"Energia. Una storia di creazione e distruzione" di Roberto Battiston

di Massimiliano Garavalli

30-07-2026

Recensione a: Roberto Battiston, Energia. Una storia di creazione e distruzione, Raffaello Cortina Editore, Milano 2025, pp. 400, 24 euro (scheda libro)

Cos'è l'energia? Questa è la domanda fondamentale che guida Energia. Una storia di creazione e distruzione di Roberto Battiston, Professore ordinario di Fisica sperimentale all'Università di Trento e divulgatore scientifico. Il volume si propone di indagare un concetto sfuggente che coinvolge un prisma di definizioni a seconda del sistema di riferimento adottato. L'energia è prima di tutto una grandezza fisica che attraversa, quasi sempre inosservata, tutte le grandi questioni del nostro tempo, plasmando la storia del genere umano dalla scoperta del fuoco fino alla crisi climatica odierna.
Il sottotitolo del libro è una dedica al primo principio della termodinamica, la legge universale che stabilisce che l'energia non può essere creata né distrutta, ma può solo cambiare forma. In questo principio si cela il fondamento dell'energia nella nostra esistenza, una presenza onnisciente e multiforme che permea tutto. Battiston vuole accompagnare il lettore, da una parte, alla comprensione dell'energia e delle sue innumerevoli manifestazioni, dall'altra in un viaggio attraverso il rapporto tra energia e civiltà umana. Il libro è organizzato in tre parti: la fisica dell'energia, cioè che cosa essa sia e quali leggi la governino; la storia del rapporto tra l'uomo e l'energia e tra l'energia e il potere; le sfide del futuro.

La misura del cambiamento
La prima parte, che occupa quasi metà del volume, indaga la natura dell'energia. Come accennato in precedenza, l'energia risponde al primo principio della termodinamica. Per fare un esempio, quando accendiamo un motore e bruciamo carburante, l'energia chimica contenuta in esso viene "liberata" e trasformata in energia cinetica (quella che fa muovere le ruote) e una gran parte viene invece dissipata sotto forma di calore, un'altra delle tante forme di energia. In questo processo l'energia totale rimane invariata. Per questo motivo Battiston la definisce «una misura del cambiamento», ciò che permette alle cose di accadere, il carburante di ogni movimento e di ogni trasformazione. Ogni fenomeno che vediamo in natura è costituito da questo flusso continuo di energia che passa da uno stato all'altro, una moneta di scambio della "Banca dell'Universo" in cui il conto finale deve sempre rimanere lo stesso, come sottolinea l'autore. Dalla luce solare, una variante di energia sotto forma di radiazione elettromagnetica proveniente dal Sole, dipendono i venti, le correnti oceaniche, le precipitazioni e tanti altri fenomeni, inclusa la vita stessa. In questo senso, il Sole alimenta il motore termico del nostro pianeta.
L'energia che gli esseri viventi ricavano dal cibo deriva, in ultima analisi, dai processi di fotosintesi, attraverso cui le piante catturano quotidianamente l'energia della luce solare e la trasformano in energia chimica immagazzinata nella biomassa, da cui hanno origine alimenti come frutta, verdura e legumi. Anche il metabolismo umano rappresenta un esempio di questa continua trasformazione dell'energia: l'energia chimica contenuta negli alimenti viene convertita nell'energia necessaria ad alimentare i movimenti, sostenere l'attività cerebrale e mantenere le funzioni vitali; una parte viene inoltre dissipata sotto forma di calore, contribuendo al mantenimento della temperatura corporea

