



Clima, energia, comunità locali

Un quaderno, un convegno

Ripartire dai territori in un percorso di sostenibilità energetica e climatica

Affrontare il tema clima e conseguentemente quello dell'energia è sempre più urgente. Lo si può fare in molti modi. Quello che riteniamo più efficace è il cercare di contestualizzarlo nelle realtà in cui si vive. Un percorso "dal basso" che non vuole appiattirsi su logiche ancorate alle fonti fossili (Italia hub del gas) o di improbabili scommesse sul ritorno al nucleare descritto audacemente come "sostenibile".

■ Per noi abitanti del territorio a cavallo del Ticino un particolare stimolo ci è dato, dalla presenza di una quarantina di pozzi petroliferi dismessi da più di dieci anni, esempio di una discutibile operazione realizzata una quarantina di anni fa per estrarre idrocarburi sul nostro territorio in quello chiamato "campo petrolifero di Villafortuna".

Paradossalmente questa "corsa all'oro nero", (tanto più discutibile in quanto avvenuta in un'area protetta) passata tristemente alle cronache per l'eruzione incontrollata del

pozzo TR24 che inondò di petrolio la cittadina di Treocate e altri 20 km. quadrati di terreno fertile, avvenuta a partire dal 28 febbraio 1994, può essere il punto di partenza per una seria riflessione sullo sviluppo di una fonte rinnovabile, sicura, costante, economica, e che soprattutto veda le realtà locali protagoniste di una transizione energetica di superamento delle fonti fossili, prima causa dei cambiamenti climatici in atto.

■ Il quaderno esce in contemporanea con il convegno sulla "Geotermia profonda" organizzato dall'Ecoistituto della Valle del Ticino in collaborazione con il Comune di Galliate, e la Fondazione di Comunità Ticino-Olona, convegno che ci auguriamo sia l'inizio di una profonda riflessione, sulle possibilità dei territori di rendersi sempre più protagonisti e indipendenti dal punto di vista energetico dalle logiche geopolitiche e dalle lobby delle fonti fossili.

Ecoistituto della Valle del Ticino

Geotermia profonda

Una "nuova" fonte rinnovabile, diffusa, continua, sicura, al servizio dei territori

Sabato 9 maggio 2026 - Centrale Orlandi
via Dogana vecchia, Galliate (No)

■ 10.00

Saluti istituzionali

Dott. Roberto Vellata assessore ecologia comune di Galliate

■ 10.15

Il perché di un convegno

Dalle fonti fossili a una importante fonte rinnovabile
Oreste Magni – Ecoistituto della Valle del Ticino

■ 10.30

Geotermia, dalla prima centrale italiana agli sviluppi attuali

Adele Manzella – Ricercatrice CNR già presidente Unione Geotermica Italiana

■ 10,45

C'è chi dice sì

Fabio Roggiolani di Ecofuturo in collegamento on line

■ 11.00

Dalla proposta di 10 anni fa di riutilizzo delle perforazioni petrolifere di Villafortuna alla geotermia nell'edilizia civile

Arch. Pacifico Aina – Studio G1 - Novara

■ 11.15

Cosa succede all'estero

Prof. Piero Colonna, Università di Delft - Olanda

■ 11.30

E da noi? Anche in Lombardia

Megawatt geotermici ai nastri di partenza

Dott. Alessandro Murratzu – Idrogeo srl

■ 11.45

Domande del pubblico

■ 12.30

Intermezzo conviviale a base di prodotti del territorio e prodotti toscani dell'area dell'Amiata realizzati con sistemi facilitati dalla geotermia.

■ 14.00

Tavola rotonda tra istituzioni locali, ricercatori e associazioni

■ 15.00

Domande del pubblico

■ 16.00

Chiusura convegno

Per info e iscrizioni
info@ecoistitutoticino.org
348 351 5371

Ci siamo dimenticati del clima Ma lui non si è dimenticato di noi

Ferdinando Cotugno

In queste settimane di guerra, ricatti energetici e prezzo del greggio impazzito ci siamo dimenticati della crisi climatica, sparita dal dibattito pubblico internazionale. La crisi climatica, al contrario, non si è dimenticata di noi.

