

>> E-MPACT

>> Mondo digitale, impronta reale

```
> system initializing...
> checking environmental protocols...
> [ERROR]
> trace: Resource.depletion.cpp:24
> status: failed
-----

CRITICAL ALERT

** error 404 : sustainability not found **
-----

environmental damage : critical
energy consumption: high
e-waste generation: max
```

Consumo energetico
ed idrico di una
nazione europea

Malattie terminali
Lavoro minorile
Obsolescenza



E-mpact

Mondo digitale, impronta reale



Iniziativa realizzata con il contributo del Politecnico di Milano

Autori

Giovanni Bertoldo

Matteo Celano

Alessandra De Francesco

Silvia Di Stefano

Grégoire Genouville

Giulia Giacomini

Vincenzo Maria Nupieri

Maria Pavoni

Letizia Verona

Revisione

Emanuele Caltagirone

Elisa Tricomi

2026 Resilient G.A.P.

Indice

1	Introduzione	5
2	Produzione	6
3	Utilizzo	17
4	Obsolescenza Programmata	29
5	Smaltimento	38
6	Prospettive future	53
7	Conclusioni	69

1 Introduzione

Ti sei mai chiesto cosa serva per costruire, utilizzare e smaltire i tuoi dispositivi? Questa fanzine svela i costi sociali e ambientali che si celano dietro la tecnologia di cui facciamo uso quotidianamente. Ripercorriamo il percorso nascosto che va dall'estrazione delle materie prime e dall'alimentazione dei data center fino alla fine del ciclo di vita e allo smaltimento di ogni dispositivo che diventa obsoleto.

In effetti, la parola tecnologia può comprendere quasi tutto ciò che ci circonda e che ha in comune il fatto di apparire vecchio, di un'epoca passata rispetto all'ultima novità, quella che finalmente renderà le nostre vite più facili.

Quindi non dovresti sorprenderti se, dato il titolo, inizierai a leggere di villaggi minerari dove l'elettricità è ancora un mistero, che l'obsolescenza programmata è vecchia quanto la prima lampadina, che i data center bramano terra e acqua come i contadini del passato e che, quando tutto diventa rifiuto, le care vecchie discariche sono ancora tra noi.

Poiché il ciclo di vita dei nostri dispositivi elettronici è tutto aggrovigliato, non ci sono regole rigide per leggerlo: sentitevi liberi di saltare pagine e sfogliare i capitoli nell'ordine che preferite. Potreste anche iniziare dalla fine per dare un'occhiata alla bolla dell'IA e al nostro rapporto futuro con la tecnologia.

Anche questa fanzine invecchierà: leggetela in fretta per scoprire le soluzioni del presente, prima che ne inventino di migliori.

2 Produzione

Una tavola periodica nelle nostre mani

Siamo così abituati a vedere quotidianamente ogni sorta di dispositivo elettronico da quasi dimenticare quanto siano complessi e sofisticati: ciò che può apparire come un semplice telefono è, in realtà, un insieme di più di metà degli elementi della tavola periodica.¹ Tra questi, i minerali sono la frazione più consistente, in termini di peso, poiché le batterie sono i componenti più pesanti in molti dispositivi e necessitano di materiali specifici per garantire performance elevate.

Tra di essi dobbiamo sicuramente menzionare: il rame, per circuiti e cablaggi, il litio, come portatore di carica, l'alluminio, per gli involucri e la dissipazione del calore, e il cobalto, utile ad aumentare la stabilità dei catodi.²

Oltre che essere fondamentali per il funzionamento di ogni smartphone, possiedono un secondo aspetto comune: hanno preoccupanti impatti ambientali e sociali in quasi ogni parte del mondo. Tra tutti i luoghi, però, è la Repubblica Democratica del Congo (DRC) a distinguersi tristemente: la regione di Katanga, nel sud-est del paese, è ricca di una moltitudine di metalli preziosi, sfruttati molteplici volte nel corso della storia. Seppur queste attività minerarie continuino da secoli, non c'è stato alcun sostanziale miglioramento delle condizioni lavorative e di vita: le stesse persone che estraggono minerali indispensabili per ogni dispositivo elettronico abitano villaggi dove ancora s'attende l'arrivo dell'elettricità.

Il respiro tossico della lavorazione del cobalto

Ad oggi, la DRC è il primo esportatore al mondo di Cobalto, con il 76.6% della produzione globale nel 2024.³ In natura, si trova

¹Mauro Cordella, Felice Alfieri e Javier Sanfelix. «Guidance for the Assessment of Material Efficiency: Application to Smartphones». In: *National Library of Medicine* (gen. 2020). DOI: 10.2760/037522.

²Jane E. Jenness et al. *A world of minerals in your mobile device*. 2016. DOI: 10.3133/gip167. URL: <https://doi.org/10.3133%2Fgip167>.

³canada.

comunemente legato al bronzo, ma i due si separano facilmente grazie all'acido solforico. Ciò non significa che sia un processo scevro da complicazioni: tra i prodotti di scarto troviamo un gas formato da acido fluoridrico, biossido di zolfo e acido solforico, senza alcun valore economico, che dunque viene rilasciato senza ulteriori trattamenti. Coloro che abitano nelle vicinanze non hanno possibilità di proteggersi da questa polvere sottilissima che provoca svariati danni alla salute, tra cui danni permanenti agli organi e conseguenze fatali.⁴

Gli impatti sulla popolazione non si fermano qui: ogni fazzoletto di terra ha la potenzialità di diventare una nuova concessione mineraria non appena vengono trovate sufficienti concentrazioni di minerali pregiati. Quando si tratta di aree incontaminate, le conseguenze negative dovute al cambio d'uso del suolo e alla frammentazione degli ecosistemi sono inevitabili. Oltre a ciò, quando sono presenti anche insediamenti umani, le persone vengono dislocate, senza possibilità alcuna di far valere i propri diritti.⁵

La trappola artigianale: un ciclo di schiavitù invisibile

Spostandoci alle conseguenze dirette sui minatori la situazione peggiora ulteriormente. Le aziende, in ogni stadio della filiera produttiva, assicurano di limitarsi ad utilizzare materie prime estratte in conformità con i diritti dei lavoratori, prestando attenzione a sicurezza, salari e ad evitare il lavoro minorile. Lo stato attuale racconta una situazione molto diversa: le miniere artigianali e di piccola scala contribuiscono ad almeno il 30% della produzione globale di cobalto, inoltre, i minatori artigianali rappresentano circa il 90% della forza lavoro impiegata a livello mondiale in questo settore.⁶ Artigianale si riferisce a condizioni di lavoro in cui la quasi totalità delle attività è svolta manualmente, in assenza

⁴Siddharth Kara. «Cobalt red: How the blood of the Congo powers our lives». In: New York: St. Martin's Press, 2023, p. 124.

⁵Ibid.

⁶The Artisanal e Small-scale Mining Knowledge Sharing Archive. *World Maps of Artisanal and Small-scale Mining*. <https://artisanalmining.org/Inventory/>. 2025.

di attrezzature tecnologiche e di sicurezza; il tutto avviene senza accordi formali riguardo a salari minimi e assicurazioni sanitarie. La combinazione di questi fattori fa sì che per i genitori sia quasi impossibile guadagnare sufficientemente per tutta la famiglia e gli incidenti sul lavoro siano molto più probabili; dunque, è prassi che i bambini inizino a lavorare prestissimo, nel momento in cui un familiare non è più in grado di farlo. Questo genera una sacca di povertà: i genitori non sono in grado di mandare i figli a scuola per una quantità di tempo sufficiente ad accedere a lavori più pagati, la sola possibilità è diventare a loro volta minatori informali per essere, un giorno, incapaci di garantire un'istruzione alla nuova generazione. Stipendi così bassi garantiscono un vantaggio economico immediato ai proprietari delle miniere e la certezza di avere una forza lavoro pressoché infinita per gli anni a venire.⁷

Doppio gioco delle aziende e filiera oscura

Grazie a pochi step, tra estrazione e produzione, tutti questi problemi rimangono nell'ombra, così che sia le aziende sia i consumatori possono vivere senza preoccupazioni di ogni sorta. Tutto inizia dai minatori artigianali che lavorano nelle stesse concessioni di proprietà di grandi società minerarie. Alcune di queste lo permettono per motivi economici, senza preoccuparsi di renderlo meno ovvio. Infatti, le istituzioni pubbliche sono le prime a trarre benefici da questa situazione; quindi, le attività estrattive non vengono solo tollerate, ma anche garantite e protette.

Naturalmente, ci sono anche aree dove il tutto è svolto con moderne tecnologie industriali. Il rischio principale per gli stakeholder è l'esposizione pubblica della realtà dietro le quinte. Di conseguenza, mentre i macchinari pesanti contribuiscono in modo significativo alla produzione, fungono anche da facciata per mascherare la vera natura della catena di approvvigionamento. Questi impianti

⁷Kara, «Cobalt red: How the blood of the Congo powers our lives».

⁸Ibid.

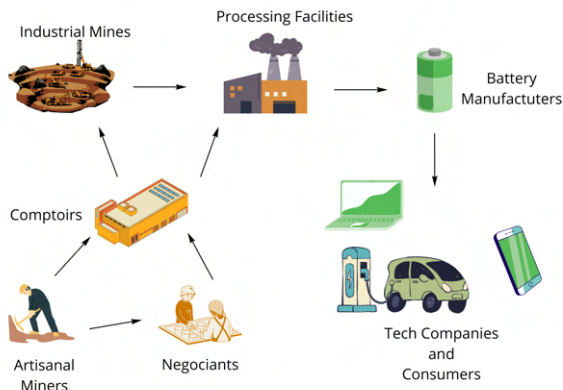


Figura 1: Il quadro generale della catena di approvvigionamento⁸

al passo coi tempi sono ciò che il resto del mondo deve vedere, credendo che tutti i minerali siano lavorati così.

Per far funzionare questo trucco, sono necessari altri due tipi di lavoratori informali. Piccoli commercianti, che acquistano i metalli grezzi direttamente dai minatori artigianali, e i gestori dei depositi, che li acquistano da loro, chiamati rispettivamente *négociants* e *comptoirs*. Questi ultimi venderanno i medesimi materiali alle società minerarie e agli impianti di lavorazione, pronti a trasformarli tutti insieme, rendendo impossibile risalire alla fonte per distinguere tra produzione artigianale e industriale.⁹

A questo punto, il cobalto può essere venduto ai produttori di batterie che possono affermare di non aver mai acquistato nulla proveniente da miniere artigianali. Da qui in avanti, è necessario un secondo componente: semplificando, le moderne batterie agli ioni sono formate da un anodo e un catodo, il quale è solitamente fatto di ossido di litio-cobalto.¹⁰

⁹Kara, «Cobalt red: How the blood of the Congo powers our lives».

¹⁰University of Washington Clean Energy Institute. *Lithium-Ion Battery*. <https://artisanalmining.org/Inventory/>. 2023.

Litio e siccità

L'introduzione del litio in questa storia apre le porte ad un nuovo impatto negativo: il consumo d'acqua in regioni dove è tutt'altro che abbondante. Il Cile e l'Australia hanno prodotto da soli il 50% del litio venduto nel 2024 e, insieme all'Argentina, possiedono il 70% delle riserve mondiali conosciute di questo metallo.¹¹

Il litio non si trova in natura come elemento nativo; piuttosto, si presenta all'interno di composti minerali, tipicamente in salamoie o in rocce grezze.¹²

In Cile, Argentina e Bolivia si trova comunemente sottoforma di salamoia in pozzi sotterranei. Per estrarne una quantità sufficiente è necessario estrarre grandi volumi d'acqua; successivamente sono necessari grandi bacini per ottenere sali di litio altamente concentrati attraverso un processo di evaporazione solare, che tipicamente dura 1-2 anni.¹³

La preoccupazione maggiore non è sicuramente l'inefficienza nella durata del processo, ma il fatto che circa il 90% dell'acqua che viene prelevata viene persa per evaporazione e sottratta al ciclo idrogeologico della regione.¹⁴

Le risorse idriche si stanno esaurendo mentre la domanda di litio continua a crescere: stagni e zone umide sono minacciati, così come gli ecosistemi e le comunità locali che dipendono da quella

¹¹Government of Canada. *Cobalt facts*. <https://natural-resources.canada.ca/minerals-mining/mining-data-statistics-analysis/minerals-metals-facts/cobalt-facts>. 2026.

¹²Wikipedia contributors. *Lithium*. Wikipedia, The Free Encyclopedia. 2024. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Lithium>.

¹³Lithium Harvest. *Lithium Extraction Methods*. Lithium Harvest. 2025. URL: <https://lithiumharvest.com/knowledge/lithium-extraction/lithium-extraction-methods/>.

¹⁴Rowan T. Halkes et al. «Life cycle assessment and water use impacts of lithium production from salar deposits: Challenges and opportunities». In: *Resources, Conservation and Recycling* 207 (2024). DOI: 10.1016/j.resconrec.2024.107554. URL: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107554>.

¹⁵Nuno Luciano. *Copy of - 2021-02-11.jpg*. <https://www.flickr.com/photos/nunoluciano/51147756272/>. 2021.



Figura 2: Vasche di evaporazione¹⁵

stessa acqua in una delle regioni più aride del pianeta. Intuitivamente, maggiore è la superficie, più alto è il tasso di evaporazione: le compagnie minerarie si stanno accaparrando vaste porzioni di territorio, ancora una volta supportate dalle istituzioni pubbliche e con scarso interesse per le opinioni e i diritti delle persone.¹⁶

In Australia invece, il litio è estratto direttamente dalle rocce per risparmiare acqua; il rovescio della medaglia è che si tratta di un processo estremamente energivoro, con un impronta di carbonio cinque volte maggiore.¹⁷

Esistono anche processi più efficienti e sostenibili, ma non sono usati su larga scala in nessuna parte del mondo.

Rame e Alluminio: processo di estrazione e produzione

Il rame e l'alluminio sono materiali fondamentali per le industrie moderne e svolgono un ruolo chiave nella transizione energetica,

¹⁶Charis McGowan. «'The source of all life is here': plan to mine lithium in Chilean salt flat sparks fears of water scarcity». In: *The Guardian* (1 gen. 2026). URL: <https://www.theguardian.com/global-development/2026/jan/01/chile-lithium-rio-tinto-fears-colla-indigenous-water-atacama-ecosystem>.

¹⁷Omer Amar. *Lithium's Environmental Impact: Calculated and Explained*. <https://www.arbor.eco/blog/lithium-environmental-impact>. 2025.

soprattutto grazie alla loro eccellente conducibilità e alla vasta gamma di applicazioni in settori come l'elettronica, l'edilizia e i sistemi di energia rinnovabile. Tuttavia, la loro produzione è complessa e richiede un elevato impiego di risorse, articolandosi in diverse fasi che comportano impatti ambientali, sociali ed economici rilevanti.

La produzione del rame inizia con l'estrazione del minerale, principalmente la calcopirite, tramite miniere a cielo aperto o sotterranee. L'estrazione a cielo aperto è più economica ed efficiente, ma comporta un impatto ambientale molto più elevato, poiché richiede la rimozione di grandi quantità di terreno e vegetazione, causando distruzione degli habitat e alterazioni del paesaggio. L'estrazione sotterranea, invece, è meno invasiva in superficie ma più costosa e tecnologicamente complessa. In entrambi i casi, le attività minerarie provocano gravi danni agli ecosistemi e alla biodiversità.

Dopo l'estrazione, il minerale viene frantumato e macinato fino a ottenere una polvere fine, così da facilitare la separazione del rame dalle impurità. Il passaggio successivo è la flottazione, un processo che utilizza acqua e reagenti chimici per isolare i minerali di rame dal resto del materiale. Questa fase è fondamentale ma richiede un notevole impiego di risorse, soprattutto in termini di consumo idrico. Il concentrato ottenuto viene poi sottoposto a fusione e raffinazione ad altissime temperature per ottenere rame puro, processi che richiedono grandi quantità di energia.

La produzione dell'alluminio segue un percorso altrettanto impattante. Inizia con l'estrazione della bauxite, generalmente tramite miniere a cielo aperto, che comporta deforestazione, degrado del suolo e perdita di biodiversità. Una volta estratta, la bauxite viene trasportata negli impianti di lavorazione dove subisce il processo Bayer, durante il quale viene trattata con soda caustica ad alte temperature per separare l'allumina dalle impurità. Questa fase produce il cosiddetto "fango rosso", un rifiuto altamente tossico e difficile da gestire.¹⁸

¹⁸Matic Jovičević-Klug et al. «Green steel from red mud through climate-neutral

L'allumina viene poi trasformata in alluminio attraverso il processo Hall-Héroult, un metodo elettrolitico che richiede enormi quantità di energia elettrica.