intorno ai 36-37 °C. In questo senso, l'energia è alla base anche della coscienza, poiché alimenta i processi biochimici che rendono possibile il funzionamento del cervello. Ogni pensiero, percezione, parola o azione implica infatti un consumo, seppur minimo, di energia.
L'autore ci ricorda che, nonostante l'energia sia entrata negli usi umani già più di 400.000 anni fa con la domesticazione del fuoco, solo negli ultimi cinque secoli, a partire dalla rivoluzione scientifica del Seicento, abbiamo capito veramente di cosa si tratta. Dagli studi sui movimenti dei corpi di Galileo Galilei, alle leggi di gravitazione di Isaac Newton passando per le teorie sull'elettromagnetismo di Michael Faraday e James Clerk Maxwell, fino alla relatività di Albert Einstein con l'equivalenza tra massa ed energia condensata nella formula $E=mc^2$, l'energia è stata gradualmente disvelata, e gli esseri umani hanno capito come sfruttarne il potenziale.
Se è vero che l'energia si conserva, vale però il secondo principio della termodinamica, secondo cui molti processi termodinamici sono irreversibili perché comportano il passaggio dell'energia da uno stato più ordinato a uno più disordinato. Un fenomeno detto "entropia" formulato da Rudolf Clausius, enunciato nella formula seguente: «l'energia dell'Universo è costante, l'entropia dell'Universo tende a un massimo». Questo principio spiega tante applicazioni quotidiane come, ad esempio, il fatto che mescolare due sostanze sia molto più facile che separarle; nel primo caso abbiamo un aumento di disordine, nel secondo il tentativo di tornare a una forma più omogenea e ordinata. In sintesi, tutto tende al disordine, poiché per generare forme di materia più ordinate serve un'applicazione elevata di energia. L'entropia, termine che significa "trasformazione interiore" (dal greco ??, "dentro" e tropè, "trasformazione"), è un fenomeno affascinante che governa il nostro Universo. In questo passaggio l'autore si sofferma sulla vita e sul suo rapporto con l'entropia: la vita è un piccolo miracolo di organizzazione della materia, reso possibile dalla formazione di "isole di ordine nel caos", a partire dalla stessa Terra. In tale prospettiva, ha potuto prosperare perché si è configurata come un sistema aperto in costante scambio con l'ambiente esterno, ricevendo dal Sole energia altamente ordinata che ne ha permesso lo sviluppo, in un continuo flusso di restituzione verso l'esterno di forme di energia più degradate.
Un altro esempio calzante relativo all'entropia sono i combustibili fossili. Queste risorse, prodotte dalla decomposizione in milioni di anni di microorganismi sottoposti alla pressione del suolo, si sono immagazzinate in forme molto ordinate di energia, come il petrolio e il carbone. Quando le utilizziamo per alimentare i nostri processi, l'energia dei combustibili fossili viene rilasciata in forme molto disordinate, sotto forma di calore e anidride carbonica, responsabile dell'effetto serra e dei cambiamenti climatici in atto. Le rinnovabili, a loro volta, quando utilizzate producono forme di energia molto meno caotiche, più in armonia con l'equilibrio della Terra. L'entropia è quindi un concetto indissolubilmente legato alla sostenibilità della vita sul nostro pianeta.

L'energia nella storia umana

La seconda parte del libro di Roberto Battiston racconta il ruolo storico e politico dell'energia nella vicenda umana, in una ricostruzione che va dal Big Bang all'Antropocene. La scoperta e la successiva domesticazione del fuoco misero a disposizione dei sapiens la prima forma di energia esterna al corpo umano e non è un caso che se il fuoco è considerato dagli studiosi il vero salto evolutivo della specie. Oltre ai vantaggi immediati della cottura del cibo e del riscaldamento notturno, attorno ai primi falò serali sarebbero stati piantati i semi della cultura, della concettualizzazione e dell'espansione dei pensieri umani: il controllo del fuoco permise di dedicare più tempo al riposo, di sviluppare comunità più complesse e di trarre dal cibo maggiori risorse. In particolare, l'apporto nutritivo del cibo cotto è considerato il responsabile della crescita del nostro cervello. Senza il fuoco, afferma Battiston, saremmo ancora scimmie che vagano impaurite al buio.
Dal fuoco, migliaia di anni dopo, gli umani impararono a forgiare i metalli: prima il bronzo, fondendo stagno e rame, poi il ferro, da cui ricavarono armi e utensili, dando vita alle "Età" che da quei metalli