Gli eventi meteo estremi hanno perso rilevanza geopolitica e mediatica, ma non si sono interrotti, la termodinamica della Terra è sullo stesso piano inclinato di quando ci sembrava la crisi più importante dei nostri tempi.

In Italia la tempesta Erminio, con lo scontro tra un fronte polare e uno africano, ha colpito soprattutto Abruzzo, Molise e

Puglia. C'è stata una nevicata anomala, ma è stata l'acqua a fare più danni, centinaia di sfollati, allagamenti diffusi nelle città, il ponte Trigno crollato, la fabbrica di Stellantis di Termoli fermata.

■ Allargando lo sguardo, in Repubblica Democratica del Congo le piogge torrenziali hanno causato una frana che ha fatto più di 200 vittime in una miniera di coltan. Una dinamica simile in Etiopia ha ucciso 125 persone. Nel sud degli Usa a marzo sono state temperature che sarebbero state considerate da record estremo per maggio, e centinaia di persone sono finite in ospedale in Arizona.



■ Oil & gas, crisi esistenziale? Essere ricoverati per un'ondata di calore nel primo mese di primavera, a pochi giorni dalla fine dell'inverno, non ha la stessa rilevanza politica del blocco dello stretto di Hormuz, ma fa parte della

storia. Sempre più osservatori, tra cui l'esperto di diplomazia climatica Ed King, stanno arrivando alla conclusione che la crisi in Medio Oriente potrebbe spingere la transizione dove l'accordo di Parigi e trent'anni di negoziati non erano riusciti

Crisi climatica: nuovo allarme rosso dell'ONU sul bilancio energetico della Terra

Un nuovo segnale d'allarme arriva dal rapporto globale sul clima dell'**Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO): il bilancio energetico della Terra non è mai stato così squilibrato**. Un dato che conferma l'accelerazione della crisi climatica e i suoi effetti già evidenti sulla salute, sugli ecosistemi e sulla stabilità sociale. L'ennesima prova di una crisi che continua a essere sotto-

valutata dalla politica.

Un pianeta sempre più "carrico" di energia

Il bilancio energetico terrestre misura l'equilibrio tra l'energia che entra nel sistema Terra (dal Sole) e quella che viene irradiata verso lo spazio. In condizioni naturali, questo equilibrio si mantiene stabile. Oggi non è più così. Le concentrazioni di gas serra – anidride carbonica, metano e protossido di azoto – han-

no raggiunto i livelli più alti da almeno 800.000 anni, trattando sempre più calore nell'atmosfera.

Oceani sempre più caldi, ghiacci in ritirata

Il report evidenzia come:

- circa il **91% dell'energia in eccesso** assorbita dagli oceani, ha raggiunto un nuovo massimo storico

- un ulteriore **3% contribuisca alla fusione dei ghiacci**, accelerando scioglimento di ghiacciai e calotte polari

- il ghiaccio artico sia in costante diminuzione dal 1979

- gli ultimi quattro anni abbiano registrato i minimi storici per il ghiaccio marino antartico

Questi fenomeni alimentano **l'innalzamento del livello del mare**, il cui ritmo è in crescita continua dal 1993.

Parallelamente, gli oceani assorbono circa il **29% delle emissioni di CO2**, ma questo comporta un aumento dell'acidificazione, con gravi conseguenze per gli ecosistemi marini.

Impatti diretti sulla salute e sulla società

I cambiamenti del sistema climatico non sono più un rischio futuro, ma una realtà attuale. Gli effetti si manifestano già oggi attraverso:

- eventi climatici estremi sempre più frequenti e intensi
- insicurezza alimentare e crisi idriche
- migrazioni forzate
- impatti diretti sulla salute pubblica

Il nodo politico: conoscenze e soluzioni già disponibili

Il quadro scientifico è ormai consolidato, così come le soluzioni. Secondo il WWF:

- la **riduzione delle emissioni da combustibili fossili** è la leva principale

- le **energie rinnovabili e i sistemi di accumulo** sono già disponibili e vantaggiosi

- la transizione può contribuire anche alla **stabilità geopolitica**

Ciò che manca è la capacità di agire in modo coordinato e rapido.



a portarla, cioè mettere in discussione la dipendenza da fonti fossili. Il CeraWeek di fine marzo a Houston è ogni anno il ritrovo politico preferito dei produttori di petrolio e gas. L'edizione 2026 è stata, come si può immaginare, delicata. Come ha scritto Casey Merriam del centro studi Energy Intelligence, «non ho mai visto niente di paragonabile. Per la prima volta la guerra attuale pone il futuro del petrolio e del gas di fronte a una crisi esistenziale».

