. Il cambiamento climatico è antropogenico?

L'argomento residuo dei negazionisti, un gruppo minoritario di studiosi ben foraggiati, non è ormai più che il cambiamento climatico non esiste, negano invece che sia di origine antropogenica. A confutarli dedica molto spazio il Rapporto AR 5 dell'IPCC che, con un approccio più che scrupoloso nelle edizioni precedenti, arriva a stabilire che il riscaldamento della terra è inequivocabile: *"Warming of the climate system is unequivocal, and since the 1950s, many of the observed changes are unprecedented over decades to millennia. The atmosphere and ocean have warmed, the amounts of snow and ice have diminished, sea level has risen, and the concentrations of greenhouse gases have increased*[10]*".*

Per attribuire l'origine dei cambiamenti occorre procedere ad un'analisi puntuale dei fattori che alterano gli equilibri termici ed a stabilire in che misura essi siano di carattere antropico. Le attività umane sono cambiate e continuano a cambiare la superficie terrestre e la composizione atmosferica. Alcuni di questi cambiamenti hanno un impatto diretto o indiretto sul bilancio energetico della Terra e sono quindi determinanti (*driver*) del cambiamento climatico. L'effetto di ciascun *driver* è quantificato come Forzante Radiativo, *Radiative Forcing,* RF[11]. Si misura in energia per unità di superficie, Wm^{-2}, ed è il cambiamento nel bilancio di energia entrante (solare) e uscente (terrestre)

calcolato al livello della tropopausa o nella parte superiore dell'atmosfera relativo all'anno 1750, per ogni gas serra e aerosol ben miscelati e per gli altri driver. Il calcolo si fa integrando su tutte le lunghezze d'onda le differenze tra energia incidente ed assorbita per ogni driver. Un RF positivo comporta un riscaldamento e, se negativo, un raffreddamento. Le differenze si vengono a determinare per effetto della diversa composizione spettrale della luce solare bianca e di quella riemessa dalla terra, spostata sull'infrarosso[12]. Per la CO_2 esiste una formula semplificata, dove C è la concentrazione attuale in ppm:

$$RF = 5{,}35 \ln C/C_{1750} \ Wm^{-2}$$

I forzanti radiativi sono energie e sono quindi sommabili, il totale è positivo e sta causando un assorbimento di energia da parte del sistema climatico. Il maggior contributo dal 1750 è causato dall›aumento della concentrazione atmosferica della CO_2 (Fig. 10) che, su questa scala, non ha altra causa che le attività umane di combustione del carbonio presente nei fossili. Il *global warming* è dunque antropogenico.

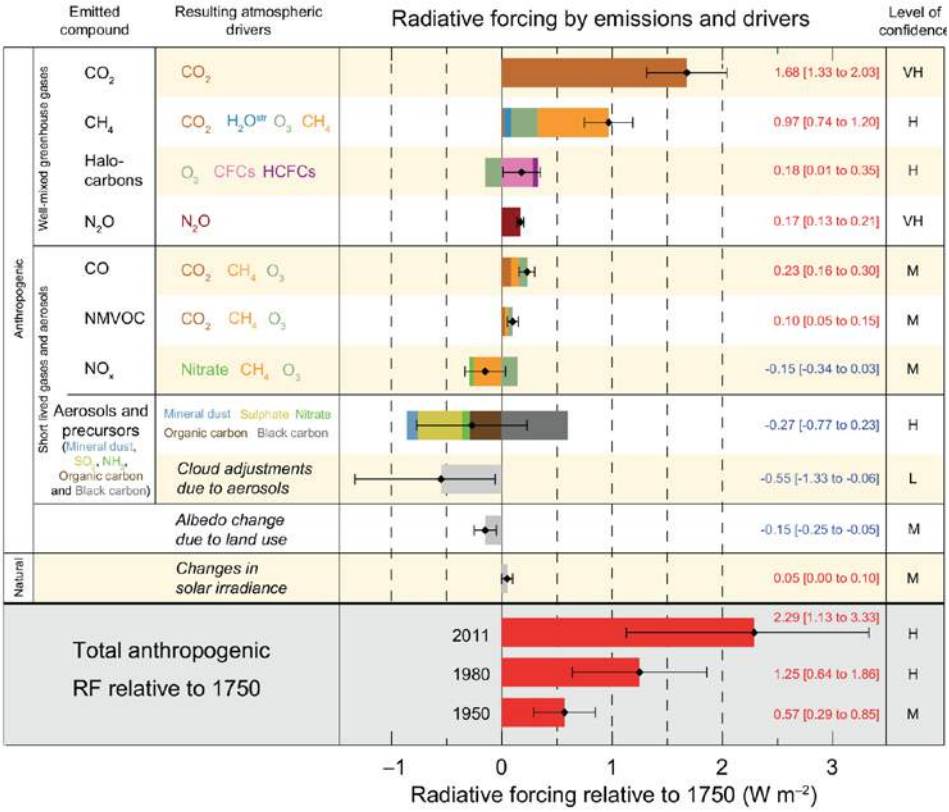
Ci sono *driver* di origine naturale. I due fattori naturali che contribuiscono maggiormente al cambiamento climatico globale durante l'era industriale sono il contenuto energetico della radiazione solare, *Total Solar Irradiance*, TSI, che varia nel tempo, e i particolati emessi dalle attività vulcaniche, che hanno carattere occasionale. Le osservazioni satellitari dei cambiamenti di irraggiamento solare totale dal 1978 mostrano variazioni cicliche quasi periodiche con un periodo di circa 11 anni. L'andamento secolare della TSI prima dell'inizio delle osservazioni satellitari si basa su un numero di *proxy* indirette. La migliore stima del RF rispetto alle variazioni della TSI nell'era industriale è di 0,05 [0,00-0,10] Wm^{-2}, che include una RF maggiore fino circa al 1980 e quindi una piccola tendenza al ribasso. Il recente minimo solare sembra essere stato insolitamente basso e di lunga durata e diverse proiezioni indicano una TSI inferiore per i prossimi decenni. Le attuali capacità di prevedere l'irraggiamento solare sono estremamente limitate, ma vi è un'alta probabilità che il RF solare del 21° secolo sarà molto minore dell'aumento previsto del RF globale causato dell'aumento delle concentrazioni GHG antropogeniche.

La Fig. 10 riporta nel massimo dettaglio gli RF di tutti i *driver* cui si devono i cambiamenti climatici durante l'era industriale dal 1750 al 2011. Le bar-

re orizzontali indicano l'incertezza complessiva Le migliori stime per i totali e i singoli componenti (da sinistra a destra) della risposta sono riportati nella colonna a destra. A conti fatti, al netto dell'incertezza, già nel 2011 entravano in atmosfera quasi 2,3 Wm^{-2} in più rispetto al periodo preindustriale.

Figura 10 **Le forzanti radiative dei driver del cambiamento climatico**

CFC = clorofluorocarburi, HCFC = idroclorofluorocarburi, NMVOC = Composti organici volatili non metanici, Black carbon = fuliggine



Fonte: IPCC AR5 WG1 fig. SPM 5

Il RF degli aerosol vulcanici stratosferici è alto per alcuni degli anni che seguono le principali eruzioni che iniettano nell'aria sia minerali che i precursori degli aerosol di solfato. Sono questi, a causa delle piccole dimensioni delle particelle e della lunga vita, a essere i maggiori *driver* climatici. Le emissioni vulcaniche di CO_2 sono almeno 100 volte inferiori alle emissioni antropogeniche e sono irrilevanti per il clima sulla scala temporale secolare. Non c'è stata nessuna grande eruzione vulcanica da quella del Pinatubo nel 1991, che ha causato un RF a 1 anno di circa -3,0 Wm^{-2}. Diverse eruzioni minori hanno causato una RF media negli anni 2008-2011 di -0,11 Wm^{-2}, due volte maggiore rispetto alla media del 1999-2002.

L'evoluzione temporale del RF antropogenico totale mostra un aumento quasi costante dal 1750 al 1860 circa. Dal 1960 in poi l'accrescimento è stato molto maggiore rispetto ai periodi precedenti dell'era industriale, per effetto del continuo aumento delle concentrazioni della maggior parte dei GHG. L'IPCC conclude che "*vi sono prove solide e un alto consenso scientifico sul fatto che il forzante naturale totale* è piccola *cosa rispetto a quello antropogenica*". Negli ultimi 15 anni i forzanti naturali hanno probabilmente compensato una frazione (del 30% ca.) dell'aumento contemporaneo del forzante antropogenico.

Sebbene i GHG mostrino una distribuzione spaziale abbastanza omogenea, altri agenti come gli aerosol, l'ozono e i cambiamenti nell'uso del suolo sono altamente variabili sulla superficie terrestre. Il RF totale degli aerosol mostra un comportamento influenzato dalle alterazioni locali. Lo stesso vale per l'uso del suolo che modifica l'albedo (la quota della radiazione solare riflessa), in particolare nelle aree industrializzate. La natura disomogenea di queste forzanti radiative ha un'influenza sostanzialmente maggiore sul ciclo idrologico rispetto a quella che corrisponderebbe globalmente al suo valore medio.

Gli effetti antropogenici si rilevano nel riscaldamento dell'atmosfera e dell'oceano, nei cambiamenti del ciclo idrologico globale, nelle riduzioni della neve e del ghiaccio, nell'innalzamento globale del livello del mare e nei cambiamenti in alcuni fenomeni climatici estremi. Per l'IPCC questo impatto ha assunto una evidenza crescente negli *Assessment Report* che si sono succeduti. Oggi l'IPCC afferma che è estremamente probabile che l'influenza umana sia stata la causa principale del riscaldamento osservato dalla metà del 20° secolo,

e che più della metà dell'aumento osservato della temperatura superficiale media globale dal 1951 al 2010 è stata causata dall'aumento delle concentrazioni di gas serra e di altri forzanti antropogenici. I gas a effetto serra hanno contribuito a un riscaldamento medio globale che potrebbe essere compreso tra 0,5 e 1,3 °C nel periodo dal 1951 al 2010, con il contributo di altri forzanti antropogeniche, compreso l'effetto di raffreddamento degli aerosol. Il contributo dei *driver* naturali è probabilmente compreso tra -0,1 e 0,1 °C. Insieme questi contributi valutati sono coerenti con il riscaldamento osservato di circa 0,6 - 0,7 °C in questo periodo e ormai giunto, nel 2019, vicino ad 1°C. È molto probabile che i forzanti antropogenici abbiano dato un contributo sostanziale agli aumenti del contenuto di calore globale dell'oceano superiore (0-700 m) osservato dagli anni '70. Le influenze antropogeniche hanno contribuito ad aumenti osservati nel contenuto di umidità nell'atmosfera, all'intensificazione di forti precipitazioni sulle regioni terrestri e ai cambiamenti nella salinità della superficie dell'oceano. È molto probabile che l'influenza umana abbia contribuito ai cambiamenti osservati su scala globale nella frequenza e nell'intensità degli estremi della temperatura giornaliera dalla metà del 20° secolo, e probabilmente che l'influenza umana abbia più che raddoppiato la probabilità di verificarsi di ondate di calore in alcune località. Le influenze antropogeniche hanno molto probabilmente contribuito alla perdita di ghiaccio del mare artico dal 1979, al ritiro dei ghiacciai dal 1960 e all'aumento della perdita di massa superficiale della calotta glaciale della Groenlandia dal 1993. È probabile che ci sia stato un contributo antropogenico alle riduzioni osservate nel manto nevoso primaverile dell›emisfero settentrionale dal 1970. È molto probabile che vi sia un sostanziale contributo antropogenico all›innalzamento globale del livello del mare sin dagli anni '70, per effetto dell'innalzamento del livello del mare per l'espansione termica e la perdita di massa dei ghiacciai. Vi è un'elevata certezza che i cambiamenti nell'irraggiamento solare totale non abbiano contribuito all'aumento della temperatura superficiale media globale nel periodo dal 1986 al 2008, sulla base delle misurazioni satellitari dirette dell'irraggiamento solare totale.

È un dato di fatto che le concentrazioni attuali dei gas serra atmosferici superano l'intervallo di concentrazioni registrato nelle carote di ghiaccio negli ultimi 800.000 anni. I precedenti cambiamenti possono essere determinati con un›affidabilità molto elevata dai nuclei di ghiaccio polare. Vi è un'al-

ta confidenza che i cambiamenti nella concentrazione di CO_2 nell'atmosfera abbiano svolto un ruolo importante nei cicli interglaciale. Sebbene il principale *driver* dei cicli interglaciali sia l'energia solare in arrivo per effetto dei cambiamenti nella geometria dell'orbita terrestre attorno al Sole, ricostruzioni e simulazioni mostrano che le variazioni non possono essere spiegate senza tenere conto dei cambiamenti nel contenuto della CO_2 atmosferica. Durante l'ultima deglaciazione, è molto probabile che la temperatura media globale sia aumentata da 3 a 8 °C. La temperatura superficiale media globale terrestre è stata significativamente superiore ai livelli preindustriali durante diversi periodi passati, caratterizzati da elevate concentrazioni di CO_2. Durante il Pliocene medio (da 3,3 a 3,0 milioni di anni fa), le concentrazioni atmosferiche di CO_2 tra 350 ppm e 450 ppm si sono verificate quando le temperature superficiali medie globali erano da 1,9 a 3,6 °C superiori rispetto a quelle del clima preindustriale. Durante l'Eocene Precoce (da 52 a 48 milioni di anni fa), le concentrazioni atmosferiche di CO_2 superarono i circa 1000 ppm quando le temperature superficiali medie globali erano da 9 a 14 ° C superiori rispetto ai livelli pre-industriali.

5. Gli impatti del clima che cambia sulla collettività umana

Il cambiamento climatico aumenta il rischio degli eventi estremi come tempeste, siccità e inondazioni, precipitazioni ricorrenti e cambiamenti a lungo termine delle temperature e dei livelli del mare. Sarebbe un errore limitare le valutazioni d'impatto alla natura ed alle infrastrutture perché il cambiamento climatico interessa una gamma di questioni relative allo sviluppo sostenibile molto più ampia, come la salute, la sicurezza alimentare, l'occupazione, i redditi e le condizioni di vita, l'uguaglianza di genere, l'istruzione, le abitazioni, la povertà e la mobilità.

I disastri legati al clima interessano già oltre 200 milioni di persone ogni anno. Per gli oltre due miliardi e mezzo di persone che vivono con meno di 2$/die, le crisi climatiche possono innescare temibili spirali di sottosviluppo. Persone e paesi ad alto reddito possono far fronte agli *shock* attraverso assicurazioni private, vendendo beni o impegnando risorse economiche. I poveri possono solo ridurre i consumi, l'alimentazione, rinunciare alla cura delle

malattie, all'istruzione dei bambini o vendere risorse da cui dipende la loro sopravvivenza.

Gli impatti sulla salute sono causati dal degrado ambientale dell'aria, dell'acqua potabile, del cibo e delle abitazioni. In forma acuta sono causati dalle ondate di calore, da inondazioni e siccità, dalle tempeste tropicali, da inattese forme di infezioni. Aggravano inoltre la cronica scarsità d'acqua, la malnutrizione, lo stress psicosociale, gli spostamenti, le migrazioni e i conflitti. È stato stimato che entro il 2004, il modesto riscaldamento in corso dal 1970 aveva già provocato oltre 140. 000 morti in più all'anno. Il cambiamento climatico può contribuire alla diffusione del virus HIV, a causa della crescente povertà e degli spostamenti delle popolazioni. I bambini di età fino a due anni, nati durante una siccità, hanno oltre il 70% di probabilità di essere malnutriti. Negli anni che seguono le inondazioni, sono stati riscontrati gravi effetti tra i bambini in età prescolare a causa di un accesso ridotto al cibo, di una maggiore difficoltà di fornire cure adeguate e di una maggiore esposizione ai contaminanti.

Il cambiamento climatico agisce come un moltiplicatore del rischio della fame che, entro il 2050, subirà un aumento dal 10 al 20% a causa delle perdite di produttività agricola. Per quella data si prevedono 24 milioni di bambini malnutriti in più, +21%, quasi la metà nell'Africa sub-sahariana. Al contempo i prezzi per le colture più importanti, riso, grano, mais potrebbero aumentare fino al 150% entro il 2060. Studi recenti della FAO sostengono che i prezzi dei prodotti alimentari saranno più che raddoppiati nei prossimi 20 anni con un *trend* superiore a quello del decennio a venire e con il cambiamento climatico tra le cause più importanti.

Il cambiamento climatico retroagisce sulla vulnerabilità, impattando i sistemi e le istituzioni che sostengono la salute umana e il benessere, compresi gli ecosistemi, i mezzi di sussistenza, l'occupazione e la prestazione di servizi sociali. La sola Africa è la patria tendenziale di quasi un miliardo di persone che dipendono da colture pluviali in ambienti già colpiti da carenza idrica e dal degrado del territorio. Due terzi della superficie coltivabile potrebbe andare perduta entro il 2025. Disastri legati al clima possono danneggiare le infrastrutture che supportano la salute e il benessere, come i servizi sanitari, i servizi pubblici comuni, l'energia, i sistemi di comunicazione, la polizia, ed anche sovraccaricare i sistemi di protezione sociale e le reti di sicurezza. 5,3

miliardi di persone non hanno alcun accesso alla copertura di sicurezza sociale e le politiche esistenti e i sistemi di protezione sociale sono spesso inadeguati a migliorare la resilienza dei territori. Il cambiamento climatico potrebbe causare un picco della disoccupazione e un peggioramento delle condizioni di lavoro nelle aree urbane, a cominciare dai trasporti.

A causa dell'esistente marginalità sociale, delle discriminazioni o di politiche e istituzioni di protezione insufficienti, gli impatti del cambiamento climatico sono distribuiti tra i diversi gruppi sociali in maniera ineguale. Alcune caratteristiche come l'età, il sesso, l'etnia, il ceto sociale o la casta, sono fortemente associate alla vulnerabilità sociale. In particolare le norme, i ruoli e le relazioni di genere già determinano impatti diversi su uomini e donne, anche per la salute. Il mondo si sta sempre più urbanizzando: già più della metà della popolazione vive in aree urbane, ed entro il 2050 potrebbe arrivare ai due terzi. Quasi tutta la crescita urbana avverrà nei paesi in via di sviluppo, dove più del 50% della popolazione vive in baraccopoli, luoghi altamente vulnerabili, con materiali edilizi precari, accesso limitato alle infrastrutture e mancanza di sicurezza. Ciò è aggravato dal fatto che il 15% della popolazione urbana mondiale vive in zone costiere basse, altamente esposte agli impatti dell'aumento del livello del mare e agli eventi climatici estremi.

6. Il governo del cambiamento climatico

La *governance* della lotta contro i cambiamenti globali indotti dal modello economico-industriale più o meno dominante ovunque, richiede drammaticamente che alcune decisioni vengano prese prima che il danno ecologico e climatico apra la strada a fenomeni ambientali irreversibili, irrimediabili o, comunque, di costosissimo recupero. Al di là dei limiti concordati nel negoziato multilaterale sul clima[13], l'ozono, etc., stiamo per entrare nello spazio e nel tempo delle trasformazioni ecosistemiche irreversibili, esiti ben noti a chi studia i sistemi non lineari e complessi di cui il clima è certamente il maggiore e il più pericoloso. La realtà è che nemmeno la *big science* mobilitata intorno al clima è in grado di prevedere questi improvvisi cambiamenti di stato con una precisione operativa sufficiente. Parliamo di scomparsa delle calotte di ghiaccio, della modificazione delle correnti oceaniche, dello spostamento al Nord

delle specie viventi, spinte in alto dalle zone equatoriali roventi e siccitose, con l'effetto di profonde modifiche della biodiversità e, come è sotto gli occhi di tutti, di ondate migratorie imprevedibili sotto la pressione della miseria e della mancanza di risorse alimentari.

Anno dopo anno da tutte le fonti arrivano notizie che gli ultimi mesi sono nella classifica dei più caldi della storia. Siamo ormai vicini al riscaldamento medio di un grado rispetto al periodo preindustriale. Abbiamo visto che la concentrazione dei gas serra in atmosfera, quella che regola lo scambio termico tra terra e sole, ha superato le 450 ppm, considerato il limite per non superare con qualche probabilità i 2°C di riscaldamento a fine secolo. Il *Carbon budget*, cioè la quantità di gas serra che possiamo ancora immettere in atmosfera per rispettare l'obiettivo di Parigi, è variamente stimato tra le 500 e le 1000 $GtCO_2eq$, che, agli attuali ritmi di emissione, poco meno di 50 Gt all'anno in equivalente CO_2, se ne andrà in dieci anni o poco più.

