

al di là delle situazioni contingenti. Una missione che appare più che mai necessaria, nel caos informativo generato da un utilizzo a volte improprio di un mezzo così potente e così dispersivo al tempo stesso come è Internet, e in un momento di recrudescenza delle chiusure nazionalistiche e di dilagante sfiducia nel processo democratico: un momento in cui la promozione della ricerca e della cultura rappresenta un antidoto irrinunciabile a questi fenomeni e una strada fondamentale da percorrere per il rilancio della vita culturale, politica, economica e civile del nostro Paese.

BIBLIOGRAFIA: G. DORFLES, *Fatti e fattoidi. Gli pseudoeventi nell'arte e nella società*, Vicenza 1997, Roma 2009²; T. BERNERS-LEE, *Weaving the Web. The original design and ultimate destiny of the World Wide Web by its inventor*, New York 1999 (trad. it. *L'architettura del nuovo web*, Milano 2001); M. REY-LÓPEZ, A. FERNÁNDEZ-VILAS, R.P. DÍAZ-REDONDO, *A model for personalized learning through IDTV*, in *Adaptive hypermedia and adaptive web-based systems*, ed. V. Wade, H. Ashman, B. Smyth, Berlin 2006, pp. 457-61; U. Eco, *Dal l'albero al labirinto. Studi storici sul segno e l'interpretazione*, Milano 2007, 2017²; *Enciclopedie ed enciclopedismi nell'età moderna e contemporanea*, Atti del Seminario di studi, 2007, a cura di A. Loche, Cagliari 2008; G. AMATO, *Presentazione*, in *L'unificazione italiana*, dir. G. Sabbatucci, V. Vidotto, Roma 2011, pp. IX-X; L. RENZI, *Come cambia la lingua. L'italiano in movimento*, Bologna 2012, 2017²; G. RONCAGLIA, *L'editoria fra cartaceo e digitale*, Milano 2012; N. TKACZ, *Wikipedia and the politics of openness*, Chicago 2015; *E-Learning: tra nuova didattica e innovazione tecnologica*, a cura di D. Iervolino, Napoli 2015; *Treccani. Novanta anni di cultura italiana 1925-2015*, dir. T. Gregory, M. Bray, Roma 2015 (in partic. C. CASTELLANI, *Treccani laboratorio di cultura*, pp. 3-13; M. PALMA, *Formazione e scuola*, pp. 261-75); S. MAZZARA, *The importance of e-learning in teaching*, Roma 2016; M. BRAY, *Costruire la cultura della Nazione. Alle origini della Enciclopedia Italiana*, in *Architetti dello stato nuovo. Fascismo e modernità*, a cura di G. Vacca, S. Ricci, Roma 2018, pp. 5-14; G. GIACOMINI, *Potere digitale. Come Internet sta cambiando la sfera pubblica e la democrazia*, Milano 2018; G. MARCHETTI TRICAMO, *Il tempo dilatato. Riflessioni sul senso della lettura*, Empoli 2018; L. SERIANNI, *L'italiano: parlare, scrivere, digitare*, Roma 2019.

Massimo Bray

ENERGIA. – UN QUADRO DI SINTESI. IL NUOVO MODELLO SI RAFFORZA. EFFETTI DELLA PANDEMIA. NUOVE PREVISIONI. LE SORTI DEL PETROLIO. IL CLIMA E LE POLITICHE ENERGETICHE. Bibliografia. Webgrafia

UN QUADRO DI SINTESI. – L'energia continua il percorso di trasformazione verso il nuovo mondo avviato all'inizio del millennio. È un modello fondato sulle nuove fonti rinnovabili, che avanza con il supporto del gas, a garanzia della continuità del servizio, e dell'innovazione tecnologica digitale per le nuove infrastrutture. Tra il 2018 e il 2020, tuttavia, esso è stato investito da eventi inattesi che ne hanno sconvolto gli equilibri e che richiedono una riflessione per valutarne l'impatto di lungo periodo.

Il Rapporto degli scienziati dell'IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), pubblicato nel 2018,

ha fugato ogni dubbio sulla connessione tra le emissioni generate dalla produzione e dal consumo di energia da fonti fossili e il riscaldamento del pianeta e ha messo in guardia dagli eventi atmosferici estremi che si abbatteranno sul pianeta nel caso (ormai assai probabile) che si raggiungano e si superino i 2°C di aumento del riscaldamento rispetto ai valori preindustriali. Alcuni eventi catastrofici hanno scosso molte regioni del pianeta tra il 2018 e il 2019, provocando morte e distruzione dell'ecosistema; l'Italia ne è stata colpita in tutto il suo territorio.

In secondo luogo è sopravvenuta la pandemia da Covid-19 (*Coronavirus disease 2019*). Il blocco delle attività deciso dai governi nel primo trimestre del 2020 per fermare il contagio del virus ha provocato una contrazione significativa delle emissioni, mostrando in modo inequivocabile il nesso tra l'organizzazione della vita di oggi, l'industria, i trasporti e la crescita dell'inquinamento e smentendo le posizioni negazioniste.

Cieli tersi e aria limpida hanno offerto lo sfondo naturale a città deserte e immobili. Ma il prezzo di questo disinquinamento è stato altissimo, non solo per i morti e le conseguenze sanitarie: la sofferenza economica, che si prospetta duratura, non ha precedenti nella storia recente e ha colpito in modo iniquo soprattutto le fasce più deboli e meno protette della popolazione. Non sarà facile il cammino di una lenta ripresa delle attività che stenta a manifestarsi, colpita nella domanda di consumi e nella produzione di beni e servizi, entrambe congelate nello sforzo di fermare la diffusione dell'epidemia. Mostra anche che la via per la decarbonizzazione non può essere quella di porre un freno alla crescita economica: il modello di sviluppo richiede una svolta, ma non la riduzione della crescita in quanto tale.