■ Il Financial Times ha scritto che l'ondata globale di razionamento energetico, dall'Egitto al Bangladesh, darà una spinta senza precedenti all'energia pulita. Il presidente della Corea del Sud Lee Jae-myung ha confessato in pubblico di perderci il sonno: «Abbiamo bisogno di passare alle rinnovabili molto velocemente; se continueremo a fare affidamento sull'energia fossile, il nostro futuro è gravemente a rischio».

■ Il piano urgente di risparmio energetico proposto dal commissario europeo all'Energia Dan Jørgensen (volare di meno, fare smart working, andare a piedi o condividere l'auto, abbassare i limiti di velocità) somiglia molto alle proposte di un qualsiasi attivista per il clima del 2019: ci si poteva arrivare in modo governato e pacifico, abbiamo dovuto aspettare una guerra.

■ Potrebbe quindi non essere la paura per il cambiamento climatico, ma quella della recessione energetica, a portare il cambio di paradigma evocato da decenni e mai arrivato. Da quando si parla di transizione, abbiamo visto

crescere le rinnovabili, ma senza intaccare lo status quo che vedeva petrolio e gas al centro dei sistemi energetici: la loro quota di 80 per cento di produzione di energia primaria è cambiata pochissimo negli ultimi trent'anni.

■ Emissioni in crescita Poi è arrivato Trump, che voleva creare un mondo su misura per gli idrocarburi e forse ne sta accelerando la dismissione. Il risultato dello stallo degli ultimi decenni è stato però doppio, e del lato più problematico ci stiamo occupando sempre meno. Da un lato c'è la vulnerabilità energetica che fa perdere il sonno ai governi. Dall'altro c'è che intanto le emissioni di gas serra causate da questa dipendenza non hanno fatto altro che crescere, anno dopo anno, e la malattia limatica di cui avevamo promesso di occuparci con la Convenzione Onu del 1992 e l'accordo di Parigi non ha fatto che aggravarsi. Nessun leader ne ha parlato, ma poche settimane fa è uscito su Geophysical Research Letters uno studio del Potsdam Institute for Climate Impact Research, uno dei più importanti centri di ricerca sul riscaldamento globale: fino al 2015 le temperature sono aumentate a un ritmo preoccupante ma stabile, $+0,2^{\circ}\text{C}$ a decennio. E poi c'è stato uno strappo, dal 2016 al 2025 sono aumentate di $+0,35^{\circ}\text{C}$, come se il piano inclinato si fosse inclinato ancora di più. Pochi giorni dopo, l'Organizzazione meteorologica globale ci ha detto che gli undici anni più caldi da quando siamo in grado di misurare le temperature sono stati gli ultimi undici.

■ Il rapporto sullo stato globale del clima 2025 ha anche codificato un nuovo indicatore, lo squilibrio energetico, la velocità con cui l'energia termica entra ed esce dal pianeta. La concentrazione di gas serra (causata da carbone, petrolio e gas) lo ha alterato, e il 2025 è stato un anno record anche da questo punto di vista. La rana che non si accorge di bollire dentro la pentola in cui



è adagiata è una metafora pigra, ormai, ma non per questo smette di essere accurata. 2027, anno estremo