Una delle aziende più importanti nell'estrazione della bauxite è la Compagnie des Bauxites de Guinée, situata nella regione di Boké, in particolare nel giacimento di Sangarédi, in Guinea. Nel corso degli anni, la CBG è diventata uno dei principali esportatori mondiali di bauxite di alta qualità, con una produzione annua superiore a 16 milioni di tonnellate. Questa attività ha contribuito in modo significativo alle entrate statali della Guinea, rendendo il settore minerario una componente essenziale dello sviluppo economico del paese.¹⁹²⁰

Il vero prezzo dei minerali: acqua, energia e inquinamento

Sia la produzione del rame sia quella dell'alluminio rilasciano sostanze nocive nell'ambiente. La fusione del rame produce anidride solforosa (SO₂), che contribuisce alle piogge acide, mentre particelle sottili e metalli pesanti come arsenico e piombo rappresentano un grave rischio per la salute umana. Le attività minerarie generano inoltre grandi quantità di rifiuti tossici, come i "tailings" nell'estrazione del rame e il fango rosso nella produzione dell'alluminio, che possono contaminare suolo e acqua se non gestiti correttamente. I lavoratori e le comunità vicine sono esposti a seri rischi sanitari, tra cui malattie respiratorie e croniche.

Il consumo di acqua ed energia rappresenta un'ulteriore criticità. La lavorazione del rame richiede volumi d'acqua estremamente

hydrogen plasma reduction». In: *Nature* 625.7996 (gen. 2024), pp. 703–709. ISSN: 1476-4687. DOI: 10.1038/s41586-023-06901-z. URL: <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06901-z>.

¹⁹Mining Technology. *CBG Bauxite (Aluminium Ore) Mining Operations*. https://www.mining-technology.com/projects/cbg-bauxite/?utm_source=&utm_medium=19-20482&utm_campaign=recommended-articles-pi&cf-view&cf-view. 2026.

²⁰Guinea Mining Insights. *Compagnie des Bauxites de Guinée (CBG)*. <https://guineamininginsights.com/mining-companies/compagnie-des-bauxites-de-guinee-cbg>. 2026.

elevati (fino a 500.000 litri per tonnellata) e l'acqua utilizzata è spesso contaminata da metalli pesanti e sostanze acide, causando fenomeni di drenaggio acido e danni agli ecosistemi acquatici. Allo stesso tempo, sia la produzione del rame sia quella dell'alluminio sono altamente energivore, soprattutto nelle fasi di fusione ed elettrolisi, spesso basate sull'uso di combustibili fossili. Ciò comporta elevate emissioni di gas serra: la produzione di una tonnellata di rame genera circa 3-5 tonnellate di CO₂, oltre alle emissioni derivanti dai macchinari pesanti utilizzati nelle attività estrattive.

Le attività minerarie hanno anche importanti conseguenze sociali. In molti casi, i terreni diventano inutilizzabili per l'agricoltura a causa dell'inquinamento e delle trasformazioni fisiche, costringendo le comunità locali ad abbandonare le attività tradizionali. Di conseguenza, le popolazioni finiscono spesso per diventare economicamente dipendenti dal settore minerario, perdendo autonomia e stabilità nel lungo periodo.

La crisi del rame

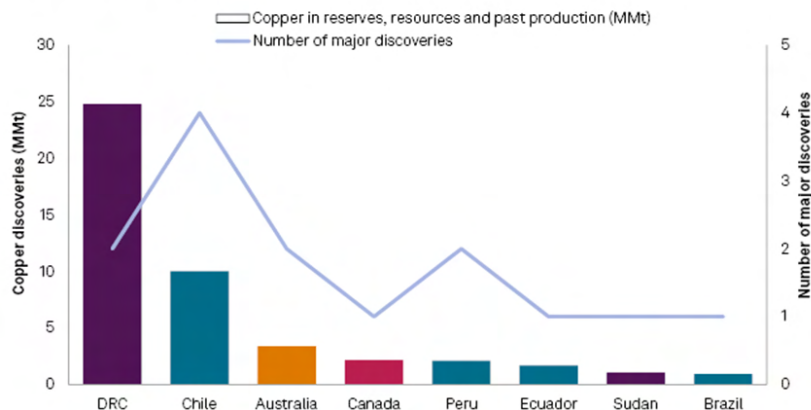
Nonostante la domanda sia in rapida crescita, l'offerta fatica a tenere il passo. Il problema non riguarda solo la produzione, ma anche la disponibilità del rame, che sta diventando sempre più limitata e difficile da estrarre.²¹

Inoltre, la maggior parte dei giacimenti attuali è di qualità inferiore. Su 144 depositi ancora in fase di sviluppo, solo 16 superano i 10 milioni di tonnellate, dimensione necessaria per sostenere una grande miniera per almeno 20 anni. Di questi, soltanto 5 presentano un tenore superiore all'1%, mentre la maggior parte ha concentrazioni inferiori allo 0,5%. Ciò significa che è necessario estrarre quantità sempre maggiori di roccia per ottenere la stessa quantità di rame.

Anche le grandi miniere mostrano segni di declino. Il Cile, che produce circa il 30% del rame mondiale, rappresenta un esempio

²¹Sean DeCoff. *Major Copper Discoveries*. <https://www.spglobal.com/market-intelligence/en/news-insights/research/major-copper-copper-discoveries>. 2024.

Most copper discoveries of the last decade in Africa



As of June 11, 2024.

MMt = million metric tons; DRC = Democratic Republic of Congo.

Source: S&P Global Market Intelligence.

© 2024 S&P Global.

Figura 3: Andamento delle miniere di rame in Africa

evidente: la miniera di Chuquibambilla²² ha registrato un calo della produzione del 40%, mentre la miniera di Escondida, la più grande al mondo, ha subito riduzioni significative.²³

Di fronte a queste sfide, il settore del rame si sta orientando verso soluzioni più sostenibili. Una delle strategie più efficaci è il riciclo del rame, che oggi rappresenta circa il 30% della produzione globale. Questo riduce la necessità di nuove attività estrattive e contribuisce a proteggere gli ecosistemi naturali. Un'altra soluzione promettente è rappresentata dalla biotecnologia: grazie all'impiego di specifici microrganismi, è possibile estrarre il rame dai minerali attraverso processi naturali, oltre a ridurre la tossicità dei metalli pesanti.

²²Mining Technology. *Copper, Codelco & Chile*. https://www.mining-technology.com/features/featurecopper-codelco-chile-4939147/?utm_source=&utm_medium=19-26297&utm_campaign=recommended-articles-pi. 2016.

²³BHP. *Escondida*. <https://www.bhp.com/what-we-do/global-locations/chile/escondida>. 2026.

Il riciclo come chiave della sostenibilità

Negli ultimi anni sono stati compiuti diversi sforzi per ridurre l'impatto ambientale della produzione di alluminio. Tra le soluzioni più innovative vi è il recupero del fango rosso, che può essere riutilizzato per migliorare la fertilità del suolo o per produrre materiali alternativi come cemento e mattoni.

Tuttavia, la soluzione più efficace resta il riciclo dell'alluminio. Questo materiale può essere riutilizzato all'infinito senza perdere le sue proprietà, riducendo così la necessità di estrarre nuova bauxite e limitando la deforestazione e il consumo di suolo.

Se continuerai a seguirci, scoprirai di più su questo argomento nel capitolo 4!²⁴²⁵

²⁴International Aluminium. *Recycling*. <https://international-aluminium.org/work-areas/recycling/>. 2026.

²⁵Mining Technology. *Rio Tinto forms aluminium recycling JV with Giampao-lo*. https://www.mining-technology.com/features/featurecopper-codelco-chile-4939147/?utm_source=&utm_medium=19-26297&utm_campaign=recommended-articles-pi. 2023.

3 Utilizzo

Ora che abbiamo valutato l'impatto della produzione dell'hardware, è tempo di scoprire cosa succede quando si hanno questi dispositivi in mano o sulla propria scrivania. State certi che il problema principale non riguarda la ricarica del telefono o l'alimentazione del computer, ma ciò che accade a chilometri di distanza da voi, forse persino oltre oceano in enormi stabilimenti che potrebbero essere più grandi della vostra città: i cosiddetti data center.

Cos'è un Data center?

Probabilmente non ne avete mai visto uno, ma tutta la vostra vita digitale risiede al loro interno. Quando parliamo di “Cloud”, non stiamo parlando di qualcosa di etereo o senza peso. Parliamo di enormi magazzini senza finestre con file infinite di server ronzanti e router. I data center sono il cuore fisico della nostra esistenza moderna. Sono i motori del XXI secolo, che alimentano ogni cosa: dai vostri video in streaming a tarda notte e il mining di criptovalute al complesso “pensiero” richiesto dall'intelligenza artificiale.



Figura 4: Vista aerea del data center di Google a Council Bluffs, IA²⁶

²⁶Luciano, *Copy of - 2021-02-11.jpg*.

Questi edifici sono essenzialmente biblioteche su larga scala di potenza di calcolo, dove i dati scorrono 24 ore su 24, 7 giorni su 7, attraverso un sistema nervoso nascosto di cavi in fibra ottica sepolti nel profondo del sottosuolo. Questa rete collega un centro all'altro a velocità enormi, permettendo alle informazioni di navigare attraverso il globo in millisecondi. Sebbene internet sembri invisibile, è tenuto in piedi dal duro lavoro di circa 500.000 persone impiegate per mantenere operative queste strutture.²⁷ È un compito enorme, specialmente considerando che solo nel 2024 abbiamo creato, catturato e copiato circa 149 zettabyte di informazioni.²⁸ Per dare un'idea, un singolo zettabyte è uguale a mille miliardi di gigabyte.

Non tutti i data center sono creati sulla stessa scala. Mentre i centri locali su piccola scala gestiscono circa il 10% del carico digitale mondiale e le strutture delle grandi aziende gestiscono un altro 20%-30%, i veri giganti sono i data center “Hyperscale”. Questi complessi enormi rappresentano una quota sbalorditiva, tra il 60% e il 70% di tutta l'elaborazione dati; gli hub specializzati dove l'IA vive realmente.²⁹ Poiché l'IA richiede calcoli così intensi e ininterrotti, è migrata verso questi mega-magazzini in grado di fornire l'energia e lo spazio necessari per ospitare i chip più potenti della terra.

²⁷Miguel Yañez-Barnuevo. «Data Center Energy Needs Could Upend Power Grids and Threaten the Climate». In: *Environmental and Energy Study Institute* (apr. 2025). URL: <https://www.eesi.org/articles/view/data-center-energy-needs-are-upending-power-grids-and-threatening-the-climate>.

²⁸Net Zero Insights. *The Environmental Cost of Data Centers*. <https://netzeroinsights.com/resources/data-centers-environmental-cost/>. 2025.

²⁹Lorraine De Montenay et al. «Prospective d'évolution des consommations des data centers à court, moyen et long terme de 2024 à 2060». In: *La librairie ADEME* (2026). URL: <https://librairie.ademe.fr/energies/8910-10774-prospective-d-evolution-des-consommations-des-data-centers-a-court-moyen-et-long-terme-de-2024-a-2060.html#product-features>.

³⁰Ringmast4r. *Global-Data-Center-Map*. <https://github.com/Ringmast4r/Global-Data-Center-Map>. 2026.

Data centers distribution in the world

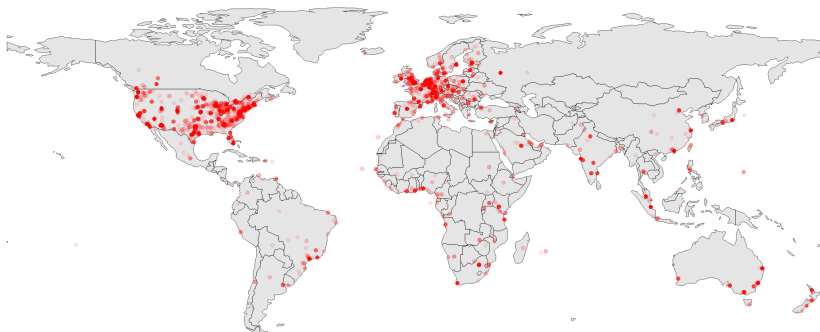


Figura 5: Heat map della posizione dei data center³⁰

Perché l'IA ha cambiato le regole del gioco

Prima dell'esplosione dell'intelligenza artificiale, i data center operavano già a pieno regime; tuttavia, l'IA ha incrementato la domanda energetica e computazionale a livelli critici. Il cloud computing tradizionale, come archiviare una foto o inviare un'e-mail, ha un impatto relativamente basso. L'IA, d'altro canto, non sta solo alzando l'asticella: sta proprio cambiando il gioco. Non si limita a memorizzare dati, ma li “elabora” attraverso trilioni di connessioni, generando un attrito immenso e una domanda di energia enorme. Questo legame è il motivo per cui questi silenziosi edifici grigi sono improvvisamente diventati il centro di un animato dibattito ambientale in cui le nostre ambizioni digitali si scontrano con la realtà delle risorse del nostro pianeta.

Un pozzo senza fondo di consumo energetico

I data center richiedono elettricità per funzionare. La Figura 6 mostra come viene suddiviso il conto. L'80% dell'energia consumata è dovuta all'informatica stessa e al raffreddamento dell'infrastruttura.

Negli ultimi anni si è registrato un incremento significativo nell'utilizzo dei data center; un trend destinato a intensificarsi ulteriormente nei seguenti ambiti:

- IA
- Blockchain
- Comunicazioni Machine to machine (M2M)³²

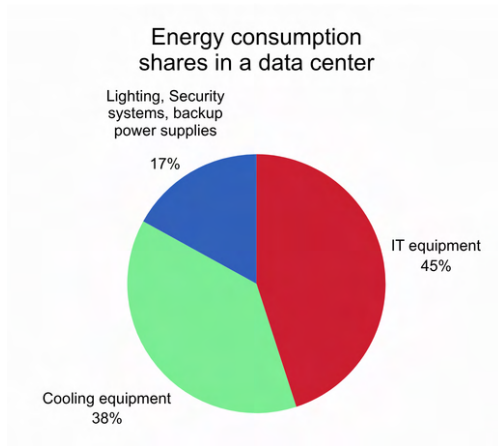


Figura 6: ³¹

Mentre la domanda di potenza di calcolo continua a crescere, si prevede che il numero di data center salirà alle stelle, così come il loro consumo di elettricità. La domanda globale di energia nei paesi sviluppati è cresciuta del 2% dal 2023, dopo essere rimasta stabile dalla crisi dei subprime nel 2008. Negli Stati Uniti, che ospitavano il 37% di tutti i data center nel 2024, la domanda di elettricità dei data center potrebbe quadruplicare entro il 2030.³³

Did you know ?
 Energy for Your
 3 LLM $\equiv$ phone
 queries battery

³¹Yañez-Barnuevo, «Data Center Energy Needs Could Upend Power Grids and Threaten the Climate».

³²De Montenay et al., «Prospective d'évolution des consommations des data centers à court, moyen et long terme de 2024 à 2060».

³²Pranshu Verma e Shelly Tan. «A bottle of water per email; the hidden environmental costs of AI chatbots». In: *Washington Post* (2024). URL: <https://www.washingtonpost.com/technology/2024/09/18/energy-ai-use-electricity-water-data-centers/>.

³³Yañez-Barnuevo, «Data Center Energy Needs Could Upend Power Grids and Threaten the Climate».

Burn, Baby, Burn

Sfortunatamente, i data center attuali e quelli previsti sono situati in aree ad alta intensità di carbonio (negli Stati Uniti, 548 gCO₂e/kWh contro una media di 369 gCO₂e/kWh), il che potrebbe rendere inefficaci gli scenari a zero emissioni di carbonio della maggior parte delle aziende e degli stati.³⁵

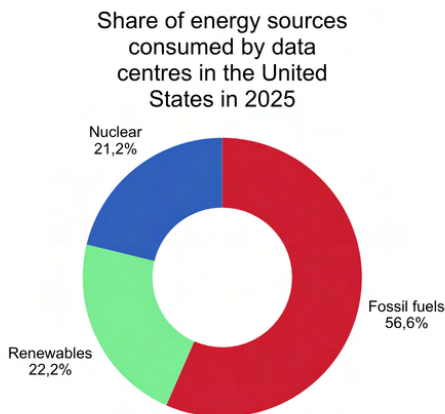


Figura 7: ³⁴

La crescente domanda di elettricità sta rallentando la chiusura delle centrali a carbone e incoraggiando la costruzione di nuovi impianti di generazione a gas naturale. Infatti, la necessità di energia economica e prontamente disponibile potrebbe tagliare i futuri investimenti nelle rinnovabili.³⁶ Di conseguenza, le emissioni del settore elettrico negli Stati Uniti potrebbero aumentare di oltre il 56% da qui al 2035.³⁷

³⁴Yañez-Barnuevo, «Data Center Energy Needs Could Upend Power Grids and Threaten the Climate».

³⁵Ibid.

³⁶Ben Murray e Mia DiFelice. «A No Brainer: How AI's Energy and Water Footprints Threaten Climate Progress». In: *Food & Water Watch* (2024). URL: <https://www.washingtonpost.com/technology/2024/09/18/energy-ai-use-electricity-water-data-centers/>.

³⁷Yañez-Barnuevo, «Data Center Energy Needs Could Upend Power Grids and Threaten the Climate».

³⁸Ibid.

³⁹International Energy Agency. *Energy demand from AI*. <https://www.iea.org/reports/energy-and-ai/energy-demand-from-ai>. 2026.

³⁹Ember Energy. *Yearly Electricity Data*. <https://ember-energy.org/data/yearly-electricity-data/>. 2026.