La domanda di energia è crollata con la pandemia, mentre la produzione di petrolio e gas non convenzionale continuava a crescere rapidamente, estratta dalle nuove miniere di combustibili fossili non convenzionali degli Stati Uniti (*shale gas* e *tight oil*), che hanno sì reso il Paese indipendente dalle importazioni energetiche, ma al contempo hanno contribuito con l'eccesso di offerta a provocare uno shock nei prezzi. Ancora una volta il prezzo del petrolio coglieva impreparati i mercati, questa volta toccando valori negativi, in aprile, mai sperimentati prima, poiché l'eccesso di produzione non trovava siti di stoccaggio adeguati. Le ripercussioni geopolitiche sono state inevitabili, tra i grandi produttori dell'OPEC (*Organization of the Petroleum Exporting Countries*) da un lato, con i loro alleati guidati dalla Russia, e i due nuovi soggetti che si affacciano sulla scena mondiale da protagonisti nel mondo dell'energia dall'altro: gli Stati Uniti al primo posto tra i grandi produttori, la Cina tra i grandi consumatori.

Infine, nello stesso periodo 2018-20 le popolazioni dei giovani che animano il Fridays for future hanno esteso la protesta contro la distruzione del pianeta,

raggiungendo l'ascolto dei governi e della politica. Il *Green deal*, che segna una svolta importante nella politica europea di cui diremo, è il frutto anche di questa nuova, diffusa, sensibilità nei confronti dell'ecosistema.

IL NUOVO MODELLO SI RAFFORZA. – Questo insieme di eventi ha sconvolto il mondo dell'energia; alcuni hanno minato le certezze dei soggetti del settore e lasceranno tracce nel tempo. Ma i movimenti di faglia che segnano il cambiamento di lungo periodo dell'energia non si fermano, sono irreversibili: è importante sottolinearlo subito. Si profilano gli scenari futuri, delineati via via con maggiore chiarezza: sono fondati sulle nuove fonti rinnovabili, che catturano l'energia dal Sole, dal vento, dalle maree, dalla geotermia e si aggiungono alle fonti idriche, il cui uso era già consolidato all'inizio del Novecento. Si appoggiano al gas per garantire la continuità dell'offerta in caso di condizioni atmosferiche avverse. Sono cresciute a un tasso straordinario negli ultimi dieci anni, anche se coprono una quota ancora contenuta delle fonti primarie nel mondo (complessivamente, nel 2018, il 14% delle fonti e il 24,8% della produzione elettrica). Mentre la crescita del carbone si è fermata (la quota del carbone sul mix primario si è ridotta dal 27,1% al 26,7%), il petrolio mostra segni di cedimento (con una riduzione dal 31,8% al 31,4%) e il nucleare di nuova generazione non è decollato, con il 5% (International energy agency, IEA, *Data and statistics*, <https://www.iea.org/data-and-statistics>, giugno 2020).

Un'innovazione tecnologica diffusa, per lo più incrementale, accompagna ora il percorso del cambiamento, dopo la grande svolta tecnologica che nei decenni scorsi ha visto nascere strumenti per conservare l'energia elettrica nelle strutture di accumulo – le batterie –, fondamentali per consentire l'uso di fonti intermittenti ed esposte alla variabilità delle condizioni atmosferiche. L'industria si è rivolta di recente alla *solar-plus storage* e a nuove sperimentazioni nella combinazione di idrogeno con altre fonti – rinnovabili, fossili o direttamente CO₂ catturata dalle emissioni – per conservare l'energia e riprodurla successivamente nella forma di energia elettrica. L'innovazione ha ridotto drasticamente i costi delle batterie, essenziali anche nella filiera dei veicoli elettrici e ibridi.

La mobilità sostenibile è infatti il secondo pilastro del nuovo modello, non ancora decollato nonostante la domanda prevista di veicoli elettrici e ibridi si rafforzi, a partire dalla Cina, e una nuova catena globale del valore prepara la filiera della produzione, dalle materie prime essenziali – i minerali di cobalto, litio, nichel, grafite e le terre rare –, che sono disponibili per lo più in Cina (85% delle riserve del mondo), nell'Africa centrale (in Congo), in America Latina e in Australia.

Le maggiori imprese automobilistiche del settore soffrono dell'incertezza della transizione come l'industria energetica tradizionale, ma hanno iniziato a

posizionare i nuovi impianti in zone strategiche – in Cina, come la Tesla a Shanghai (2019), della quale è in arrivo il 'modello y'.

L'uso dei veicoli su strada alimentati in forme alternative ai combustibili fossili cresce in modo lento, ma promettente. Sono modelli a batteria (BEV, *Battery Electric Vehicles*), modelli elettrici *plug-in* (PHEV, *Plug-in Hybrid Electric Vehicles*) e veicoli ibridi (HEV, *Hybrid Electric Vehicles*).

Nell'Unione Europea allargata all'EFTA (*European Free Trade Association*) l'immatricolazione delle auto elettriche è aumentata del 45% tra il 2018 e il 2019, pari a 564.000 veicoli (365.000 a batteria e circa 200.000 *plug-in*, a ricarica esterna); le auto a benzina sono cresciute del 5%, mentre i diesel si sono contratti del –14%. L'Italia è ben posizionata nel cambiamento: copre il 17% della mobilità sostenibile della regione europea, al secondo posto dopo la Germania (18%), seguita da Regno Unito (13%), Francia (10%) e Spagna (9%). Negli Stati Uniti, in leggero calo, si sono immatricolate 400.000 auto nel 2019, mentre la Cina ha immatricolato 1.200.000 veicoli elettrici con 2.000.000 già su strada, in leggero calo, ma il doppio dell'aumento dell'Unione Europea e il triplo degli Stati Uniti nello stesso periodo. Sono numeri ancora contenuti, che subiranno una contrazione nel 2020 a seguito del blocco dei trasporti per la pandemia, ma mostrano una crescita sicura, mentre difficoltà tecniche maggiori si incontrano nell'aviazione e nel circuito marittimo, che pure pesano per quasi il 15% nel consumo di petrolio.