Per arginare tutto questo non c'è altro strumento al mondo, in fatto di *governance*, che il negoziato internazionale delle Nazioni Unite sul clima e sullo sviluppo sostenibile. La crescente gravità del fenomeno e l'urgenza dell'inserimento prioritario della lotta al cambiamento climatico nelle agende dei governi di tutto il mondo, consiglia di passare in esame l'evoluzione storica del negoziato climatico e dei suoi paradigmi.

Al Summit della Terra di Rio de Janeiro del 1992 si costituiva la Convenzione globale sulla lotta ai cambiamenti climatici, UN FCCC[14]. Entra in forza il 21 Marzo del 1994 ed oggi vi aderiscono 197 paesi, quasi tutti. L'UNFCCC si ispirò a quello che fino ad oggi è l'unico accordo multilaterale di pieno successo, la Convenzione di Vienna per la protezione della copertura dell'ozono con il relativo Protocollo di Montreal del 1987. Ma le cose andranno molto diversamente. L'obiettivo ultimo della Convenzione climatica[15] è e resta quello di stabilizzare le concentrazioni di gas ad effetto serra "*a un livello tale da evitare interferenze pericolose di origine antropica con il sistema climatico*". Esso afferma che "*un tale livello deve essere raggiunto entro un periodo di tempo sufficiente per permettere agli ecosistemi di adattarsi naturalmente ai cambiamenti climatici, per garantire che la produzione alimentare non sia minacciata, e che lo sviluppo economico possa procedere in modo sostenibile*".

La incapacità cronica dei governi di vedere il mondo come una forma vivente in rapida evoluzione fece assumere nella Convenzione una versione

rigida del principio di Rio delle responsabilità comuni ma differenziate[16]. In quanto fonte storica della maggior parte delle emissioni di gas a effetto serra, i paesi industrializzati furono i soli chiamati ad impegnarsi nello sforzo di mitigazione delle emissioni. Si tratta dei paesi OCSE e di 12 paesi con economie in transizione dell'Europa centrale e orientale, elencati nell' Allegato I alla Convenzione. Ad essi si chiese di sostenere i paesi in via di sviluppo, assicurando loro un sostegno finanziario per l'azione sul clima al di là di qualsiasi assistenza finanziaria già erogata. Ricordiamo infatti che già dal 1969 esiste un accordo a livello ONU per assicurare sotto forma di *Official Development Aid*, ODA, un gettito pari al 7 permille dei PIL di ogni paese donatore, quota mai rispettata ed origine maestra del perdurante conflitto negoziale Nord-Sud[17].

Questo errore di metodo fu consolidato alla riunione della prima Conferenza delle Parti di Berlino nel 1995. Con il *Berlin Mandate* si impegnavano i paesi industrializzati, attraverso obbligazioni legalmente vincolanti, a ridurre le emissioni di gas ad effetto serra. Tutti gli altri venivano esentati da qualsiasi obbligo ed effettivamente tale disimpegno, una rigida interpretazione del concetto di responsabilità comune ma differenziata, perdurerà fino alla COP 21 di Parigi 2015. Il Mandato di Berlino pose le basi per il Protocollo di Kyoto[18] che verrà firmato due anni dopo alla COP 3. Il Protocollo è l'esempio maggiore della gestione dei patti multilaterali sull'ambiente sotto la forma del comando e controllo. Stabilisce impegni ed esenzioni in funzione di un obiettivo globale di riduzione delle emissioni del 5% da verificare nella media del periodo 2008-2012. Esemplare per molti aspetti, soffre di una impostazione statica di tipo *top-down*. Comporta metodi obbligatori per la verifica degli impegni e per le sanzioni. Entra in vigore soltanto nel 2005, quando per opera di Romano Prodi, la Federazione Russa si decide a ratificare il Protocollo che può finalmente superare i suoi limiti minimi di ratifica del 55% delle emissioni mondiali di gas serra. Ma intanto gli Stati Uniti avevano dichiarato con il Presidente Bush che non avrebbero ratificato ed ancora oggi una maggioranza al Congresso per provvedimenti di questo tipo non si potrebbe raggiungere.

L'esito finale del Protocollo di Kyoto mostra luci ed ombre. Ad un impianto formale esemplare, e ad uno straordinario potere evocativo, si contrappone l'assenza di risultati. Infatti le emissioni globali non diminuiscono affatto, pur se la pattuglia dei ratificatori, che comprende l'Europa, raggiunge il *target* del Protocollo ma non può, ovviamente, assicurare l'obiettivo globale richiesto

dalla Convenzione. Il crollo economico dei paesi dell'est europeo e dei loro consumi energetici consente il raggiungimento dell'obiettivo di Kyoto ma, la quantità di permessi di emissione da essi accumulati non verrà acquistata da quelli che si prevedeva che sarebbero stati in eccesso di emissioni, in particolare dagli Stati Uniti, che non avendo ratificato, non avevano più nessun obbligo. Finora nessuno dei paesi eccedentari, tra cui in piccola misura anche l'Italia, ha pagato le quote formalmente dovute e tutto svanirà in una sanatoria generale, immaginiamo proprio alla COP 26 che l'Italia si appresta ad ospitare a Milano nel 2020. L'assenza di una qualsiasi pur difficile *governance*, struttura e poteri, del Protocollo di Kyoto e la conseguente rigidità delle norme, ha vanificato quell'accordo che pure resta, nel bene o nel male, un punto di riferimento ed una fonte di profondi insegnamenti per il negoziato multilaterale ambientale.

7. L'accordo di Parigi

Dal 1997 al 2015 il negoziato sulla lotta ai cambiamenti climatici si disperde in acute polemiche Nord-Sud, presto diventate occidente-oriente, in cui emerge la Cina come guida dei paesi in via di sviluppo ma, al contempo, come il paese con i flussi annuali di inquinamento dell'atmosfera progressivamente più elevati. I paesi occidentali in parte mitigano le loro emissioni ma la globalizzazione, di cui poco si poteva prevedere ai tempi del Protocollo di Kyoto, ha fatto si che le produzioni maggiormente inquinanti venissero spostate nei paesi emergenti, attribuendo loro quote di emissioni serra che sono in realtà da attribuire ai consumatori finali che abitano i paesi sviluppati (*carbon leakage*). Per giunta questi paesi, con la delocalizzazione delle produzioni e con il controllo del commercio delle *commodity* e dei manufatti, si attribuiscono emissioni da paesi virtuosi, in un quadro climatico globale in continuo peggioramento.

L'assenza dalla sfida degli Stati Uniti (per scelta) e di Cina, India ed altri grandi emettitori (per diritto) ha avvelenato il percorso negoziale della lotta contro il cambiamento climatico, attraversato da un grave e clamoroso fallimento a Copenhagen, dove, alla COP 15 del 2009, si sarebbe dovuto firmare un nuovo patto generale legalmente vincolante e che si concluse invece con

un aspro scontro tra Cina e Stati Uniti. Si capì allora che lo schema della *governance* climatica avrebbe dovuto essere completamente rivoluzionato. Nei sei anni che dividono la COP 15 dalla COP 21 di Parigi si è compreso che il metodo del comando e controllo doveva essere abbandonato. Negli stessi anni si conclude il ciclo contraddittorio del Protocollo di Kyoto, e se ne apre un altro, marginale, noto come Kyoto 2, infinitamente più debole e con orizzonte al 2020. Si fa strada nel negoziato climatico *mainstream* un approccio opposto a Kyoto, di tipo *bottom-up*, basato sulla responsabilizzazione dei singoli paesi, sul riconoscimento della differenza degli obiettivi di mitigazione che è giusto che si diano paesi in posizioni molto diverse sulla via dello sviluppo, e sull'abbandono delle pregiudiziali reciprocamente paralizzanti. Nel 2014, con uno storico accordo sottoscritto dai Presidenti di Stati Uniti e Cina[19], i primi rinunciano alla pregiudiziale contro il Principio di Rio e della Convenzione climatica, delle *"Responsabilità comuni ma differenziate"* e la Cina dichiara di voler contribuire allo sforzo di mitigazione rinunciando al privilegio dell'assenza di obblighi che la Convenzione le assicura, così come agli altri paesi in via di sviluppo.

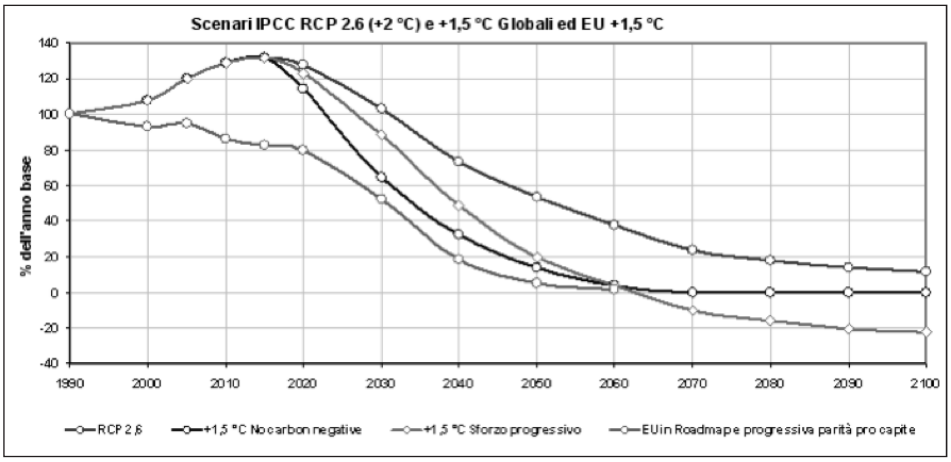
Con l'Accordo di Parigi del dicembre 2015[20] scompare consensualmente ogni forma di esenzione, senza violare la sostanza del Principio delle responsabilità comuni ma differenziate, che anzi riceve una nuova lettura in cui la differenziazione viene resa proporzionale al grado ed alle prospettive di sviluppo di ciascun paese. Al contempo si rinuncia alla imposizione dall'alto degli obiettivi di mitigazione ma viene riconosciuta da tutti la necessità di mantenere l'aumento medio della temperatura superficiale della terra a fine secolo *"ben al di sotto dei 2°C"* con l'aspirazione a restare entro gli 1,5 °C. L'Accordo, votato all'unanimità con una o due eccezioni, si poggia su una forte autodeterminazione accompagnata da una straordinaria carica morale. Non va dimenticato il contributo determinante che la Chiesa ha dato in quello stesso anno all'Accordo con l'enciclica *"Laudato sì"* di Papa Francesco[21].

Quali prospettive di successo si possono dare all'Accordo di Parigi? È difficile dirlo, al di là della sincera commozione che ha accompagnato il voto unanime dell'Accordo nell'assemblea plenaria finale. Per ora i meccanismi di governo rimangono pressoché gli stessi e perdura la disputa sull'entità e sulla tempistica degli aiuti economici che i paesi che sono in grado di contribuire (questa è la nuova formula inclusiva) dovranno corrispondere a tutti gli

altri. Lo sforzo di mitigazione è ora affidato alla sommatoria degli impegni assunti volontariamente da ciascun paese, i cosiddetti *Intended Nationally Determined Contribution*, INDC, ora divenuti impegnativi, NDC. Raccolti dal segretariato della Convenzione prima di Parigi, porterebbero a fine secolo ad un riscaldamento globale di circa 3 °C. Non sono sufficienti e quindi al più presto ogni paese dovrà rivederli, nella chiave della cosiddetta ambizione progressivamente aumentata ma non reversibile (*The Ratcheting Principle*) che verrà verificata nel 2020 a Milano. L'effetto dell'Accordo viene celebrato da un inaspettato arresto delle emissioni mondiali che addirittura sembrano in leggera discesa negli anni 2014-2015 (cfr. fig. 6), un evento del tutto inatteso che non avrà il seguito sperato. Comunque il riscaldamento globale, determinato dall'accumulo di gas serra in atmosfera piuttosto che dal flusso annuale delle emissioni, continua a salire e anno dopo anno registra un ulteriore record. Per fermarlo ormai tutti sanno che occorre una profonda trasformazione del modello di sviluppo e che le emissioni si dovranno azzerare a metà del secolo.

L'Accordo di Parigi istituisce due cicli quinquennali. Nel primo tutti i Paesi sono invitati a presentare i loro NDC, con l'impegno che ogni contributo successivo dovrà rappresentare un avanzamento del contributo precedente (*ratcheting*) il cui punto zero è il relativo INDC, se è stato presentato. Sarà rispettato il principio della responsabilità comune ma differenziata secondo le rispettive capacità alla luce delle diverse situazioni nazionali. I Paesi che avevano presentato un INDC a 10 anni dovranno comunicare o aggiornare questi contributi.

Figura 11 **I percorsi di abbattimento delle emissioni per i target di Parigi a +2 e +1,5 °C**



Fonte: elaborazione della Fondazione per lo sviluppo sostenibile su dati IPCC, IIASA, IEA

Il secondo ciclo conduce al resoconto globale (*stocktake*) degli sforzi collettivi, a partire dal 2023, preceduto da un *dialogo per la facilitazione,* denominato *Talanoa dialogue,* che è stato intrapreso nel 2018. Tutti i Paesi dovranno produrre un Rapporto usando un quadro comune per la contabilità e la trasparenza e tutti sono invitati, nei limiti delle proprie possibilità, o degli obblighi per i paesi ricchi, a dare sostegno ai paesi in via di sviluppo affinché riescano tecnicamente a rispettare gli standard di comunicazione.

L'IPPC è stato impegnato a disegnare al più presto lo scenario di abbattimento ad 1,5°C dell'anomalia termica a fine secolo, valutazione che non era contenuta nel quinto ed ultimo *Assessment Report* del 2014[22] il cui scenario di mitigazione più impegnativo è il c.d. RCP 2.6 a +2°C in cui 2,6 dovrà essere il RF totale a fine secolo, valore ormai prossimo. Dai calcoli effettuati dalla Fondazione[23] il percorso dopo Parigi verso un'economia *low carbon* è duro ed irto di difficoltà. Già dal 2050 le emissioni dovranno essere azzerate e la vecchia economia, che ha prosperato sulla combustione dei fossili, dimenticata (Fig. 11).

8. La COP 24 del 2018 a Katowice

Alla fine dell'anno appena trascorso si è tenuta la COP 24 climatica di Katowice[24], fortemente ispirata dalla Relazione speciale dell'IPCC, la SR15[25], con la conferma che lotta al cambiamento climatico rappresenta la principale sfida a scala globale della nostra epoca, per l'economia, l'ambiente e gli stessi equilibri sociali. Causa prevalente del cambiamento climatico è il modo di produzione e di consumo dell'energia che, a differenza del clima, è un problema fortemente territoriale nel quale ogni paese, e l'Italia in prima linea, può trovare la chiave dell'innovazione che può liberarlo dalla schiavitù dei combustibili fossili, materia prima della quale il nostro paese è tra l'altro poverissimo. Il modo di produzione dell'energia sta mutando rapidamente sotto la spinta delle energie rinnovabili e della loro catena del valore.

Il mandato dell'epocale Accordo di Parigi[26], che la COP 24 a Katowice doveva dotarlo del suo *Rulebook*[27], le linee guida della sua attuazione dal 2020 in avanti, è di accelerare la transizione energetica. È necessario arrivare intorno al 2050 alla decarbonizzazione dell'economia, cioè in primo luogo dell'energia, dei trasporti e dell'edilizia. Questa fase di drammatiche urgenze ci insegna che non esiste una ricetta eguale per tutti, e che quindi ogni paese deve fare da sé, sviluppando azioni e tecnologie che potranno essere utili per tutti, ma senza illudersi di ricevere aiuti più di tanto, considerando che i grandi *player* dell'energia, USA, Australia, Russia ed Arabia Saudita cui si sta aggiungendo il Brasile, tirano dall'altra parte in favore degli interessi delle industrie estrattive. Proprio in casa loro, fortunatamente, si verifica il massimo della risposta dei territori con l'aggregazione di coalizioni di città, province e regioni che intendono andare avanti voltando le spalle ai loro governi[28].

A Katowice l'Italia si è schierata per la transizione con la *High Ambition Coalition*[29] assieme, tra gli altri, ad Argentina, Canada, Colombia, Costa Rica, Danimarca, Etiopia, UE, Fiji, Finlandia, Francia, Germania, Messico, Paesi Bassi, Nuova Zelanda, Norvegia, Portogallo, Spagna, Svezia, Regno Unito, piccole isole e perfino i paesi di *Visegrad*. Il nostro paese, inoltre, si è ora candidato con una mozione parlamentare ad ospitare la COP 26 che darà inizio al periodo di attuazione dell'Accordo di Parigi.

In Dicembre 2018 *Germanwatch* ha pubblicato il *Climate Change Performance Index 2019* [30] con l'Italia che esce dal gruppo dei Paesi migliori. Il no-

stro Paese presenta buone performance in tutti e tre gli indicatori quantitativi, emissioni, fonti rinnovabili e consumi energetici, per i quali l'Italia è al terzo posto nel G20. Tuttavia il nostro Paese presenta un *trend* e delle prospettive di crescita del tutto insufficienti a rispettare gli impegni di Parigi, in particolare a causa della scarsa ambizione mostrata prima con la SEN, Strategia energetica nazionale[31] e più di recente con il Piano Nazionale Integrato Energia e Clima[32]. Hanno pesato i *trend* negativi degli ultimissimi anni sia nella riduzione delle emissioni che nello sviluppo delle fonti rinnovabili: così l'Italia quest'anno è uscita dal gruppo di Paesi considerati *high-performing*, passando dalla 16°alla 23° posizione. Retrocedono con noi la Francia in 21° posizione e la Germania in 27°, ma hanno fatto passi indietro anche Paesi solitamente molto virtuosi, come la Norvegia e la Finlandia.

Una questione controversa è se la transizione energetica possa avvenire nel rispetto dell'equità sociale. Questa preoccupazione è emersa con forza a Katowice spinta anche da quanto dice proprio la Relazione speciale IPCC SR15, che mette in guardia sull'esistenza di percorsi di decarbonizzazione al di fuori delle regole dello sviluppo sostenibile, che lasciano invariate o addirittura aggravano le disparità sociali, razziali e di genere della società di oggi. Se la lotta al cambiamento climatico e la trasformazione dell'energia sono passaggi dello sviluppo sostenibile esse devono avvenire all'interno delle compatibilità dell'Agenda 2030[33], in un percorso di equità sociale.

9. Il rapporto speciale SR15 dell'IPCC

Atteso, almeno quanto temuto, arriva nell'ottobre del 2018 il Rapporto speciale SR15 che l'IPCC ha preparato su esplicita committenza della COP 21 di Parigi[34]. Il piano editoriale del Rapporto SR15 è impostato su cinque capitoli per un totale di 225 pagine ed è preceduto dal Sommario per i decisori politici, votato in plenaria riga per riga dall'IPCC dopo una settimana di dure trattative ad Incheon nella Corea del Sud, complicate dall'atteggiamento negazionista della delegazione statunitense. Questi hanno imposto l'eliminazione della premessa contenuta nella prima bozza del documento che sarebbe stata ottima per chiarezza per illustrare i risultati del Rapporto[35]: il mondo si è riscaldato di 1 °C sin dai tempi pre-industriali a causa dell'attività umana.

In base alle tendenze attuali, è probabile che supereremo il limite di 1,5 °C tra il 2030 e il 2052. Il pianeta si sta riscaldando in modo tutt'altro che uniforme, la terraferma più velocemente degli oceani e l'Artico si sta riscaldando a 2-3 volte il tasso medio globale. Il trend del riscaldamento antropogenico è di 0,2 °C per decade (fig. 12). C'è un lasso di tempo tra le emissioni di gas serra e il loro effetto sul clima. Ciò significa che il mondo si sta riscaldando ulteriormente e che il livello del mare sta crescendo. Il Rapporto però ritiene improbabile che le emissioni storiche cumulate siano già sufficienti a far salire le temperature oltre la soglia degli 1,5 ° C.