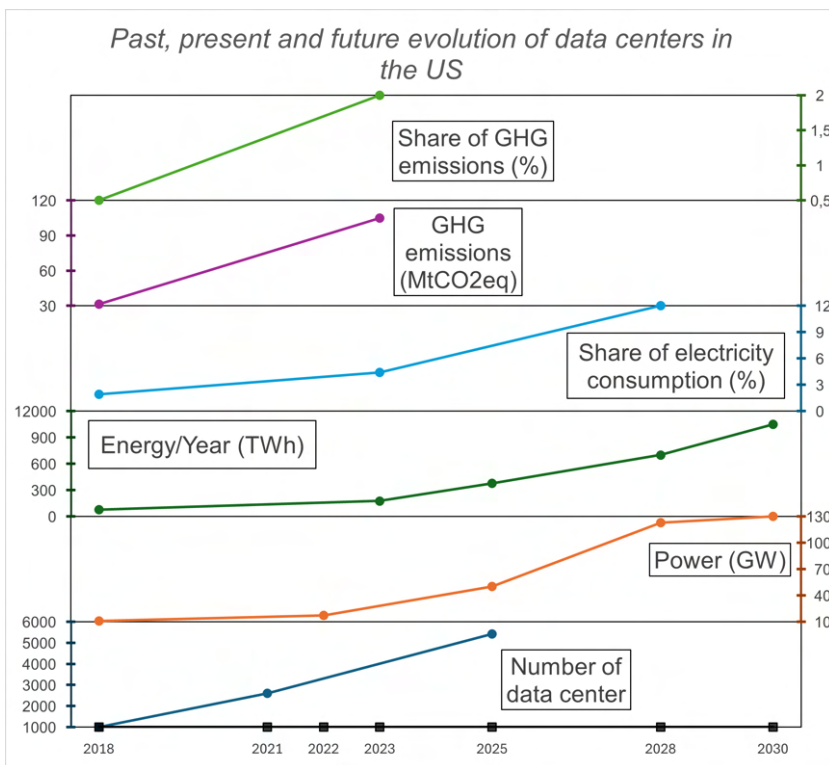


Figura 8: Aggregazioni di diverse proiezioni³⁸

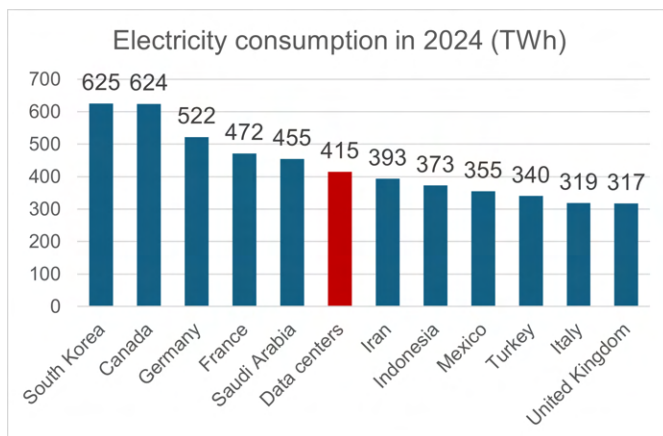


Figura 9: I data centers insieme consumano come una grande nazione³⁹



Figura 10: L'ordine di grandezza della potenza elettrica⁴⁰

Dove ci sta portando tutto questo?

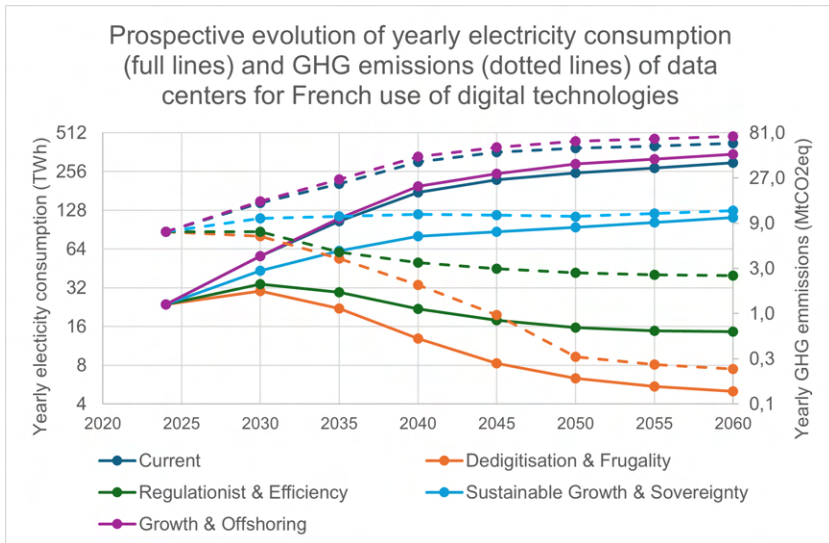


Figura 11: L'impronta carbonica e il consumo di energia di un data center dipendono largamente dalle politiche pubbliche⁴¹

L'evoluzione dei consumi e delle emissioni dei data center dipende fortemente dagli incentivi o dalle regolamentazioni delle politiche nazionali. Come cittadino, hai il potere di influenzare queste politiche! (Guarda la Figura 11)

⁴⁰Yañez-Barnuevo, «Data Center Energy Needs Could Upend Power Grids and Threaten the Climate».

⁴¹De Montenay et al., «Prospective d'évolution des consommations des data centers à court, moyen et long terme de 2024 à 2060».

Una rivoluzione assetata

Ogni volta che premi “invio” su un prompt di ChatGPT o chiedi a un’IA di generare un’immagine, un macchinario massiccio e silenzioso entra in azione. Dietro l’interfaccia fluida si nasconde una rete di data center, essenzialmente fabbriche giganti che convertono l’elettricità in calore. Per evitare che questi ‘cervelli digitali’ si fondano, è necessaria una quantità spropositata d’acqua per il raffreddamento.

Vi starete chiedendo: quanto costa in termini d’acqua una singola conversazione?

I ricercatori stimano che **un prompt IA di 100 parole “beva” circa una bottiglia d’acqua**, ovvero circa 519 millilitri.⁴² Anche se sembra poco, se rapportato a milioni di utenti, i numeri diventano sbalorditivi. Entro il 2027, la domanda globale di IA potrebbe richiedere fino a 6,6 miliardi di metri cubi di acqua dolce all’anno,⁴³ che è circa la metà del consumo idrico annuo totale del Regno Unito. Solo negli Stati Uniti, i data center consumano già 1.699.649.891 litri di acqua ogni giorno, **una quantità equivalente all’intero consumo idrico giornaliero della provincia di Torino**.⁴⁴

Perché l’IA è così assetata?

Il processo di raffreddamento è il principale colpevole. Per evitare che i chip ad alte prestazioni si surriscaldino, i data center utilizzano torri di raffreddamento dove circa l’80% dell’acqua utilizzata viene fatta evaporare e rilasciata nell’atmosfera sotto forma di vapore.⁴⁵ Una volta che l’acqua evapora, è effettivamente persa per

⁴²Verma e Tan, «A bottle of water per email; the hidden environmental costs of AI chatbots».

⁴³BBC World Services. *How AI uses our drinking water*. <https://www.youtube.com/watch?v=b0C56yqIkbk>. 2025.

⁴⁴Murray e DiFelice, «A No Brainer: How AI’s Energy and Water Footprints Threaten Climate Progress».

⁴⁵Miguel Yañez-Barnuevo. «Data Centers and Water Consumption». In: *Environmental and Energy Study Institute* (giu. 2025). URL: <https://www.eesi.org/articles/view/data-centers-and-water-consumption>.

l'ecosistema locale, il che significa che non può più essere utilizzata per l'irrigazione locale, l'acqua potabile o l'igiene. Inoltre, per prevenire batteri e corrosione nell'hardware sensibile, questi sistemi spesso richiedono acqua pulita e potabile, mettendo l'IA in diretta competizione con i bisogni umani primari.

La sete dell'IA inizia molto prima che tu digiti il tuo primo prompt. È insita nell'intero ciclo di vita della tecnologia. Enormi quantità di acqua sono necessarie per raffinare le materie prime e produrre i chip semiconduttori che alimentano questi modelli. Inoltre, una parte significativa del consumo deriva dalla produzione di energia da combustibili fossili. Negli Stati Uniti, questo ha rappresentato circa 798 miliardi di litri nel 2023, tanto quanto il consumo di 9,4 milioni di persone, **all'incirca la popolazione di Roma, Milano e Torino messe insieme.**⁴⁶

Possiamo rimediare?

C'è un barlume di speranza: Google, Meta e Microsoft si stanno impegnando a diventare “water-neutral” (a impatto idrico zero) entro il 2030.⁴⁷ Gli esperti stanno inoltre sviluppando nuove innovazioni per il raffreddamento a liquido; alcuni stanno sperimentando sistemi a circuito chiuso che non fanno evaporare l'acqua o utilizzano il calore di “scarto” dei server per riscaldare le case locali. Ci sono persino tentativi di spostare i data center nell'Artico o sott'acqua per utilizzare il freddo naturale, o addirittura di inviare i data center nello spazio. L'IA generativa è ancora molto giovane e, sebbene sia cresciuta in modo esponenziale, stiamo solo iniziando a imparare come minimizzare il suo impatto sul nostro pianeta e sulla società.

⁴⁶Murray e DiFelice, «A No Brainer: How AI's Energy and Water Footprints Threaten Climate Progress».

⁴⁷Adam Zewe. «Explained: Generative AI's environmental impact». In: *MIT News* (2025). URL: <https://news.mit.edu/2025/explained-generative-ai-environmental-impact-0117>.

Un vicino fastidioso

Se doveste decidere l'ubicazione di un nuovo data center, scegliereste un luogo con acqua abbondante o uno dove la terra e l'energia costano poco? Ebbene, la scelta più comune è la seconda: località aride, che causano molti problemi.

Rubinetti a secco, server al fresco

In primo luogo, queste aree soffrono comunemente di scarsità idrica e la popolazione locale è molto critica verso questi nuovi giganti vicini che succhiano enormi quantità d'acqua. In una regione arida come l'Arizona, dove l'acqua è un bene prezioso e scarso, i data center hanno sottratto risorse vitali a comunità in cui gli agricoltori hanno dovuto lasciare i campi incolti e le famiglie non hanno avuto accesso all'acqua del rubinetto per gran parte del 2023. Inoltre, l'uso dell'acqua da parte dei data center riduce i livelli idrici e influisce sui pesci e sugli ecosistemi acquatici dell'area circostante.⁴⁸ I data center non sono solo avidi di acqua, sono anche molto esigenti: nel 2023, quasi l'80% dell'acqua consumata dai data center Google AI negli Stati Uniti proveniva da fonti di acqua potabile.⁴⁹

Un onere finanziario per i residenti

Oltre al consumo di risorse, c'è l'impatto strutturale: l'arrivo di un vicino ingombrante come un data center hyperscale può destabilizzare completamente gli equilibri delle infrastrutture e della vita locale. Il grande volume di acque reflue prodotte dai data center può sovraccaricare gli impianti di trattamento, che non sono stati progettati per gestire quantità così elevate. La domanda idrica cresce così rapidamente da superare la capacità di gestione locale; ciò costringe le strutture ad attingere massicciamente all'acqua

⁴⁸Murray e DiFelice, «A No Brainer: How AI's Energy and Water Footprints Threaten Climate Progress».

⁴⁹Britney Nguyen. «Google's data centers use as much water as 41 golf courses. Here are the 10 thirstiest». In: *Quartz* (2025). URL: <https://qz.com/google-data-center-consume-water-energy-climate-change-1851760734#googles-data-centers-use-as-much-water-as-41-golf-courses-here-are-the-10-thirstiest>.

potabile per i data center, anziché utilizzare quella riciclata. Per i residenti, il data center fa lievitare le bollette dell'acqua e dell'elettricità con l'aumentare della domanda e li costringe ad adattare le proprie infrastrutture a proprie spese.⁵⁰

E per di più è rumoroso?

Il ronzio collettivo di server, ventole e sistemi di raffreddamento industriali può superare gli 80 dBA. (vedi Figura 12).



Figura 12: Rumorosità di un data center

L'esposizione cronica a questo livello di rumore è collegata a disturbi del sonno, ipertensione, ansia, mal di testa e rischi cardiovascolari per i residenti nelle vicinanze. Il rumore persistente può costringere gli animali a cambiare i loro schemi migratori, interrompere la loro comunicazione e alterare i loro comportamenti naturali. Inoltre, molti data center vengono costruiti su terreni fertili e in ecosistemi che non verranno mai recuperati a causa del cemento versato su di essi.⁵¹

Querétaro, un esempio emblematico

La situazione nello stato messicano di Querétaro non è un caso isolato, ma piuttosto un esempio di ciò che sta accadendo in molte altre aree. Il comune semi-desertico di Colón vive una siccità da due anni, con conseguente morte dei raccolti e razionamento dell'acqua. Nel frattempo, il governo locale di Querétaro offre incentivi alle aziende per costruire data center, che generalmente richiedono grandi quantità d'acqua per raffreddare i propri server. Microsoft, Amazon e Google hanno piani congiunti per costruire data center con una capacità di 1000 MW. Inoltre, Microsoft detiene una concessione per estrarre 25 milioni di litri d'acqua all'anno dal sottosuolo per una delle sue due unità di data center a

⁵⁰Murray e DiFelice, «A No Brainer: How AI's Energy and Water Footprints Threaten Climate Progress».

⁵¹Insights, *The Environmental Cost of Data Centers*.

Colón, il che rappresenta il 24% dell'acqua assegnata al comune.⁵² Nel 2025, hanno consumato oltre 40 milioni di litri d'acqua. Ciò illustra come l'uso dell'acqua venga prioritizzato in queste aree.⁵³

⁵²Diana Baptista e Fintan McDonnell. «Thirsty data centres spring up in water-poor Mexican town». In: *Context* (2024). URL: <https://www.context.news/ai/thirsty-data-centres-spring-up-in-water-poor-mexican-town>.

⁵³Suzanne Bearne. «Thirsty data centres boom in drought-hit Mexico». In: *BBC* (2025). URL: <https://www.context.news/ai/thirsty-data-centres-spring-up-in-water-poor-mexican-town>.

4 Obsolescenza Programmata

Pensaci: quale è stato il massimo periodo di tempo in cui hai utilizzato un dispositivo elettronico prima che cominciasse inspiegabilmente a fare i capricci, pur avendo funzionato perfettamente per anni? Probabilmente non molto. Non c'è da stupirsi se questo è diventato un fenomeno così diffuso da instillare la credenza che sostituire oggetti in continuazione sia la norma, e non l'eccezione.

Magari ti sarà anche capitato di acquistare un nuovissimo e scintillante dispositivo senza pensarci troppo. Ti sarà sembrato necessario, ma lo era davvero?

Questo è il modo in cui prospera la società dei consumi di oggi. I prodotti non sono fatti per durare a lungo, ma per essere sostituiti, il che danneggia sia i consumatori che l'ambiente. Cicli di vita sempre più brevi, dispositivi fragili, e un dilagante consumismo non sono eccezioni facilmente rimovibili, ma la direzione preferenziale di un sistema che dà priorità al profitto rispetto che alla qualità. Chiamiamo questo fenomeno "obsolescenza programmata": si tratta di un modo deliberato di creare prodotti tale da renderli meno resistenti, accompagnato dalla promozione implicita del consumo eccessivo tramite marketing e design.⁵⁴⁵⁵

È pur vero che non tutti i cambiamenti apportati ai prodotti sono artificiali: alcuni sono motivati da genuino progresso tecnologico, requisiti di sicurezza, o miglioramenti di performance. Effettivamente, immaginare aziende che si riuniscono per complottare il modo preciso in cui un prodotto si autodistruggerà è un pò eccessivo: spesso si tratta di miglioramenti tecnologici che però hanno un

⁵⁴Carlos Montalvo, David Peck e Elmer Rietveld. «A Longer Lifetime for Products: Benefits for Consumers and Companies». In: *European Parliament Directorate General for Internal Policies* (2016). URL: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/579000/IPOL_STU\(2016\)579000_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/579000/IPOL_STU(2016)579000_EN.pdf).

⁵⁵Adam Hadhazy. «Here's the truth about the 'planned obsolescence' of tech». In: *BBC* (2016). URL: <https://www.bbc.com/future/article/20160612-heres-the-truth-about-the-planned-obsolescence-of-tech>.

costo ambientale. Ad esempio, le batterie sigillate servono a rendere i dispositivi resistenti all'acqua, ma allo stesso tempo rendono più difficile ripararli, e gli aggiornamenti software mantengono la sicurezza dei dispositivi ma inevitabilmente rendono i modelli più vecchi obsoleti dato che richiedono hardware più potenti.⁵⁶⁵⁷

Qui la difficoltà sta nel distinguere l'innovazione necessaria da strategie che hanno come risultato principale quello di accelerare eccessivamente i cicli di sostituzione. È una linea molto sottile, ma è più facile fare questa distinzione facendoci alcune domande. Quali benefici giustificano quali costi? Ad esempio, assottigliare un dispositivo di mezzo millimetro giustifica redere praticamente impossibile ripararlo? C'è trasparenza, oppure l'obiettivo dell'azienda in questione è quello di mirare a benefici che soddisfano abbastanza noi consumatori per giustificare un "compromesso" che in realtà non è ragionevole?⁵⁸⁵⁹

Siamo sinceri: l'obsolescenza programmata è praticamente una strategia per far sì che le tue cose si rovinino prima, in modo tale che tu debba comprare di nuovo. Come consumatori, è comprensibile trovare tutto ciò estremamente ingiusto. È una tattica aziendale che ignora completamente i bisogni delle persone e danneggia fortemente l'ambiente, trasformando gli oggetti che usiamo ogni giorno in continui e forzati abbonamenti. È un sistema pensato per intrappolarci, e riesce a farlo in due modi: tramite l'hardware fisico e anche il software digitale.