Gli investimenti nelle infrastrutture di sostegno sono essenziali: le politiche pubbliche e i regolatori si cimentano in un partenariato pubblico-privato in Europa, negli Stati Uniti e, soprattutto, in Cina; la finanza 'verde' contribuisce con fondi globali, in forte crescita nell'ultimo decennio, poiché offre un'alternativa di investimento reale di lungo periodo alla volatilità dei flussi speculativi.

Infine, i cittadini sperimentano i nuovi modelli di consumo e di produzione autonoma di energia elettrica da fonti pulite: certamente pesa la convenienza economica, grazie a incentivi non sempre sistemici, ma efficaci nel promuovere il cambiamento dei comportamenti nell'uso dell'elettricità e la produzione locale di energia da fonti solari ed eoliche. Ma il cambiamento è mosso anche dal crescere della consapevolezza di dover contribuire a proteggere l'umanità dalle conseguenze del riscaldamento del pianeta, oggi inequivocabilmente attribuito in larga parte alle emissioni dai combustibili fossili che si accumulano nell'atmosfera a un ritmo di crescita dell'1% l'anno, fino a raggiungere 34 Gt nel 2018.

EFFETTI DELLA PANDEMIA. – In questo panorama di transizione la pandemia ha investito in pieno il mondo dell'energia. In soli quattro mesi l'arresto delle attività ha ridotto le emissioni di 2,6 Gt (stime IEA

2020), in misura di sei volte maggiore rispetto alla crisi economica del 2008, quando le emissioni globali scesero di -0,4 Gt. Infatti, in questa congiuntura, mentre l'uso delle fonti rinnovabili, meno colpito dall'arresto dell'industria e dei trasporti, ha continuato a crescere (v. ENERGIE RINNOVABILI), è crollato l'uso del carbone e del petrolio, che insieme coprono ancora il 58% della produzione di energia (il 49% della produzione elettrica, il 92% dei trasporti, il 38% nell'industria, il 15% nell'uso domestico).

Con altrettanta evidenza tuttavia, è emerso che non si possono seguire indirizzi basati sulle teorie della 'decrecita felice' per decarbonizzare il pianeta, come alcuni invocano (Latouche 2007). Ne danno testimonianza la drammatica sofferenza economica provocata dall'arresto delle attività, la disoccupazione straordinaria e crescente attesa – quasi il doppio rispetto al 5,4% del 2019; per i Paesi OCSE (*Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico*) si prevede una disoccupazione tra il 9% e il 10% alla fine del 2020, che corrisponde a 64 milioni di persone –, la difficoltà dei governi e delle imprese ad affrontare la ricrescita dopo la pandemia da Covid-19. L'umanità dovrà trovare diversi modelli di sviluppo sostenibile nei prossimi decenni; governi e studiosi nelle accademie hanno di fronte a sé il compito storico di traguardare una nuova fase del capitalismo, per la quale diversi tasselli tecnologici sono già predisposti.

Ma la pandemia ha mostrato anche lati positivi nella capacità di adattamento della popolazione e nei tratti solidaristici emersi in molti contesti, tra i quali l'Italia. Ha accentuato la disposizione dei cittadini a nuovi comportamenti, lasciando intravedere il perimetro di un nuovo modello di crescita: ha rafforzato l'apprendimento digitale, la capacità di lavorare in rete attraverso piattaforme, limitando gli spostamenti fisici e dunque le emissioni nell'atmosfera, ha provocato un adeguamento improvviso dei comportamenti destinato a lasciare tracce nel futuro. Ha rafforzato ancor più la consapevolezza della necessità di rispettare l'ecosistema, aprendo nuove prospettive e comportamenti che potranno diventare durevoli nel tempo, se opportunamente sostenuti dai governi. Nella congiuntura drammatica è prevalsa a macchia di leopardo una vocazione solidaristica che dovrà essere valorizzata in un'ottica di lungo periodo.

L'intervento più urgente per rafforzare gli sforzi in questa direzione è la riduzione del *digital divide* (la mancanza di accesso alla rete e agli strumenti necessari per la connessione per larga parte della popolazione); questa mancanza rischia di accentuare le disuguaglianze, indebolendo ancora una volta le fasce più fragili. È un tassello fondamentale per costruire e consolidare la trasformazione energetica verso un ecosistema sostenibile; in quest'ottica è essenziale l'intervento pubblico di indirizzo e di sostegno per garantire investimenti in infrastrutture e la dotazione di strumenti che consentano una connessione generalizzata

alle reti di ultima generazione, oltre che per attivare politiche di formazione al mondo digitale.

Sono queste le politiche di base che dovranno essere impostate nel nuovo millennio per costruire le fondamenta del nuovo modello energetico, fulcro degli obiettivi di una crescita sostenibile, con una modalità di investimenti pubblici e privati nelle infrastrutture.

NUOVE PREVISIONI. – Gli effetti della pandemia sono destinati a durare nel tempo anche nel mondo dell'energia. Dopo il Covid-19 le previsioni di crescita della domanda di energia sono state ribaltate. Lo scenario dell'IEA, che prevedeva un aumento della domanda di energia globale dell'1,3% l'anno fino al 2040, è stata rivista e corretta con valori negativi. Al blocco delle attività si somma infatti la profonda recessione attesa, per lo stallo economico sia della domanda, dei consumi, sia dell'offerta, delle attività produttive di ogni genere. Un panorama mai sperimentato, che porta il FMI (*Fondo Monetario Internazionale*) a stimare un crollo del reddito globale del 6% nel 2020 (FMI, *World economic outlook*, aprile 2020).