■ Intanto gli indicatori delle temperature dell'oceano Pacifico suggeriscono che sta per iniziare una nuova fase di El Niño, e che sarà più forte della media. Si tratta di un'oscillazione ciclica delle temperature sull'oceano Pacifico. L'oceano può essere in una fase neutrale, come quella attuale, oppure di La Niña, che provoca un raffreddamento globale delle temperature, o di El Niño, che invece causa il loro aumento. Si tratta di un fenomeno naturale, ma anche dell'ultima cosa di cui avevamo bisogno, soprattutto se arriva molto forte, perché nella seconda parte del 2026 e soprattutto per tutto il 2027 il riscaldamento antropico, cioè quello causato da noi, si andrà a sommare a questa fase di ulteriore riscaldamento naturale. I climatologi hanno segnato il 2027 sul calendario come un anno probabilmente estremo per le temperature e gli eventi che dipendono più direttamente da esse (siccità, uragani, tempeste mediterranee). Gli altri, come ormai da prassi, li hanno ignorati.

■ L'ultimo paradosso è che la stessa comunità scientifica è sotto assedio. La ministra francese della Transizione ecologica il 31 marzo ha emesso un insolito comunicato denunciando il rallentamento arbitrario della pubblicazione del nuovo rapporto Ipcc, previsto tra il 2028 e il 2029. Si tratta di un documento fondamentale, la bussola globale che va aggiornata ogni cinque/sette anni con la scienza del clima prodotta nel frattempo. L'Ipcc è un organismo Onu e un tempo era trattato con una certa sacralità, nel 2007 aveva vinto anche il Nobel per la pace. Ora è trattato come un'organizzazione di fastidiose cassandre, gli Stati Uniti hanno smesso di inviare fondi e scienziati e ne sono fuoriusciti a inizio anno, scollegando la scienza Usa da quella globale. Diversi paesi, tra cui India e Arabia Saudita, stanno sabotando le riunioni per decidere budget, tempi e metodo di lavoro, col risultato che rischiamo di ricevere il nuovo aggiornamento in ritardo e incompleto. E di trovarci senza bussola proprio quando la bussola servirebbe di più.

Fonte: Domani - 2 aprile 2026



LIBRO VERDE della transizione energetica

Un volume di 280 pagine affronta questo tema in maniera esaustiva, in un lavoro corale delle associazioni aderenti al Coordinamento FREE che riunisce aziende, reti ed associazioni per le rinnovabili e l'efficienza energetica

Attilio Piattelli *Presidente Coordinamento FREE*

La transizione energetica rappresenta una delle sfide più complesse e al tempo stesso più strategiche per il futuro dell'Italia, non solo per le implicazioni ambientali e climatiche, ma anche per le ricadute economiche, industriali e soprattutto sociali che comporta. La sua natura profondamente multidisciplinare, che coinvolge ambiti tecnologici, normativi, industriali e territoriali differenti, ha contribuito negli ultimi anni a generare analisi dettagliate che il Coordinamento FREE ha raccolto nel Libro Verde della Transizione Energetica.

■ Il volume è il risultato di un lavoro corale reso possibile grazie al contributo delle associazioni aderenti che hanno messo a disposizione le proprie competenze e l'esperienza maturata nei rispettivi ambiti di azione. Questa pluralità di punti di vista costituisce uno degli elementi distintivi del Libro Verde e ne rafforza l'obiettivo di offrire una visione a 360 gradi, integrata e coerente, dei processi in atto nei diversi settori che concorrono alla transizione energetica. Il Libro è concepito come uno strumento agile di consultazione, utilizzabile anche per singoli

capitoli, al fine di consentire al lettore di acquisire un quadro chiaro dell'evoluzione delle specifiche fonti energetiche e delle principali tecnologie coinvolte.

■ L'organizzazione dei contenuti risponde a questa esigenza di chiarezza e fruibilità, rendendo il volume adatto tanto alla lettura sistematica quanto all'uso selettivo su specifici temi.

L'opera è pensata come una pubblicazione ricorrente, a cadenza annuale, in grado di restituire con continuità anche le principali tendenze relative a efficienza energetica, fonti rinnovabili elettriche e termiche, e mobilità sostenibile. In questa prospettiva, il Libro Verde intende svolgere una funzione di monitoraggio dinamico del percorso di avvicinamento agli obiettivi al 2030 definiti dal Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC), evidenziando scostamenti, criticità e opportunità.