Per stabilizzare le temperature, le emissioni devono raggiungere lo zero e rimanerci (Fig. 12). Ciò significa ridurre le emissioni il più possibile e sottrarre l'anidride carbonica dall'aria per eliminare le emissioni residue. L'entità del riscaldamento è in definitiva determinata dal tempo che impiegheremo per raggiungere le emissioni zero. Il riscaldamento globale sta già impattando le persone e gli ecosistemi. I rischi tra 1,5 e 2 °C sono proporzionalmente crescenti: *"Temperature rise to date has already resulted in profound alterations to human and natural systems, bringing increases in some types of extreme weather, droughts, floods, sea level rise and biodiversity loss, and causing unprecedented risks to vulnerable persons and populations".*

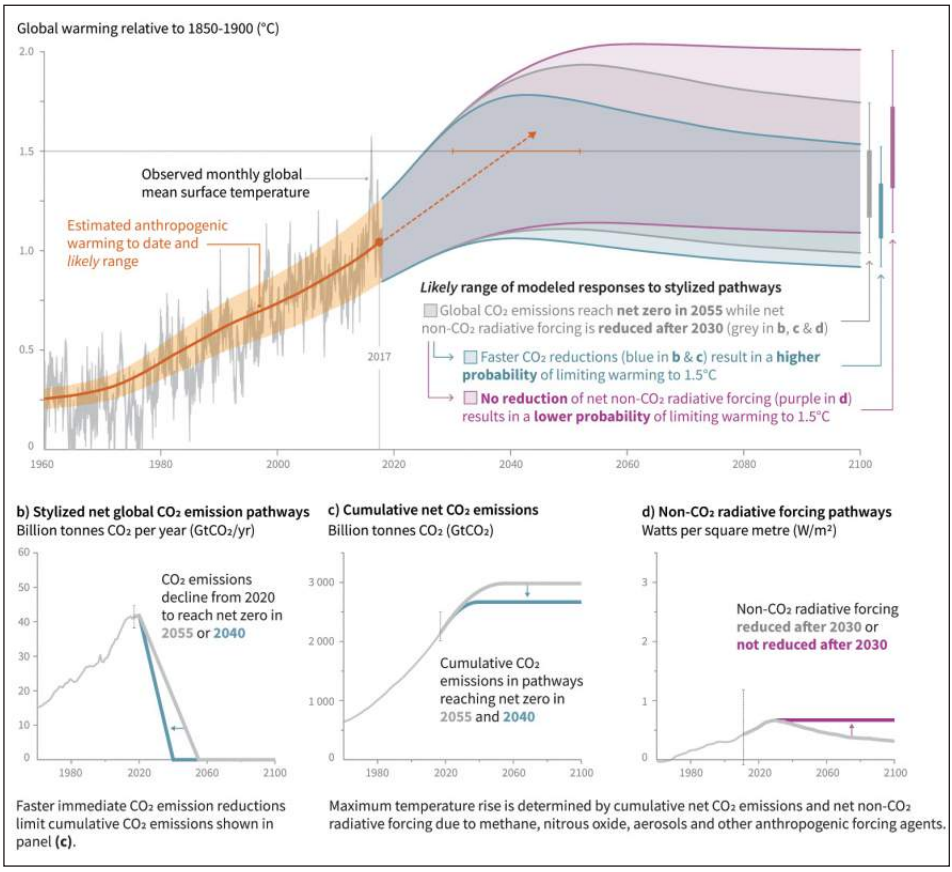
Le ondate di caldo, le siccità e le inondazioni saranno più pesanti a 2 °C rispetto a 1,5 °C. Si prevede che i livelli del mare aumenteranno in questo secolo di 10 cm in più sotto ai 2 °C di riscaldamento rispetto agli 1,5 °C. Ciò espone 10 milioni di persone in più ad impatti come le inondazioni costiere, l'acqua salata che si riversa nei loro campi e le forniture di acqua potabile. Nel corso di secoli e millenni i livelli del mare continueranno a salire dopo che le temperature si saranno stabilizzate. Il disfacimento delle calotte glaciali in Groenlandia e in Antartide potrebbe portare a innalzamenti di diversi metri.

Uno dei risultati quantitativi più eclatanti riguarda la perdita di biodiversità. SR15 prevede la proporzione di specie che perderanno metà della loro estensione geografica. Su 105.000 specie studiate, il tasso raddoppia tra il riscaldamento di 1,5 °C e quello del 2 °C, il 16% per le piante, l'8% per i vertebrati e al triplo, il 18% per gli insetti.

Circa 1,5 - 2,5 milioni di chilometri quadrati di *permafrost*[36] in più scongeleranno in questo secolo con un riscaldamento di 2 °C rispetto a 1,5 °C, una superficie equivalente all'area geografica dell'Iran, del Messico o dell'Algeria.

In un circolo vizioso, lo scongelamento del *permafrost* rilascia metano, uno dei gas serra. La probabilità di un'estate artica senza ghiaccio in mare aumenta di dieci volte, da una volta al secolo a 1,5 °C a una volta ogni dieci anni a 2 °C. Gli ecosistemi marini saranno colpiti dall'acidificazione e dal riscaldamento degli oceani. I 2 °C eliminano virtualmente le barriere coralline, rispetto a un calo del 70-90% per gli 1,5 °C. Le comunità agricole e di pesca saranno colpite più duramente da questi effetti, in particolare nell'Artico, nelle zone aride, nelle isole e nei paesi più poveri. Limitare il riscaldamento globale a 1.5 °C riduce l'importo i rischi associati alla povertà e ai cambiamenti climatici per un valore che arriva a diverse centinaia di milioni di dollari entro il 2055.

Figura 12 **Andamenti termici storici e le fasce probabilistiche degli scenari futuri. La decarbonizzazione è obbligatoria al 2055**



Fonte: IPCC SR 15 SPM

Quel mezzo grado di riscaldamento in più è molto negativo per la salute. Espande le specie ed il numero di zanzare che trasportano malattie come la malaria e la dengue e il caldo rende l'intera gamma di condizioni più letali. La quantità e la qualità delle colture di base soffrono maggiormente un riscaldamento di 2 °C rispetto agli 1,5 °C, così come il bestiame, peggiorando la disponibilità di cibo in molte parti del mondo. Si prevede che la crescita economica subirà gli effetti del riscaldamento globale, a parità di tutte le altre

condizioni. SR15 non tenta di quantificare questi danni valutando i costi e i benefici del taglio delle emissioni e dell'investimento nella resilienza ai cambiamenti climatici.

Esistono molti strumenti per proteggersi dagli impatti del riscaldamento globale, come le dighe sulle coste marine o le colture resistenti alla siccità. Ma questi adattamenti hanno dei limiti e alcune popolazioni vulnerabili subiscono perdite. L'Accordo di Parigi ha dato riconoscimento ai danni subiti a causa degli eventi estremi (*loss and damage*), ma il sistema delle Nazioni Unite non ha ancora dato un sostegno concreto alle vittime del clima.

Quasi tutti gli scenari calcolati in SR 15 comportano un un *overshoot* termico che si riduce a zero a fine secolo. Solo 9 dei 91 scenari si mantengono sempre sotto gli 1,5 °C. Per mantenersi sotto gli 1,5 °C, le emissioni di CO_2 dovrebbero diminuire di circa il 45% tra il 2010 e il 2030 e raggiungere lo zero netto nel 2050. Questo percorso è significativamente più arduo di quello necessario per i 2 °C che comporta una riduzione di circa il 20% entro il 2030 e zero netto solo entro il 2075.

Nel complesso il Rapporto SR15 prefigura una transizione senza precedenti verso la decarbonizzazione. Tutti i percorsi a 1,5 °C condividono alcune caratteristiche, tra cui le emissioni di CO_2 che scendono a zero e il consumo residuo di carbone che è in gran parte eliminato entro la metà del secolo. Includono anche le energie rinnovabili che soddisfano la maggior parte delle future forniture di energia elettrica. Gli investimenti negli usi industriali del carbone sono fermati entro il 2030 nella maggior parte dei percorsi ad 1,5 °C. Alcuni impianti fossili realizzati nei prossimi anni, o quelli realizzati negli ultimi anni, avranno probabilmente bisogno di essere fermati prima che abbiano potuto recuperare completamente il capitale investito o, comunque, prima della fine della loro vita industrialmente produttiva.

Questi cambiamenti sono ancora più marcati per il settore elettrico, che va decarbonizzato intorno alla metà del secolo. Ciò significa che entro il 2050 l'utilizzo del carbone nel settore energetico si ridurrà vicino allo 0% e le fonti rinnovabili forniranno il 70-85% del mix energetico. Non includendo la bioenergia, il dispiegamento di energie rinnovabili nei percorsi ad 1.5 °C aumenta tra le 6 e le 14 volte entro il 2050, rispetto al 2010. Tutti i percorsi di 1,5 ° C includono profondi tagli per gli altri gas a effetto serra, come una riduzione del 35% delle emissioni di metano al di sotto dei livelli del 2010 entro il

2050. La transizione energetica è accelerata di diversi decenni nei percorsi di 1,5 °C rispetto ai percorsi dei 2 °C. Oltre a passare all'elettricità a zero emissioni di carbonio, le riduzioni supplementari nei percorsi da 1,5 °C a quelle da 2 °C provengono principalmente dai trasporti e dall'industria, con le emissioni dell'industria che scendono del 75-90% rispetto ai livelli del 2010 entro il 2050. Inoltre, la domanda di energia deve essere ridotta in misura maggiore mediante ulteriori sforzi per migliorare l'efficienza negli usi finali.

Quanta anidride carbonica può essere emessa prima di superare la soglia di 1,5 °C? Il modo in cui vengono calcolati questi *carbon budget*[37] è cambiato rispetto all'ultima grande valutazione dell'IPCC nel 2014, aumentando le stime di circa 300 Gt. Ma il margine rimane stretto e stiamo esaurendo il *budget* a un ritmo di 42 Gt all'anno. Ci sono anche "*sostanziali*" incertezze su quanto sia sensibile il clima alle emissioni di gas serra e al livello delle emissioni storiche, che influenzano le dimensioni del *carbon budget*. Ulteriori emissioni di carbonio rilasciate durante lo scioglimento del *permafrost* e il metano emesso dalle zone umide potrebbero ridurre il *budget* fino a 100 Gt nel corso del secolo e continuare anche oltre.

Forse la più dibattuta tra le questioni è stata in questi anni quella delle tecnologie *carbon negative* capaci di assorbire il carbonio dall'atmosfera *(NET, Negative Emissions Tech. o CDR, Carbon Dioxide Removal)*. Il rapporto SR15 riconosce che limitare il riscaldamento a 1,5 °C richiederà l'uso delle NET. Vale la pena notare che il SPM sembra sottovalutare il grado in cui potrebbero essere necessarie le NET per limitare il riscaldamento a 1,5 °C. Il SPM parla di rimozione di 100-1000 $GtCO_2$ entro il 2100. Ma il Rapporto completo quota un valore medio molto più vicino all'estremità superiore dell'intervallo.

Anche con sforzi di mitigazione rapidi, è probabile che le NET saranno tenute a compensare le emissioni di settori che non possono facilmente ridurre le loro emissioni a zero. Questi settori includono la produzione di riso e carne, che emettono metano, e il trasporto aereo. Il grado in cui saranno necessarie le NET è importante perché ognuna di esse incontra "*barriere economiche e istituzionali*" e può essere causa di possibili impatti su persone e animali selvatici. Molte tecnologie NET richiederebbero di cambiare drasticamente il modo in cui utilizza il suolo. Ciò include la bioenergia con cattura e stoccaggio del carbonio (BECCS[38]) e la afforestazione. La BECCS coinvolge coltivazioni, bruciando biomassa per produrre energia, catturando la CO_2 rilasciata duran-

te il processo e conservandola in un sito sotterraneo. Non ci sono nemmeno, finora, esperienze di BECCS a scala sufficiente che ne possano assicurare l'efficacia e la sostenibilità. L'afforestazione comporta inoltre la trasformazione di terre sterili in foreste: *"Afforestation and bioenergy may compete with other land uses and may have significant impacts on agricultural and food systems, biodiversity and other ecosystem functions and services"*

SR 15 dedica poca attenzione alla geoingegneria[39]. La cosiddetta modificazione della radiazione solare – come il pompaggio di particolati nell'aria per riflettere la luce solare, potrebbe essere "*teoricamente efficace*" nel raggiungere l'obiettivo degli 1,5 °C. Ma è escluso dagli scenari SR15 del modello a causa di "*grandi incertezze*", *"il gap di conoscenza*", "*rischi sostanziali*" e "*vincoli istituzionali e sociali*". La eccessiva attenzione dedicata dai media e dal mondo industriale alla geoingegneria finirà, si teme, per creare un alibi ai decisori politici per ritardare ulteriormente l'inizio delle azioni necessarie.

Una domanda comune sui limiti dell'obiettivo degli 1,5 °C è se ne vale la pena dal punto di vista economico. In altre parole, i benefici dei danni climatici evitati dovuti alle inondazioni, ad esempio, superano i costi cumulativi di riduzione delle emissioni? Sfortunatamente, SR15 non considera esplicitamente il costo totale dei percorsi per gli 1,5 °C, perché la letteratura scientifica sull'argomento è limitata. Invece, il rapporto SR15 esamina i costi di abbattimento marginali globali di questo secolo, i costi per tonnellata delle emissioni evitate. Questi costi sono talvolta calcolati come prezzo del carbonio. In generale, l'SR15 afferma che i costi di abbattimento marginali sono circa tre o quattro volte più alti nei percorsi degli 1,5 °C, rispetto ai 2 °C. Stabilisce inoltre le esigenze di investimento previste per i percorsi di 1,5 °C. Per il periodo dal 2015 al 2050 i costi dei percorsi che limitano il riscaldamento a 1,5 °C sono stimati in circa 900 miliardi di dollari. Si deve tener conto che gli investimenti annuali in tecnologie energetiche a basse emissioni di carbonio e nell'efficienza energetica devono aumentare di circa 5 volte nel 2050 rispetto al 2015. Il Rapporto aggiunge che le "*lacune di conoscenza*" rendono difficile confrontare questi costi di mitigazione con i benefici del riscaldamento evitato. Ad esempio, i costi dell'adattamento a 1,5 °C potrebbero essere inferiori a quelli dei 2 °C, anche se sono "*difficili da quantificare e confrontare*".

L'altro grande capitolo della via agli 1,5 °C è quello dell'adattamento. Il rapporto rileva che, in generale, la necessità di adattamento ai cambiamenti

climatici sarà inferiore a 1,5 °C rispetto a 2 °C. Tuttavia, avverte che, anche se il riscaldamento globale è limitato a 1,5 °C, non sarà possibile prepararsi a tutti gli impatti dei cambiamenti climatici. Il rapporto descrive l'adattamento umano ai cambiamenti climatici come "*il processo di adeguamento al clima attuale o previsto e ai suoi effetti, al fine di moderare il danno o sfruttare opportunità vantaggiose*". La prima opzione di una lista di otto, la gestione del rischio di catastrofi, è definita dagli autori come "*un processo per progettare, implementare e valutare strategie, politiche e misure per migliorare la comprensione del rischio di catastrofi e promuovere il miglioramento nella preparazione, risposta e recupero delle emergenze*".

Mentre le temperature continuano a salire, è probabile che ci sia una richiesta crescente di integrazione tra mitigazione e adattamento, "*per ridurre la vulnerabilità, anche se capacità istituzionali, tecniche e finanziarie nelle agenzie in prima linea costituiscono dei vincoli*". Un'altra opzione di adattamento è la migrazione climatica. Il rapporto rileva che, al momento, vi è poco accordo sul fatto che la migrazione possa essere contenuta con misure di adattamento e comunque con costi contenuti: "*Migrating can have mixed outcomes on reducing socio-economic vulnerability and its feasibility is constrained by low political and legal acceptability, and inadequate institutional capacity".*

10. I rischi per lo sviluppo sostenibile

Gli obiettivi di Parigi si collocano nello SDG 13 dell'Agenda 2030, il cui obiettivi e *target* furono lasciati generici quando l'Agenda 2030 fu votata nel 2015, prima della COP 21. Ma questo non risolve tutti i problemi: tra lotta ai cambiamenti climatici e obbiettivi di sviluppo sostenibile ci possono essere contraddizioni. Il capitolo finale del Rapporto SR 15 (il quinto) è dedicato all'esame di come i cambiamenti climatici potrebbero avere un impatto sullo sviluppo sostenibile, la povertà e la disuguaglianza. Il SPM rileva che, in tutto il mondo, le comunità più povere, svantaggiate e vulnerabili, alcune popolazioni indigene e comunità locali dipendenti da mezzi di sussistenza agricoli o costieri, rischiano di essere influenzate in modo sproporzionato dal riscaldamento globale. Una gran parte dei poveri del mondo fa affidamento sull'agricoltura di sussistenza e quindi sarà direttamente influenzata dall'im-

patto dei cambiamenti climatici su temperatura, precipitazioni e siccità. Una affermazione chiave del rapporto è che gli sforzi per limitare il riscaldamento globale a 1,5 °C possono effettivamente andare di pari passo con molti altri intesi a risolvere i problemi di disuguaglianza e di eliminazione della povertà. In effetti, limitare la temperatura a 1,5 °C anziché a 2 °C potrebbe risparmiare la povertà, entro il 2050, a diverse centinaia di milioni di persone.

La limitazione del riscaldamento globale potrebbe anche aiutare il mondo a raggiungere molti degli obiettivi di sviluppo sostenibile dell'Agenda 2030, afferma il Rapporto. I 17 SDG mirano a "*porre fine alla povertà, proteggere il pianeta e assicurare a tutti i popoli pace e prosperità*" entro il 2030, secondo il Programma di sviluppo delle Nazioni Unite. Già segnalate da molti autori, alcune contraddizioni potrebbero sorgere tra le azioni per limitare il riscaldamento a 1,5 °C e gli SDG. Gli effetti netti dipenderanno dalla velocità e dall'entità dei cambiamenti, dalla composizione del portafoglio di mitigazione e dalla gestione della transizione. L'adattamento agli effetti del cambiamento climatico e la riduzione delle vulnerabilità climatica può promuovere lo sviluppo sostenibile. Può garantire la sicurezza di cibo e acqua, ridurre i rischi di disastri, migliorare la salute e ridurre la povertà e la disuguaglianza. Le misure di adattamento che riducono anche le emissioni, come gli edifici a basse emissioni di carbonio efficientemente raffreddati, possono aiutare i settori a diventare più *green* a un costo inferiore.

La mitigazione si adatta particolarmente bene agli obiettivi di sviluppo per la salute, l'energia pulita, le città e le comunità e il consumo e la produzione responsabili. Ma se non correttamente gestiti, potrebbero danneggiare gli obiettivi di povertà, fame, e accesso all'energia e all'acqua. Nel SPM viene pubblicato il grafico di Fig.13 che riassume gli effetti positivi (sinergie) e negativi (contraddizioni) delle opzioni di mitigazione per raggiungere gli 1,5 °C su ciascuno degli SDG. Sul grafico, la lunghezza totale delle barre rappresenta la dimensione dell'effetto positivo o negativo, mentre l'ombreggiatura mostra il livello di sicurezza (da chiaro a scuro: da basso a molto alto). Le tecniche di mitigazione sono suddivise in tre settori: approvvigionamento energetico, domanda di energia e terra. Le opzioni valutate nel settore dell'approvvigionamento energetico includono biomassa e fonti rinnovabili, nucleare, CCS con i combustibili fossili e BECCS. Il settore della domanda energetica comprende opzioni per migliorare l'efficienza energetica nei settori dei trasporti e

dell'edilizia. Il settore fondiario comprende l'afforestazione e la riduzione della deforestazione, l'agricoltura sostenibile, le diete a basso contenuto di carne, una riduzione degli sprechi alimentari e la gestione del carbonio nel suolo.