L'energia è parte di questo quadro drammatico: l'IEA ha stimato in aprile una contrazione della domanda del 6% nel 2020, un volume sette volte maggiore del crollo provocato dalla crisi economica nel 2009. In un quadro regionale la maggiore contrazione della domanda di energia è in Cina (-7% nel primo trimestre del 2020 rispetto al 2019), seguita dagli Stati Uniti (-6%) e dall'Unione Europea (-5%).

La riduzione prevista nell'anno si distribuisce tra le diverse fonti fossili, tra le quali il petrolio è la più colpita, con un calo di 10 mb/g, pari al 9% del totale, che fa tornare la domanda di petrolio ai valori del 2012; l'uso del carbone si contrae dell'8% circa, il gas e il nucleare in misura leggermente inferiore, intorno al -2%. Solo le fonti rinnovabili crescono nel primo trimestre 2020, per un valore contenuto del +1,5%, meno colpite dal blocco dell'attività produttiva e dei trasporti.

LE SORTI DEL PETROLIO. – Il prezzo del petrolio è la cartina di tornasole delle dinamiche economiche e geopolitiche che si muovono nel mondo dell'energia. Tre eventi dirompenti hanno segnato il periodo appena trascorso. Una crescita molto rapida della produzione americana di *shale oil* (petrolio non convenzionale) ha portato gli Stati Uniti al primo posto nel mondo (superando l'Arabia Saudita con 12 milioni di barili prodotti al giorno, il 70% dei quali di *shale oil*). Questa crescita ha coinciso, tuttavia, con il crollo della domanda mondiale, scesa di 30 milioni di barili al giorno nel 1° trimestre 2020 per il Covid-19 (stime IEA); a questi due elementi si è sovrapposto il ruolo essenziale e non appariscente della Cina come grande consumatore di gas, che ha influenzato le dinamiche del petrolio rafforzando la posizione della Russia. Il presidente cinese Xi Jinping ha firmato con il presidente della Federazione russa Vladimir Putin a fine

2019 un contratto in sospeso da anni per attivare il gasdotto *Power of Siberia*, che porterà il gas russo dalla Siberia alle province nordoccidentali cinesi; la nuova infrastruttura (400 miliardi di dollari), una volta entrata a regime, fornirà alla Cina fino a 38 miliardi di metri cubi di gas l'anno. È un accordo che ha rafforzato l'alleanza tra Putin e Xi Jinping in contrapposizione con il presidente statunitense Donald Trump.

La prospettiva di consistenti acquisti di gas dalla Cina, mentre la domanda attesa dall'Europa ora ristagna, ha dato così respiro alla Russia. Questo terzo elemento non è stato colto appieno dai protagonisti del mercato del petrolio, ma ha avuto un peso importante nel determinare lo shock dei prezzi di fine aprile 2020. Infatti, la causa occasionale della crisi è partita da Putin, che non ha aderito alla richiesta del principe saudita Mohammed bin Salman di tagliare le quote di produzione per riequilibrare i fondamentali di domanda e offerta; la risposta è stata una contromossa al ribasso del prezzo del petrolio da parte dell'Arabia Saudita per mantenere la propria quota di mercato e cogliere l'occasione propizia per ridurre la concorrenza delle imprese americane dello *shale*, dopo il tentativo fallito nel 2014: un crollo del prezzo del petrolio ne avrebbe minato la sopravvivenza. È ragionevole pensare che Putin abbia potuto aprire il conflitto nell'OPEC Plus – che comprende, oltre ai Paesi dell'OPEC, undici Paesi produttori di petrolio guidati dalla Russia che nel 2015 hanno stretto un accordo per regolare le quote di estrazione e riequilibrare domanda e offerta di petrolio nel mondo, quando necessario – forte dell'accordo appena stretto con Xi Jinping sul gasdotto *Power of Siberia*. L'alleanza all'interno dell'OPEC Plus, guidata da Arabia Saudita e Russia, ha mostrato così la fragilità politica di quegli accordi.

Ma la congiuntura si è rivelata più complessa per tutti i protagonisti del mercato. Un intervento tardivo di Trump ha fatto riallacciare i fili degli accordi dell'OPEC Plus e tornare a una riduzione delle quote di petrolio estratto, ma non è bastato a riequilibrare il

mercato in modo duraturo. La scadenza dei contratti a termine di fine aprile ha riversato sui siti di stoccaggio quantità impreviste di petrolio, non assorbite dalla domanda; i siti non erano preparati ad accoglierle e mentre le navi si fermavano nei porti e negli oceani in attesa di collocare i loro carichi di petrolio, i prezzi dei contratti a termine per la consegna a fine aprile sono crollati, toccando valori negativi mai sperimentati prima (i contratti *futures* sul WTI con scadenza a maggio venivano scambiati a –37,7 dollari il barile).

La speculazione si è insinuata negli scambi, i prezzi sono parzialmente risaliti nel mese di maggio sfiorando i 40 dollari il barile, ma molte imprese dello *shale oil* negli Stati Uniti sono state danneggiate in modo irreversibile. Il colpo è stato inferto alle imprese della nuova produzione di petrolio degli Stati Uniti; ma non è affatto certo che nel lungo periodo la Russia trarrà giovamento da questa strategia. È vero, infatti, che il *break even* russo del prezzo del petrolio per coprire i costi di produzione si colloca intorno ai 15 dollari e quello saudita ancora più in basso, a un valore molto inferiore ai 45-50 dollari necessari a coprire i costi degli impianti estrattivi americani; ma è altrettanto vero che la stabilità economica e quella sociale, sia in Russia sia in Arabia Saudita, richiedono un prezzo del petrolio ben più alto, intorno agli 80 dollari.