Progettato per rompersi: come tutto è iniziato

Se pensi che l'obsolescenza programmata sia qualche sorta di teoria complottista, la storia potrebbe far vacillare la tua idea. Infatti questa strategia aziendale esiste già dallo scorso secolo, come di-

⁵⁶Montalvo, Peck e Rietveld, «A Longer Lifetime for Products: Benefits for Consumers and Companies».

⁵⁷Hadhazy, «Here's the truth about the 'planned obsolescence' of tech».

⁵⁸Montalvo, Peck e Rietveld, «A Longer Lifetime for Products: Benefits for Consumers and Companies».

⁵⁹Hadhazy, «Here's the truth about the 'planned obsolescence' of tech».

mostrano diversi e ben documentati casi di aziende che ne hanno fatto uso per incrementare i loro profitti.⁶⁰

Riavvolgiamo il nastro al 1932. Nel bel mezzo della Grande Depressione, l'imprenditore americano Bernard London propose un'idea audace: se i prodotti fossero fatti appositamente per scadere? Pubblicò un opuscolo in cui proponeva l'obsolescenza programmata come soluzione alla crisi economica. È una proposta particolare da fare proprio in un periodo di crisi, eppure la sua logica era semplice: se le persone fossero incoraggiate a sostituire i loro prodotti più in fretta, allora le vendite e i posti di lavoro incrementerebbero, e l'economia si riprenderebbe. Nella sua idea, l'obsolescenza programmata sarebbe dovuta essere implementata per legge.

Chiaramente questa idea non si realizzò mai nel concreto, ma nonostante questo aveva seminato qualcosa: l'idea secondo cui la durabilità è un problema economico, diventata di rilievo nei decenni successivi. Infatti, quando i mercati di saturano, le aziende si trovavano di fronte a un problema: se i prodotti resistono troppo, le persone non acquistano più così spesso. La soluzione? Farli durare meno.⁶¹

Questa idea stava già venendo messa in pratica: consideriamo le lampadine. Nei primi anni venti a durata media di una lampadina stava raggiungendo le 2000 ore, il che era ottimo per i consumatori, ma non una gran cosa per i produttori. Proprio in quel momento, insolitamente, la loro durata media non solo si arrestò, ma cominciò a diminuire.

Nel Dicembre del 1924, i massimi dirigenti delle principali aziende di lampadine, come Philips, International General Electrics, e

⁶⁰Julio L. Rivera e Amrine Lallmahomed. «Environmental implications of planned obsolescence and product lifetime: a literature review». In: *International Journal of Sustainable Engineering* 9.2 (2016), pp. 119–129. DOI: 10.1080/19397038.2015.1099757. eprint: <https://doi.org/10.1080/19397038.2015.1099757>. URL: <https://doi.org/10.1080/19397038.2015.1099757>.

⁶¹William Kowinski. «Planned obsolescence's unplanned risks / Computers, cell phones and TVs putting throwaway culture into overdrive». In: *SF Gate* (2006). URL: <https://www.sfgate.com/books/article/Planned-obsolescence-s-unplanned-risks-2496471.php>.

OSRAM, si incontrarono in segreto a Ginevra, in Svizzera. Formarono quello che divenne noto come il “Cartello Phoebus”. Il problema da discutere era il crollo delle vendite che conseguiva dai continui miglioramenti nella durata delle lampadine. Ad esempio, nel 1923 OSRAM vendette 62 milioni di lampadine, ma l’anno successivo questo numero crollò a 28 milioni. Per rimediare, dunque, il cartello decise di ridurre il ciclo di vita di una lampadina a 1000 ore, praticamente dimezzandolo e diventando il primo esempio concreto di obsolescenza programmata.⁶²⁶³

Non si fermarono qui. Chiunque non rispettasse l’accordo, ad esempio producendo una lampadina che durava più o meno del tempo stabilito, oppure superando delle quote di vendita stabilite, sarebbe stato multato.

Entro il 1930, il piano funzionò: la vita media di una lampadina era diminuito a sole 1205 ore, e le vendite delle aziende che presero parte al cartello aumentarono del 25% dal 1926 al 1930. Proprio nel 1930 il cartello si sciolse, ma l’idea dietro esso restò salda.

Un secolo dopo, la stessa logica è ancora viva

Consideriamo la Apple e la famosa controversia di cui fu protagonista a partire dal 2017. In quell’anno, molti utenti di modelli iPhone più vecchi notarono che i loro dispositivi erano improvvisamente divenuti più lenti, oppure che avevano la tendenza a spegnersi improvvisamente. La Apple ammise che effettivamente aveva rallentato la performance dei dispositivi più vecchi, e la ragione di tale scelta era stata attribuita al voler proteggere le batterie usurate. Batterie che non erano neanche progettate per essere facilmente sostituibili, e come se non bastasse, Apple in quegli anni ha continuato a denunciare piccoli negozi indipendenti

⁶²Hadhazy, «Here’s the truth about the ‘planned obsolescence’ of tech».

⁶³Markus Krajewski. «The Great Lightbulb Conspiracy». In: *IEEE Spectrum* (2014). URL: <https://spectrum.ieee.org/the-great-lightbulb-conspiracy>.

che offrivano servizi di riparazione di iPhone.⁶⁴⁶⁵

L'azienda, alla fine, pagò fino a 500 milioni di dollari in risarcimenti per le accuse riguardanti il rallentamento delle sue batterie.⁶⁶

Questo caso, il più emblematico, ci mostra fino a che punto alcuni produttori sono disposti ad arrivare per rendere la riparazione e il riuso più inconvenienti possibile. Nessuno è forzato a comprare un nuovo iPhone, ma quando ripararne uno malfunzionante diventa complicato, costoso o inaccessibile, la "scelta" diviene piuttosto ovvia.

Guarda i tuoi dispositivi. Oggi, non sono fatti per durare; sono fatti per essere sostituiti. La loro qualità costruttiva spesso è a malapena sufficiente per durare un paio d'anni, riportandoti subito nel negozio. Questo tipo di obsolescenza che riguarda l'hardware usa trucchi molto specifici e fisici, come ad esempio con le batterie. Un paio di anni fa, avresti potuto sostituire la batteria del tuo cellulare in dieci secondi. Oggi, le batterie agli ioni di litio, che si consumano naturalmente dopo due o tre anni, sono sigillate ermeticamente nel dispositivo. Quando la batteria si consuma, l'intero dispositivo da 1000 euro diventa subito inutile. È veramente considerevole progresso se non possiamo più fare un semplice cambio? Componenti incollati e sigillati. Per rendere i nostri cellulari più snelli di un millimetro, i produttori ora saldano la memoria alla scheda madre e utilizzano colla industriale pesante per gli schermi. Tutto ciò rende riparare una singola componente rotta un incubo, e il problema continua quando il dispositivo stes-

⁶⁴Jason Koebler. «Apple Is Still Trying to Sue the Owner of an Independent iPhone Repair Shop». In: *Vice* (2019). URL: <https://www.vice.com/en/article/apple-is-still-trying-to-sue-the-owner-of-an-independent-iphone-repair-shop-louis-rossmann-henrik-huseby/>.

⁶⁵Patrick Greenfield. «Apple apologises for slowing down older iPhones with ageing batteries». In: *The Guardian* (2017). URL: https://www.theguardian.com/technology/2017/dec/29/apple-apologises-for-slowing-older-iphones-battery-performance?utm_source=chatgpt.com.

⁶⁶John Harris. «Planned obsolescence: the outrage of our electronic waste mountain». In: *The Guardian* (2020). URL: https://www.theguardian.com/technology/2017/dec/29/apple-apologises-for-slowing-older-iphones-battery-performance?utm_source=chatgpt.com.

so si rompe: le aziende limitano fortemente i pezzi di ricambio, consegnandoli solo ai loro negozi ufficiali, oppure utilizzano serrature software per bloccare componenti perfettamente funzionanti installati da negozi di riparazione indipendenti. Il risultato? Costi di riparazione assurdi. Se riparare uno schermo costa il 70% del prezzo di un cellulare nuovo, cosa è ragionevole fare? Ovviamente, comprare quello nuovo. È esattamente quello che vogliono.

Questo non è un caso isolato: molti dispositivi ad oggi sono difficili da riparare. Gli iPhone utilizzano viti proprietarie che gli strumenti standard non possono aprire. Alcuni Kindle Amazon sono sigillati con colla, rendendoli quasi impossibili da smontare senza danneggiarli. Produttori di stampanti come Epson, HP, e Canon sono stati accusati di limitare il ciclo di vita dei loro prodotti attraverso restrizioni di hardware e software. Questa logica si estende anche agli elettrodomestici, oltre che ai dispositivi elettronici. Infatti anche aspirapolveri, lavatrici e macchinette del caffè sono spesso fatte di fragili componenti di plastica o unità sigillate che si guastano prematuramente e sono costose da sostituire. In molti casi, i pezzi di ricambio non sono disponibili oppure sono così costosi che riparare l'elettrodomestico non ha senso al livello economico, spingendo i consumatori a comprare un nuovo prodotto.

Tuttavia, aziende come Fairphone ci mostrano che un approccio diverso è possibile, producendo cellulari con componenti modulari che sono facilmente sostituibili dal consumatore stesso. I loro dispositivi hanno come priorità la riparabilità e la longevità, dimostrando come queste non debbano essere motivo di sacrificare funzionalità e design.⁶⁷

Chiaramente, l'obsolescenza programmata è una strategia aziendale: cicli di vita più lunghi implicano una minore richiesta da parte dei consumatori, e la soluzione è quella di sacrificare la qualità per mantenere alte le vendite.

⁶⁷<https://www.fairphone.com/>

Morte digitale: fatto fuori da un aggiornamento

E se ti sforzassi di far sopravvivere l'hardware del tuo cellulare il più a lungo possibile? Non c'è da preoccuparsi, perché alcune aziende hanno un piano B: obsolescenza del software. È un killer silenzioso per i nostri dispositivi. Dopo un certo lasso temporale (solitamente tra i due e i cinque anni), i produttori smettono semplicemente di inviare aggiornamenti. Infatti i nuovi software sono ottimizzati per gli ultimi processori, rendendo i dispositivi più vecchi lenti. Anche se l'hardware funziona, diventa obsoleto perché non può più far funzionare applicazioni moderne in modo sicuro ed efficiente. Così, il tuo dispositivo si trasforma lentamente in un dinosauro digitale. Non è completamente rotto, ma è praticamente un inutile mattone solo perché non riesce più ad aprire la tua applicazione bancaria oppure WhatsApp.

Dato che le persone sono stanche di questa trappola, il movimento "Right to Repair" si sta opponendo.⁶⁸ Supportato da nuove leggi in posti come l'Unione Europea, questo movimento chiede qualcosa di molto semplice: lasciateci riparare le nostre cose. Vogliono costi di riparazione ragionevoli, parti di ricambio facili da reperire, e dispositivi che possono essere disassemblati liberamente, senza dovere essere cestinati per il minimo malfunzionamento.

Normative del genere riuscirebbero a rendere l'obsolescenza programmata un lontano ricordo? Sfortunatamente, la risposta potrebbe essere ancora no, perché c'è un'ultimo fattore che i produttori possono sfruttare per rendere obsoleti i propri prodotti: proprio tu.

⁶⁸Svensson, Sahra and Richter, Jessika Luth and Maitre-Ekern, Eléonore and Pihlajarinne, Taina and Maigret, Aline and Dalhammar, Carl. *The Emerging 'Right to Repair' legislation in the EU and the U.S.* eng. 2018. URL: [7Bhttps://lup.lub.lu.se/search/files/63585584/Svensson_et_al._Going_Green_CARE_INNOVATION_2018_PREPRINT.pdf](https://lup.lub.lu.se/search/files/63585584/Svensson_et_al._Going_Green_CARE_INNOVATION_2018_PREPRINT.pdf)7D.

Giocare con la mente: marketing e obsolescenza percepita

L'arma più pericolosa in mano alle aziende tech non è l'ingegneria: è la tua mente. C'è davvero bisogno di conoscere la differenza tra l'obsolescenza fisica (batterie morte, schermo frantumato, nulla che funzioni più) e quella percepita.⁶⁹

Viaggiamo di nuovo indietro nel tempo: quando, nel 1908, Henry Ford introdusse il Modello T, lo immaginò come uno strumento conveniente che sarebbe durato nel tempo. Queste sono le sue stesse parole: “Vogliamo che chi acquista una delle nostre automobili non debba mai più comprarne una nuova”.⁷⁰ Per un pò di tempo è stato così: nel 1920, tutti coloro che potevano permettersi una macchina ne possedevano una.

Quando, però, il mercato cominciò a rallentare, l'azienda General Motors decise di provare un approccio diverso, sperimentando con qualcosa di molto semplice: ogni anno, cominciarono a rilasciare nuove macchine in colori nuovi e limitati. Niente di rivoluzionario, ma era abbastanza per far apparire i modelli degli anni precedenti vecchi e obsoleti.⁷¹ Non erano cambiati il motore o la funzionalità, ma la percezione che avevano i consumatori sì. C'era anche una sorprendente apertura al riguardo: il responsabile del design di General Motors descrisse il suo obiettivo come “obsolescenza dinamica”. Dichiarò, “Il nostro lavoro è quello di velocizzare l'obsolescenza. Nel 1934, il tempo medio per cui si possedeva un'auto era cinque anni; entro il 1955, è calato a due anni. Quando diventerà un anno, avremo un punteggio perfetto.”⁷²

Suona familiare come tattica?

⁶⁹Tamar Makov e Colin Fitzpatrick. «Is repairability enough? big data insights into smartphone obsolescence and consumer interest in repair». In: *Journal of Cleaner Production* 313 (2021), p. 127561. ISSN: 0959-6526. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127561>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652621017790>.

⁷⁰Rich McEachran. «Designing Things to Last». In: *Works That Work* 10 (2021). URL: <https://worksthatwork.com/10/planned-obsolescence>.

⁷¹Hadhazy, «Here's the truth about the 'planned obsolescence' of tech».

⁷²McEachran, «Designing Things to Last».

Quindi, un esempio di obsolescenza programmata è quando il tuo cellulare funziona perfettamente, ma l'azienda produttrice ti fa in qualche modo sentire come se il suo posto fosse in un museo. Come fanno a giocare con la nostra mente? I lanci annuali. Ogni anno, molte aziende lanciano grandi e spettacolari eventi per annunciare i loro nuovissimi prodotti. Questo crea FOMO (Fear Of Missing Out). Vogliono che tu tema di essere lasciato nel passato. Guardiamo meglio le “nuove” versioni. Di solito, i cambiamenti apportati sono ridicoli: una lente aggiuntiva per scattare foto, bordi leggermente più piatti, oppure un nuovo colore. Questi dettagli sono però cruciali. Rappresentano un segnale sociale, uno status. Rendono a palese a chiunque chi ha il cellulare “vecchio” e chi quello “nuovo”. Il tuo dispositivo non è più solo uno strumento; è uno status symbol.

L'obsolescenza programmata non è un'errore; è un sistema molto astuto e redditizio. Conta su un'unione di scelte di design che ostacolano la riparabilità e tecniche di manipolazione psicologica brillanti. Questa pratica ha prodotto una massiccia montagna di rifiuti elettronici (e-waste) globalmente e funziona come una tassa continua sui nostri portafogli. Se vogliamo un futuro più sostenibile, abbiamo bisogno di normative forti come il Right to Repair. Ma, soprattutto, dobbiamo svegliarci in quanto consumatori. La prossima volta che senti il desiderio di comprare l'ultimo gadget, chiediti: il mio vecchio dispositivo è davvero rotto, oppure una campagna di marketing particolarmente furba mi ha fatto credere di avere un bisogno che in realtà è un capriccio?

5 Smaltimento

E-waste

Producendo sempre più dispositivi elettronici, l'inevitabile conseguenza è la crescente generazione di rifiuti elettronici, o E-waste.

Questo tipo di rifiuti è cruciale per due aspetti:

1. Dal momento che contiene sostanze pericolose, necessita di appositi trattamenti per proteggere la salute umana e ambientale;
2. Contiene anche materiali preziosi, come metalli, che se recuperati possono ridurre il bisogno di nuove estrazioni di risorse naturali.⁷³

I metalli preziosi che è possibile recuperare dagli e-waste sono chiamati materie prime seconde e includono platino, oro, argento, cadmio, mercurio, arsenico e piombo.