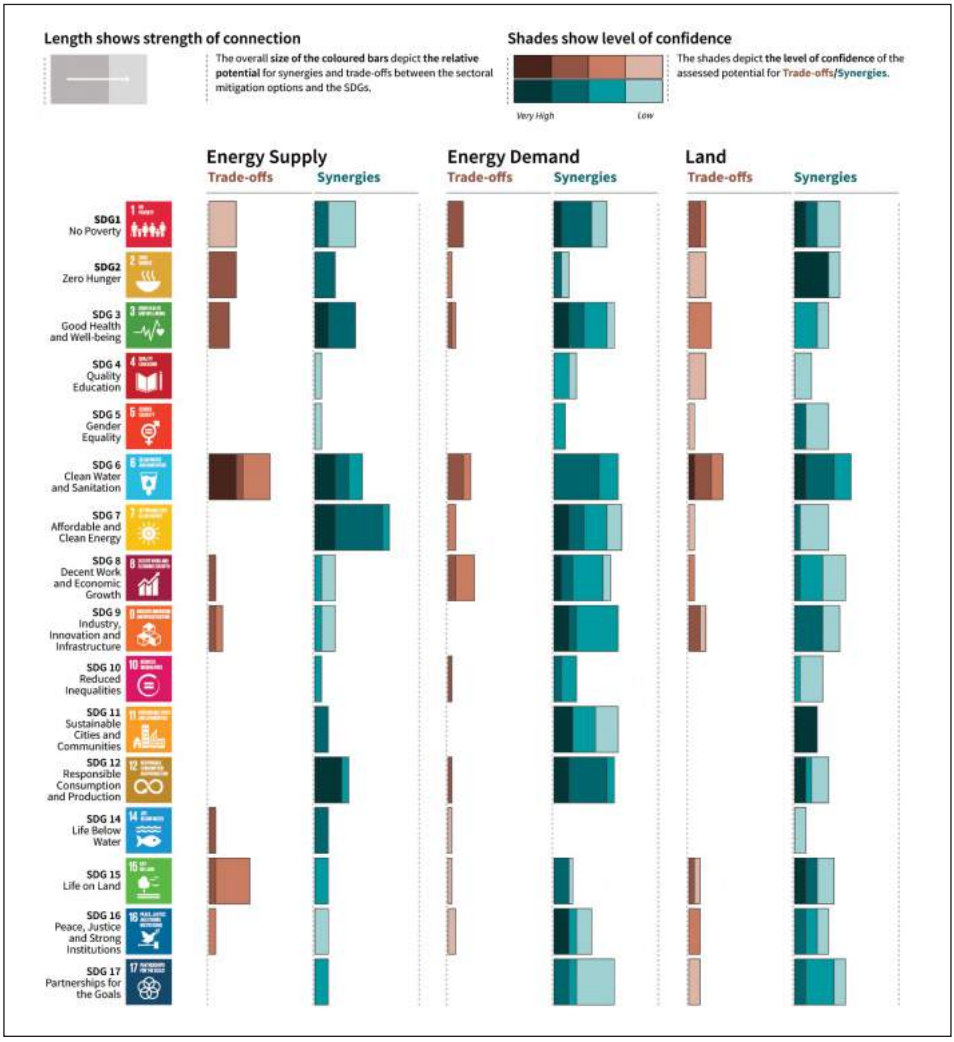
Il grafico a barre di Fig. 13 mostra come le opzioni di mitigazione che riducono la domanda di energia, in gran parte attraverso il passaggio a tecnologie e comportamenti più efficienti dal punto di vista energetico, hanno i maggiori impatti positivi e il minimo impatto negativo sugli SDG. Gli obiettivi che vedono i maggiori impatti positivi includono quelli per città e comunità sostenibili, buona salute e benessere ed energia pulita a prezzi accessibili. Impatti negativi possibili e temibili sono quelli della crescita delle popolazioni svantaggiate che fanno ricorso ai consumi di energia fossile o, al converso, politiche di contenimento dei consumi e delle emissioni che aggravano l'arretratezza e la disponibilità di risorse proprio per coloro che già stanno pagando i prezzi maggiori del cambiamento climatico a causa della loro posizione geografica o dell'arretratezza tecnologica. Del pari grave potrebbe essere l'esclusione dal lavoro di coloro che contribuiscono alla catena del valore dei combustibili fossili, ove non si provveda per tempo alle conversioni tecnologiche ed occupazionali necessarie.

Le opzioni legate sia all'approvvigionamento energetico che al settore terrestre potrebbero avere un impatto considerevole sulla disponibilità di acqua dolce e sui servizi igienico-sanitari, così come sulla vita terrestre, come mostra il grafico. Ciò è probabilmente dovuto al fatto che queste opzioni si basano sulla BECCS e sull'afforestazione, che, se implementati su larga scala, potrebbero impegnare grandi quantità di terreno e altre risorse, come l'acqua e la biodiversità. Le contraddizioni tra mitigazione e adattamento, limitando il riscaldamento globale a 1,5 °C, come quando le colture bioenergetiche, il rimboschimento o l'afforestazione invadono il terreno necessario per l'adattamento agricolo, possono minare la sicurezza alimentare, i mezzi di sostentamento, le funzioni e i servizi ecosistemici e altri aspetti della sostenibilità. La gestione di queste contraddizioni richiederà una attenta *governance* delle energie rinnovabili e delle tecnologie come la BECCS.

Le più grandi industrie inquinanti dovranno intraprendere cambiamenti radicali. Le energie rinnovabili dovranno fornire dal 70 all'85% di energia entro il 2050. C'è ancora spazio per la generazione da combustibili fossili se combinata con la tecnologia per catturare e immagazzinare le emissioni di

CO_2, ma è un piccolo spazio: circa l'8% per il gas e quasi zero per il carbone entro il 2050. Le industrie ad alta intensità energetica dovranno ridurre la loro CO_2 dal 75 al 90% entro il 2050 rispetto al 2010, se si vogliono rispettare gli 1,5 °C. Un limite a 2 °C richiederebbe una riduzione dal 50 all'80%.

Figura 13 **Sinergie e trade off tra gli SDG e le opzioni di mitigazione per energia e suolo**



Fonte: IPCC SR 15 SPM 2018

Questi abbattimenti possono essere ottenuti con tecnologie nuove e già esistenti che sono tecnicamente provate, ma devono ancora essere implementate su larga scala e sono limitate dai costi e da altri vincoli. Anche l'edilizia e i trasporti dovranno spostarsi sollecitamente verso gli usi elettrici. Gli edifici dovrebbero usare energia elettrica dal 55 al 75% della loro energia consumata entro la metà del secolo, mentre il settore dei trasporti dovrebbe spingere le sue fonti a basse emissioni dal 35 al 65% del consumo energetico, da meno del 5% nel 2020.

La riduzione delle emissioni nel settore dell'energia per l'obiettivo degli 1,5 °C richiederà circa 900 miliardi di dollari di investimenti all'anno tra il 2015 e il 2050. L'investimento totale necessario per l'approvvigionamento energetico sale così a livelli tra 1600 a 3800 GUS$ e per la domanda di energia da 700 a 1000 GUS$ in 35 anni. L'investimento necessario è superiore del 12% circa rispetto ai 2 °C. Saranno necessari strumenti per rimuovere la CO_2 dall'atmosfera, come la cattura e lo stoccaggio del carbonio e/o la afforestazione, per catturare da 100 a 1000 Gt nel corso del secolo, per stare entro gli 1,5 °C. Se il consumo di materia viene tenuto sotto controllo (tipicamente con l'economia circolare), si riduce al minimo la necessità di rimozione del carbonio dall'atmosfera. Le misure di rimozione del carbonio potrebbero contribuire a contenere o riportare il riscaldamento a 1,5 °C al di sopra dei livelli preindustriali se il mondo superasse la soglia ma, se utilizzate su larga scala potrebbero avere impatti significativi su terra, energia, acqua e sostanze nutritive. I governi dovranno limitare i *trade off* e assicurarsi che la CO_2 sia eventualmente stoccata nel sottosuolo in modo effettivamente permanente.

Gli attuali impegni nazionali sul clima previsti dall'accordo di Parigi sono inadeguati all'obiettivo. Porterebbero a 52-58 Gt di emissioni di CO_2 all'anno nel 2030, in linea con un aumento della temperatura di 3 °C. Quasi tutti i percorsi verso gli 1,5 °C richiedono che le emissioni di gas a effetto serra scendano al di sotto delle 35 Gt/anno al 2030. Minori saranno le emissioni nel 2030, più facile sarà limitare il riscaldamento globale a 1,5 °C. Il ritardo nella riduzione dei gas serra rischia di aumentare il costo delle azioni, di legare i paesi ad infrastrutture che emettono carbonio o, al contrario, di sprecare gli investimenti effettuati in attività ad alte emissioni. Potrebbe anche aggravare la distribuzione disomogenea degli impatti climatici tra paesi sviluppati e in via di sviluppo.

11. Il mercato del carbonio

L'anidride carbonica e gli altri GHG antropogenici sono rifiuti. Riversati in atmosfera non hanno nemmeno un costo di smaltimento. Come ha dichiarato sir Nicholas Stern[40] si tratta del più clamoroso fallimento del mercato. Come può infatti la clamorosa lista di effetti dannosi per l'uomo e per l'ambiente dei combustibili fossili non avere un costo? Si tratta di una esternalità negativa, che, se non recuperata nel sistema dei prezzi, rende impotente il mercato ad affiancare efficacemente la lotta al cambiamento climatico. Una delle maggiori, se non la maggiore sfida di Parigi è la rivitalizzazione e la globalizzazione del mercato del carbonio. Si tratta di imporre un prezzo significativo, ed eguale per tutti i Paesi, alle emissioni di CO_2, in modo che se ne scoraggi la produzione e il commercio. È evidente che ogni tentativo in tal senso urta contro il facile *dumping* che molti paesi potrebbero mettere in atto.

Dare un prezzo al carbonio è considerato uno dei meccanismi più efficaci per decarbonizzare l'economia. Ad oggi, sono state adottate nel mondo 51 iniziative che riguarderebbero 11 $GtCO_2eq$, circa il 20% delle emissioni di gas serra, rispetto a circa il 5% registrato nel 2010. Nel 2018, il valore totale delle iniziative globali di determinazione del prezzo del carbonio dovrebbe raggiungere 82 Mld$, + 56% rispetto al 2017. I prezzi del carbonio variano molto, da meno di 1 a un massimo di 139 US$/$tCO_2eq$, ma il 46% delle emissioni coperte ha un prezzo inferiore a 10 US$/$tCO_2eq$, ben al di sotto dei 40-80 US$ che si stimano necessari per attuare l'accordo di Parigi.

I sistemi *cap&trade* di scambio delle emissioni di carbonio in funzione nel 2014 coprivano 3,7 Gt (11%) delle emissioni globali di CO_2 legate all'energia per un valore complessivo di 26 miliardi di US$, con un prezzo medio di circa 7 US$/t. Al confronto erano 4.2 Gt (13%) le emissioni globali di CO_2 legate all'energia derivanti dall'uso di combustibili fossili che ricevevano sovvenzioni al consumo, con una spesa pari a 115 US$/t in media. Il sistema di scambio delle emissioni dell'Unione Europea (EU ETS), il più grande mercato *cap&trade*[1]del carbonio del mondo, superiore nel 2014 a tutti gli altri messi insieme, deve registrare un prezzo per ogni certificato di emissione che in meno di un decennio, per effetto della crisi economica e del conseguente

1 I sistemi *cap&trade* fissano per ogni impresa il tetto alle emissioni di carbonio e lasciano fluttuare il prezzo dei permessi di emissione che i soggetti più efficienti possono scambiare con quelli più gravati di emissioni

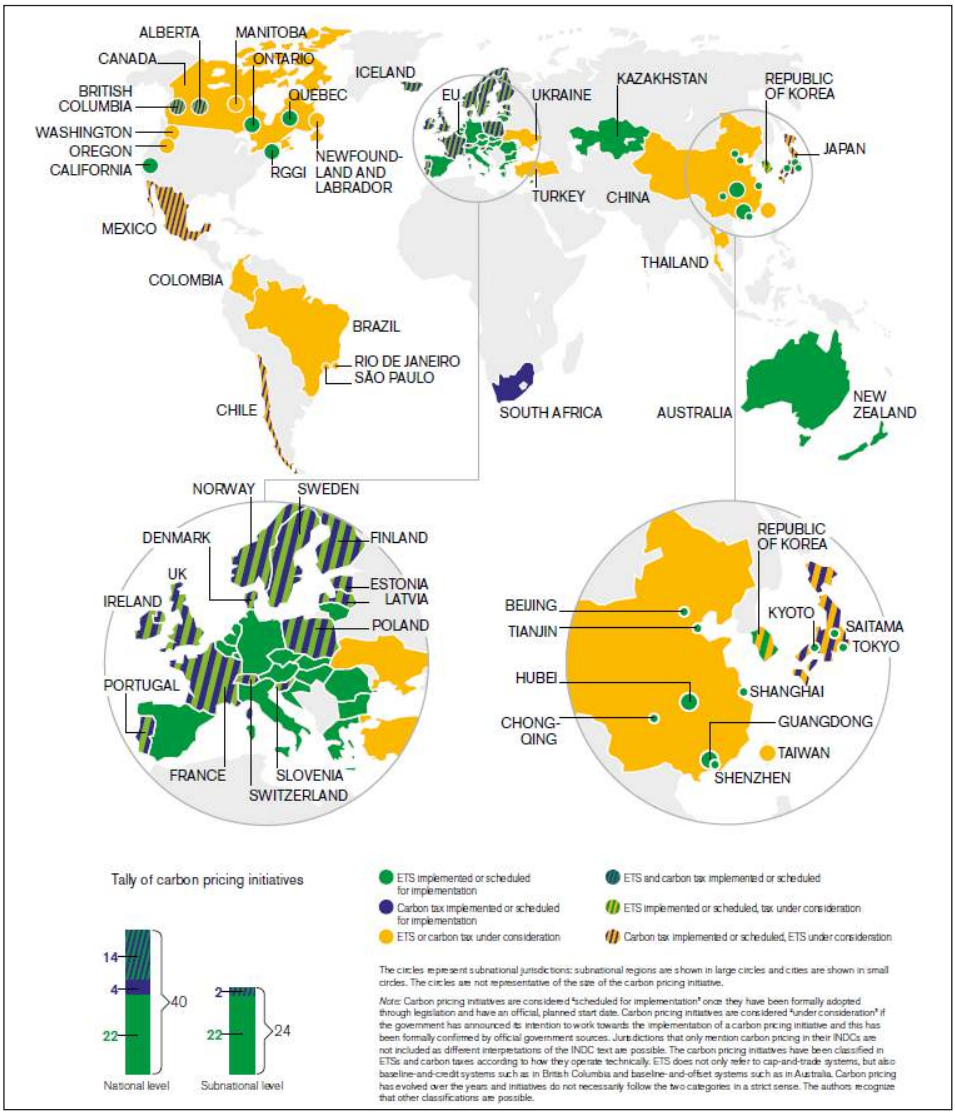
eccesso di permessi di emissione assegnati gratuitamente, è sceso ad un quinto del suo stesso valore nel 2008. L'EU ETS soffre di un eccesso di permessi in vendita che deprime i prezzi e disincentiva gli investimenti *low carbon*. Nel mese di maggio 2015, l'Unione ha approvato un piano per introdurre una riserva di stabilità del mercato a partire dal 2019 che assorbirà il *surplus* dei certificati di emissione.

I sette sistemi pilota di scambio di permessi di emissione della Cina sono tutti operativi e, nel loro insieme costituiscono il secondo più grande mercato del carbonio del mondo, che copre circa 1,3 Gt di CO_2. La Cina prevede di introdurre un regime nazionale unico entro il 2020. I prezzi del carbonio sui mercati cinesi attualmente non sono sufficienti a influenzare in modo significativo le politiche di investimento. Il sistema di scambio di emissioni della Corea ha iniziato ad operare nel mese di gennaio 2015, copre 525 aziende cui è imposto un *cap* di 1,7 Gt di CO_2eq per tre anni. Il Kazakistan ha lanciato un sistema di scambio di emissioni all'inizio del 2013, che nel 2014 ha impegnato circa 155 M_t di CO_2 con un prezzo medio di circa 2 US$/t. In Giappone, ci sono attualmente tre schemi *cap&trade* che coprono circa il 2% delle emissioni. In Nord America, l'ETS della California esiste dal 2007 e si è integrato con lo schema del Québec nel 2014. Da gennaio 2015, l'ETS copre circa l'85% delle emissioni di gas serra della California. Il *cap&trade* degli Stati nel nord-est degli Stati Uniti ha abbassato il totale delle emissioni del 45% nel 2014 e lo ridurrà del 2,5% all'anno dal 2015 al 2020. Sfortunati i sistemi di Nuova Zelanda ed Australia, quest'ultimo recentemente soppresso.

Poiché la Cina ha superato l'Europa in termini di emissioni GHG pro-capite, gli elementi macroscopici della distribuzione iniqua dei carichi e dei vantaggi tra i diversi paesi sta nel fatto che gli Stati Uniti, il Canada, l'Australia e pochi altri hanno un'emissione pro capite di circa tre volte Europa e Cina e che i paesi in via di sviluppo e i paesi più poveri sono molto al di sotto. Solo l'India staziona ai livelli di circa 2t/anno pro capite, che saranno 3t/anno nel 2030, valori che corrispondono a quello che dovrebbe essere il livello equo e condiviso da tutti se la battaglia per il clima sarà vinta nei tempi dovuti e con la dovuta giustizia nella ripartizione. Ma l'iniquità maggiore sta forse nel fatto, per certi versi ineliminabile, che le colpe comuni ricadono in maniera molto diversa sui diversi paesi. In termini di impatti pagano infatti molto di più i paesi della fascia equatoriale, i meno responsabili delle emissioni storiche globali. In particolare risulta insostenibile il carico degli eventi estremi e addi-

rittura di perdite di vite umane sulle spalle dei paesi chiamati LDC nel gergo dell'ONU, i più poveri e meno dotati di tecnologie e capacità di risposta.

Figura 14 **Mappa delle iniziative stabili ed emergenti di carbon pricing a livello nazionale e regionale**



Fonte: Carbon Tax Center [41]

La fiscalità ecologica è universalmente considerata uno strumento indispensabile per la lotta al cambiamento climatico e può essere considerata capace di rafforzare ed estendere l'efficacia dei sistemi di scambio delle emissioni. Lo strumento più diffuso per la lotta ai cambiamenti climatici è la *carbon tax*, della quale da molto tempo si discute senza che siano state possibili visioni condivise dopo che da molti e per molti anni era stata considerata il passaggio obbligatorio della transizione energetica. La *carbon tax*, da sola, lascia fluttuare le quantità di CO_2 generate, ma tiene fissa la percentuale della imposizione fiscale. Le tasse sul carbonio ai livelli richiesti per un obiettivo climatico del riscaldamento globale di 2 °C possono avere un impatto socioeconomico significativo. Gli impatti distributivi delle tasse sul carbonio, sia all'interno che tra paesi, con quadri politici che mirano a ridurre le disuguaglianze, diventano importanti fattori abilitanti, o viceversa veri e propri ostacoli, della transizione dell'energia.

Sono stati fatti molti tentativi per quantificare il costo marginale degli impatti causati dall'emissione di una tonnellata di CO_2, compresi gli impatti *non market* sull'ambiente e sulla salute umana. Le migliori stime provengono dai modelli di valutazione integrata (IAM) utilizzati dall'IPCC. Il modello DICE, sviluppato da William Nordhaus, calcolava nel 2015 un importo di 31,2 US$/t in aumento del 3% in termini reali fino al 2050[42]. In realtà il valor medio degli importi calcolati dai vari studi disponibili risulta molto più alto ed alte sono le deviazioni standard delle stime associate.

Molti sono i Paesi che hanno intrapreso la via della *carbon tax*. In Italia fu fatto un tentativo nei primi anni '90 da parte dell'allora Ministro Ronchi, presto abbandonato. In Francia è stata revocata una modesta *carbon tax* di recente introduzione, all'interno di una serie di misure in favore dell'attuazione dell'Accordo di Parigi, sotto la spinta dai *gilet jaune*, un movimento spontaneo di matrice popolare. L'evento sottolinea la difficoltà che può incontrare una riforma fiscale ecologica. All'opposto, in paesi come la Norvegia e la Svezia, dove la transizione energetica è più avanzata, la *carbon tax* è ormai uno strumento consolidato fin oltre i 100 €/t.

Gli incentivi sono uno strumento che agisce in positivo sugli strumenti della transizione. L'Italia si è dotata dal 2016 di una analisi approfondita dello stato degli incentivi nel nostro Paese[43]. Da noi come altrove la questione più ardua da risolvere, nonostante i ripetuti appelli di OECD, G20, Nazioni

Unite ed altri, è la eliminazione degli enormi incentivi ai combustibili fossili per la generazione elettrica, l'autotrasporto, l'aviazione civile, l'agricoltura, la pesca etc., ostacolata dal fondato timore di gravi crisi occupazionali e sociali. Con la finanziaria 2019 il nostro Paese, merita una citazione, ha inserito per le auto private un dispositivo *bonus-malus* per orientare i comportamenti dei cittadini e quelli dei produttori automobilistici in favore delle auto ad emissioni basse o nulle.