Al contrario, è emersa ancora una volta la vulnerabilità di un mondo incentrato sul petrolio e si è rafforzata la percezione che la trasformazione energetica sia destinata a prevalere, per emarginare una fonte troppo inquinante e volatile per le economie del mondo.

Il mercato del gas ha sofferto di un analogo disequilibrio dei fondamentali, con un eccesso di offerta che ha fatto diminuire ancora il prezzo, già sceso nel 2019 a 4,5 dollari per MBtu all'Henry hub (la Borsa americana), 2,6 dollari al TTF (*Title Transfer Facility*) in Europa e tra 7 e 8 dollari sul mercato asiatico. Il commercio di gas liquefatto trasportato per mare ha continuato la sua crescita (+12% nel 2019, pari a 50 miliardi di metri cubi), per il 75% offerto da Stati Uniti,

Russia e Australia. Gli investimenti avviati negli anni precedenti nelle infrastrutture di liquefazione e rigassificazione del GNL aumenteranno ancora la capacità dell'offerta. La domanda è stata assorbita invece in misura crescente dalla Cina, che ha continuato il programma di sostituzione degli impianti a carbone con impianti a gas avviato nel 2017, come negli Stati Uniti. Infine, anche l'uso del carbone è diminuito nel mondo, come la produzione di nucleare.

IL CLIMA E LE POLITICHE ENERGETICHE. – Il contrasto al cambiamento climatico ha un peso sempre più importante nelle strategie dei governi. Ma nelle politiche energetiche si è accentuata la distanza tra le maggiori potenze. Dopo gli Accordi di Parigi (*United*

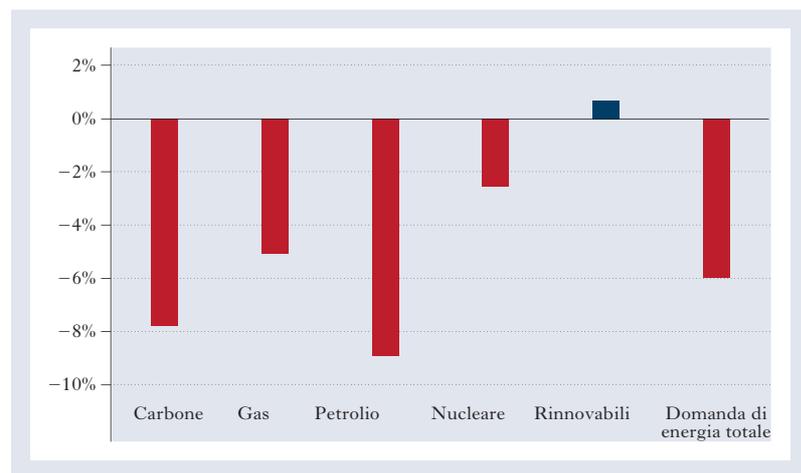


Fig. 1 – Variazione della domanda primaria di energia per fonte: stime per il 2020 rispetto al 2019. Fonte: IEA, *Global energy review*, 2020

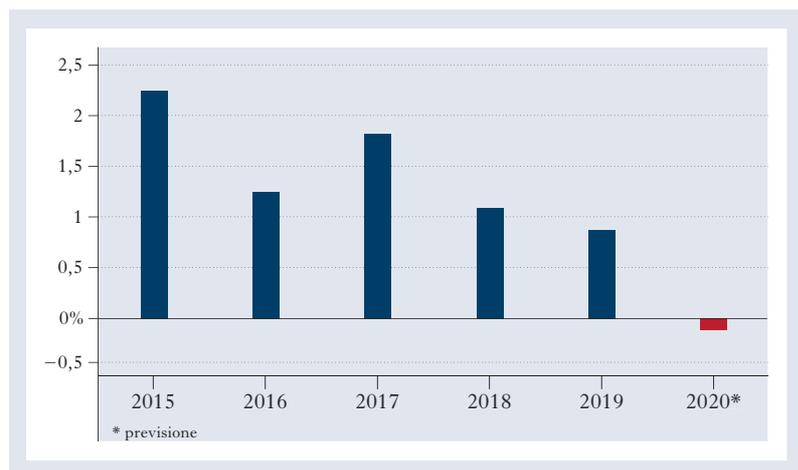


Fig. 2 – Crescita della domanda globale di petrolio nel periodo 2015-20.
Fonte: IEA, *Oil 2020*

Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC, 2015), che per la prima volta avevano disegnato un percorso globale condiviso per affrontare i rischi del cambiamento climatico, le strategie delle tre potenze egemoni – Stati Uniti, Cina e Unione Europea – si sono allontanate. La speranza di un accordo globale e di un percorso concreto di decarbonizzazione guidata da quei governi si è subito affievolita.

Per quanto riguarda gli Stati Uniti, il presidente Trump ha disdettato gli Accordi di Parigi, di cui doveva garantire il percorso in un'azione di guida condivisa con Xi Jinping. Egli ha invece indirizzato la politica energetica federale in direzione opposta a quella definita a Parigi, puntando sui combustibili fossili per garantire agli Stati Uniti l'indipendenza energetica auspicata per tutto il secolo scorso. Ha sostenuto il petrolio e il gas non convenzionale (*shale gas* e *tight oil*) e ridotto i vincoli ambientali per la costruzione di infrastrutture – oleodotti e gasdotti – sul territorio degli Stati Uniti.