■ Il volume si propone come uno strumento di supporto per i decisori politici, offrendo elementi di analisi e raccomandazioni di policy utili all'individuazione di quei correttivi normativi e regolatori indispensabili per accelerare la transizione energetica e rendere effettivamente conseguibili gli obiettivi delineati dal PNIEC. In questo senso, il Libro Verde ambisce a contribuire a un confronto informato e costruttivo, fondato su dati, evidenze tecniche e una visione di sistema.

■ Infine, è opportuno sottolineare che, in considerazione



della natura interdisciplinare del lavoro svolto e dell'ampiezza dei dati nazionali e internazionali analizzati, questa prima edizione potrebbe non risultare esaustiva su tutte le tematiche affrontate.

Il Libro Verde nasce, infatti, come uno strumento dinamico e in continua evoluzione.

Per tale ragione, si invitano i lettori a segnalare eventuali analisi, argomenti o settori che, a loro giudizio, meriterebbero ulteriori approfondimenti, sviluppi o precisazioni, così da poterne tenere conto nella predisposizione della seconda edizione, prevista

per marzo 2027.

L'obiettivo è quello di rendere il Libro progressivamente sempre più completo, efficace e rispondente alle esigenze di chi opera e decide nel campo della transizione energetica.

Libro Verde della transizione energetica



LIBRO VERDE

della transizione energetica

Uno strumento indispensabile di supporto al dibattito pubblico e alle decisioni politiche, capace di coniugare rigore analitico e visione strategica, lungo il percorso verso la neutralità climatica realizzato dal Coordinamento FREE

Gianni Silvestrini *Direttore Scientifico Kyoto Club*

G.B. Zorzoli *Già presidente del Coordinamento FREE*

La transizione energetica non rappresenta più una prospettiva futura, ma un processo già in atto che incide in modo sempre più rilevante sugli equilibri ambientali, economici e sociali del Paese.

■ La crescita in intensità e frequenza degli effetti del cambiamento climatico, la volatilità dei mercati energetici e l'evoluzione accelerata delle tecnologie impongono oggi una lettura sistemica e aggiornata delle trasformazioni in corso, capace di superare approcci settoriali e frammentati. In questo contesto si inserisce il Libro Verde della Transizione Energetica, che intende offrire una chiave di interpretazione unitaria delle principali dinamiche che caratterizzano il percorso di decarbonizzazione.

■ Il volume si apre con un'analisi del cambiamento climatico e delle sue conseguenze, che costituiscono il quadro di riferimento imprescindibile entro cui collocare ogni scelta energetica.

L'aumento della frequenza e dell'intensità degli eventi meteorologici estremi, documentato sia a livello globale sia nazionale, rende evidente come il costo dell'inazione sia già oggi molto elevato e destinato a crescere ulteriormente.

■ La mitigazione delle emissioni climalteranti e l'adattamento ai cambiamenti in atto non possono più essere con-

siderati ambiti separati, ma richiedono strategie coerenti e coordinate, fondate su basi scientifiche solide.

A partire da questo contesto, il Libro Verde approfondisce gli scenari di lungo periodo orientati a sistemi energetici basati al 100% su fonti rinnovabili.

■ Le analisi più recenti mostrano come tali scenari siano tecnicamente realizzabili ed economicamente sostenibili, a condizione di affiancare alla crescita delle rinnovabili, in particolare di solare ed eolico, un forte sviluppo delle reti, delle interconnessioni e dei sistemi di accumulo, nonché di nuove soluzioni tecnologiche (come gli inverter grid-forming), accompagnate dalla permanenza di grandi corpi rotanti alimentati da fonti rinnovabili. La rapida riduzione dei costi delle tecnologie rinnovabili e dello stoccaggio energetico sta trasformando ipotesi teoriche in traiettorie sempre più concrete, già parzialmente riscontrabili nelle esperienze internazionali più avanzate.

■ Il volume dedica quindi un'analisi critica al Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima, che rappresenta lo strumento cardine della pianificazione energetica italiana al 2030. Pur recependo l'innalzamento degli obiettivi climatici europei, il PNIEC presenta alcune debolezze strutturali, tra cui target non pienamente allineati al potenziale delle fonti rinnovabili, un ruolo ancora troppo rilevante assegnato al gas naturale e una limitata valorizzazione del contributo che potrebbero offrire effi-

cienza energetica, sistemi di accumulo e mobilità elettrica.