12. La giustizia climatica

È stato Papa Francesco a puntare il dito sull'ingiustizia climatica, un argomento cui è stata dedicata una infinità di studi[44,45,46,47] . La sua Enciclica *Laudato sí*[48] del 2015 ha dato un contributo decisivo all'Accordo di Parigi.

Per giustizia climatica va inteso un programma di transizione che ripartisca equamente gli sforzi e i benefici del contrasto al cambiamento climatico, ma che sappia allo stesso tempo padroneggiare le esternalità negative che tale transizione genera. Le più gravi sono sul piano sociale, di qui il concetto della *giusta transizione* che, abbiamo visto, ha avuto grande evidenza alla COP 24 di Katowice. Secondo Lord Stern[49] una valida definizione di equità e giustizia intra e intergenerazionale è "*Un accesso equo allo sviluppo sostenibile*". Secondo l'Accordo di Parigi equità significa che, durante questo secolo, tutti hanno diritto ad uno sviluppo sostenibile come parte della trasformazione dinamica e collaborativa in un mondo a zero emissioni di carbonio. Ogni nazione dovrà scegliere la propria strada per lo sviluppo sostenibile. Per i paesi in via di sviluppo, tali percorsi dovrebbero essere sostenuti dai paesi ricchi. L'idea comprende la proposta che i paesi più ricchi riducano le loro emissioni più velocemente e generino esempi forti, promuovendo al contempo flussi di finanziamenti e trasferimenti di tecnologia. Ciò è in contrasto con l'approccio del *burden sharing*, in cui gli altri dovrebbero *pagare il costo incrementale in un gioco a somma zero*, che deriva dalle interpretazioni tradizionali del Principio CBDR della *Responsabilità comune ma differenziata*. L'"*accesso equo allo sviluppo sostenibile*" incarna i concetti chiave implicati nella CBDR, ma va al di là di essi ed è più dinamico e collaborativo, più focalizzato sulle opportunità ed è più esplicito riguardo all'equità.

Giustizia, equità, diritti e valori, più in generale, sono nozioni fondamentali, ampie e profonde che dovrebbero guidare il nostro comportamento e il nostro modo di vivere. Dobbiamo prendere questi valori e combinarli con ciò che abbiamo imparato sull'ambiente e sullo sviluppo economico, con le sfide che definiscono il nostro secolo: gestire i cambiamenti climatici e superare la povertà. È fallimentare ogni tentativo di gestire il cambiamento climatico senza intervenire sulle diseguaglianze sociali.

L'accettabilità pubblica può consentire o inibire l'attuazione di politiche e misure per limitare il riscaldamento globale a 1,5 °C e adattarsi alle conseguenze. L'accettabilità pubblica dipende dalla valutazione individuale delle conseguenze previste, dall'equità percepita della distribuzione di queste conseguenze e dall'equità percepita delle procedure decisionali[50]. La mobilitazione sul clima di cui abbiamo bisogno, in nome dell'equità, va al di là della sola decarbonizzazione. Le altre tre grandi sfide in termini di equità sono l'adattamento, la transizione e il risarcimento delle perdite e dei danni climatici subiti dai paesi più vulnerabili[51].

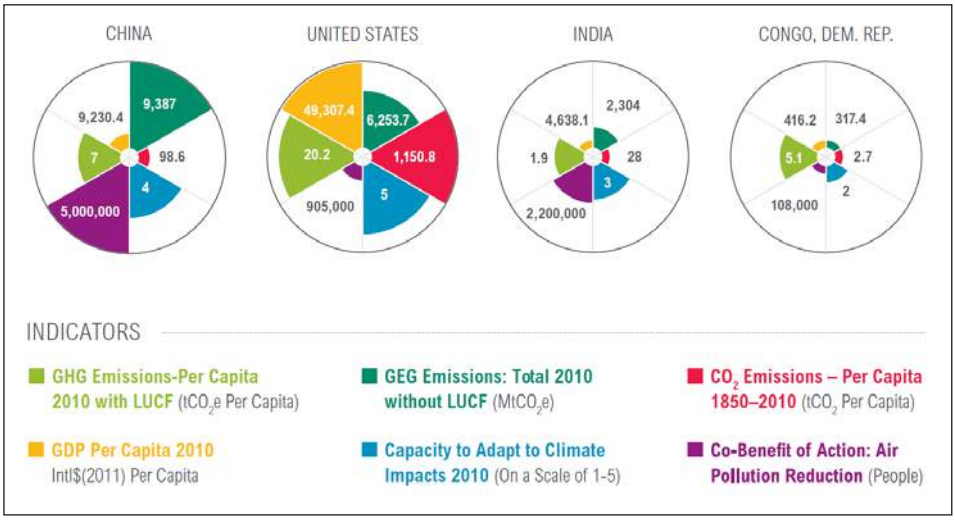
Consideriamo i criteri di equità definibili mediante tre principi che differiscono nei criteri da utilizzare per distribuire i costi per limitare gli effetti dei cambiamenti climatici. Questi criteri riguardano rispettivamente la distribuzione delle risorse da pagare per la mitigazione dei cambiamenti climatici (capacità), la distribuzione degli effetti negativi del cambiamento climatico (vulnerabilità) e la distribuzione della responsabilità causale per i cambiamenti climatici[52]. Classicamente lo sviluppo sostenibile parla di equità intergenerazionale. Lord Stern ne ha data una interpretazione quantitativa attraverso il tasso di sconto sul benessere e la vita futuri, che equivale a pesare il benessere o le vite delle persone future meno delle vite attuali, indipendentemente dal consumo e dai livelli di reddito, semplicemente perché le loro vite si trovano nel futuro. È profondamente immorale, secondo Stern, applicare tassi di sconto elevati, che significa in effetti che i danni causati dai cambiamenti climatici alle vite e ai mezzi di sussistenza tra decenni a partire da ora, a prescindere da quanto siano ampi, sono sostanzialmente ignorati. Non può essere giusto, ad esempio, applicare, come alcuni suggerirebbero, un tasso di sconto del 2%, che significa che la vita di una persona nata tra 35 anni, con determinati modelli di consumo è considerata la metà del valore di quella di chi è nato ora, con gli stessi modelli di consumo. Questa è una discriminazione per data

di nascita ed è inaccettabile secondo le comuni nozioni di diritto e giustizia.

La disputa più difficile in materia di equità è storicamente stata intragenerazionale, tra paesi del nord e del sud del mondo. Ordinando i paesi per importo delle emissioni il 10% causa il 45% delle emissioni serra. Il 40% degli emettitori medi causa il 42% delle emissioni mentre il restante 50% emette appena il 13% delle emissioni globali. Al vertice della distribuzione, all'1% degli emettitori va attribuito il 14% delle emissioni globali mentre il 10% inferiore emette circa l'1% delle emissioni globali[53]. Alla fine della prima rivoluzione industriale, nel 1820, le emissioni dall'Europa occidentale rappresentavano oltre il 95% del totale mondiale. Cento anni dopo, nel 1920, il Nord America era la regione con la più alta emissione al mondo, con il 50% delle emissioni globali. Oggi, sia l'Europa occidentale che le quote del Nord America nelle emissioni globali si sono ridotte, sebbene non con lo stesso ritmo: l'Europa occidentale rappresenta il 9% delle emissioni globali oggi (circa 3,6 $GtCO_2eq$ all'anno), mentre il Nord America resta su livelli alti: rappresenta il 16% delle emissioni (7 Gt). La nuova regione ad alta emissione globale è infatti l'Asia, e in particolare la Cina, che emette circa il 25% delle emissioni mondiali di CO_2eq (11 Gt). Esaminando il cambiamento delle emissioni storiche accumulate per regione, emerge che le emissioni provenienti dall'Europa occidentale, dal Nord America, dal Giappone e dall'Australia rappresentano meno del 50% delle emissioni storiche globali dalla rivoluzione industriale. La Cina rappresenta il 12% di tutte le emissioni antropiche mai prodotte.

La responsabilità storica della grande maggioranza delle emissioni di gas serra è dunque a carico dei paesi industrializzati del nord (Fig. 15). Anche se la responsabilità primaria del nord nel cumulo delle emissioni è stata riconosciuta nella Convenzione delle Nazioni Unite sul Clima di Rio, le abitudini di produzione e consumo dei paesi industrializzati, come gli Stati Uniti, continuano a minacciare la sopravvivenza dell'umanità oltreché la biodiversità a livello globale. È imperativo che il nord si muova con urgenza verso un'economia a basse emissioni di carbonio. Allo stesso tempo, al fine di evitare il dannoso modello di industrializzazione ad alto contenuto di carbonio, i paesi del sud del mondo hanno diritto a risorse e tecnologia per effettuare una transizione verso un'economia a basse emissioni che non continui a sottoporli a una povertà estrema.

Figura 15 **I principali indicatori dello stato dei determinanti mondiali del cambiamento climatico**



Fonte: OECD

Nell'ambito dell'UNFCCC, i Paesi si sono impegnati ad agire in conformità con la loro responsabilità causale del problema climatico e con la loro capacità di contribuire a risolverlo. I principi di capacità e responsabilità sono entrambi ben consolidati nell'ambito dei negoziati sul clima e integrati sia nell'UNFCCC che nell'Accordo di Parigi. È infatti giusto che i Paesi condividano lo sforzo richiesto per passare a un futuro di 1,5 °C in proporzione alle loro capacità e relative responsabilità. Anche i paesi più poveri che non hanno, da soli, la capacità di abbattere a zero le proprie emissioni nazionali, dovranno comunque farlo, se viene loro assicurato il necessario supporto finanziario, tecnologico e di *capacity building*. Proprio come lo sforzo globale deve essere equamente diviso tra le nazioni del mondo, così anche la giusta quota di ciascun paese di quello sforzo globale deve essere divisa equamente tra le sue comunità, famiglie e individui. Il più grande sforzo della transizione climatica deve alla fine essere sopportato dalle persone che hanno la ricchezza, e questo deve essere vero sia all'interno dei paesi che tra di essi[54].

C'è una forma più nascosta, ma non meno subdola, di iniquità climatica intragenerazionale, che si manifesta nelle differenze di impatti, di accesso

alle risorse e di privilegi all'interno dei diversi paesi. Inesistente in Europa, è invece assai grave negli Stati Uniti, in America Latina e nel Sud Est Asiatico. La parte più vulnerabile della popolazione paga prezzi più alti pur avendo emissioni inferiori e, a volte, nemmeno l'accesso all'energia. Il fenomeno è grave in Cina, gravissimo in Africa ma, anche negli Stati Uniti, recenti studi dimostrano l'esistenza di gravi squilibri ai danni della popolazione nera. In tutti i paesi, infine, sono le donne a pagare il prezzo più alto, come numerosi studi dell'ONU documentano, in particolare per le economie agricole di sussistenza. Queste ultime, riferisce il quinto rapporto dell'IPCC, sono le più gravemente minacciate dalla perdita di raccolti causate dal cambiamento climatico.

Nel commercio internazionale il *carbon leakage* può essere definito come lo spostamento di attività economiche e/o il cambiamento nei modelli di investimento, che direttamente o indirettamente causano lo spostamento di emissioni di gas serra da una giurisdizione con vincoli GHG, verso un'altra giurisdizione, con o senza vincoli GHG[55]. Il prezzo del carbonio determinato attraverso un sistema *cap-and trade* è l'esempio più comunemente usato di un vincolo sui cambiamenti climatici che può portare a *carbon leakage*. Lo stesso vale per i regimi asimmetrici di *carbon-tax*.

Tra le politiche attive per l'equità climatica grande attenzione è stata recentemente richiamata dal *Green New Deal* della democratica americana Alexandria Ocasio Cortez[56] che in dieci anni si propone di:

- ottenere emissioni zero di GHG attraverso una transizione equa e giusta per tutte le comunità e i lavoratori;
- creare milioni di buoni posti di lavoro, con alti salari, e garantire prosperità e sicurezza economica per tutte le persone;
- investire nelle infrastrutture e nell'industria per conseguire in modo sostenibile le sfide del 21° secolo;
- garantire a tutti gli abitanti per generazioni a venire aria e acqua pulite, resilienza del clima e della comunità, cibo sano, accesso alla natura e un ambiente sostenibile;
- promuovere la giustizia e l'equità fermando le attuali e prevenendo le future pratiche sociali contrarie e mettendo riparo alla oppressione storica delle comunità indigene, delle comunità di colore, dei migranti, delle comunità deindustrializzate, delle residue comunità rurali, dei po-

veri, dei lavoratori a basso reddito, delle donne, degli anziani, dei senza casa, delle persone con disabilità e dei giovani.

Il *Green new Deal* è incentrato sulle persone e sulla giustizia ed è una proposta integrata e inclusiva focalizzata sulle persone. Tutte le possibili soluzioni alla crisi climatica richiedono cambiamenti nei sistemi sociali ed economici, siano essi di produzione di energia rinnovabile o sistemi alimentari sostenibili. Il GND è unico in quanto riconosce la interdipendenza dei cambiamenti climatici globali con lo sfruttamento nei sistemi economici e l'ingiustizia delle strutture sociali. La risoluzione GND della Ocasio-Cortez, delinea il ruolo del governo federale US per attuare una legislazione completa per affrontare due crisi in questo paese: la crisi climatica e la crisi economica caratterizzata da stagnazione salariale e crescente disparità di reddito. Affrontando entrambe le crisi, il GND mette al centro le persone ed evita la falsa scelta tra ridurre le emissioni di carbonio e migliorare l'economia. La proposta riconosce che, in definitiva, non possiamo avere un clima sostenibile senza giustizia ambientale ed economica[57].

13. La transizione energetica

Tutte le istanze tecnico scientifiche concordano sul ruolo primario della trasformazione energetica per combattere il cambiamento climatico. Non è l'unica tra le cause del degrado climatico ed ambientale ma è probabilmente la principale. Sull'energia si concentra quindi la maggiore urgenza del cambiamento che segna il percorso della transizione.

L'attuale modello di produzione e consumo dell'energia non è sostenibile a livello globale tanto quanto nelle istanze territoriali e locali ed è in conflitto aperto con gli obiettivi climatici dell'Accordo di Parigi. Ci sono poco più di trent'anni di tempo per eliminare definitivamente i combustibili fossili dal quadro dello sviluppo dell'energia.

L'esame dello stato attuale del sistema energia è condotto come sempre dall'IEA anche per il 2018[58].

Gli ultimi dati sull'energia non sono chiari in termini di *trend* nel sistema energetico globale dice l'IEA. L'elettricità generata dalle rinnovabili ora conta per un quarto della generazione globale e il solare fotovoltaico (PV)

costa sempre meno. L'abbandono del carbone, ampiamente previsto, vede il consumo diminuire per due anni dal 2015, ma poi rimbalzare nel 2017. Le politiche per l'efficienza energetica sembrano indebolirsi. Le nazioni hanno espresso l'impegno di affrontare il cambiamento climatico, ma dopo tre anni di stallo le emissioni di CO_2 legate all'energia sono di nuovo in aumento. La transizione energetica è un processo irregolare, a più velocità, in un sistema che è sotto pressione per soddisfare la crescente domanda di servizi energetici.

L'IEA sviluppa uno scenario a politiche correnti, uno con le nuove politiche e gli obiettivi annunciati, ed un terzo, denominato scenario di sviluppo sostenibile, in cui la transizione segue le indicazioni dell'Agenda 2030 e di Parigi in materia di cambiamento climatico, di accesso universale all'energia e di aria pulita. Il quadro storico e di previsione è quello di Tab. 1 e costituisce, con lo scenario di sviluppo sostenibile, una autorevole testimonianza di come dovrebbe progredire la decarbonizzazione nei prossimi anni. Notiamo però che nel Rapporto 2018 l'IEA non valorizza le indicazioni dello SR15 dell'IPCC.

La quota complessiva dei combustibili fossili nella domanda globale di energia primaria non è cambiata negli ultimi 25 anni. Il petrolio, il carbone e il gas rimangono centrali nel sistema energetico globale. L'efficienza energetica ha avuto un impatto significativo nel moderare la crescita della domanda di energia. Nel 2017, oltre il 50% del consumo finale totale di energia è stato utilizzato per fornire calore. Poco più della metà di tutto il calore è stato consumato nell'industria e quasi tutto il resto nel settore edilizio.

Tabella 1 **Domanda di energia globale in Mtep per combustibili nei diversi scenari IEA**

			New Policies		Current Policies		Sustainable Development	
	2000	2017	2025	2040	2025	2040	2025	2040
Coal	2 308	3 750	3 768	3 809	3 998	4 769	3 045	1 597
Oil	3 665	4 435	4 754	4 894	4 902	5 570	4 334	3 156
Gas	2 071	3 107	3 539	4 436	3 616	4 804	3 454	3 433
Nuclear	675	688	805	971	803	951	861	1 293
Renewables	662	1 334	1 855	3 014	1 798	2 642	2 056	4 159
Hydro	225	353	415	531	413	514	431	601
Modern bioenergy	377	727	924	1 260	906	1 181	976	1 427
Other	60	254	516	1 223	479	948	648	2 132
Solid biomass	646	658	666	591	666	591	396	77
Total	10 027	13 972	15 388	17 715	15 782	19 328	14 146	13 715
Fossil fuel share	*80%*	*81%*	*78%*	*74%*	*79%*	*78%*	*77%*	*60%*
CO_2 emissions (Gt)	23.1	32.6	33.9	35.9	35.5	42.5	29.5	17.6

Fonte: IEA WEO 2018

Le nuove tecnologie rinnovabili che stanno emergendo, guidate da eolico e fotovoltaico, spingono il sistema energetico verso l'elettricità (Tab. 2). Le energie rinnovabili rappresentano complessivamente oltre il 70% dell'aumento della produzione di elettricità su base annua. I costi del solare fotovoltaico sono previsti in calo più del 40% al 2040, sottolineando una crescita di nove volte nella produzione di pannelli solari fotovoltaici, principalmente in Cina, India e Stati Uniti. Secondo l'IEA le tecnologie a basse emissioni di carbonio rappresenteranno la metà della generazione di energia elettrica entro il 2040.

Tabella 2 **La generazione elettrica in TWh oggi e nella transizione**

			New Policies		Current Policies		Sustainable Development	
	2000	2017	2025	2040	2025	2040	2025	2040
Coal	6 001	9 858	9 896	10 335	10 694	13 910	7 193	1 982
Oil	1 212	940	763	527	779	610	605	197
Gas	2 747	5 855	6 829	9 071	7 072	10 295	6 810	5 358
Nuclear	2 591	2 637	3 089	3 726	3 079	3 648	3 303	4 960
Hydro	2 618	4 109	4 821	6 179	4 801	5 973	5 012	6 990
Wind and solar PV	32	1 519	3 766	8 529	3 485	6 635	4 647	14 139
Other renewables	217	722	1 057	2 044	1 031	1 653	1 259	3 456
Total generation	15 441	25 679	30 253	40 443	30 971	42 755	28 859	37 114
Electricity demand	*13 156*	*22 209*	*26 417*	*35 526*	*26 950*	*37 258*	*25 336*	*33 176*

Fonte: IEA WEO 2018

Il quadro delle emissioni è fornito dall'IEA comprensibilmente in anidride carbonica (Tab. 3). Dopo il citato *plateau* di tre anni, le emissioni globali di CO_2 legate all'energia sono aumentate nel 2017 di oltre 500 milioni di tonnellate (M_t). Le emissioni nelle economie avanzate sono diminuite in media dello 0,9% ogni anno dal 2005.