Ha scisso così la politica energetica del Paese poiché gli Stati, responsabili dell'attuazione degli indirizzi federali, ma dotati di ampi margini di autonomia, hanno continuato a seguire la via aperta da Barack Obama verso una crescita 'verde' e le città hanno proseguito il cammino definito C40 che coinvolge 96 metropoli nel mondo nel comune obiettivo di decarbonizzare il pianeta. Infine, l'industria del settore ha perseguito in larga maggioranza la via verso il nuovo modello energetico basato sulle fonti rinnovabili e sulla mobilità sostenibile; gli investimenti di lungo periodo in questa direzione sono stati sostenuti dal crescere della 'finanza verde' da parte di fondi e intermediari coinvolti nei progetti di decarbonizzazione e dalle obbligazioni verdi (i *green bond* nel 2019 hanno raggiunto un valore record di 257 miliardi di dollari, con una crescita del 51% rispetto al 2018). Da ultimo, la popolazione, in particolare i giovani, ha trovato nella difesa dell'ambiente una vocazione politica condivisa anche negli Stati Uniti.

La Cina di Xi Jinping ha mantenuto così la leadership solitaria conquistata a Parigi sul contrasto al cambiamento climatico, in attesa che l'Europa riorganizzi la propria governance e colmi il vuoto lasciato da Trump. Nonostante il 13° Piano quinquennale (2016-20) sia incentrato sulla decarbonizzazione, tuttavia, il carbone è ancora la maggiore fonte primaria di energia in Cina; sforzi di contenimento sono stati intrapresi con lo sviluppo di servizi ad alta tecnologia introdotti al posto dell'industria pesante tra gli obiettivi di crescita del reddito; è stato impresso un nuovo traguardo nello sviluppo tecnologico dell'industria digitale ed è stata promossa dal Partito la crescita delle fonti rinnovabili nella produzione di energia (cresciuta del 37% nel decennio 2008-18). La Cina è anche il più

importante serbatoio di domanda di veicoli elettrici (con un obiettivo di 5 milioni di auto elettriche al 2020; nel 2018 la Cina rappresentava il 45% – con 2,3 milioni – delle auto elettriche al mondo (IEA, *Global EV outlook 2019*, <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2019>). La domanda si accompagna al controllo crescente della filiera industriale della mobilità sostenibile, nella quale la Cina eccelle: dal controllo dei minerali di base alle tecnologie più avanzate, spinte da un sostegno pubblico significativo e incentivi stabiliti nella politica centrale e nelle province per la costruzione delle nuove infrastrutture di ricarica delle batterie.

Infine, l'Unione Europea si cimenta attualmente con un cambio di paradigma storico. La presidente della Commissione Ursula von der Leyen è riuscita a coagulare l'adesione politica degli Stati membri intorno al piano molto ambizioso del *Green deal*, approvato nel dicembre 2019, prima, dunque, del disastro della pandemia; i programmi dell'Unione sono incentrati intorno a una 'crescita verde', sostenibile; l'obiettivo è rendere l'Unione Europea un'area a neutralità climatica entro il 2050, come definito dalla *European climate law* (marzo 2020). È un passo importante, anche se l'Unione Europea è responsabile soltanto del 9% delle emissioni mondiali di CO₂, a fronte del 14% degli Stati Uniti e del 29% della Cina.

La reazione alla tragedia della pandemia è coerente con questo indirizzo. Per attuare gli obiettivi del *Green deal* è fondamentale l'apporto degli Stati membri: la definizione e la rapida attuazione dei Piani nazionali integrati per l'energia e il clima (PNIEC) è un elemento essenziale del programma europeo di crescita sostenibile. Per l'Italia sarà dunque fondamentale la capacità di spesa strutturata dei finanziamenti attesi dall'Unione Europea in un'ottica strategica di lungo periodo.

Mentre scriviamo, un significativo stanziamento di fondi è stato deciso dalla Commissione ed è in attesa di essere deliberato dal Consiglio e dal Parlamento; si articola in prestiti di lungo periodo (250 miliardi) e trasferimenti a fondo perduto (310 miliardi)

ENERGIA

che confluiscono nel *Recovery and resilience facility*, la linea principale del piano *Next generation EU*; a essi si aggiungono liquidità consistenti della BCE per il rifinanziamento del sistema bancario, flussi aggiuntivi e garanzie condivise dedicati a progetti dei singoli Stati e programmi comunitari.

Vale sottolineare che queste misure segnano potenzialmente anche una svolta storica nella crescita dell'Unione Europea e nell'integrazione dei Paesi membri; è un cambiamento radicale impresso nella politica europea con il sostegno della Germania, della Francia e dei grandi Paesi attivi nella definizione degli indirizzi economici della Commissione, in particolare dell'Italia, cui oggi compete la responsabilità dell'economia con il commissario Paolo Gentiloni. Per la prima volta, dopo un inizio incerto, l'Unione Europea imbocca la strada della coesione e della solidarietà economica tra i Paesi membri, dove agli Stati più colpiti dalla pandemia, tra i quali l'Italia, sono dedicati aiuti finanziari speciali, purché focalizzati su programmi che nel lungo periodo sostengano la crescita sostenibile, obiettivo definito prioritario dall'Unione Europea. Il cuore degli interventi che segnano questa svolta è la crescita declinata nei due grandi settori dell'energia e del digitale; sanità e sostegno alle popolazioni ne sono il complemento per affrontare la drammatica congiuntura creata dalla pandemia.

Nel resto del mondo, infine, è cresciuto l'accesso all'energia da parte delle popolazioni, essenziale per uno sviluppo autonomo, grazie alla diffusione degli impianti di produzione elettrica da fonti rinnovabili nelle regioni dell'Africa subsahariana (+21% annuo

tra il 2008 e il 2018), in Cina e in America Latina (+16%), anche se permane il rischio degli investimenti in impianti a carbone della Cina nell'Africa centrale.