Sebbene nel gergo comune vengano chiamati “e-waste”, nel contesto legislativo leggiamo di “WEEE” (Waste from Electronic and Electric Equipment) o in italiano, RAEE, rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche. A seconda della direttiva, questi rifiuti sono divisi in categorie. In Italia ne abbiamo 5: refrigeratori, grandi bianchi (lavastoviglie/lavatrici e altri grandi elettrodomestici), schermi, piccoli elettrodomestici e dispositivi tech (mixer da cucina, computer, cavi...) e infine sorgenti luminose. In questo capitolo parleremo di tutta la gamma degli e-waste, considerando per esempio anche le batterie per l'accumulo energetico o i veicoli elettrici, ma con un'attenzione speciale per i dispositivi informatici.

Evoluzione delle abitudini di smaltimento

⁷³Iren S.p.A. *E-waste, che cosa sono e come possono essere riciclati*. <https://www.gruppoiren.it/it/everyday/vivere-sostenibile/2024/e-waste-cosa-sono-come-riciclarli.html>. 2024.

Il nostro viaggio è iniziato dall'estrazione delle materie prime per i nostri dispositivi, adesso chi chiediamo: cosa gli succede quando non li vogliamo più?

Prendiamo, per esempio, i dispositivi che usiamo di più nella nostra quotidianità. Nel 2024 circa il 14% dei cittadini europei hanno riciclato il loro computer, l'11% il loro laptop e tablet e poco meno i loro telefoni.⁷⁴

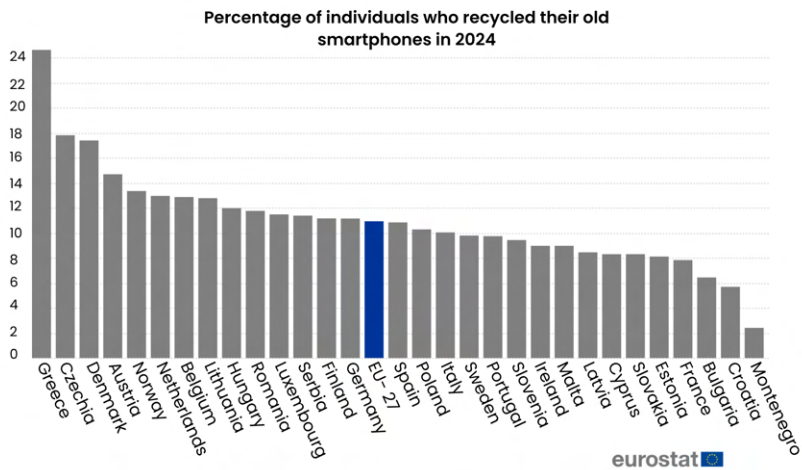


Figura 13: Percentuale di individui che hanno riciclato i loro smartphone nel 2024⁷⁵

Ma se meno del 15% di questi oggetti viene riciclato... dove vanno tutti gli altri? La maggior parte non entra nel processo di riciclo non perché viene erroneamente smaltito (per esempio nell'indifferenziata) come avviene solo nel 2% dei casi, o rivenduto (18%), ma perché lo lasciamo... in casa (51%).

Siamo onesti: probabilmente anche tu hai un cassetto del “non si sa mai”. Quello dove conservi i telefoni e computer del 2005,

⁷⁴eurostat. *Disposal of ICT devices no longer in use*. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ISOC_ECO_DD__custom_20207118/default/bar?lang=en&page=time:2024.2026.

⁷⁵Ibid.

più per ricordo che per l'hardware. Ma finché restano rinchiusi lì a prendere polvere, i minerali di valore al loro interno restano inutilizzabili.

Questa abitudine potrebbe spiegare il grafico sottostante: mentre i dispositivi elettronici messi in mercato crescono esponenzialmente, il tasso di WEEE raccolti e riciclati semplicemente non riescono a tenere il passo.

Electrical and electronic equipment (EEE) put on the market and waste EEE collected, treated, recovered, recycled and prepared for reuse, EU (2012-2023)
(thousand tonnes)

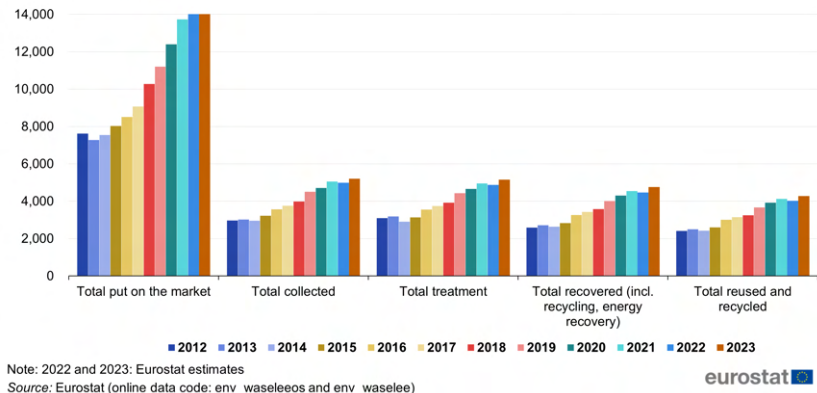


Figura 14: Dispositivi Elettrici ed Elettronici immessi e trattati in EU⁷⁶

Processo di riciclo

Nonostante alcune iniziative per ridurre la produzione di rifiuti del settore, come il digital product passport,⁷⁷ l'iniziativa right-to-repair,⁷⁸ o il design per Re-X strategies, che mirano a sostenere la circolarità ed estendere la vita del prodotto, gli e-waste cresceranno esponenzialmente. E non ha importanza quanto ci impegniamo a riusare, riparare e rifabbricare, alla fine avremo sempre bisogno di una gestione adatta del fine vita.

⁷⁶eurostat, *Disposal of ICT devices no longer in use*.

⁷⁷Passaporto Digitale. *Digital Product Passport: The Future of Transparency*. <https://passaporto-digitale.eu/en/what-is-digital-passport/>. 2026.

⁷⁸xx.

La gestione dei rifiuti elettronici si struttura su cinque tecniche principali, come mostrato in⁷⁹

Processi di trattamento degli e-waste				
Disassemblaggio fisico	Pirolisi	Idrometallurgia	Biometallurgia	Estrazione con fluido supercritico
• processo meccanico • separazione automatica • sicuro, non distruttivo	• Decomposizione termica • processo ad elevata temperatura • recupero di materiali preziosi	• Percolato chimico • soluzione acquosa • recupero e raffinazione dei metalli	• utilizzo di micro-organismi • estrazione selettiva dei materiali • minore uso di solventi ed energia	• H₂O o CO₂ supercritiche • alta pressione e temperatura • recupero di metalli e polimeri

Figura 15: Principali tecniche di riciclo degli e-waste

- *Disassemblaggio fisico*: la fase iniziale in cui le componenti vengono separate manualmente o meccanicamente. Questo può avvenire in impianti sicuri e specializzati o in maniera informale e pericolosa.
- *Pirolisi*: un processo di decomposizione termica ad alte temperature e in assenza di ossigeno. Semplifica composti complessi in sottoprodotti ricchi di metalli e liquido pirolitico che può servire da biocombustibile.
- *Idrometallurgia*: questo metodo usa una soluzione acida e percolati chimici per estrarre metalli preziosi come oro (Au) e rame (Cu). Seppur più economicamente conveniente e meno inquinante per l’atmosfera della pirolisi, rischia di contaminare acqua e suolo con residui acidi, se non utilizzato correttamente.

⁷⁹Rachel L. Smith e Sara Behdad. «From present to future: A review of e-waste recycling processes». In: *Waste Management* 204 (2025), p. 114863. ISSN: 0956-053X. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2025.114863>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X25002740>.

- *Biometallurgia*: sviluppata per mitigare gli impatti dell'idro-metallurgia, questo metodo si serve di microrganismi, inclusi funghi e batteri, per estrarre materiali preziosi.
- *Estrazione con Fluido Supercritico*: un processo che usa fluidi come acqua o anidride carbonica con valori di temperatura e pressione sopra il loro punto critico come solventi per estrarre determinate componenti del rifiuto.

Benefici del riciclo formale: e-waste o “e-resource”?

La giusta gestione dei rifiuti elettronici sarebbe vantaggiosa non solo dal punto di vista ambientale e sociale, ma anche economico. Per esempio, per ottenere 1.2 kg di cobalto serve una tonnellata del suo minerale, mentre da una tonnellata di telefoni si ottengono ben 63 kg di cobalto.⁸⁰

Abbiamo già visto che il cobalto è un elemento critico essenziale per l'elettronica, così come in altri settori dell'economia globale.⁸¹ Il suo ruolo principale è per la produzione di batterie a ioni di litio, che alimentano tutto, dai telefoni ai veicoli elettrici, rendendolo indispensabile per la transizione verso tecnologie più sostenibili.

Lo stesso si applica a molti altri metalli come oro, rame, argento e palladio, in un processo chiamato “Urban Mining”: l'estrazione di materie prime seconde dai rifiuti, rendendo le città e gli ambienti urbani i nuovi fornitori al posto delle classiche e dannose miniere.⁸²

Non si recuperano solo materiali, ma anche energia: l'estrazione e la raffinazione di metalli vergini sono incredibilmente energivore rispetto al riciclo. Il riciclaggio dell'alluminio, ad esempio, richiede

⁸⁰Pengwei He, Chang Wang e Lyushui Zuo. «The present and future availability of high-tech minerals in waste mobile phones: Evidence from China». In: *Journal of Cleaner Production* 192 (2018), pp. 940–949. ISSN: 0959-6526. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.222>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618312587>.

⁸¹Cobalt Institute. *About Cobalt*. <https://www.cobaltinstitute.org/global-cobalt/about-cobalt/>. 2026.

⁸²Iren S.p.A. *U come Urban mining, come funziona il processo che estrae materie prime secondarie dai rifiuti*. <https://www.gruppouiren.it/it/everyday/abcircular/2023/urban-mining-come-funziona.html>. 2024.

circa il 95% di energia in meno rispetto alla sua produzione dalla bauxite. Per non parlare dei vantaggi in termini di indipendenza a livello industriale: l'UE dipende fortemente dalla Cina per l'importazione di elementi delle terre rare, dal Congo per il cobalto e dal Cile per il litio. L'estrazione dai rifiuti potrebbe soddisfare il 20% della domanda dell'UE di questi materiali critici nel 2030.⁸³

A questo punto ci si potrebbe chiedere: disponiamo di uno strumento in grado di sostenere sia l'efficienza che la tutela della salute e dell'ambiente?

Fortunatamente, la risposta è sì, e questo strumento è la normativa europea. Infatti, l'UE ha adottato una direttiva⁸⁴ sulla gestione dei rifiuti elettronici, fissando obiettivi ambiziosi per la raccolta dei RAEE (85% della produzione totale di RAEE) e incoraggiando la collaborazione tra produttori e riciclatori per progettare apparecchiature elettriche che possano essere riutilizzate, smantellate o recuperate in linea con i principi e le direttive di ecodesign. Un altro aspetto cruciale di questa direttiva è l'applicazione del principio “chi inquina paga”: i produttori sono finanziariamente responsabili dei costi di raccolta, trattamento, recupero e smaltimento ecocompatibile di tutti i loro prodotti. Ciò significa che quando acquisti un nuovo smartphone o un laptop, ti viene già addebitato il costo della gestione del suo fine vita. Quindi, hai già pagato per il riciclo, tanto vale andare a farlo davvero! Puoi portare i tuoi dispositivi elettronici in un centro di raccolta, ce ne sono molti all'università :).

Se invece ti rechi in un negozio, ricorda che, in base a questa direttiva, sono tenuti a offrire i seguenti servizi:

- 1 contro 1: i rivenditori devono ritirare il tuo vecchio dispositivo quando ne acquisti uno nuovo simile.

⁸³Entrepreneurship Directorate-General for Internal Market Industry e SMEs - European Commission. *Critical Raw Materials Act*. https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials/critical-raw-materials-act_en. 2024.

⁸⁴EUR-Lex. *Making the most of waste electrical and electronic equipment*. <https://eur-lex.europa.eu/EN/legal-content/summary/making-the-most-of-waste-electrical-and-electronic-equipment.html?fromSummary=20>. 2012.

- 1 contro 0: i grandi negozi sono tenuti per legge ad accettare gratuitamente piccoli dispositivi elettronici (come vecchi telefoni o cavi), anche se non acquisti nulla.

Quando si parla dei vantaggi del riutilizzo e del riciclaggio dei RAEE, non possiamo dimenticare di menzionare le batterie. Come affermato in un articolo della IEA,⁸⁵ International Energy Agency, i mercati globali delle batterie stanno crescendo fortemente, poiché “stanno diventando una pietra miliare del settore automobilistico, una fonte fondamentale di flessibilità per i sistemi energetici e una fonte sempre più importante di energia di riserva per le infrastrutture digitali, compresi i data center e l’intelligenza artificiale”.

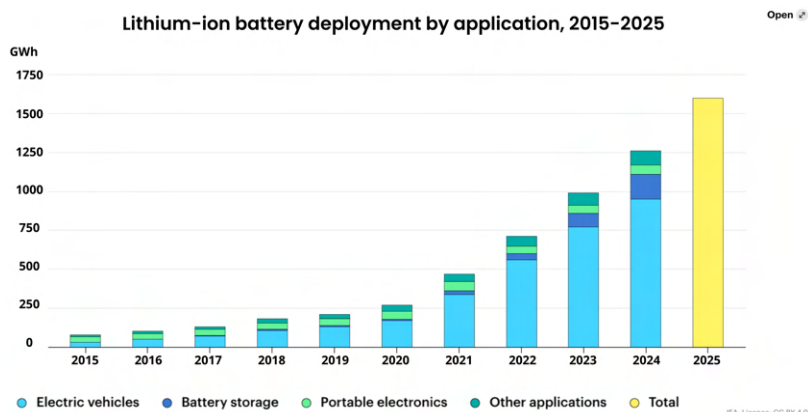


Figura 16: Distribuzione delle batterie a ioni di litio per applicazione⁸⁶

Non solo assistiamo a un aumento della domanda di batterie (nel 2025 l’utilizzo globale di batterie agli ioni di litio era sei volte superiore rispetto al 2020), ma anche a un cambiamento nel loro consumo: il modo in cui concepiamo le batterie è cambiato radicalmente nell’ultimo decennio. Nel 2015, quasi la metà della domanda globale di batterie proveniva dall’elettronica portatile;

⁸⁵International Energy Agency. *Global battery markets are growing strongly – and so are the supply risks*. <https://www.iea.org/commentaries/global-battery-markets-are-growing-strongly-and-so-are-the-supply-risks>. 2026.

nel 2025, questa quota era scesa al di sotto del 5%, con i veicoli elettrici e lo stoccaggio di energia in crescita esponenziale.

Se la batteria è ancora funzionante, può essere riutilizzata per un'applicazione di seconda vita, in genere per l'accumulo stazionario di energia presso impianti di produzione di energia rinnovabile aleatoria (fotovoltaico, eolico).⁸⁷ Ciò ne prolunga la durata fino a 10 anni, evitando la necessità di nuove estrazioni e, di conseguenza, riducendone l'impatto complessivo. Successivamente, è comunque necessario il riciclaggio finale per recuperare litio e cobalto.

Riciclo informale: l'economia sommersa dei rifiuti elettronici

Nonostante i numerosi vantaggi del riciclaggio formale, quest'ultimo viene spesso scavalcato da un imponente settore informale che colma le lacune lasciate dalla raccolta e dal riciclaggio ufficiali. Di fatto, il riciclaggio nel settore informale domina la catena del valore dei prodotti a fine vita nei paesi in via di sviluppo. Questo settore non è guidato da una mancanza di competenze, ma da una brutale realtà economica: il riciclaggio informale è spesso più redditizio a causa dei costi di manodopera più bassi, della regolamentazione limitata e dei volumi di trattamento più elevati. In India, ad esempio, ben il 95% del riciclaggio dei rifiuti elettronici viene effettuato in modo informale.⁸⁸ Restando in India, la storia diventa più interessante quando scopriamo che il 70% dei rifiuti elettronici gestiti è importato. Abbiamo già visto questo meccanismo quando abbiamo parlato di fast fashion: il Sud del mondo è trattato come la discarica del Nord del mondo, come se fosse

⁸⁷Zeshan Alam e Shabbir H. Gheewala. «Recharging the planet: The sustainability potential of second-life electric vehicle batteries». In: *Journal of Energy Storage* 144 (2026), p. 119720. ISSN: 2352-152X. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.est.2025.119720>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352152X25044342>.

⁸⁸Deblina Dutta e Sudha Goel. «Understanding the gap between formal and informal e-waste recycling facilities in India». In: *Waste Management* 125 (2021), pp. 163–171. ISSN: 0956-053X. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.02.045>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X21001148>.

un'altra forma di colonialismo. In effetti, lo è: colonialismo dei rifiuti. Si stima che 15 milioni di persone sostengano un'economia del riciclaggio a più fasi estraendo valore dai rifiuti importati e, solo a Shanghai, quasi 200.000 individui gestiscono fino al 38% di tutte le attività di riciclaggio municipale.⁸⁹

Questo trasferimento illegale di rifiuti elettronici verso i paesi in via di sviluppo comporta gravi conseguenze ambientali e socio-economiche.