Nello scenario IEA della transizione (sviluppo sostenibile), le emissioni di CO_2 legate all'energia sono previste ridursi di oltre il 45% a 17,6 Gt entro il 2040. Il settore energetico è la sede del cambiamento maggiore, con la quota di tecnologie a basse emissioni di carbonio che raggiunge l'85% nel 2040 (rispetto al 35% di oggi). Le emissioni delle autovetture si dimezzano, nonostante il numero di auto quasi raddoppiato. Il trasporto è il settore maggior emettitore nel 2040, seguito dall'industria. Le emissioni dal settore energetico si riducono al 20% ca. delle emissioni totali di CO_2 nel 2040 (in netto calo rispetto al 42% di oggi) mentre quelle dell'industria aumentano fino a quasi il 30% (rispetto al 19% di oggi, Fig. 16). L'aumento delle emissioni di CO_2 causato dal raggiungimento dell'accesso universale all'energia, il primo dei *target* dello SDG 7 dell'Agenda 2030, conduce a un leggerissimo aumento del consumo di combustibili fossili, più che compensato dalle riduzioni di emissioni di metano causate dalle brusche cadute nell'uso tradizionale della biomassa come combustibile da cucina. Le emissioni di tutti e tre i principali

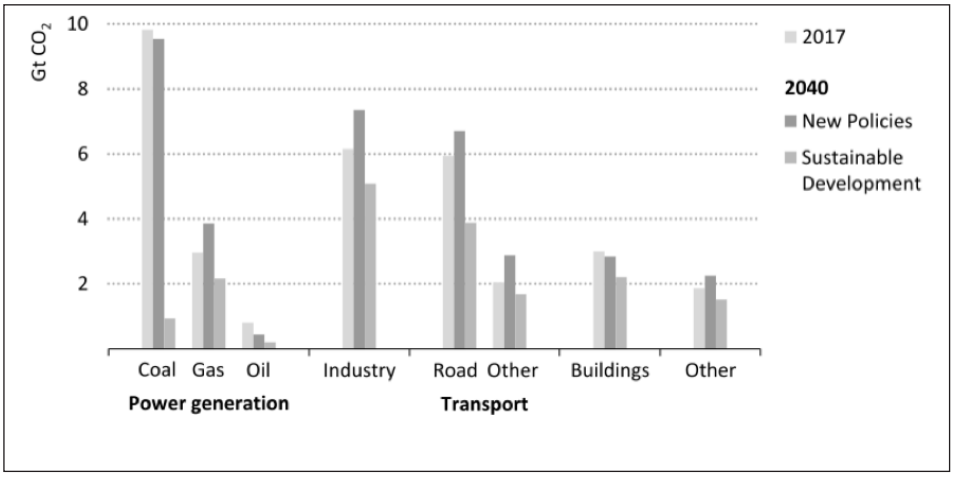
inquinanti atmosferici diminuiscono drasticamente rispetto ai livelli odierni: le emissioni del settore energetico di SO_2 sono quasi del tutto eliminate; le emissioni degli NOX, che oggi si verificano prevalentemente nel settore dei trasporti, diminuiscono di circa la metà entro il 2040.

Tabella 3 **Le emissioni di CO_2 in Gt per i tre combustibili fossili**

			New Policies		Current Policies		Sustainable Development	
	2000	2017	2025	2040	2025	2040	2025	2040
Coal	8 951	14 448	14 284	14 170	15 207	17 930	11 335	3 855
Oil	9 620	11 339	11 862	11 980	12 303	13 984	10 657	6 886
Gas	4 551	6 794	7 757	9 731	7 945	10 561	7 543	6 906
Total CO_2	23 123	32 580	33 902	35 881	35 454	42 475	29 535	17 647

Fonte: IEA WEO 2018

Figura 16 **Le emissioni di CO_2 in Gt per settori e scenari**



Fonte: IEA WEO 2018

Sono gli investimenti a segnare il percorso della transizione. L'esame degli ultimi anni mostra, per il terzo anno consecutivo, che gli investimenti ener-

getici globali hanno registrato un leggero calo scendendo nel 2017 a 1800 GUS$ anche se gli investimenti in diversi settori, tra cui l'efficienza energetica ed anche nei combustibili fossili, sono in aumento. La maggior parte degli investimenti globali è andata al settore elettrico, così come nel 2016, riflettendo la crescente importanza dell'elettricità nel sistema energetico. La Cina è la destinazione principale per gli investimenti energetici, oltre un quinto del totale. La transizione richiede circa il 15% in più di capitale rispetto alle migliori politiche finora programmate e pone molta più enfasi sugli investimenti nell'efficienza degli usi finali e sulle tecnologie energetiche rinnovabili (Tab. 4 e Fig. 17). Secondo l'IEA, tuttavia, gli investimenti nell'approvvigionamento di petrolio e gas rimarrebbero ancora essenziali nella transizione fino al 2040, opinione forse discutibile.

Tabella 4 **Investimenti per l'energia nei diversi scenari**

		New Policies		Current Policies		Sustainable Development	
	2010-17	2018-25	2026-40	2018-25	2026-40	2018-25	2026-40
Fossil fuels	1 171	967	1 081	1 043	1 407	830	574
Renewables	293	331	380	295	296	467	663
Electricity networks	264	313	387	334	397	286	462
Other	20	61	62	60	57	67	150
Total supply	1 749	1 672	1 909	1 732	2 157	1 649	1 848
Fuel supply	*58%*	*52%*	*53%*	*53%*	*60%*	*46%*	*32%*
Power supply	*42%*	*48%*	*47%*	*47%*	*40%*	*54%*	*68%*
Energy efficiency	236	397	666	299	496	505	828
Other end-use	124	148	246	122	143	203	581
Total end-use	360	545	912	421	640	708	1 409
Total investment	2 109	2 216	2 821	2 153	2 796	2 357	3 257
Cumulative 2018-2040		60 042		59 168		67 713	

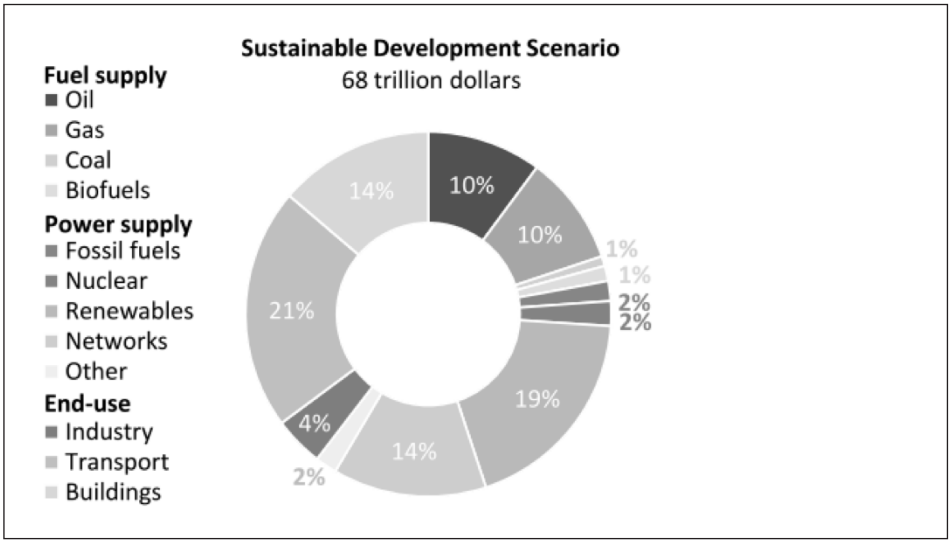
Fonte: IEA WEO 2018

Gli impatti delle energie rinnovabili, e la trasformazione in corso verso gli usi elettrici, caratterizzano la transizione energetica in questa fase. In molti paesi (Stati Uniti, India) il fotovoltaico sta diventando tra le opzioni meno costose per produrre elettricità, soprattutto quando i progetti hanno acces-

so ad un finanziamento economico. Accoppiare il solare fotovoltaico con lo stoccaggio dell'energia aumenta i costi, ma anche il valore degli impianti, in ragione della più semplice integrazione in rete. Questi sviluppi hanno scoraggiato nuovi investimenti nella produzione termoelettrica a carbone: le decisioni finali di investimento in nuove centrali a carbone nel 2017 sono scese ad un terzo del livello del 2010, e la caduta in Cina è stata particolarmente brusca.

L'accessibilità e la competitività in termini di costo dell'eolico e del fotovoltaico ridimensionano la narrativa ufficiale a favore dei combustibili fossili. L'accesso all'elettricità è ancora in gran parte assicurato dalle reti con generazione da combustibili fossili, principalmente carbone. Ma questo equilibrio sta cambiando. Nel 2030 ciò avverrà tramite fonti di energia rinnovabile anche fuori rete e mediante i sistemi *mini-grid*, molto più adatti per le zone rurali. L'accesso all'energia moderna a prezzi contenuti è indispensabile per il benessere sociale ed economico e le energie rinnovabili a basso costo stanno prendendo il sopravvento.

Figura 17 **Investimenti per la transizione energetica**



Fonte: IEA WEO 2018

La Cina è emblematica nel quadro della transizione energetica incipiente. Anche se la Cina sorpassa gli Stati Uniti e si avvia a diventare nel 2030 il Paese maggior consumatore di petrolio a livello mondiale, una combinazione di strategia industriale, della crescente dipendenza dalle importazioni e delle preoccupazioni sulla qualità dell'aria, stabilizzerebbe i consumi in Cina a circa 4 barili pro capite all'anno, molto al di sotto dei livelli raggiunti storicamente in Europa e in Nord America. La Cina è già oggi un leader *de facto* nella mobilità elettrica, rappresentando oltre la metà delle vendite globali di auto elettriche nel 2017 e una quota ancora maggiore di autobus elettrici e veicoli a due ruote. Nel settore dell'elettricità, con il più esteso lancio dei contatori intelligenti in tutto il mondo, la Cina è all'avanguardia nell'applicare molte delle tecnologie digitali che svolgono un ruolo sempre più importante nel settore energetico.

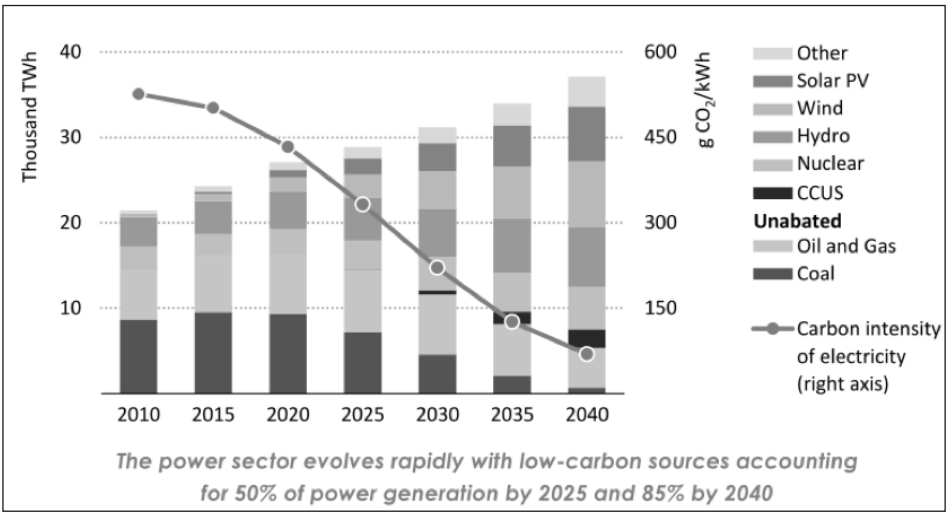
Il fattore a pari merito determinante nella transizione è l'intensità energetica globale, il rapporto tra l'approvvigionamento di energia primaria e il prodotto interno lordo. L'intensità energetica è diminuita dell'1,7% nel 2017, il minimo dei progressi su base annuale dal 2012. L'intensità energetica dovrebbe scendere ad una media annuale del 3,4% su base globale, per essere coerente con uno scenario attendibile di transizione, ma le nuove efficaci politiche di efficienza, negli ultimi anni, sono state in parte scoraggiate dai diminuiti prezzi internazionali del petrolio e del gas.

La sfida tra efficienza, innovazione tecnologica e aumento del ruolo dei carburanti alternativi da un lato e la crescita economica e demografica dall'altro è al centro del dibattito sul futuro della domanda petrolifera nel trasporto stradale. La crescita dei veicoli elettrici è spesso vista come la variabile chiave della transizione e in effetti ha un'influenza significativa sull'uso complessivo di carburante per le autovetture, ma secondo l'IEA i miglioramenti nell'efficienza della flotta tradizionale sono destinati ad avere un'influenza molto maggiore. Alcuni di questi miglioramenti non richiedono innovazioni tecnologiche: se l'efficienza globale fosse in linea con quella delle auto nell'Unione europea di oggi (7,3 litri per 100 km), si ridurrebbe il consumo globale di petrolio di quasi 6 milioni di barili al giorno. Il trasporto su strada, che comprende veicoli a due e tre ruote auto, camion, e autobus, è il più grande segmento della domanda globale di petrolio oggi, pari a 41 Mbarrel/die rispetto ai 95 Mb/die del consumo totale.

L'efficienza svolge anche un ruolo importante nel consumo di elettricità. Oltre il 90% del totale della domanda di elettricità oggi è concentrata negli edifici e nei settori industriali e anche qui i guadagni di efficienza possono essere imponenti. Nel settore industriale, le misure di efficienza (soprattutto per i motori) aiuterebbero ad evitare circa 3600 TWh di consumo aggiuntivo di energia elettrica entro il 2040, riducendo i costi a carico delle imprese. Nel settore dell'edilizia, verrebbero risparmiati ulteriori 4000 TWh entro il 2040, principalmente a causa di un'implementazione più rigorosa degli standard minimi di rendimento energetico per elettrodomestici e apparecchiature di raffreddamento.

La transizione così tracciata dall'IEA, con una percentuale crescente di elettricità nell'uso finale di energia, pone il settore della generazione elettrica al centro dello sviluppo nel garantire l'accesso all'energia, la pulizia dell'aria e i risultati climatici. L'elettricità totale generata nello scenario aumenta di quasi il 45% e raggiunge 37.000 TWh entro il 2040. La quota delle rinnovabili elettriche triplica al 66%. La maggiore crescita arriva dal fotovoltaico che aumenta di un fattore 16, e dall'eolico che aumenta di un fattore 7. Le energie rinnovabili rappresentano oltre l'80% delle nuove aggiunte di capacità entro il 2025. La produzione di energia a carbone perde rapidamente terreno. Entro il 2040, rappresenta solo il 5% della produzione totale e due terzi del carbone rimasto proviene da impianti dotati di CCS, cattura e sequestro del carbonio. Le chiusure degli impianti sono nella media pari a circa 60 GW ogni anno al 2040. La generazione a gas naturale cresce inizialmente, per equilibrare le rinnovabili e per sostituire il carbone. L'intensità media di carbonio dell'elettricità generata continua a scendere dai 500 gCO_2 per kWh di oggi a circa 70 gCO_2/kWh nel 2040 (Fig. 18). L'IEA, coerente con le sue tradizioni, lascia un ruolo all'energia nucleare, anche se marginale.

Figura 18 **Generazione elettrica e intensità carbonica nella transizione**

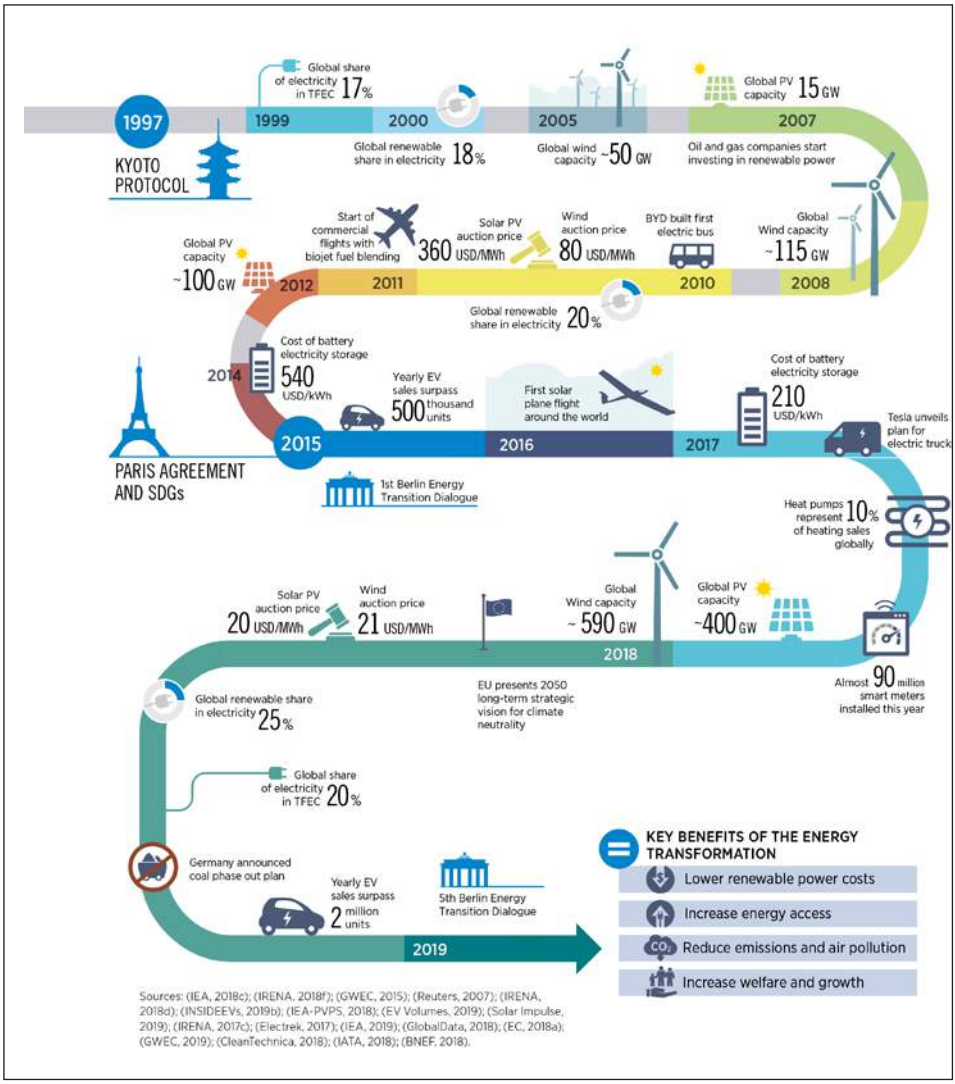


Fonte: IEA 2018

14. Il ruolo delle energie rinnovabili

Negli ultimi anni la transizione energetica ha iniziato il suo promettente percorso, le cui protagoniste sono le tecnologie energetiche rinnovabili, le FER dominano il mercato globale per la capacità di nuova generazione e l'elettrificazione dei trasporti mostra segnali di accelerazione parallela alla riduzione dei costi delle batterie. Tuttavia lo sviluppo di soluzioni rinnovabili nel settore energetico nell'edilizia e nell'industria, è ancora ben al di sotto dei livelli necessari e il progresso nell'efficienza energetica è in ritardo[59].

Figura 19 **20 anni di progresso nelle energie rinnovabili**

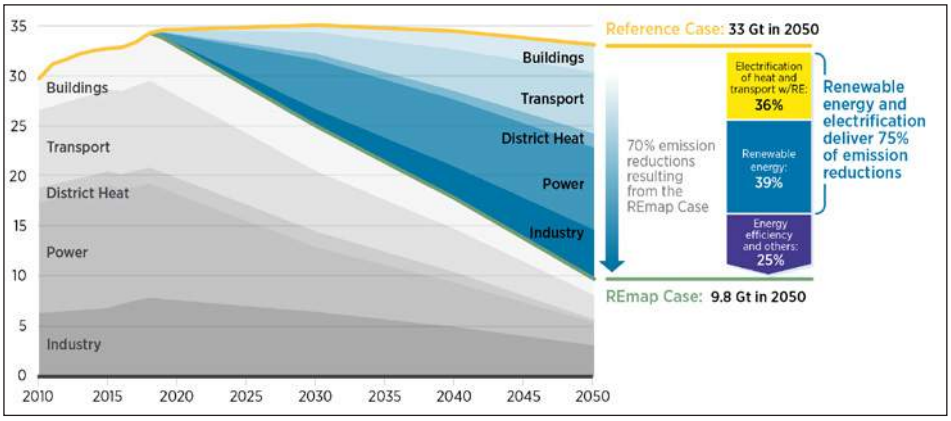


Fonte: IRENA, 2019

L'energia rinnovabile, l'aumentata elettrificazione dei servizi energetici e il miglioramento dell'efficienza energetica, possono assicurare oltre il 90% delle riduzioni necessarie delle emissioni di CO_2 legate all'energia. FER ed

elettrificazione da soli possono fornire il 75% della riduzione delle emissioni. La quota FER nell'approvvigionamento di energia primaria crescerebbe da meno di un sesto a quasi i due terzi nel 2050 secondo il modello REmap della transizione energetica sviluppato da IRENA (ibid.). Il tasso di miglioramento dell'intensità energetica deve salire dal 2% di oggi al 3,2% all'anno. L'elettricità diventerebbe il vettore energetico dominante, crescendo dal 20% al 50% del consumo finale entro il 2050, con le FER a fornire l'86% della domanda globale di energia a costi vantaggiosi. Il consumo di elettricità lordo sarebbe più che doppio. La transizione verso forme di trasporto e di riscaldamento-raffreddamento sempre più elettrificate, se combinate con l'aumento della produzione di energia rinnovabile, può fornire circa il 60% delle riduzioni delle emissioni di CO_2 legate all'energia. Combinate con l'uso diretto di energia rinnovabile, la riduzione delle emissioni raggiunge il 75% del totale richiesto dall'Accordo di Parigi.