prendono il nome. Con l'invenzione della ruota il concetto stesso di lavoro cambiò drasticamente: da un modello in cui tutto veniva trasportato con lavoro umano (e quindi energia), si passò a un sistema in cui erano le macchine a svolgere le mansioni, rendendo i trasporti molto più efficienti ed efficaci. Queste innovazioni, insieme al clima stabile della Terra, permisero circa 10-12.000 anni fa lo sviluppo dell'agricoltura stanziale che - dalla Mezzaluna Fertile alla Valle dell'Indo, dalla Cina alle Americhe - consentì di catturare sistematicamente l'energia solare, trasformando la luce in surplus alimentare attraverso i raccolti. Attorno a questa rivoluzione si formarono vere e proprie civiltà idrauliche, sorte lungo i grandi fiumi, dove nacquero i primi Stati centralizzati come l'Antico Egitto e la Mesopotamia sumero-babilonese.
Il vero momento di svolta arrivò tuttavia con la macchina a vapore e le successive rivoluzioni industriali: per la prima volta gli umani riuscirono a produrre quantità enormi di energia su larga scala a partire dall'energia chimica contenuta nei combustibili fossili, emancipandosi definitivamente dal lavoro meccanico umano e passando dalle fonti rinnovabili tradizionali - il sole dell'agricoltura, il vento dei mulini - al carbone e poi al petrolio e al gas. Questa rivoluzione abbatté i costi di produzione e diffuse una prosperità senza precedenti. Successivamente, nel Novecento, il secolo dell'elettricità, si portò a compimento questo processo con le scoperte di scienziati come Alessandro Volta, Thomas Edison, Nikola Tesla ed Enrico Fermi che condussero alla trasformazione di varie forme di energia (potenziale, chimica, termica) in elettricità. L'elettricità prodotta su larga scala permise l'elettrificazione delle economie e alimentò lo sviluppo di telecomunicazioni e trasporti, con cui nacquero le società di massa. Il digitale stesso, che dall'elettricità dipende in larga parte, deve molto a questa rivoluzione energetica: la nostra società poggia oggi massicciamente sulle reti elettriche e sulla produzione di energia per sostenere l'infrastruttura digitale che permea le nostre vite.
Ogni "salto energetico" ha comportato un corrispettivo salto di organizzazione sociale e di concentrazione del potere. L'adozione massiccia dei mulini ad acqua nell'Europa del Basso Medioevo liberò dal lavoro migliaia di esseri umani e favorì la fioritura delle grandi città, così come la macchina a vapore e la combustione termica produssero le società industriali. In tutti gli scenari l'energia si è configurata come un elemento profondamente politico: chi controllava le fonti controllava la produzione, e chi controllava la produzione influenzava - come accade oggi - l'economia. Le grandi opere idrauliche furono l'epicentro del potere dei faraoni e degli imperatori cinesi, così come oggi le infrastrutture energetiche del fossile, dagli oleodotti alle piattaforme petrolifere, sono il cuore di un'intensa battaglia geopolitica tra Stati.
Non sorprende, allora, che per l'energia si siano combattute - e si combattano tuttora - innumerevoli guerre. Il Novecento, dominato dal carbone e poi dal petrolio e dal gas naturale, ne è l'esempio più evidente. Dal vantaggio strategico degli Alleati sui giacimenti carboniferi durante la Seconda guerra mondiale, alla deterrenza nucleare della Guerra fredda, fino agli shock petroliferi degli anni Settanta, quando l'OPEC "chiuse i rubinetti" all'Occidente per protesta contro il sostegno a Israele - un copione riproposto in tempi recenti nello Stretto di Hormuz, nel confronto tra Iran da un lato e Stati Uniti e Israele dall'altro. La transizione energetica, come ricorda l'autore, non cancella la geopolitica ma la pone maggiormente sul piano della tecnologia. Dalle rotte degli idrocarburi si passa infatti alle filiere dei minerali critici - cobalto, litio, nickel, e terre rare - indispensabili per pannelli solari e batterie di accumulo, e soprattutto alla capacità di raffinarli, oggi concentrata prevalentemente in Cina. Se la dipendenza dal gas russo si è rivelata un problema, non meno lo sarà quella dai detentori delle materie prime e delle capacità industriali necessarie per la decarbonizzazione.
Esiste tuttavia una differenza di fondo tra fossili e rinnovabili. I giacimenti di petrolio e gas sono concentrati in aree ristrette del pianeta - Medio Oriente e Russia su tutte - con evidente vantaggio per chi vi ha accesso diretto. Sole e vento, al contrario, sono distribuiti in modo relativamente omogeneo. Una transizione compiuta potrebbe quindi ridurre le disparità energetiche mondiali,