BIBLIOGRAFIA: S. LATOUCHE, *Petit traité de la décroissance sereine*, Paris 2007 (trad. it. Torino 2008); V. TERMINI, *Il mondo rinnovabile. Come l'energia pulita può cambiare l'economia, la politica e la società*, Roma 2018.

WEBGRAFIA: INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC), *Special report on global warming of 1.5 °C*, 2018, <https://www.ipcc.ch/sr15/>; BRITISH PETROLEUM COMPANY (BP), *Statistical review of world energy 2019*, <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>; CLIMATE BONDS INITIATIVE, *2019 green bonds market summary*, 2019, https://www.climatebonds.net/files/reports/2019_annual_highlights-final.pdf; EUROPEAN COMMISSION, *Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European economic and social committee and the Committee of the Regions - The European green deal*, COM/2019/640 final, 11 dicembre 2019, https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/european-green-deal-communication_en.pdf; INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), *Global EV outlook 2019*, <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2019>; INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), *World energy outlook 2019*, <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019>; INTERNATIONAL GAS UNION (IGU), *World gas LNG report 2019*, https://www.igu.org/files/node-news_item-field_file/IGU%20Annual%20Report%202019_23%20lores-final.pdf; CENTRAL COMMITTEE OF THE COMMUNIST PARTY OF CHINA, *The 13th five-year plan for economic and social development of the people's Republic of China (2016-2020)*, 2020 https://en.ndrc.gov.cn/policyrelease_8233/201612/P020191101

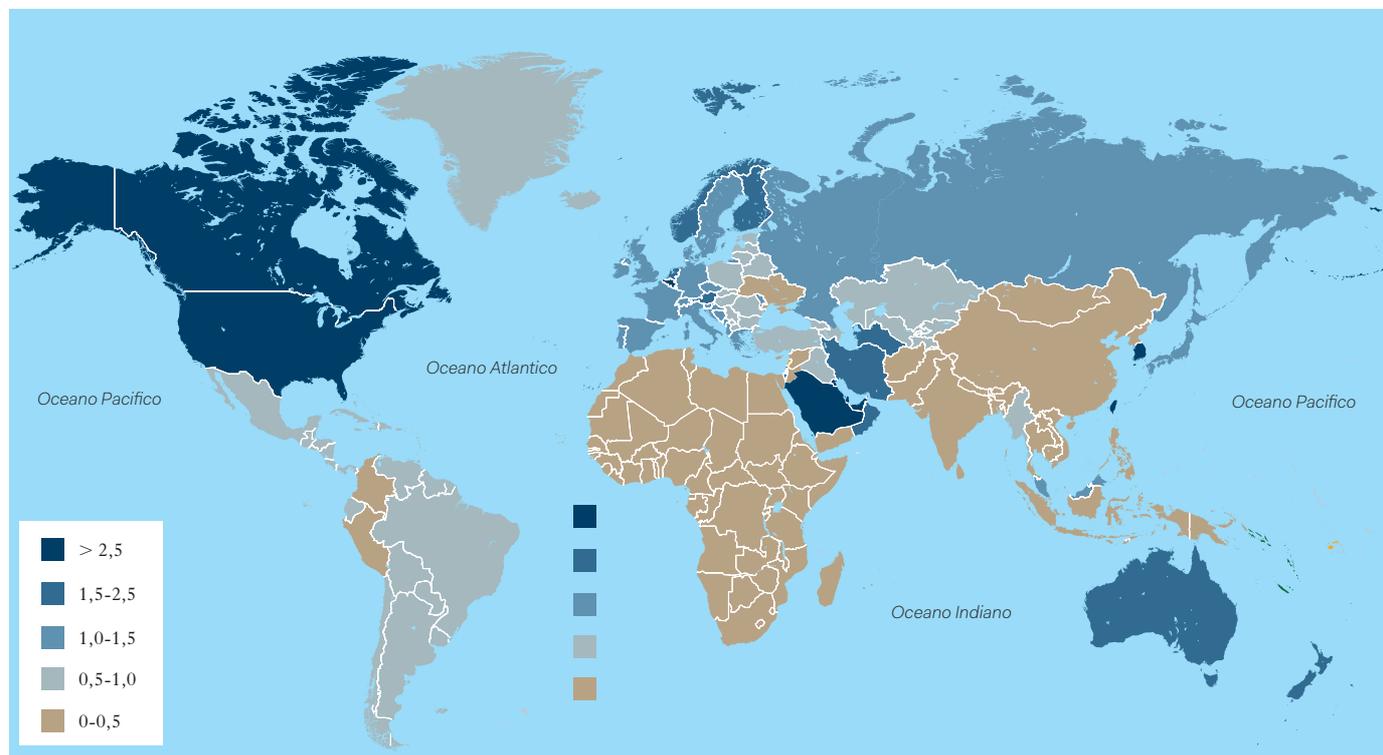


Fig. 3 – Consumo di petrolio *pro capite* in tonnellate. Fonte: BP, *Statistical review 2019*

482242850325.pdf; INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), *Global energy review 2020*, <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2020>; INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), *Oil market report 2020*, <https://www.iea.org/reports/oil-market-report-june-2020>; INTERNATIONAL MONETARY FUND (IMF), *World economic outlook*, aprile 2020, <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2020/04/14/weo-april-2020>; I. RAZLOMALIN, I. SUSHIN, *The road to China: an opportunity for russian gas*, ISPI (Istituto per gli Studi di Politica Internazionale), 21 febbraio 2020, <https://www.ispionline.it/it/pubblicazione/road-china-opportunity-russian-gas-25096>; ASSOCIAZIONE NAZIONALE FILIERA INDUSTRIA AUTOMOBILISTICA (ANFIA), *Dati statistici*, <https://www.anfia.it/it/dati-statistici>; INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), *Data and statistics*, <https://www.iea.org/data-and-statistics>.