Figura 20 **Riduzione delle emissioni settoriali nello scenario IRENA della transizione energetica coerente con l'Accordo di Parigi (well below 2°C) (ibid.)**

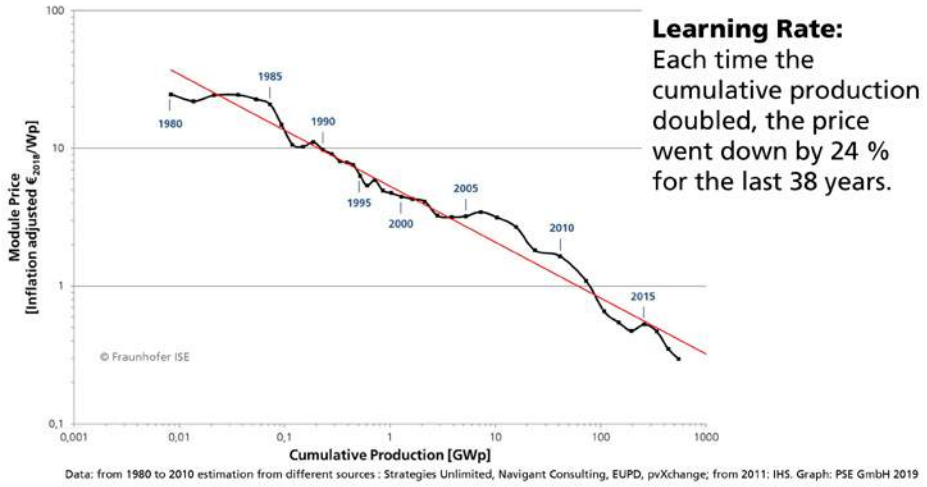


Tuttavia, le emissioni dovranno essere ulteriormente ridotte e la bioenergia avrà un ruolo in settori che sono difficili da elettrificare, come la navigazione, l'aviazione e alcuni processi industriali. Il consumo di biocarburanti deve essere incrementato in modo sostenibile per soddisfare questa domanda. Sono inoltre necessari sforzi per ridurre le emissioni GHG non CO_2 e non energetiche, per utilizzare l'energia da rifiuti, la bioenergia e l'idrogeno, per ridurre

le emissioni dei processi industriali e per ridurre le emissioni fuggitive nel carbone, nel petrolio e nel gas naturale. Altri sforzi sono richiesti al di fuori del settore energetico per ridurre i GHG provenienti da agricoltura, zootecnia e silvicoltura.

Secondo le politiche già pianificate, il settore energetico globale vedrà investimenti per 95.000 GUS$ da qui al 2050. La transizione verso un sistema energetico globale decarbonizzato richiederà un aumento degli investimenti nel settore dell'energia di un ulteriore 16%, 15.000 GUS$ entro il 2050. In totale sarebbe investito nel sistema energetico in media il 2% del PIL globale annuo. Riferiamo che queste stime sono inferiori del 40% a quelle del 2018, in gran parte per una rapida caduta dei costi dell'energia rinnovabile[60] (Fig. 21), che si approfondirà ancora, nonché per l'emergere di soluzioni di elettrificazione più economiche e più efficienti. Mentre gli investimenti aggiuntivi sono di questa dimensione nel primo periodo della transizione, fino al 2030, a lungo termine, per il 2050, i costi dovrebbero diminuire per effetto dello sviluppo tecnologico, della migliore conoscenza del sistema energetico e dell'aumento dell'elettrificazione negli usi finali.

Figura 21 **La learning curve dei pannelli fotovoltaici**



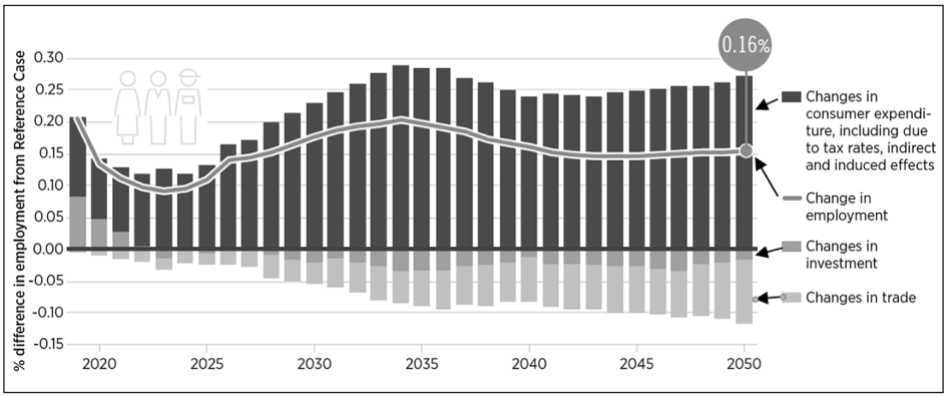
Fonte: Fraunhofer Institute

I sussidi nel settore energetico hanno totalizzato almeno 605 MUS$ nel 2015 e sono previsti diminuire nella transizione a 470 MUS$/yr entro il 2050 I tipi di sussidi cambieranno drasticamente, allontanandosi dai combustibili fossili e dalle energie rinnovabili per andare verso le tecnologie necessarie per decarbonizzare i settori dei trasporti e dell'industria. La transizione porterà una riduzione cumulativa dei sussidi per i combustibili fossili di 15 GUS$. In totale, i risparmi derivanti dai sussidi evitati e dalla riduzione dei danni all'ambiente e alla salute sono da tre a sette volte più grandi dei costi addizionali della transizione per l'energia. Visto diversamente, per ogni US$ speso, il *payoff* sarà compreso tra 3 e 7 US$.

La transizione energetica non può essere considerata separatamente dal cambiamento richiesto al sistema socio-economico. Per la transizione verso le FER, le politiche devono basarsi su di una valutazione integrata delle interazioni tra l'energia e l'economia in generale. A livello globale, la transizione, secondo l'IRENA, porterà incrementi del 2,5% del PIL e dello 0,2% dell'occupazione su scala globale. In termini cumulativi dal 2019 al 2050 il PIL globale sarà maggiore di quello a politiche correnti di 99 GUS$. L'indicatore IRENA (cit.) del benessere globale raggiunge nel 2050 un incremento del 17%. Come nel caso di qualsiasi transizione economica, per alcune regioni, paesi e strati sociali andrà meglio che per altri. Le situazioni con alta dipendenza dalle esportazioni di fossili combustibili e/o catene di approvvigionamento deboli e non diversificate soffriranno di più. Più grave ancora sarebbe l'esito della mancata gestione degli aspetti distributivi della transizione, che, come già stiamo vedendo in Europa, può generare conflitti sociali anche molto gravi.

Nell'economia mondiale, l'occupazione complessiva aumenta tra il 2018 e il 2050 dello 0,45% circa. L'impatto sull'occupazione nel settore energetico è molto positivo, con i nuovi lavori associati alla transizione, come, ad esempio, la generazione rinnovabile, l'efficienza e la flessibilità energetiche, tanto da superare significativamente i posti di lavoro persi nel settore dei combustibili fossili. Ma l'impatto sociale è tutt'altra cosa e non dipende solo dai posti di lavoro guadagnati. Nel bilancio della transizione, inoltre, i posti di lavoro nei settori non legati all'energia sono in calo. La distribuzione geografica e temporale dei posti di lavoro nel settore energetico guadagnati e persi è improbabile che sia ben allineata, mentre i posti di lavoro in altri settori dell'economia potrebbero diminuire. Tutto questo apre la strada al problema noto come *just transition*[61,62], di soluzione tutt'altro che facile.

Figura 22 **Andamento dell'occupazione globale nello scenario IRENA della transizione energetica paragonato allo scenario delle migliori politiche correnti (ibid.)**

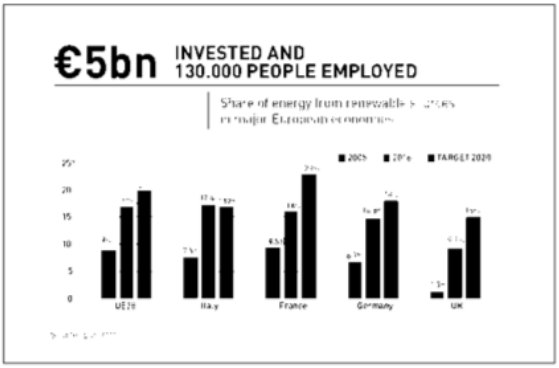


Nessuno dei modelli sviluppati per la transizione calcola gli impatti sull'economia e sulla società del cambiamento climatico che la transizione non potrebbe impedire. Gli impatti dei danni climatici aumentano con il tempo poiché il sistema climatico risponde alle emissioni cumulative. I nuovi calcoli IRENA quantificano il danno all'economia entro il 2050, che non sarebbe comunque tale da impedire una crescita significativa a causa degli elevati tassi di crescita nel contesto socioeconomico considerato: l'incorporazione dei danni climatici attesterebbe l'aumento del PIL dal 2,5 al 5,3%. La modifica della struttura socio-economica, che comprende maggiore equità e più giustizia tra gli elementi guida della transizione, migliora gli assetti socio-economici e previene le barriere che potrebbero in definitiva fermarla ma comporta, ovviamente, una ben maggiore ambizione da parte di tutti i Paesi. Per cogliere gli effetti positivi indotti dalla transizione devono essere affrontati gli impatti negativi sui paesi a basso reddito. La transizione, per avere successo, deve garantire sostegni finanziari adeguati, affrontare gli impatti distributivi con politiche giuste ed eque, valorizzare gli effetti benefici della lotta al cambiamento climatico e rafforzare le catene di approvvigionamento nazionali rispetto agli attuali assetti del commercio internazionale.

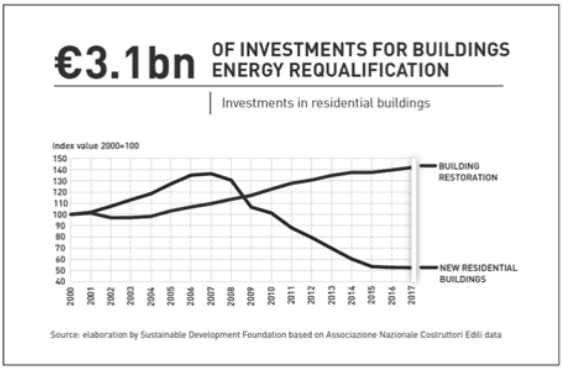
15. Il posizionamento dell'Italia

L'Italia fa fatica a crescere, ed è uno dei paesi climaticamente più vulnerabili a livello europeo. Il nostro Paese non sembra ancora in grado di trarre vantaggio dalla transizione energetica e dalla lotta ai cambiamenti climatici in cui c'è molto da fare, da investire e quindi da guadagnare in crescita, esportazioni, occupazione e innovazione tecnologica. C'è da sconfiggere il dissesto idrogeologico che non è una spesa difensiva, di consumo, ma un investimento che restituisce funzionalità e valore al territorio e nuova ricchezza in grado di produrre. Analogo discorso vale per le ondate di calore. ISPRA valuta in 29 Mld€ l'investimento necessario sul territorio.

L'Italia è un leader nell'UE per le energie rinnovabili, ma gli investimenti devono crescere. Con oltre il 17% del consumo di energia coperto da fonti rinnovabili, l'Italia è uno dei primi paesi europei che hanno già raggiunto l'obiettivo per essa fissato dalla Strategia EU 2020[63]. Per la transizione energetica il settore delle energie rinnovabili è un fattore decisivo, con 4,8 Mld€ di investimenti, quasi 9 Mld€ di spese operative e di manutenzione nella catena del valore e 130 mila persone impiegate. C'è però un evidente deficit di *governance* all'origine della diminuzione, negli ultimi anni, del tasso di crescita delle energie rinnovabili e dei conseguenti esiti negativi sulle emissioni serra. Secondo



la SEN, la strategia energetica nazionale italiana approvata entro la fine del 2017[64], nel 2030 le fonti rinnovabili dovrebbero coprire il 28% del consumo finale di energia. Questo comporta investimenti che in poco più di un decennio, dovranno servire a coprire il 55% del consumo di energia elettrica con fonti rinnovabili: la produzione di energia eolica dovrà raddoppiare e il fotovoltaico dovrà triplicare.
L'efficienza energetica, il terzo *target* dello SDG 7, è la prima delle fonti rinnovabili[65] e se dobbiamo investire, lo dobbiamo fare partendo proprio da qui. L'efficienza non è solo consumo evitato di energia ma è un a modalità indispensabile nella transizione energetica dal punto di vista della domanda.



L'Italia da questo punto di vista ha già fatto molto con le incentivazioni fiscali e i certificati bianchi, ma ci sono dei settori dove abbiamo ancora moltissimi margini di miglioramento, come, ad esempio, il residenziale. Qui gli incentivi possono essere efficaci ma necessitano di un miglioramento della comunicazione e una semplificazione normativa che ne facilitino l'applicazione. Non si raggiunge infatti l'obiettivo di decarbonizzazione senza implementare un profondo piano di ristrutturazione per le nostre città. Laddove nella maggior parte del mondo la popolazione tende a trasferirsi in aree urbane estese che hanno un forte impatto ambientale, l'Italia, con le sue città piccole e medie, presenta alcune eccellenze a livello europeo e internazionale. Negli ultimi dieci anni il settore dell'edilizia nazionale è cambiato considerevolmente spostando gli investimenti sulla rigenerazione urbana, che oggi rappresenta il 79% del totale del valore aggiunto del settore. Nel 2016, per merito della riduzione fiscale sui progetti di riqualificazione energetica degli edifici, si sono prodotti 3,1 Mld€ di investimenti e nuovi impieghi per quasi 38 mila lavoratori.

I trasporti generano il 25% delle emissioni nazionali di gas serra, di cui il 95% prodotto da veicoli stradali. I combustibili fossili danno ai trasporti oltre il 95% del fabbisogno energetico. La domanda di mobilità va ridotta e spo-

stata verso il trasporto pubblico e quello condiviso (*sharing mobility*). L'Italia è uno dei paesi europei dove i servizi di *sharing* di autoveicoli, ma anche di bici e scooter, stanno conoscendo una forte crescita: il tasso di elettrificazione del parco di veicoli condivisi è molto più alto di quello dei veicoli privati e l'utilizzo di veicoli totalmente elettrici è facilitato, non richiedendo la presenza di una infrastruttura di ricarica diffusa. Latita incredibilmente, in un'Italia qui particolarmente miope, lo sforzo industriale e la ricerca scientifica e tecnologica per i veicoli elettrici, ibridi, l'idrogeno e le celle a combustibile. Finirà che compreremo veicoli innovativi dal mercato internazionale che è in rapida espansione, errore già pagato caro per l'eolico e il fotovoltaico.

16. Il Piano nazionale clima ed energia

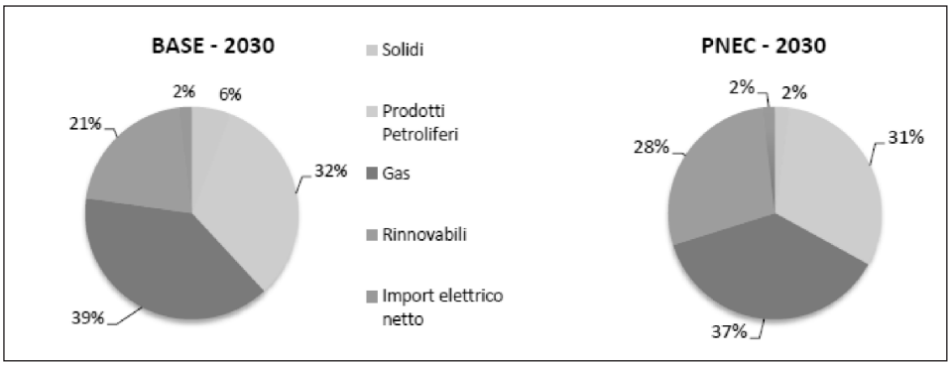
L'8 gennaio 2019 è stata resa nota la proposta di Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC) inviata a Bruxelles dal Ministero dello Sviluppo Economico in concerto con il Ministero dell'Ambiente e con quello dei Trasporti[66]. Come previsto dal Regolamento sulla *Governance* dell'Unione dell'Energia[67], il documento sarà oggetto di discussione in sede europea nei prossimi mesi, per arrivare a una versione definitiva entro la fine del 2019. Viene al momento sottoposto a consultazione pubblica e dovrà essere sottoposto per legge alla VAS, Valutazione Ambientale Strategica[68], processo che richiederà una ulteriore consultazione degli *stakeholder*. È quindi inevitabile che questa bozza di Piano, che costituisce a tutti gli effetti la visione italiana della lotta ai mutamenti climatici e della relativa transizione energetica, risulterà a fine anno profondamente modificata. Non tiene infatti conto delle indicazioni del Rapporto speciale IPCC SR15, che pure era noto all'atto della presentazione della proposta, né delle nuove proposte avanzate nel frattempo da Commissione e Parlamento europei. È inoltre già stato stabilito che entro il 2020 sarà fatta una revisione al rialzo dei *target* europei e nazionali per allinearli agli obiettivi dell'Accordo di Parigi. Per non dover cambiare il piano fra due anni, sarebbe bene prevedere già da ora anche uno scenario con *target* più avanzati necessari per rispettare gli impegni di tale Accordo e assicurare quindi un quadro di riferimento più stabile per le politiche energetiche ed industriali del prossimo decennio.

I PNIEC devono esplicitare gli obiettivi per l'energia e il clima che gli Stati Membri si impegnano a raggiungere entro il 2030. I documenti dovrebbero anche indicare gli strumenti, le politiche, le misure e le relative coperture economiche, attraverso i quali, credibilmente, si intendono raggiungere tali obiettivi. I target al 2030 di riduzione delle emissioni di gas a effetto serra sono suddivisi fra settori regolati dalla Direttiva ETS[69] (grandi impianti, grandi emettitori) e gli altri settori (come i trasporti, riscaldamento, agricoltura, rifiuti e piccoli impianti) rientranti nel Regolamento *Effort Sharing* (ESR)[70]. Per la parte ETS l'obiettivo a livello europeo al 2030 consiste in una riduzione delle emissioni del 43% rispetto al 2005: con le misure del Piano italiano, secondo le stime del Governo, si avrebbe un risultato migliore con una riduzione del 55,9%. Il Piano conferma, rispetto alla precedente Strategia Nazionale, il *phase-out* delle centrali a carbone entro il 2025. Per la parte ESR l'obiettivo 2030 indicato per l'Italia dalla UE è pari a un taglio delle emissioni del 33% sempre rispetto al 2005: con le misure del Piano, sempre secondo le stime del Governo, si avrebbe uno scenario di riduzione del 34,6%.

Nel complesso, rispetto al 1990, con i due scenari stimati dal Governo, si arriverebbe a una riduzione complessiva delle emissioni nazionali di gas serra del 37%. Si tratta di un valore inferiore a quello medio fissato a livello europeo al 40%, che pur sappiamo non essere in traiettoria con l'obiettivo di contenimento dell'innalzamento della temperatura globale al di sotto dei 2°C, stabilito dall'Accordo di Parigi.

Il quadro della domanda di energia primaria previsto nel 2030 dal Piano rispetto alle politiche correnti mette in evidenza la modestia degli obiettivi (Fig. 23). Rispetto al dato 2016 il petrolio si riduce di poco, dal 36% al 31%, il gas resta invariato intorno al 37% e le rinnovabili vengono addirittura sottostimate al 28%, meno del 30% dichiarato e dell'obiettivo europeo ad inizio 2019 pari al 32%. Le energie fossili nel 2030 sono il 68% dell'energia primaria. Non sono prospettive minimamente adeguate ad una transizione energetica.