Dal punto di vista ambientale, gli impatti più critici riguardano la contaminazione dell'acqua e del suolo. Dopo un trattamento fisico inadeguato, i rifiuti vengono spesso sottoposti a metodi ad alto rischio quali la lisciviazione in bagno acido e la combustione all'aperto, che si differenzia dalla pirolisi in quanto è incontrollata e rilascia sostanze tossiche nell'atmosfera, quali metalli pesanti e particolato fine. I metalli pesanti come il cadmio e il piombo non sono biodegradabili e tendono a bioaccumularsi negli organismi, in particolare in quelli al vertice della catena alimentare, danneggiando i sistemi neurologico, endocrino e riproduttivo in varie specie selvatiche.⁹⁰

Dal punto di vista sociale, le persone coinvolte nella gestione dei rifiuti elettronici nel settore informale sono spesso emarginate e definite spazzini, e operano in condizioni insicure senza alcuna forma di tutela. Il più delle volte, non sono consapevoli dei rischi per la salute sul lavoro a cui sono esposti.⁹¹ Pur fornendo mezzi di sussistenza essenziali, il settore è caratterizzato da orari di lavoro eccessivamente lunghi, mancanza di diritti fondamentali, rischio di infortuni e forte stress psicologico. I metodi di combustione

⁸⁹Hong Yang et al. «Waste management, informal recycling, environmental pollution and public health». In: *Journal of Epidemiology and Community Health* 72.3 (dic. 2017), pp. 237-243. ISSN: 1470-2738. DOI: 10.1136/jech-2016-208597. URL: <http://dx.doi.org/10.1136/jech-2016-208597>.

⁹⁰Government of Canada. *Wildlife and landscape science research topics: metals toxicology*. <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/wildlife-research-landscape-science/research-topics/metals-toxicology.html>. 2010.

⁹¹Dutta e Goel, «Understanding the gap between formal and informal e-waste recycling facilities in India».

all'aperto e di lavaggio con bagni acidi menzionati in precedenza sono collegati al cancro e a disturbi dello sviluppo cognitivo, mentre i lavoratori devono affrontare una serie di rischi respiratori derivanti dall'inalazione di metano e bioaerosol patogeni⁹²⁹³. Gli effetti più gravi si verificano nei bambini: ad esempio a Guiyu, in Cina, i tassi di natimortalità hanno raggiunto un livello 4,6 volte superiore a quello dei siti di controllo in altre parti del paese.⁹⁴

In definitiva, la mancanza di infrastrutture formali dedicate al settore porta all'abbandono su larga scala di componenti che non possono essere rigenerati e dai quali non è possibile estrarre materie prime. Ciò crea un evidente squilibrio regionale: mentre le frazioni di alto valore vengono rispediti al Nord del mondo, il mondo in via di sviluppo è lasciato a gestire i residui pericolosi.⁹⁵ Questi scarti del processo di riciclaggio informale si accumulano nelle discariche, portando al trasferimento di tossine alle popolazioni locali e facilitando la diffusione di malattie infettive come la malaria, il colera e il tifo.⁹⁶

Flussi globali

Ma come sono finiti tutti questi rifiuti elettronici in paesi come l'India, la Cina o il Ghana? Quali sono i principali flussi globali in tutto il mondo? E in che modo si perpetra questa ingiustizia?

La catena di approvvigionamento dei prodotti elettronici soffre di una preoccupante mancanza di trasparenza e di definizioni armonizzate dei rifiuti, creando un vuoto normativo che facilita il commercio illegale di rifiuti elettronici, spesso camuffati da appa-

⁹²Kostyantyn Pivnenko. *Towards a Circular Economy for the Electronics Sector in Africa: Overview, Actions and Recommendations*. Rapp. tecn. United Nations Environment Programme, 2021.

⁹³Yang et al., «Waste management, informal recycling, environmental pollution and public health».

⁹⁴Ibid.

⁹⁵Pivnenko, *Towards a Circular Economy for the Electronics Sector in Africa: Overview, Actions and Recommendations*.

⁹⁶Yang et al., «Waste management, informal recycling, environmental pollution and public health».

recchiature usate per aggirare i divieti di trasporto, in particolare nel flusso di rifiuti dal Nord del mondo verso l'Africa e l'Asia.⁹⁷

Per eludere l'inasprimento dei controlli in hub come Hong Kong, dovuto ai divieti formali di importazione stabiliti dalla Cina nel 2000, i contrabbandieri utilizzano rotte secondarie attraverso il Vietnam, dove i rifiuti elettronici vengono trasportati attraverso i confini fluviali su imbarcazioni camuffate. Tali operazioni utilizzano spesso tecniche di stratificazione, collocando apparecchiature elettroniche funzionanti nella parte anteriore dei container per superare le ispezioni visive mentre nascondono i rifiuti pericolosi nella parte posteriore, e sono sempre più infiltrate da gruppi della criminalità organizzata attratti dagli elevati margini di profitto.⁹⁸

L'incentivo economico è enorme, poiché lo smaltimento illegale costa quattro volte meno del trattamento legale, generando circa 12 miliardi di dollari di entrate annuali per le reti criminali. Questo commercio illecito proviene prevalentemente dall'Unione Europea, dal Giappone e dagli Stati Uniti, dove aziende legittime spesso ricorrono a subappalti fraudolenti, incassando i contributi per il riciclaggio mentre vendono illegalmente rifiuti tossici all'estero anziché a impianti autorizzati. Questo flusso nascosto di circa 12 milioni di tonnellate all'anno, che rappresenta la discrepanza tra i rifiuti generati e quelli contabilizzati, rimane in gran parte non tracciato.⁹⁹

Trattati internazionali

Leggere queste righe può risultare piuttosto sconcertante se si pensa al fatto che già più di trent'anni fa erano stati firmati e ratificati quadri normativi volti ad affrontare il problema.

⁹⁷Pivnenko, *Towards a Circular Economy for the Electronics Sector in Africa: Overview, Actions and Recommendations*.

⁹⁸*Transnational Organized Crime Threat Assessment - East Asia and the Pacific*. Rapp. tecn. United Nations Office on Drugs e Crime, United Nations Environment Programme, 2010. Cap. Chapter 9 - Illicit trade in electrical and electronic waste (e-waste) from the world to the region.

⁹⁹*Ibid.*

Infatti, la gestione globale dei rifiuti elettronici è disciplinata da un quadro di accordi internazionali e regionali sui rifiuti pericolosi, concepiti per prevenire lo sfruttamento ambientale e la sindrome del NIMBY (Not In My Back Yard, «non nel mio cortile»). La Convenzione di Basilea (1989) è stata istituita a seguito dell'indignazione pubblica per lo scarico di rifiuti tossici nei paesi in via di sviluppo, causata dall'aumento dei costi di smaltimento e dall'inaspimento delle normative nei paesi industrializzati. Essa mira a proteggere la salute umana e l'ambiente regolando i movimenti transfrontalieri e garantendo un sistema normativo per i casi ammissibili che aderiscano a una gestione ecocompatibile.¹⁰⁰

Riconoscendo i limiti iniziali di Basilea nel vietare il commercio verso i paesi meno sviluppati, le nazioni africane hanno adottato la Convenzione di Bamako (1991). Questo trattato è stato motivato dalla necessità di un divieto totale di importazione di rifiuti pericolosi e radioattivi in Africa, mirando anche a ridurre al minimo i movimenti transfrontalieri all'interno del continente, a vietare lo scarico in mare e a promuovere una produzione più pulita.¹⁰¹

Economia circolare

Alla luce di tutte queste informazioni, è chiaro che i governi devono assumersi le proprie responsabilità e applicare finalmente gli accordi che hanno sottoscritto, garantendo che, invece di attraversare il mondo, i rifiuti elettronici seguano la catena di riciclaggio ufficiale nel paese in cui sono stati generati.

Tuttavia, allo stesso tempo, il settore del riciclaggio informale rappresenta un'opportunità significativa per passare a un'economia circolare, dimostrando il valore dei rifiuti elettronici attraverso il cosiddetto “urban mining”. In centri come Agbogbloshie, in Ghana, i commercianti di rifiuti trattano i dispositivi elettronici come

¹⁰⁰Basel Convention. *Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and their Disposal*. <https://www.basel.int/TheConvention/Overview/tabid/1271/Default.aspx>. 2026.

¹⁰¹Bamako Convention. *Basel Convention Against Illegal Dumping of Hazardous Wastes*. 2026.

fonti di terre rare e componenti funzionanti che riforniscono le officine di riparazione in tutto il paese. La loro conoscenza pratica consente il riciclo creativo di qualsiasi cosa, dai telefoni cellulari alle saldatrici, dimostrando che una discarica è un luogo in cui le cose vengono smontate per creare qualcosa di nuovo, piuttosto che un semplice cumulo di rifiuti.¹⁰² Tuttavia, come descritto in precedenza, nella maggior parte dei paesi in via di sviluppo queste attività si svolgono ancora in condizioni non sicure. Dovremmo imparare dalla loro esperienza e formalizzare questi processi per estrarre valore dai rifiuti, affrontando al contempo tutte le preoccupazioni sociali, ambientali e sanitarie.¹⁰³

Per raggiungere questo obiettivo nella pratica, l'intero settore dell'elettronica deve adottare a livello globale un quadro gerarchico basato sulle 9R (un bel salto rispetto alle 3R che ho imparato da piccola!). La circolarità inizia con la Riduzione dell'uso di materie prime in fase di progettazione, garantendo che i prodotti siano più facili da ritrattare e privi di componenti tossici. Successivamente, gli utenti e le aziende devono Rifiutare, Ridurre, o Riutilizzare i prodotti per segnalare la domanda di mercato in termini di sostenibilità, mentre interventi tecnici come Riparazione, Rinnovamento, e Ricostruzione ripristinano le prestazioni o riportano gli articoli a condizioni pari al nuovo attraverso processi industriali standardizzati, ritardando la transizione verso lo stato di rifiuto. Quando un prodotto raggiunge la fine della sua utilità originaria, i componenti scartati vengono adattati a nuove funzioni o ritrattati in sostanze secondarie attraverso il Riutilizzo e il Riciclo. Questo approccio è illustrato nell'infografica in Figura 17.¹⁰⁴

Sul fronte della ricerca, esistono iniziative accademiche volte a studiare come recuperare materiali preziosi da circuiti elettronici.

¹⁰²DK Osseo-Asare. *What a scrapyard in Ghana can teach us about innovation*. https://www.ted.com/talks/dk_osseo_asare_what_a_scrapyard_in_ghana_can_teach_us_about_innovation. 2017.

¹⁰³Pivnenko, *Towards a Circular Economy for the Electronics Sector in Africa: Overview, Actions and Recommendations*.

¹⁰⁴Ibid.

¹⁰⁵Ibid.

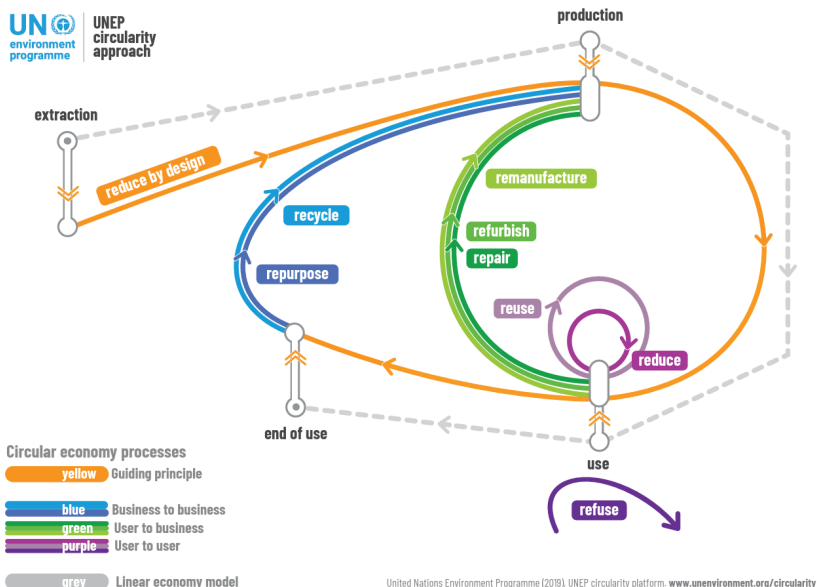


Figura 17: L'approccio alla circolarità dell'UNEP¹⁰⁵

ci complessi. Ad esempio, utilizzando la riduzione carbotermica assistita da microonde, è possibile recuperare in modo efficiente tantalio e manganese dai condensatori, con un processo facilmente replicabile su larga scala.¹⁰⁶

Allo stesso tempo, politiche come la Direttiva RAEE dell'UE del 2012 e il suo emendamento del 2024 di cui abbiamo parlato in precedenza contribuiscono alla transizione da un modello di smaltimento lineare a circolare, obbligando i produttori a finanziare la raccolta, il trattamento e lo smaltimento ecocompatibile dei prodotti, collaborando al contempo con i riciclatori per progettare apparecchiature facilmente smontabili o recuperabili.¹⁰⁷

Il semplice investimento in infrastrutture formali di raccolta e riciclaggio sufficienti a livello globale potrebbe generare 38 miliardi

¹⁰⁶ Ansan Pokharel et al. «Microwave-assisted recycling of tantalum and manganese from end-of-life tantalum capacitors». In: *Scientific Reports* 15.1 (apr. 2025), p. 12366.

¹⁰⁷ EUR-Lex, *Making the most of waste electrical and electronic equipment*.

di dollari di benefici economici annuali entro il 2030, consentendo al contempo di risparmiare i 78 miliardi di dollari di costi esternalizzati stimati per la salute umana e l'ambiente causati ogni anno da una cattiva gestione dei rifiuti elettronici. Ciò significa che il passaggio alla circolarità è tanto necessario quanto possibile: dobbiamo attuare una serie di misure diversificate che incentivino le imprese a innovare, facilitando al contempo il diritto dei consumatori di riparare e ricondizionare i propri dispositivi elettronici, tenendoli lontani dalle discariche il più a lungo possibile.¹⁰⁸

¹⁰⁸UNEP Environment Program. *As electronic waste surges, countries look for answers*. <https://www.unep.org/news-and-stories/story/electronic-waste-surges-countries-look-answers>. 2024.

6 Prospettive future

Entro il limite, verso i tempi biologici

Il saggio “*Tempi Storici, Tempi Biologici*” di Enzo Tiezzi,¹⁰⁹ uno dei padri dell’ecologismo italiano e del concetto di sviluppo sostenibile, inizia richiamando una vecchia storia che forse qualcuno conoscerà dalla canzone di Vecchioni:

Un soldato di un antico e lontano regno, pieno di paura, andò dal suo re e gli disse: «Salvami, sovrano, fammi fuggire di qua. Ho incontrato la Morte vestita di nero, che mi ha guardato con malignità. Prestami il tuo cavallo così che possa correre fino a Samarcanda. Temo per la mia vita a restare qua». – «Dategli il miglior destriero», disse il sovrano, «figlio del lampo, degno di un re».

Più tardi il re incontrò la Morte in città e le disse: «Il mio soldato era molto impaurito. Mi ha detto che ti ha incontrato oggi al mercato e che lo guardavi con malignità». – «Oh no», rispose la Morte, «il mio era solamente uno sguardo stupito, perché non sapevo cosa facesse oggi qua, dato che lo aspettavo per stanotte a Samarcanda. Stamani ne era lontanissimo».

La tecnologia può essere il nostro cavallo di Samarcanda: la sua accelerazione frenetica ci illude di poter fuggire dai nostri problemi, ma ci spinge sempre più velocemente verso i limiti biofisici del nostro pianeta.

Ilya Prigogine distingue fra diversi livelli di tempo, il livello meccanico, descritto dalla meccanica classica o quantistica e che lega il tempo al movimento, e il livello termodinamico, che implica la causalità e introduce la nozione di irreversibilità.

Il primo livello è proprio della tecnologia e dell’economia capitalistica. Il progresso viene misurato dalla velocità con cui si produce, quanto più velocemente si adoperano le risorse della natura tanto

¹⁰⁹Enzo Tiezzi. «Tempi Storici Tempi Biologici». In: Donzelli Editore, 2005.

più il progresso avanza. Concetto che potrebbe essere riassunto dalla famosa frase «il tempo è denaro».

Il secondo livello è proprio della realtà naturale che obbedisce a leggi diverse da quelle capitalistiche: quanto più velocemente si consumano le risorse e l'energia disponibile del mondo, tanto minore è il tempo che rimane a disposizione per la nostra sopravvivenza.

La natura funziona secondo la freccia del tempo termodinamica: ogni processo irreversibile genera entropia (disordine, calore disperso). La biosfera accumula energia a bassa entropia in tempi lentissimi (la fotosintesi clorofilliana che genera biomassa fossile in milioni di anni); noi, bruciandola per alimentare le nostre macchine, la dissipiamo in un istante, e un organismo che consuma più rapidamente di quanto l'ambiente produca per la sua sussistenza non ha possibilità di sopravvivenza.

Il tempo tecnologico è inversamente proporzionale al tempo entropico; il tempo economico è inversamente proporzionale al tempo biologico.

Il Gap dell'Apprendista Stregone

Esiste un filone di produzione culturale contemporanea che alimenta la tendenza alla "speranza tecnologica" con lo scopo, più o meno manifesto, di perpetuare il modello dello spreco delle risorse e dell'aggressione all'ambiente.

Questa illusione, questa fede cieca e acritica in una tecnologia tauturgica contribuisce a quello che il biologo Barry Commoner nel suo primo libro *Science and Survival* definiva "il gap dell'apprendista stregone".