■ Il confronto tra gli obiettivi programmati e i risultati conseguiti finora dall'Italia evidenzia ritardi significativi in tutti i principali settori – elettrico, termico e trasporti – rendendo necessarie rapide azioni correttive, anche per far fronte alla crescita della domanda elettrica, provocata dallo sviluppo dell'intelligenza artificiale generativa e dei data center.

■ L'analisi degli scenari al 2050, contenuti nel PNIEC, evidenzia come la scelta nucleare sia fondata su basi scientifiche e assunzioni economiche oggi non dimostrabili. Ne consegue che l'opzione nucleare andrebbe presa in considerazione esclusivamente dopo evidenze concrete circa la convenienza economica (rispetto a uno scenario 100% rinnovabile), l'accertata affidabilità tecnologica e la sicurezza delle soluzioni proposte (SMR e AMR).

■ Sulla base di queste considerazioni, il Libro Verde sviluppa una lettura integrata delle filiere che concorrono alla transizione energetica – dall'efficienza energetica alle rinnovabili elettriche e termiche, fino alla mobilità sostenibile, alle reti elettriche e del gas e all'idrogeno – evidenziandone lo stato dell'arte, le prospettive di sviluppo e le criticità normative e di mercato. L'obiettivo non è soltanto descrittivo, ma propositivo: fornire elementi utili a orientare le politiche pubbliche verso soluzioni che siano tecnologicamente mature, coerenti

con i vincoli climatici e socialmente accettabili.

■ Complessivamente, dal Libro emerge un quadro in cui, accanto alla necessità di rispondere all'emergenza climatica, il percorso di transizione energetica presenta benefici strutturali rilevanti per il sistema economico e sociale. La progressiva riduzione della dipendenza dai combustibili fossili importati consente infatti di attenuare l'esposizione dell'Italia alla volatilità dei mercati internazionali dell'energia, favorendo una maggiore stabilità dei prezzi e un rafforzamento della competitività del sistema produttivo.

L'evidenza empirica mostra come una più elevata penetrazione delle fonti rinnovabili elettriche sia associata a una riduzione dei prezzi all'ingrosso dell'energia, con effetti positivi sia per le imprese sia per le famiglie, e come l'elettrificazione dei consumi e l'efficienza energetica rappresentino leve fondamentali per ridurre progressivamente e strutturalmente il ruolo del gas nel mix energetico nazionale.

■ Da questo quadro, appare evidente come la transizione energetica non sia un costo ma, al contrario, rappresenti un potente motore di sviluppo industriale e occupazionale. Gli investimenti in rinnovabili, reti, accumuli, efficienza energetica e mobilità sostenibile attivano filiere ad alta intensità di lavoro, con un saldo occupazionale netto ampiamente positivo rispetto alla progressiva riduzione dei comparti fossili

Nucleare: anniversari, sogni, realtà...

Nicola Armaroli*

40 ANNI DOPO CHERNOBYL, 15 ANNI DOPO FUKUSHIMA

Nel 2026 ricorrono anniversari significativi dei due grandi incidenti nucleari: 40 anni da Chernobyl, 15 da Fukushima. Due eventi ritenuti di probabilità insignificante, ma che purtroppo si verificarono: uno per errore umano, l'altro per catastrofe naturale. Due tragedie che hanno indelebilmente segnato il destino della tecnologia elettronucleare, minando le prospettive di mercato e mettendo in luce i suoi nodi irrisolti.

I COSTI DEGLI INCIDENTI

Definire con precisione il costo umano dei due disastri è praticamente impossibile. La stima delle vittime di Chernobyl per esposizione radiologica rimane uno dei temi più dibattuti e controversi nell'ambito dell'epidemiologia ambientale. A seconda della fonte, i numeri variano da meno di cento a decine di migliaia. Per entrambi gli incidenti, sono stati e restano severi i danni indiretti, in particolare psicologici e sociali, per loro natura non facilmente quantificabili. Centinaia di migliaia di persone ebbero la vita stravolta per sempre: è largamente documentato che, in quei luoghi, sono aumentati i tassi di depressione, alcolismo, suicidio.