garantendo un accesso più equo all'energia.
La storia insegna, infine, che le civiltà, sempre più legate all'energia, possono anche crollare a causa di essa, sia per eccessivo sfruttamento o per scarsità di risorse. Alcuni studi hanno segnalato il ruolo che l'eccessivo sfruttamento del legname, la principale risorsa energetica dell'epoca, ebbe nella crisi dell'Impero Romano; o il caso del collasso della civiltà Maya classica (750-900 d.C.), in cui l'eccessiva deforestazione innescò una reazione a catena che interruppe il ciclo idrico, provocando grandi episodi di siccità e la fine di molti insediamenti urbani. Oggi lo sfruttamento delle risorse ha raggiunto livelli mai visti prima, portandoci a veri e propri fenomeni di overshooting, che hanno messo pesantemente sotto stress i nostri ecosistemi.

Le sfide del futuro
La terza parte è dedicata alle sfide per il futuro, in cui Battiston affronta il problema dei costi della transizione ecologica e delle resistenze che la rallentano a livello globale.
Il primo ostacolo è il cosiddetto carbon lock-in, ovvero la capillarità di infrastrutture energetiche progettate per i combustibili fossili nei due secoli e mezzo di rivoluzioni industriali. Il rischio di una riconversione industriale su larga scala priva di adeguati meccanismi di compensazione pubblica è quello di far ricadere i costi sulle persone impiegate in questi settori, e a cascata su quelli collegati, lasciando senza lavoro milioni di persone.
C'è poi un tema di volontà politica. Le grandi compagnie del settore dei combustibili fossili detengono oggi un immenso potere economico e politico, capace di influenzare l'azione degli Stati e di condizionare l'opinione pubblica. Trasformare il quadro legislativo proponendo policy audaci richiede un intenso lavoro di comunicazione rigorosa e ben calibrata per controbattere le narrative negative costruite dalle Big Oil e dai settori della politica a loro collegate, soprattutto di tendenza conservatrice, in un momento in cui si parla sempre meno di clima.
Questo nodo solleva a sua volta il problema del coordinamento globale. È evidente come i costi della transizione pesino soprattutto sui Paesi del Sud del mondo e sulle economie emergenti, che paradossalmente sono spesso le più restie a investire nelle rinnovabili per non sacrificare, nel breve periodo, il proprio sviluppo. Nonostante i passi in avanti compiuti a livello mondiale, dal Protocollo di Kyoto del 1997 all'Accordo di Parigi del 2015, la transizione energetica non sta procedendo in maniera uniforme. Al contrario, stiamo assistendo a un ritorno delle politiche nazionaliste in campo energetico e a un rinnovato negazionismo climatico da parte di alcuni attori chiave, come gli Stati Uniti. La transizione procederà comunque: i dati mostrano che gli investimenti nelle rinnovabili hanno ormai superato quelli nei combustibili fossili, in calo da diversi anni. Tuttavia, il futuro Net Zero 2050 invocato dalla comunità scientifica è a rischio, a causa dell'inerzia di alcuni attori, e la temperatura media globale potrebbe salire di 2-3 °C secondo alcuni scenari, con conseguenze catastrofiche per la vita sulla Terra.
Alla luce di queste sfide, Battiston riassume le strategie chiave per un futuro sostenibile: decarbonizzazione, efficientamento energetico, economia circolare, riforestazione, adattamento e resilienza. Sarà una combinazione di queste leve, spinta dall'innovazione tecnologica nella produzione, nell'accumulo e nella distribuzione di energia, a poterci garantire un mondo vivibile nei decenni a venire. L'autore ricorda tuttavia l'importanza di un approccio equilibrato. Anche lo sfruttamento eccessivo delle fonti rinnovabili può generare danni climatici ed eccessivi aumenti di entropia: se prelevassimo quote eccessive di vento, o ricoprissimo di pannelli solari porzioni eccessive di suolo, sottraendo queste energie al ciclo terrestre, ne deriverebbero gravi alterazioni climatiche.
La transizione deve quindi tenere conto di un insieme di impatti sull'ambiente, che l'autore divide in emissioni di CO_2 e inquinanti (dove le fonti fossili sono la causa principale, al contrario di rinnovabili e nucleare), uso del suolo (dove le rinnovabili, biomasse comprese, hanno impatti considerevoli per