Mentre la potenza e l'impatto delle nostre tecnologie crescono con una curva esponenziale incontrollabile, la nostra conoscenza delle interazioni biologiche ed ecologiche procede su una linea più lenta e lineare. Agiamo sulla base di conoscenze pericolosamente incomplete, conducendo un esperimento potenzialmente irreversibile sulla nostra stessa pelle.

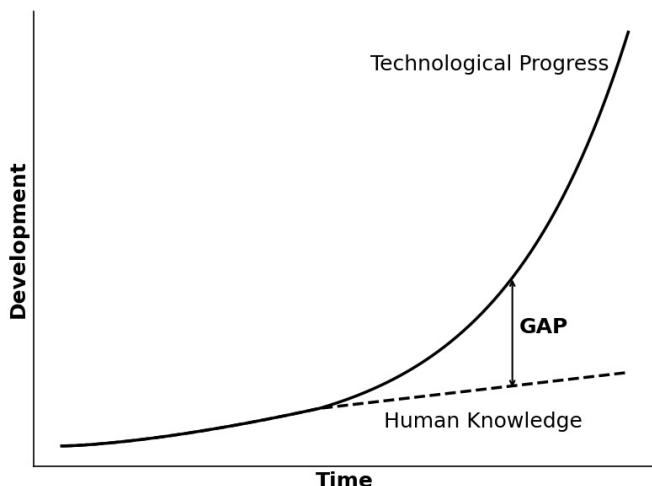


Figura 18: Grafico ispirato da Barry Commoner¹¹⁰

Le Macchine dell'Entropia: Crypto e AI Bubble

Per comprendere fino in fondo le dinamiche e i rischi di questa trasformazione, l'analisi bio-economica tracciata da Howard T. Odum, in particolare nel suo testo *Energy Basis for Man and Nature*,¹¹¹ fornisce un'interessante chiave di lettura.

Il principio basilare è: in un sistema macroeconomico, il flusso di denaro procede costantemente in direzione opposta a quello dell'energia. Il denaro può essere visto cioè come una rappresentazione simbolica del lavoro utile, ovvero dell'energia a bassa entropia a disposizione di una società.

Se la quantità di denaro circolante cresce più rapidamente del flusso energetico reale (cioè dell'energia che il sistema riesce effettivamente a captare e trasformare in lavoro utile), il risultato è l'inflazione.

Applicando questa matrice concettuale di Odum, l'odierna iperinfrastruttura IT assume contorni inquietanti. Che cosa accade a

¹¹⁰Tiezzi, «Tempi Storici Tempi Biologici».

¹¹¹H T Odum e E C Odum. *Energy basis for man and nature*. McGraw-Hill Book Company, New York, gen. 1976. URL: <https://www.osti.gov/biblio/7191626>.

un sistema economico quando inietta centinaia di miliardi di dollari in settori tecnologici che divorano enormi quantità di energia reale, ma la cui capacità di restituire lavoro utile, quantomeno allo stato attuale, appare discutibile o limitata a dinamiche puramente speculative?

Stiamo, in sostanza, creando una drammatica inflazione entropica: bruciamo risorse reali per sostenere l'illusione di una crescita infinita in mercati finanziarizzati che non si traducono in un reale benessere tangibile per la società, depauperando contemporaneamente la base energetica ed ecologica su cui l'intera economia si fonda.

Il mining di criptovalute è la massima espressione di questo cortocircuito bio-economico. L'algoritmo alla base di Bitcoin è il protocollo Proof of Work (PoW): per validare un blocco di transazioni e coniare nuova moneta, milioni di computer (i miner) sparsi per il mondo competono per risolvere complessi enigmi crittografici procedendo esclusivamente per tentativi ed errori (forza bruta). Più macchine partecipano alla rete, più il protocollo aumenta automaticamente la difficoltà dell'enigma matematico. Questo meccanismo richiede intrinsecamente di sprecare enormi quantità di energia al solo scopo di rendere difficile e costosa la creazione di nuova moneta, simulando così una scarsità digitale artificiale. È la conversione diretta di energia utile in calore disperso per pura speculazione finanziaria.

Che questa inflazione entropica sia una scelta algoritmica, e non una necessità ineluttabile della tecnologia, è stato dimostrato dal recente caso di Ethereum. Nel settembre 2022 (con l'evento noto come The Merge), la seconda criptovaluta al mondo per capitalizzazione ha abbandonato il Proof of Work per passare al Proof of Stake (PoS). In questo sistema, la rete viene messa in sicurezza non bruciando elettricità tramite super-computer, ma tramite "validatori" che bloccano a garanzia una parte della propria criptovaluta (stake). Rimuovendo la competizione computazionale, il crollo dei consumi è stato istantaneo.

I dati certificano il divario termodinamico tra i due modelli. Mentre la rete Bitcoin, basata su PoW, continua a viaggiare su consumi esorbitanti tra i 110 e i 121 TWh annui,¹¹² il passaggio di Ethereum al PoS ne ha abbattuto il fabbisogno energetico di oltre il 99,9%. La rete Ethereum è infatti passata da un consumo di circa 24 TWh annui a soli 0,006 TWh.¹¹³ Un abisso che dimostra chiaramente come l'insostenibilità ambientale non sia intrinseca alla blockchain in quanto tale, ma sia il frutto avvelenato della logica speculativa, energivora e termo-economicamente assurda che anima il Proof of Work.

Per dare una dimensione a questi dati, basti sapere che Bitcoin consuma abitualmente elettricità in quantità paragonabili a intere nazioni industrializzate: il fabbisogno elettrico annuale dell'Italia è stimato dall'IEA intorno ai 300 TWh.¹¹⁴ Questo significa che una singola rete per criptovalute arriva a consumare l'equivalente del 36-40% dell'energia elettrica necessaria a mandare avanti l'intero nostro Paese.

Ma è incrociando questo dispendio energetico con il reale output economico che l'assurdità termodinamica si manifesta in tutta la sua evidenza. L'Italia, con i suoi 300 TWh, sostiene un'economia reale (sanità, agricoltura, trasporti, manifattura) che restituisce alla società un immenso "lavoro utile" e beni di sussistenza per milioni di persone. Bitcoin, divorando quasi la metà di quell'energia, non produce beni materiali e non eroga servizi essenziali: il suo "valore" si esaurisce interamente nella capitalizzazione di mercato, un asset virtuale e puramente speculativo. È la dimostrazione plastica dell'inflazione entropica: un colossale, irreversibile dispendio di energia a cui però non corrisponde alcuna restituzione in termini di utilità sociale.

¹¹²Cambridge. *Bitcoin Electricity Consumption Index*. <https://ccaf.io/cbnsi/cbeci>. 2024.

¹¹³Cambridge Centre for Alternative Finance. *Crypto Carbon Ratings Institute*. <https://ccaf.io/cbnsi/cbeci>. 2024.

¹¹⁴International Energy Agency. *Italy*. <https://www.iea.org/countries/italy/electricity>. 2026.

Peggio ancora, gli hardware: i server ASIC usati per minare diventano obsoleti ed economicamente non competitivi in circa un anno e mezzo.¹¹⁵ Non potendo essere riutilizzati, diventano istantaneamente spazzatura: si stima che una singola transazione Bitcoin generi in media lo stesso e-waste di due smartphone buttati via.

L'AI e il calo della produttività

L'intelligenza artificiale generativa rientra nello stesso schema. L'ossessione del tecno-capitalismo è aumentare la produttività del lavoro, cioè quantità di valore aggiunto per ora lavorativa, licenziando personale e sostituendo l'uomo con macchine ed energia. Assistiamo così ad un enorme aumento di produttività del lavoro contestualmente al calo della produttività del capitale, cioè il valore aggiunto per unità di capitale investito, e soprattutto della produttività dell'energia, cioè dell'efficienza economica con cui l'energia viene trasformata.

L'AI richiede infrastrutture monumentali per compiere azioni, come scrivere un testo o fare una sintesi, che il cervello umano compie consumando pochissime calorie.

In questa impasse prende forma il dibattito sulla AI Bubble. Se guardiamo ai meccanismi finanziari che la sostengono, ci accorgiamo che l'industria tech sta violando non solo i limiti planetari, ma anche le basilari regole dell'economia reale.

I giganti della Silicon Valley, spinti da una pura FOMO speculativa, stanno iniettando capitali spropositati in infrastrutture hardware: basti pensare al Project Stargate, un'iniziativa per l'infrastruttura AI pianificata da Microsoft e OpenAI che mira a raggiungere 10 gigawatt di potenza, richiedendo investimenti astronomici (che partiranno da 100 miliardi di dollari per arrivare a un piano da 500 miliardi).¹¹⁶ Per alimentare 10 gigawatt in modo continuati-

¹¹⁵Alex de Vries e Christian Stoll. «Bitcoin's growing e-waste problem». In: *Resources, Conservation and Recycling* 175 (dic. 2021), p. 105901. DOI: 10.1016/j.resconrec.2021.105901.

¹¹⁶Anissa Gardizy e Amir Efrati. «Microsoft and OpenAI Plot \$100 Billion Stargate AI Supercomputer». In: *The Information* (2026). URL: <https://www.>

vo servirebbero 10 grandi reattori nucleari tradizionali oppure più di 30 reattori nucleari modulari (SMR) dedicati esclusivamente a questo scopo. A questi si sommano le centinaia di miliardi versati per accaparrarsi i costosissimi chip di elaborazione, come quelli prodotti da Nvidia.

Le proiezioni sui consumi di risorse sono quanto meno allertanti. L'Agenzia Internazionale dell'Energia¹¹⁷ stima che i consumi di AI e data center potrebbero raddoppiare entro il 2026, superando i 1.000 TWh globali (quanto l'intero Giappone). A livello di hardware, uno studio su *Nature Computational Science*¹¹⁸ lancia un allarme drammatico: nel 2023 i server legati all'AI hanno prodotto circa 2.600 tonnellate di e-waste. Entro il 2030, questo numero è proiettato a 2,5 milioni di tonnellate annue. Si tratta di un aumento di quasi 1.000 volte in soli sette anni: l'esatta rappresentazione di una curva esponenziale e potenzialmente incontrollabile. Per quanto riguarda l'impatto idrico si stima che l'estrazione per raffreddare i data center arriverà tra i 4,2 e i 6,6 miliardi di metri cubi entro il 2027, metà del consumo del Regno Unito.¹¹⁹

Eppure, a fronte di questo colossale dispendio di capitale e di energia, il ritorno economico, rimane profondamente sproporzionato. OpenAI, l'azienda simbolo di questa corsa, continua a bruciare capitali a un ritmo che non ha precedenti nella storia dell'informatica: i bilanci del 2025 indicano che, pur avendo raggiunto ricavi per circa 13 miliardi di dollari, la società ha registrato perdite nette stimate intorno ai 9 miliardi di dollari. A pesare sono gli insostenibili costi operativi e di addestramento, tanto che le proiezioni

theinformation.com/articles/microsoft-and-openai-plot-100-billion-stargate-ai-supercomputer.

¹¹⁷ *World Energy Outlook 2024*. Rapp. tecn. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024>. International Energy Agency, 2024.

¹¹⁸ Peng Wang et al. «E-waste challenges of generative artificial intelligence». In: *Nature Computational Science* 4.11 (nov. 2024), pp. 818–823.

¹¹⁹ Pengfei Li et al. «Making AI less “thirsty”». In: *Communications of the ACM* 68.7 (giu. 2025), pp. 54–61. DOI: 10.1145/3724499.

interne stimano un ulteriore peggioramento, con perdite previste a ben 14 miliardi di dollari per il 2026.¹²⁰

Allargando lo sguardo all'intera industria, il fondo Sequoia Capital ha calcolato un deficit finanziario di circa 600 miliardi di dollari tra i capitali spesi globalmente per costruire le infrastrutture hardware e i ricavi, finora insufficienti, generati dall'ecosistema AI.¹²¹

Come si spiega questa emorragia di energia e capitali senza un corrispondente aumento della ricchezza reale? L'implementazione commerciale dell'IA è attualmente bloccata da una sequenza di quattro colli di bottiglia strutturali che agiscono come un imbuto, strozzandone la produttività:

1. **Il collo di bottiglia cognitivo:** La narrativa tecno-capitalista assume un'automazione universale del lavoro, ma la realtà matematica è ben diversa. Lo studio del Premio Nobel Daron Acemoglu dimostra che l'attuale IA generativa è profittevole solo su mansioni puramente digitali e ripetitive, limitando il suo impatto reale ad appena il 4,6% dei compiti totali dell'economia nel prossimo decennio. Per oltre il 95% dei compiti aziendali, che richiedono contesti complessi e interazioni fisiche o sociali, l'uso dell'IA non è ancora economicamente vantaggioso rispetto agli enormi costi energetici e tecnologici necessari per farla funzionare.¹²²
2. **Il collo di bottiglia strutturale:** Anche nei limitati casi in cui a livello micro si registrano guadagni di velocità, l'impatto macro sulla Total Factor Productivity (TFP) rimane piatto a causa di un'adozione profondamente asimmetrica. Se il 52% delle grandi imprese ha iniziato a sperimentare l'IA, appena il 17,4% delle Piccole e Medie Imprese (PMI) riesce a

¹²⁰Cory Weinberg. «OpenAI Projections Imply Losses Tripling to \$14 Billion in 2026». In: *The Information* (2026). URL: <https://www.theinformation.com/articles/openai-projections-imply-losses-tripling-to-14-billion-in-2026>.

¹²¹David Cahn. «AI's \$600B Question». In: *Sequoia* (2024). URL: <https://sequoiacap.com/article/ais-600b-question/>.

¹²²Daron Acemoglu. «The simple macroeconomics of AI». in: *Economic Policy* 40 (ago. 2024). DOI: 10.1093/epolic/eiae042.

integrarla a causa della mancanza di capitali, competenze e dati strutturati.¹²³ Senza una diffusione capillare nel tessuto produttivo, l'enorme consumo energetico dell'infrastruttura IT non si traduce in ricchezza collettiva.

3. **Il collo di bottiglia organizzativo:** L'IA è una GPT - General Purpose Technology, come ad esempio l'elettricità. Attualmente, le aziende si limitano ad integrare algoritmi nei vecchi processi produttivi. Ridisegnare le architetture aziendali richiede enormi investimenti in quelli che gli economisti chiamano “asset complementari” o “capitale intangibile”: formazione del personale, riorganizzazione del lavoro e nuovi modelli di business.¹²⁴ Questa frizione organizzativa genera quella che la letteratura economica definisce la “Curva a J della produttività”: in una prima fase di adozione tecnologica, la produttività misurata (TFP) rimane piatta o addirittura scende, perché capitali, tempo e risorse umane vengono temporaneamente dirottati per costruire questo invisibile capitale organizzativo.¹²⁵ Sviluppare questi asset complementari richiede un tempo di adattamento umano che è fisiologicamente molto più lento rispetto all'esponenziale velocità di calcolo dei processori.
4. **Il collo di bottiglia termodinamico:** Secondo il fisico e matematico italiano Pierluigi Contucci, questa colossale inefficienza non è un'anomalia, ma la caratteristica tipica di una “rivoluzione pre-scientifica”. Esattamente come accadde con le prime macchine a vapore prima che Carnot e

¹²³Flavio Calvino et al. *AI adoption by small and medium-sized enterprises: OECD discussion paper for the G7*. Rapp. tecn. OECD, 2025. DOI: 10.1787/426399c1-en.

¹²⁴Erik Brynjolfsson, Daniel Rock e Chad Syverson. *Artificial Intelligence and the Modern Productivity Paradox: A Clash of Expectations and Statistics*. Working Paper 24001. National Bureau of Economic Research, nov. 2017. DOI: 10.3386/w24001. URL: <http://www.nber.org/papers/w24001>.

¹²⁵Erik Brynjolfsson, Daniel Rock e Chad Syverson. *The Productivity J-Curve: How Intangibles Complement General Purpose Technologies*. Working Paper 25148. National Bureau of Economic Research, ott. 2018. DOI: 10.3386/w25148. URL: <http://www.nber.org/papers/w25148>.

Kelvin formalizzassero le leggi della termodinamica, l'invenzione tecnologica ha preceduto la comprensione fisica. Oggi l'Intelligenza Artificiale è una black-box: stiamo forzando una tecnologia acerba ad assorbire quantità enormi di energia per trasformarla in informazione, senza averne ancora sviluppato una teoria dell'efficientamento. È, appunto, una tecnologia "pre-scientifica" che sopperisce alla mancanza di eleganza teorica con la forza bruta computazionale, e quindi energetica. Non è un caso che, come nella prima Inghilterra industriale, l'EPE (Economic Productivity of Energy) legata a queste nuove infrastrutture, ovvero la ricchezza generata per ogni kWh consumata, sia in calo a causa dello spreco intrinseco dei primi rudimentali tentativi di adozione sistemica. Cosa che, non a caso, non si è verificata con la rivoluzione elettrica o quella digitale dell'internet.¹²⁶

Insomma, l'aumento della produttività del lavoro guidato dall'IA è al momento più una promessa narrativa e una speranza piuttosto che una realtà statistica.