Michele Masulli - Valeria Termini

ENERGIA OSCURA. – LA SCOPERTA DELL’ACCELERAZIONE COSMICA. FORME DI ENERGIA OSCURA. GRAVITÀ NON EINSTEINIANA. ESPERIMENTI DI NUOVA GENERAZIONE. Bibliografia

L’espressione *energia oscura* indica una forma di energia che, secondo recenti ipotesi astrofisiche, pervade l’intero Universo. L’espressione fu coniata in un articolo del 1999 da Dragan Huterer e Michael S. Turner in analogia al concetto di *materia oscura*, una sostanza probabilmente composta di particelle elementari ancora sconosciute che costituisce la maggior parte della materia all’interno delle galassie. L’energia oscura, al contrario della materia oscura, non forma oggetti gravitazionalmente legati come le galassie, ma si distribuisce in modo approssimativamente o esattamente omogeneo nello spazio. Il termine *energia*, in contrapposizione a *materia*, è qui da intendere in maniera puramente descrittiva. Nelle moderne teorie quantistiche dei campi, infatti, ogni forma di materia è rappresentata da un campo di energia diffuso in tutto lo spazio e le particelle elementari non sono altro che infinitesime onde in propagazione sul campo stesso. Materia ed energia sono quindi due aspetti inscindibili di ogni sostanza fisica.

L’ipotesi dell’energia oscura è stata formulata per spiegare una serie di importanti scoperte astronomiche succedutesi a partire dalla fine degli anni Novanta del secolo scorso. Secondo queste scoperte, l’espansione dell’Universo, ossia il moto di allontanamento reciproco delle galassie, non è rallentato dalla gravità, come ritenuto fino ad allora, ma è piuttosto accelerato. Un moto accelerato, come possiamo verificare anche nel limitato campo dell’esperienza quotidiana, richiede una forza. L’unica forza che agisce a distanze cosmologiche, secondo la comprensione attuale, è la forza di gravità, che però essendo sempre attrattiva è incapace di accelerare l’espansione. D’altra parte, la teoria della relatività generale di Albert Einstein mostra che una sostanza con pressione grande e negativa è in grado di agire come una sorta di gravità repulsiva e quindi di accelerare il Cosmo.

L’ipotesi di una forma di energia con tali caratteristiche fu, in effetti, formulata già da Einstein stesso nel 1917, per riconciliare quello che allora si riteneva un Universo statico con le equazioni della relatività, che predicevano un Universo dinamico. L’ipotesi di Einstein si concretizzava nell’introduzione della cosiddetta costante cosmologica Λ , vale a dire un campo di energia uniforme nello spazio e costante nel tempo. Possiamo quindi dire che la costante cosmologica rappresenta, storicamente, la prima forma di energia oscura. La scoperta dell’espansione cosmica, avvenuta nel decennio successivo a opera di vari scienziati, tra cui soprattutto Georges Lemaître ed Edwin Hubble, rese tuttavia l’ipotesi di Einstein non più necessaria ed essa venne quindi sostanzialmente accantonata per un lungo periodo.

LA SCOPERTA DELL’ACCELERAZIONE COSMICA. – Così come per misurare accuratamente l’accelerazione di un corpo abbiamo bisogno di osservarne il moto per un certo intervallo di tempo o spazio, anche per l’accelerazione cosmica dobbiamo disporre di misure estese su un grande arco di distanze e, quindi, di epoche. Le distanze cosmologiche si misurano abitualmente in megaparsec (Mpc), pari a circa 3,26 milioni di anni luce. La galassia di Andromeda, la più vicina alla nostra Via Lattea, dista circa 0,8 Mpc. Per misurare l’accelerazione cosmologica occorre spingere le nostre osservazioni a sorgenti distanti almeno 1000 Mpc, la cui luce fu emessa circa tre miliardi di anni fa o più.

Per misurare le distanze cosmologiche occorre avvalersi di sorgenti di luminosità nota, dette anche *candele standard*. Un tipo particolare di esplosioni stellari, dette *supernovae di tipo Ia*, sono considerate affidabili candele standard e permettono quindi di stimare le distanze con grande precisione. Riportando la distanza delle sorgenti in funzione della velocità di recessione (*redshift*) su un grafico, si costruisce il cosiddetto diagramma di Hubble, dal quale, infine, si può determinare con notevole accuratezza la dinamica dell’espansione cosmica.

Proprio sfruttando il più esteso diagramma di Hubble mai realizzato, due gruppi di ricerca, guidati l’uno da Saul Perlmutter e l’altro da Adam Riess e Brian Schmidt, misurarono per la prima volta nel 1998 l’accelerazione cosmica. I dati iniziali, basati su circa quaranta sorgenti, furono poi confermati negli anni seguenti da altre centinaia di *supernovae* e da osservazioni indipendenti, come quelle effettuate dalle missioni spaziali WMAP della NASA, lanciata nel 2001, e Planck dell’ESA (*European Space Agency*) nel 2009. Per questa scoperta, il premio Nobel per la fisica 2011 fu assegnato a Perlmutter, Riess e Schmidt.

L’accelerazione cosmica recente non deve essere confusa con la cosiddetta inflazione cosmica, un breve periodo di estrema accelerazione occorso nei primissimi istanti di vita dell’Universo che ha reso il nostro spazio-tempo stabile e quasi omogeneo e di cui si