Figura 23 **La composizione della domanda di energia primaria al 2030 rispetto allo scenario a politiche correnti**



Fonte: PNIEC

Per le rinnovabili al 2030 lo scenario di piano prevede un valore che, inferiore all'obiettivo europeo del 32%, è lontano da quel 35% che l'attuale Governo aveva sostenuto, prima dell'estate 2018, nel corso della trattativa europea sulla nuova Direttiva rinnovabili (RED II)[71]. Tale obiettivo sarebbe così articolato: il 55,4 % di rinnovabili nel settore elettrico (16 Mtep) con una produzione di 187 TWh, con il solare che passerebbe da 20 a 65 TWh e l'eolico da 10 a 20 TWh; il 33% in quello termico (14,7 Mtep) e il 21,6% nel settore trasporti (2,3 Mtep, calcolati utilizzando generosamente i moltiplicatori previsti dalla RED II). Le fasi di maggior sviluppo del settore elettrico sarebbero inopinatamente posposte al 2025, in pericoloso ritardo. Nel complesso, i consumi finali da fonti rinnovabili passerebbero secondo lo scenario di Piano dagli attuali 21 Mtep a 33 Mtep nel 2030: in media, quindi, circa 1 Mtep in più ogni anno.

Per quanto riguarda l'efficienza energetica, il Piano al 2030 prevede una riduzione dei consumi finali di energia del 40% rispetto allo scenario tendenziale definito prima della crisi (PRIMES 2007)[72]: una performance migliore dell'obiettivo europeo del 32,5% posto dalla nuova Direttiva sull'efficienza energetica (EED II)[73], che comporterebbe una riduzione dei consumi finali dagli attuali 116 Mtep a poco più di 100 Mtep nel 2030. Per l'efficienza energetica, cogenerazione e teleriscaldamento sono le armi di punta del Piano, ma non il solare termico le cui potenzialità sono importanti, come dimostra

l'esperienza di altri Paesi del Mediterraneo.

La mobilità elettrica è dichiarata dal Piano l'arma vincente del cambiamento ma l'obiettivo di soli 1,6 milioni di veicoli elettrici puri entro il 2030 è inadeguato. Non c'è una data per il *phase out* dei motori a benzina e diesel, che in molte parti d'Europa è già stato adottato. Per i biocarburanti viene dato spazio per 1,1 Gm^3 al biometano, la cui disponibilità non può però che restare modesta. I biocarburanti tradizionali sembrano rimanere sostanzialmente sui livelli degli ultimi anni intorno a 1 Mtep che salirebbero nel 2030 a circa 1,3 Mtep. I biocarburanti di prima generazione hanno infatti un vantaggio energetico modesto e talvolta, come nel caso dell'olio di palma, impatti ambientali insostenibili.

La proposta di Piano riporta un elenco articolato di misure. Tuttavia, gli impatti attesi sono presentati per lo più in maniera aggregata e non specificati per ogni singola misura. Senza la quantificazione di tutte le misure specifiche e delle relative coperture economiche, quando necessarie, non è possibile valutare l'effettiva adeguatezza degli strumenti in relazione agli obiettivi indicati. Il problema è riconosciuto nella stessa proposta di Piano, ove si dichiara che il Piano dovrebbe essere in tal senso integrato, prima dell'approvazione della versione finale prevista per fine 2019, durante le consultazioni annunciate e la VAS[74].

Tutto il Piano, come è tradizione italiana, fa fatica a svincolarsi dal ruolo del gas naturale, combustibile di transizione quanto si vuole ma comunque fossile, soggetto quanto gli altri ad abbattimento per una decarbonizzazione definitiva dell'economia. Il Paese consuma annualmente circa 75 Gm^3 di gas, e il consumo dovrà diminuire. L'attuale capacità di importazione è di 130 Gm^3/anno, sommando gasdotti e terminali di rigassificazione del GNL. Dal TAP arriveranno altri 17 Gm^3/anno. Non è chiaro che uso si intenda fare dell'eccedenza, mentre abbiamo già sperimentato che l'eccesso di generatori elettrici a gas naturale ha prodotto diseconomie per l'Italia che si è dotata di un parco macchine, oggi spesso inutilmente ferme.

Bibliografia

1 IPCC, 2014, *Fifth Assessment Report, AR5*, https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar5/

2 World Bank, 2014, *Four Degrees, Turn down the heat,* World Bank series, *http://www.worldbank.org/en/topic/climatechange/publication/turn-down-the-heat*

3 Robert Costanza, 1997, *The value of the world's ecosystem services and natural capital,* Nature,Vol. 387

4 TEEB, 2010, *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB*.

5 Edo Ronchi, 2015, *Giustizia Ambientale e Cambiamenti Climatici,* Introduzione al convegno omonimo "Verso Parigi 2015"

6 UN,1998, *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change, https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf*

7 UNEP, 2018, *Emissions Gap Report*

8 Heinrich-Böll-Stiftung, 2015, *Turning point: Decoupling Greenhouse Gas Emissions from Economic Growth*

9 Hannah Ritchie and Max Roser, 2017, *CO_2 and other Greenhouse Gas Emissions,* Our world in data, *https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions*

10 IPCC, 2013, *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/*

11 Stocker, T.F. et al. 2013, *Technical Summary*, in "Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the IPCC", Cambridge University Press

12 Huntingford C., Mercado L., 2016, *High chance that current atmospheric greenhouse concentrations commit to warmings greater than 1.5°C over*

land, Scientific Reports, vol. 6, Article number: 30294, *https://www.nature.com/articles/srep30294*

13 Toni Federico, 2018, *Cronaca e storia del negoziato climatico*, voll. I -IV, http://www.comitatoscientifico.org/temi%20CG/clima/index.htm

14 *https://unfccc.int/*

15 UNFCC, 1994, *La Convenzione contro i cambiamenti climatici*, *https://unfccc.int/essential_background/convention/items/6036.php*

16 UNCED, 1992, *The Rio principles*, *http://www.unesco.org/education/pdf/rio_e.pdf*

17 OECD, 2019, *Official development assistance – definition and coverage*, http://www.oecd.org/dac/stats/officialdevelopmentassistancedefinitionandcoverage.htm

18 UNFCCC, 1997, *The Kyoto Protocol*, https://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php

19 The White House, 2014, *U.S.-China Joint Announcement on Climate Change*, https://www.whitehouse.gov/the-press-office/2014/11/11/us-china-joint-announcement-climate-change

20 UNFCCC, 2015, *Il documento di decisione e l'Accordo di Parigi*, traduzione a cura del Comitato scientifico della Fondazione per lo sviluppo sostenibile, *http://www.comitatoscientifico.org/temi%20CG/documents/Il%20Patto%20di%20Parigi%20finale.pdf*

21 Papa Francesco, 2015, *Laudato sì*, *www.comitatoscientifico.org/documents/papa%20francesco%20laudato%20si.pdf*

22 IPCC, 2014, *The Vth Assessment Report*, cit.

23 E. Ronchi, T. Federico et al., 2016, *La svolta dopo l'accordo di Parigi – Italy Climate report 2016*, Fondazione per lo sviluppo sostenibile, *www.fondazionesvilupposostenibile.org/f/Documenti/2016/Italy_Climate_Report_2016.pdf*

24 UNFCCC, 2018, *COP 24, https://unfccc.int/event/cop-24 a Katowice*

25 IPCC, 2018, *Global warming of 1.5 °C, an IPCC special report on the im-*

pacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global GHG emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty, *https://www.ipcc.ch/sr15/*

[26] UNFCCC, 2015, *Il documento di decisione e l'Accordo di Parigi*, cit.

[27] UNFCCC, 2018, *The Paris Agreement Work Programme*, COP 24, Katowice, Proposal by the President, *https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Informal%20Compilation_proposal%20by%20the%20President_rev.pdf*

[28] Bloomberg, 2018, *Fulfilling America's Pledge*, *https://www.bbhub.io/dotorg/sites/28/2018/09/Fulfilling-Americas-Pledge_Executive-Summary_2018.pdf*

[29] The Energy Mix, 2018, *High Ambition Coalition Drives up Paris Commitments while Poland Earns Public Rebuke, https://theenergymix.com/2018/12/14/high-ambition-coalition-drives-up-paris-commitments-while-poland-earns-public-rebuke/*

[30] Germanwatch, 2019, *Climate Change Performance Index 2019*, *https://www.climate-change-performance-index.org/sites/default/files/documents/ccpi2019_results.pdf https://germanwatch.org/en/CCPI*

[31] MISE, MATTM, 2017, *SEN 2017, Strategia Energetica Nazionale*, *https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/Testo-integrale-SEN-2017.pdf*

[32] MISE, MATTM, 2018, *Proposta di Piano Nazionale integrato Clima ed Energia*, *https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/Proposta_di_Piano_Nazionale_Integrato_per_Energia_e_il_Clima_Italiano.pdf*

[33] ASviS, Alleanza Italiana per lo Sviluppo sostenibile, 2019, *Agenda 2030, http://asvis.it/*

[34] IPCC, 2018, *Global warming of 1.5 °C,* cit.

[35] IPCC, 2018, *SR 15 SPM Document for Expert and Govt Review*, *http://www.comitatoscientifico.org/temi%20CG/documents/ipccspm1,50218.pdf*

[36] UNEP, 2012, *Policy implications of warming permafrost*

[37] Global Carbon Project, 2019, *Global carbon budget 2018*, *https://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/*

[38] Toni Federico, 2014, *Utilizzo delle tecnologie CDR e BECCS per la rimozione della CO2 dall'atmosfera, http://www.comitatoscientifico.org/temi%20cg/documents/federico%20la%20beccs%2014.pdf*

[39] The Royal Society, 2009, *Geoengineering the climate: science, governance and uncertainty, https://royalsociety.org/-/media/Royal_Society_Content/policy/publications/2009/8693.pdf*

[40] Nicholas Stern, 2006, *The economics of climate change,* Cambridge University Press

[41] World Bank, 2018, *State and Trends of Carbon Pricing, https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/29687/9781464812927.pdf,* vedi anche: *https://www.carbontax.org/where-carbon-is-taxed/*

[42] William Nordhaus, 2017, *Revisiting the social cost of carbon*, Proceedings of the National Academy of Sciences, 114 (7), pp. 1518–1523

[43] MATTM, 2016, *Catalogo dei sussidi ambientalmente favorevoli e dei sussidi ambientalmente dannosi*

[44] EJnet, 2002, *Bali Principles of Climate Justice*, *http://www.ejnet.org/ej/bali.pdf*

[45] Einrich Böll Stiftung, 2016, *Climate Justice: The international momentum towards climate litigation*

[46] CESIFO, 2013, *The Trade-off between Intra- and Intergenerational Equity in Climate Policy*, CESIFO Working Paper n° 4285

[47] World Resource Institute, 2015, *Building Climate Justice*

[48] Papa Francesco, 2015, *Laudato sí*, cit.

[49] Nicholas Stern, 2015, *Environmental justice and climate change*, Istituto Patristico Augustinianum, Rome

[50] IPCC, 2018, *Global warming of 1.5 °C,* cit.

[51] FoE, 2018, *After Paris. Inequality, Fair Shares, and the Climate Emergency*

[52] Harvard University, 2017, *Collective Risk and Distributional Equity in Climate Change Bargaining*

[53] Thomas Piketty, Lucas Chancel, 2015, *Carbon and inequality: from Kyoto to Paris. Trends in the global inequality of carbon emissions (1998-2013) & prospects for an equitable adaptation fund,* Paris School of Economics

[54] FoE, 2018, *After Paris,* cit.

[55] CEPS, 2013, *Carbon Leakage: An overview*, CEPS Special Report n° 79

[56] Alexandria Ocasio Cortez, 2019, *Resolution Recognizing the duty of the Federal Government to create a Green New Deal*, *https://ocasio-cortez.house.gov/sites/ocasio-cortez.house.gov/files/Resolution%20on%20a%20Green%20New%20Deal.pdf*

[57] The Guardian, 2019, *Green New Deal: Ocasio-Cortez unveils bold plan to fight climate change*, *https://www.theguardian.com/environment/2019/feb/07/green-new-deal-alexandria-ocasio-cortez-plan*

[58] IEA, 2018, *World Energy Outlook*, OECD, Paris

[59] IRENA, 2019, *Global energy transformation: A roadmap to 2050,* IRENA, Abu Dhabi

[60] Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, 2019, *Photovoltaics Report*, *https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Photovoltaics-Report.pdf*

[61] COP 24 Katowice, 2018, *Solidarity and Just transition Silesia Declaration*, *https://cop24.gov.pl/fileadmin/user_upload/Solidarity_and_Just_Transition_Silesia_Declaration_2_.pdf*

[62] Edo Ronchi et al., 2019, *Rilanciare l'economia e l'occupazione in Italia con politiche e misure al 2025 per 5 obiettivi strategici della green economy*, Convegno di primavera della Fondazione per lo sviluppo sostenibile, *https://www.fondazionesvilupposostenibile.org/wp-content/uploads/2019/04/Rilanciare-leconomia-e-loccupazione-in-Italia-2019.pdf*

[63] EU EC, 2010, *EU 2020 Strategy*, *https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/economic-and-fiscal-policy-coordination/eu-economic-governance-monitoring-prevention-correction/european-semester/framework/europe-2020-strategy_en*

[64] MSE, MATTM, 2017, *SEN 2017,* cit.

[65] Giuseppe Ricci, 2018, *Soluzioni efficienti. non solo moda*, X Conferenza Nazionale per l'Efficienza energetica, *http://astrolabio.amicidellaterra.it/node/1699*

[66] MISE, MATTM, 2018, *Proposta di Piano Nazionale integrato Clima ed Energia*, cit.

[67] EU Parlamento e Consiglio, 2018, *Regolamento (Ue) 2018/1999 sulla governance dell'Unione dell'energia e dell'azione per il clima*, *https://eur-lex.europa.eu/legal-content/it/txt/pdf/?uri=celex:32018r1999&from=en*

[68] ISPRA, 2019, *VAS, Valutazione Ambientale Strategica*, *www.isprambiente.gov.it/it/temi/autorizzazioni-e-valutazioni-ambientali/valutazione-ambientale-strategica-vas*

[69] EU EC, 2019, *EU Emissions Trading System (EU ETS)*, *https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_enETS*

[70] EU EC, 2019, *Effort sharing 2021-2030: targets and flexibilities*, *https://ec.europa.eu/clima/policies/effort/proposal_en*

[71] EU EC, 2018, *Renewable energy directive - RED II*, *https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive*

[72] Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research, 2013, *Analysis of a European Reference Target System for 2030*, Report to the Coalition for Energy Savings, *http://energycoalition.eu/sites/default/files/Fraunhofer%20ISI_ReferenceTargetSystemReport.pdf*

[73] EU EC, 2019, *Energy Efficiency Directive – EED, https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-directive*

[74] Edo Ronchi, 2019, *Piano Nazionale Energia e Clima: proposta incompleta*, Huffington Post, *https://www.huffingtonpost.it/edoardo-ronchi/piano-nazionale-energia-e-clima-proposta-incompleta_a_23640116/*

PARTNER ISTITUZIONALI

AIDC
Associazione Italiana
Dottori Commercialisti

FONDAZIONE
DI PIACENZA E VIGEVANO

BUSINESS PARTNER

BANCA IMI

BRITISH AMERICAN
TOBACCO
ITALIA

Deloitte.

sara

SOSTENITORI

Acquirente Unico
Assonebb
Kuwait Petroleum Italia
Mercer
Natixis IM
OASI
Oliver Wyman
Pfizer
SACE
Salini - Impregilo
Sisal

Per attivare un nuovo abbonamento
effettuare un **versamento** su:

c/c bancario n. 36725 UBI Banca
Via Vittorio Veneto 108/b - 00187 ROMA
IBAN IT 47L 03111 03233 000 0000 36725

intestato a: **Editrice Minerva Bancaria s.r.l.**

oppure inviare una **richiesta** a:
amministrazione@editriceminervabancaria.it

Condizioni di abbonamento ordinario per il 2019

	Rivista Bancaria Minerva Bancaria bimestrale	**Economia Italiana** quadrimestrale	**Rivista Bancaria Minerva Bancaria + Economia Italiana**
Canone Annuo Italia	**€ 100,00** causale: MBI19	**€ 50,00** causale: EII19	**€ 130,00** causale: MBEII19
Canone Annuo Estero	**€ 145,00** causale: MBE19	**€ 75,00** causale: EIE19	**€ 180,00** causale: MBEIE19
Abbonamento WEB	**€ 60,00** causale: MBW19	**€ 30,00** causale: EIW19	**€ 75,00** causale: MBEIW19

L'abbonamento è per un anno solare e dà diritto a tutti i numeri usciti nell'anno.
L'abbonamento non disdetto con lettera raccomandata entro il 1° dicembre s'intende tacitamente rinnovato.
L'Amministrazione non risponde degli eventuali disguidi postali.
I fascicoli non pervenuti dovranno essere richiesti alla pubblicazione del fascicolo successivo.
Decorso tale termine, i fascicoli disponibili saranno inviati contro rimessa del prezzo di copertina.

Prezzo del fascicolo in corso **€ 25,00**
Prezzo di un fascicolo arretrato **€ 40,00**

Pubblicità

1 pagina **€ 1.000,00** - 1/2 pagina **€ 600,00**

Editrice Minerva Bancaria
COMITATO EDITORIALE STRATEGICO

PRESIDENTE
GIORGIO DI GIORGIO, Luiss Guido Carli

COMITATO
Claudio Chiacchierini, Università degli Studi di Milano Bicocca
Mario Comana, Luiss Guido Carli
Adriano De Maio, Università Link Campus
Raffaele Lener, Università degli Studi di Roma Tor Vergata
Marcello Martinez, Università della Campania
Giovanni Parrillo, Editrice Minerva Bancaria
Marco Tofanelli, Assoreti

ECONOMIA ITALIANA 2019/2

Agenda 2030: il punto sullo sviluppo sostenibile

La transizione del sistema economico e produttivo verso una maggiore sostenibilità economica, sociale e ambientale è inevitabile e sempre più urgente. Questo numero di Economia Italiana, *editor* il prof. **Enrico Giovannini**, portavoce dell'ASviS, Alleanza Italiana per lo Sviluppo Sostenibile, fa il punto della situazione e propone ulteriori proposte e spunti di riflessione su un tema che riguarda l'intera umanità. Come rileva Giovannini, "è cresciuta nel nostro Paese la sensibilità ai temi dello sviluppo sostenibile. Che si parli di clima, ambiente, ma anche di diseguaglianze, parità di genere, diritti umani. Del futuro bisogna parlare di più, per operare scelte e farne discendere nuovi comportamenti individuali, priorità della politica, strategie aziendali più lungimiranti".

Il numero presenta quattro saggi che colgono obiettivi importanti per lo Sviluppo Sostenibile. **Fabrizio Barca** e **Patrizia Luongo** trattano il tema delle crescita delle disuguaglianze, sottolineando come sia indispensabile invertire rotta con politiche pubbliche radicali. **Toni Federico**, compie una disamina particolarmente approfondita sul cambiamento climatico e la necessità di una transizione più spinta verso le energie rinnovabili. **Patrizia Giangualano** e **Lorenzo Solimene** ci parlano dell'economia circolare, una nuova concezione economica volta alla definizione di un modello di produzione e consumo maggiormente sostenibile e responsabile. **Francesco Timpano** e **Marco Fedeli** trattano il tema della finanza per lo sviluppo sostenibile, concetti che stanno entrando con vigore nelle analisi finanziarie e nelle scelte di investimento. Impreziosisce il numero l'intervento di **Ignazio Visco**, "Sviluppo sostenibile e rischi climatici: il ruolo delle banche centrali" tenuto al Festival dello Sviluppo Sostenibile 2019. Nelle "rubriche" **Livio Livi** e **Francesca Magliulo** ci offrono il punto di vista di due grandi imprese del settore dell'energia. **Daniele Lombardini** spiega perché le "terre rare" sono elementi importanti per la tecnologia verde. Completano il fascicolo un intervento di **Sabrina Florio** di Anima per il sociale nei valori di impresa e il documento firmato dalle principali organizzazioni del mondo imprenditoriale aderenti all'ASviS che rinnova il "**Patto di Milano**".

ECONOMIA ITALIANA nasce nel 1979 per approfondire e allargare il dibattito sui nodi strutturali e i problemi dell'economia italiana, anche al fine di elaborare adeguate proposte strategiche e di *policy*. L'Editrice Minerva Bancaria si impegna a riprendere questa sfida e a fare di Economia Italiana il più vivace e aperto strumento di dialogo e riflessione tra accademici, *policy makers* ed esponenti di rilievo dei diversi settori produttivi del Paese.

EMB
EDITRICE MINERVA BANCARIA