La misurazione del disastro e l'attuale ritardo normativo

Misurare questo spreco è il primo e indispensabile passo per arginarlo. Fino a quando i consumi resteranno nascosti all'interno di server proprietari, non ci sarà alcuna reale spinta al cambiamento. Progetti indipendenti come l'*AI Energy Score*,¹²⁷ guidato dalla ricercatrice Sasha Luccioni, tentano di abbattere questo muro di opacità: testando oltre 100 modelli AI open-source, il progetto assegna un rating di efficienza energetica per permettere a sviluppatori e utenti di scegliere le tecnologie in base alla loro impronta

¹²⁶Pierluigi Contucci, Godwin Osabutey e Filippo Zimmaro. «A New Lens on the Sustainability of the AI Revolution». In: *Energies* 19.2 (2026). ISSN: 1996-1073. DOI: 10.3390/en19020525. URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/19/2/525>.

¹²⁷Hugging Face. *AI Energy Score*. <https://huggingface.github.io/AIEnergyScore/>. 2025.

di carbonio.¹²⁸ Le Big Tech, ovviamente, si oppongono a questa trasparenza e si rifiutano di sottoporre i propri modelli dominanti a metodologie di valutazione terze.

Di fronte a questo vuoto, la politica inizia ad intervenire. L'AI Act approvato dall'Unione Europea rappresenta il primo tentativo strutturato di normare gli algoritmi e i loro impatti sistemici, introducendo anche disclosure (seppur spesso volontarie) sull'uso di energia e risorse fisiche da parte dei modelli fondativi.¹²⁹

Tuttavia, la spinta dell'Europa verso la sovranità digitale attraverso lo stesso GDPR crea un paradosso. Con l'obiettivo di ridurre la sua dipendenza dai fornitori di cloud statunitensi e cinesi,¹³⁰ l'Europa sta alimentando una domanda di Data Center che l'infrastruttura esistente non può supportare. Inoltre, l'assenza di un fornitore di cloud europeo dominante lascia il continente sostanzialmente dipendente da aziende straniere. Insomma, l'Europa potrebbe essere costretta a scegliere tra sovranità digitale e sostenibilità ambientale.¹³¹

Questo vuoto normativo non riguarda solo l'opacità dei software, ma si estende alla gestione predatoria delle risorse fisiche, dando vita a fenomeni di accaparramento energetico. Un trend inquietante vede le Big Tech adottare approcci definiti "behind the meter". Le aziende acquistano energia direttamente alla fonte, spesso centrali nucleari o parchi rinnovabili, garantendosi un accesso privilegiato e bypassando la rete pubblica.

¹²⁸Sasha Luccioni. «We're doing AI all wrong. Here's how to get it right». In: *TED* (2025). URL: https://www.ted.com/talks/sasha_luccioni_we_re_doing_ai_all_wrong_here_s_how_to_get_it_right.

¹²⁹European Data Protection Supervisor. *The EU Artificial Intelligence Act*. https://www.edps.europa.eu/artificial-intelligence/artificial-intelligence-act_en. 2024.

¹³⁰Jan Mischke et al. «Europe's technological competitiveness». In: *World Economic Forum* (gen. 2025). URL: <https://www.weforum.org/publications/europe-in-the-intelligent-age-from-ideas-to-action/>.

¹³¹Christofer Klink, Dmitriy Genchev e Rodolph Al Mallah. «Energy Impact of Data Centers». In: *VOYCE* (2025). URL: <https://voycecommunity.eu/home/f/energy-impact-of-data-centers>.

L'effetto è parassitario: nel caso della Pennsylvania, ad esempio, colossi come Amazon hanno acquisito quote di energia nucleare sottraendole di fatto alla collettività. Per compensare questa perdita di energia pulita e costante nella rete civile, i gestori sono costretti a riattivare o mantenere in funzione centrali fossili meno efficienti, provocando un aumento del costo marginale dell'elettricità che ricade direttamente sulle bollette dei cittadini.¹³²

L'IEA certifica che l'esplosione dei data center dedicati all'IA porterà a squilibri regionali fortissimi e competizione diretta per la fornitura di energia elettrica low-carbon, confermando il rischio per gli obiettivi climatici statali.¹³³¹³⁴

È il drammatico scontro tra due scale temporali incompatibili: i tempi della legislazione e della consapevolezza sociale sono lenti e lineari, mentre i tempi dell'evoluzione hardware e della proliferazione dei data center sono violentemente esponenziali.

Ritorno ai tempi biologici

Fermare il cavallo per Samarcanda non significa rinunciare alla tecnologia, ma riportarla all'interno di tempi più "biologici" e dei limiti biofisici della Terra.

La Transizione Giusta

Come evidenziato dai rapporti dell'Agenzia Internazionale per le Energie Rinnovabili, la vera transizione ecologica è strutturalmente labor-intensive, non energy-intensive.¹³⁵ I numeri lo confermano: le tecnologie per le energie rinnovabili creano dalle 2 alle 3

¹³²Laila Kearney. «Talen asks US regulators to reject challenge to Amazon data center deal». In: *Reuters* (lug. 2024). URL: <https://www.reuters.com/markets/deals/talen-asks-us-regulators-reject-challenge-amazon-data-center-deal-2024-07-05/>.

¹³³*Electricity 2024*. Rapp. tecn. <https://www.iea.org/reports/electricity-2024>. International Energy Agency, 2024.

¹³⁴*Energy and AI*. rapp. tecn. <https://www.iea.org/reports/energy-and-ai>. International Energy Agency, 2025.

¹³⁵IRENA. *World Energy Transitions Outlook 2023*. International Renewable Energy Agency, 2023.

volte più posti di lavoro per ogni milione di dollari investito rispetto ai combustibili fossili.¹³⁶ Questa transizione richiede cura umana distribuita sul territorio e lavoro artigianale per riparare pannelli e turbine, abbassando il consumo inutile di capitale e ripristinando quell'equilibrio tra occupazione umana e produttività economica dell'energia auspicato da Tiezzi.¹³⁷

L'AI for Climate e lo Spettro del Paradosso di Jevons

All'interno di questa transizione, la tecnologia conserva un ruolo vitale, a patto di ribaltarne lo scopo. Esiste un filone di ricerca e applicazione, definito "AI for Climate", che utilizza modelli predittivi per affrontare concretamente la crisi ecologica: ottimizzazione delle smart grid, monitoraggio satellitare per prevenire la deforestazione, o la scoperta di nuovi materiali per batterie più efficienti.¹³⁸ In questi micro-settori specifici, l'Intelligenza Artificiale si dimostra effettivamente un potente acceleratore di sostenibilità.

Tuttavia, come insegna l'economia ecologica, i benefici ambientali di queste applicazioni si scontrano con il Paradosso di Jevons. Questo stabilisce che l'aumento dell'efficienza tecnologica nell'uso di una risorsa, abbassandone il costo, porta paradossalmente a un aumento del consumo totale di quella risorsa.¹³⁹

Come confermato da recenti studi, proprio perché la potenza di calcolo diventa più economica ed efficiente, la domanda globale esplode creando un "effetto rimbalzo".¹⁴⁰ I risparmi energetici ottenuti ottimizzando una rete elettrica vengono istantaneamente divorati dai consumi generati da miliardi di interazioni utente frivole. L'iper-efficientamento, se non è vincolato a un limite di

¹³⁶IRENA. *Renewable Energy and Jobs - Annual Review 2022*. International Renewable Energy Agency, 2022.

¹³⁷Tiezzi, «Tempi Storici Tempi Biologici».

¹³⁸David Rolnick et al. «Tackling Climate Change with Machine Learning». In: *ACM Comput. Surv.* 55.2 (feb. 2022). ISSN: 0360-0300. DOI: 10.1145/3485128. URL: <https://doi.org/10.1145/3485128>.

¹³⁹William Stanley Jevons. *The coal question*: London : Macmillan, 1865.

¹⁴⁰Alex de Vries. «The growing energy footprint of artificial intelligence». In: *Joule* 7.10 (ott. 2023), pp. 2191–2194. ISSN: 2542-4785. DOI: 10.1016/j.joule.2023.09.004. URL: <https://doi.org/10.1016/j.joule.2023.09.004>.

“sobrietà digitale”¹⁴¹ non salva il clima, ma accelera il consumo entropico della biosfera.

La Lezione Termodinamica del Cervello

Il superamento dell’attuale paradigma, quindi, non passa solo per un tentativo di iper-efficientamento dei modelli attuali, ma per un cambio radicale di architettura ispirato ancora una volta alla biologia. Geoffrey Hinton, pioniere del Deep Learning, ha recentemente suggerito che la vera frontiera non sia scalare la potenza bruta, ma sviluppare architetture neurali che imitino il più fedelmente possibile l’incredibile frugalità energetica del cervello biologico.¹⁴² Il cervello umano, infatti, consuma appena 20-25 Watt di potenza (l’equivalente di una lampadina a basso consumo) per produrre ragionamenti complessi, empatia, arte e scoperte scientifiche, frutto di un lungo efficientamento durato milioni di anni di evoluzione biologica.¹⁴³ Al contrario, usare un server da migliaia di Watt per compiti basilari rappresenta una sconfitta dell’ingegneria prima ancora che dell’ecologia.

L’alternativa ai buchi neri energetici, quindi, esiste e si chiama sobrietà digitale. Invece di delegare ogni banale calcolo a mastodontici Large Language Models chiusi in energivori data center, il futuro sostenibile guarda altrove:

Small-LMs. Sviluppare modelli IA compattati e specifici taglia drasticamente i consumi. Come dimostrato dal progetto AI Energy Score (misurato su oltre 100 modelli open-source), usare un modello generico LLM per compiti semplici richiede fino a 30

¹⁴¹The Shift Project. *Lean ICT: Towards Digital Sobriety*. 2019. URL: <https://theshiftproject.org/en/article/lean-ict-our-new-report/>.

¹⁴²Geoffrey Hinton. *The Forward-Forward Algorithm: Some Preliminary Investigations*. 2022. arXiv: 2212.13345 [cs.LG]. URL: <https://arxiv.org/abs/2212.13345>.

¹⁴³Yali Chen e Jun Zhang. «How Energy Supports Our Brain to Yield Consciousness: Insights From Neuroimaging Based on the Neuroenergetics Hypothesis». In: *Frontiers in Systems Neuroscience* Volume 15 - 2021 (2021). ISSN: 1662-5137. DOI: 10.3389/fnsys.2021.648860. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/systems-neuroscience/articles/10.3389/fnsys.2021.648860>.

volte più energia rispetto a un modello task-specific.¹⁴⁴ Un modello ottimizzato con “soli” 135 milioni di parametri (5.000 volte più piccolo dei giganti commerciali), può rispondere a una query consumando appena 0,0007Wh, ovvero 150 volte meno energia rispetto ai modelli dominanti sul mercato.¹⁴⁵

Edge Computing. Questi modelli leggeri permettono l’elaborazione “ai margini” della rete (direttamente su smartphone o microcontrollori locali). Poiché il trasferimento dei dati tramite reti mobili e Wi-Fi verso i server Cloud può pesare fino al 50-60% del costo energetico totale di un’operazione digitale,¹⁴⁶ elaborare i dati localmente disinnesca alla radice questo immane e inutile dispendio di elettricità, garantendo peraltro maggiore privacy.

Permacomputing. Un approccio progettuale olistico, ispirato alla permacultura, che punta a distruggere il dogma dell’obsolescenza programmata. I dati del Life Cycle Assessment (LCA) parlano chiaro: per i dispositivi informatici (come smartphone e laptop), tra il 75% e l’85% dell’impronta di carbonio dell’intero ciclo di vita viene emessa prima ancora della prima accensione, durante la devastante fase di estrazione mineraria e produzione, la cosiddetta *embodied energy*.¹⁴⁷ Prolungare la vita di una macchina da 3 a 6 anni, sviluppando software leggero in grado di girare su hardware “obsoleto” significa letteralmente dimezzare il suo impatto ambientale annuo.¹⁴⁸

¹⁴⁴Face, *AI Energy Score*; Alexandra Sasha Luccioni e Alex Hernandez-Garcia. *Counting Carbon: A Survey of Factors Influencing the Emissions of Machine Learning*. 2023. arXiv: 2302.08476 [cs.LG]. URL: <https://arxiv.org/abs/2302.08476>.

¹⁴⁵Face, *AI Energy Score*.

¹⁴⁶Hugues Ferreboeuf et al. *Lean ICT: Towards digital sobriety*. Rapp. tecn. The Shift Project, 2019.

¹⁴⁷Lotfi Belkhir e Ahmed Elmeligi. «Assessing ICT global emissions footprint: Trends to 2040 & recommendations». In: *Journal of Cleaner Production* 177 (2018), pp. 448–463. ISSN: 0959-6526. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.239>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965261733233X>.

¹⁴⁸Francisco Zuloaga et al. *Coolproducts don't cost the Earth*. Rapp. tecn. European Environmental Bureau, 2019. URL: <https://eeb.org/en/library/coolproducts-report/>.

Limiti planetari e vero sviluppo. Come ci ricorda l'economista ecologico Herman Daly, riprendendo i moniti del Club di Roma, esistono limiti biofisici e planetari alla crescita quantitativa, ma non esistono limiti allo sviluppo qualitativo. Massimizzare la vita dell'hardware esistente, progettare software che non presumano di avere a disposizione energia infinita, concentrarsi su strumenti agili, integrati e termodinamicamente sostenibili: è questo il modo per allineare la potenza della tecnologia informatica alla lentezza vitale della biosfera, per riportare la tecnologia nei limiti biofisici della Terra.

7 Conclusioni

Abbiamo iniziato questo viaggio con una manciata di minerali nel palmo della mano e l'abbiamo concluso con un soldato in sella a un cavallo high-tech diretto verso un destino prevedibile a Samarcanda. Abbiamo visto il fango rosso della Guinea, il «respiro tossico» del Congo e il fantasma divoratore di energia della bolla dell'intelligenza artificiale.

È facile sentirsi come un piccolo ingranaggio in una macchina enorme e malfunzionante. Ma anche se il sistema è progettato per tenerci in una spirale di “compra-usa-getta”, il nostro impatto può essere ridotto. Quindi, come facciamo a rallentare davvero il cavallo?

Come semplici cittadini: votate con i vostri dispositivi

Il dispositivo più sostenibile è quello che già possiedi. Per rompere il circolo vizioso dell'obsolescenza programmata, basta guardare nelle tue tasche.

- *Acquista solo quando necessario*

La prossima volta che un evento di lancio spettacolare ti dirà che il tuo attuale telefono è un “pezzo da museo”, chiedeti: è davvero rotto, o è stata solo una campagna di marketing a farmi sentire annoiat*?

- *Scegli prodotti ricondizionati*

Dai una seconda vita alla tecnologia. Acquistare prodotti ricondizionati o di seconda mano non è solo più economico; fa risparmiare l'“energia incorporata” già spesa in una miniera da qualche parte nel mondo.

- *Sostieni i ribelli*

Se devi comprare un prodotto nuovo, cerca aziende come Fairphone o Framework. Sostieni la modularità, la riparabilità e le catene di approvvigionamento trasparenti.

- *Fruga nei tuoi cassettei*

Non lasciare che il tuo cassetto “per ogni evenienza” diventi un cimitero elettronico. Porta quei vecchi telefoni e cavi in un centro di raccolta (come quelli qui all’università!).

Anche per quanto riguarda il tuo utilizzo del cloud, ci sono cose che puoi fare!

- *Valuta il tuo impatto personale*

Scansiona il seguente codice QR per accedere a uno strumento che ti permette di conoscere l’impronta di carbonio del tuo utilizzo dell’IA.



- *Metti in discussione il tuo utilizzo*

Vale la pena generare quell’immagine di un gattino con l’IA? E che dire di quel video di alta qualità che sto solo ascoltando? Ho davvero bisogno di tenere il video acceso durante quella chiamata?

Come comunità: amplifichiamo il segnale

Le scelte individuali sono solo l’inizio, ma un cambiamento sistemico richiede azioni collettive.

- *Informati*

Non lasciare che la catena di approvvigionamento rimanga sfocata. Continua a guardare oltre la facciata dei rapporti aziendali sulla sostenibilità.

- *Apri il dibattito*

Passa questo libro a un amico. Parla delle implicazioni sociali e ambientali dell’estrazione delle materie prime e del colonialismo dei rifiuti, rifletti sulla sobrietà digitale. Più comprendiamo il

percorso che i dispositivi elettronici compiono prima e dopo essere finiti nelle nostre tasche e il vero costo di una query “gratuita” all’IA, meno accettiamo lo status quo.

- *Chiedi politiche migliori*

Insisti per leggi forti sul Diritto alla Riparazione e per un’applicazione più rigorosa delle Convenzioni di Basilea e di Bamako. Dobbiamo ritenere le aziende finanziariamente responsabili della fine del ciclo di vita dei loro prodotti, non solo del punto di vendita.

La tecnologia è uno strumento, non un destino. Non dobbiamo essere gli apprendisti stregoni, a guardare le nostre invenzioni sfuggire al controllo. Il cavallo è veloce, ma siamo noi a tenere le redini.

P.S. Se ti è piaciuta la fanzine e hai altre idee su come fare la differenza, o hai domande sull’impatto che la tua attività online quotidiana ha sull’ambiente, non esitare a contattarci su Instagram @resilient_gap e unisciti alla nostra community :)