l'estensione dei territori occupati) e consumo di acqua (con picchi legati alle fonti fossili e al nucleare). La soluzione sarà scegliere il mix energetico con il massimo livello di sostenibilità, che l'autore identifica in una quota di eolico, fotovoltaico e idroelettrico sostenuta dal nucleare di nuova generazione e da piccole quote di combustibili fossili con stoccaggio della CO2.
Infine, la transizione energetica dovrà integrarsi con considerazioni di giustizia sociale, per evitare fenomeni di povertà energetica. In questo senso sarà fondamentale il ruolo degli attori pubblici, più che del mercato. È stato ampiamente dimostrato, d'altronde, che i principali inquinatori sono gli Stati più ricchi e le persone più abbienti.
Nella parte finale del libro Roberto Battiston ci guida in un viaggio sul futuro dell'energia e dell'intero Universo. Gli scienziati hanno da tempo scoperto l'esistenza della materia oscura, un tipo di materia che non emette radiazione elettromagnetica e per questo è invisibile, ma che esercita un ruolo fondamentale nel "tenere insieme" le galassie grazie ai suoi effetti gravitazionali. Allo stesso tempo, sul finire degli anni Novanta è stata rilevata un'altra componente fondamentale dell'Universo: l'energia oscura. Oggi si pensa che questa misteriosa entità, non rilevabile ma che permea lo spazio vuoto, costituisca il 70% dell'Universo conosciuto. L'energia oscura è responsabile dell'espansione in continua accelerazione dell'Universo, avendo da tempo superato l'effetto centripeto della forza di gravità. In base a queste rilevazioni, gli scienziati ipotizzano che l'Universo possa finire in tre modi possibili: il Big Freeze (il più probabile) in cui l'Universo si espande a tal punto che tutti i corpi si allontanano dagli altri, le stelle cessano di esistere e di formarsi e tutto diventa buio; il Big Rip, in cui l'accelerazione dell'espansione diventa così violenta da "strappare a pezzi" l'Universo, spezzando i legami gravitazionali e gli atomi stessi fino a ridurre tutto ad una poltiglia di particelle elementari; infine il Big Crunch, in cui al contrario la gravità riprende il controllo e l'Universo torna a restringersi fino a collassare su stesso. Qualunque sia il futuro del cosmo, sarà comunque l'energia a determinarlo. L'energia è, in altre parole, l'essenza stessa di tutte le cose.