Meno controversa, invece, appare la stima dei danni materiali: Chernobyl e Fukushima



sono stati i due più costosi incidenti industriali di sempre. I danni diretti e indiretti alle economie dei Paesi coinvolti, insieme ai costi di decontaminazione e bonifica, sono oggi valutati – per ciascun caso – in un'ampia forbice centrata attorno ai 400 miliardi di euro. Si tratta di un costo destinato a gravare ancora sulle generazioni future. In entrambi i siti, infatti, la situazione è lontana dall'essere risolta.

A Chernobyl, la struttura di confinamento denominata NSF (New Safe Confinement), che ricopre i resti del reattore esploso nel 1986, dovrà garantire protezione fino al 2116. Nel frattempo, resta aperta la sfida della rimozione del materiale radioattivo fuso – il cosiddetto "magma" – che giace sotto il vecchio sarcofago in cemento, costruito quarant'anni fa e oggi a rischio collasso. A Fukushima, la rimozione del combustibile nucleare dai tre reattori andati



in meltdown non inizierà prima del 2037 – 26 anni dopo l'incidente – e sarà una sfida ingegneristica gigantesca.

LA GESTIONE DEI RIFIUTI NUCLEARI

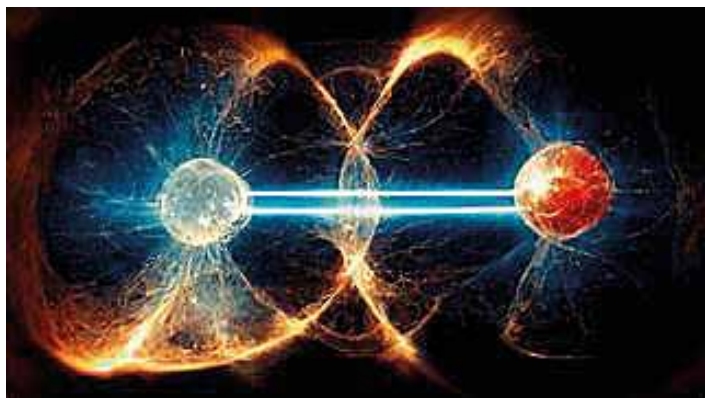
Quest'ultimo dato offre la misura di quanto la tecnologia nucleare sollevi una questione di giustizia intergenerazionale. Un tema che si pone anche in assenza di incidenti: la gestione dei rifiuti nucleari ad alta attività impone di individuare e certificare come "sicuri", per decine di migliaia di anni, siti geologici di stoccaggio a circa 500 m di profondità. Sono orizzonti temporali che disorientano, se si considera che la civiltà umana nella sua forma storicamente documentata ha meno di 6000 anni. Le autorità di sicurezza oggi richiedono che questi depositi presentino una segnaletica immune ai cambiamenti delle lingue e delle culture, che inevitabilmente avverranno.

In pratica, dobbiamo sforzarci di elaborare avvertimenti comprensibili a un eventuale ignaro postero che, fra 50 000 anni, si imbatte nel nostro sgradevole lascito.

Di fronte all'entità dei costi associati agli incidenti e a prospettive temporali che sfidano ogni pianificazione economica, è comprensibile che le compagnie assicurative non coprano i danni sanitari e materiali alle persone. E neanche i costi di bonifica, la cui portata non è stimabile a priori. In Giappone, il soggetto chiamato a coprire i costi di ultima istanza è lo Stato e non TEPCO, l'azienda che possedeva l'impianto di Fukushima.

LA CRISI DEL NUCLEARE

A partire dal disastro di Chernobyl, l'industria nucleare globale è entrata in una crisi profonda dalla quale non si è più ripresa. Nel corso dei



decenni – e ancora oggi – è stato più volte annunciato un “rinascimento nucleare”, sistematicamente svanito. Per comprendere lo stato attuale del settore, è utile partire da alcuni dati.

Rispetto a trent'anni fa, il numero di reattori nucleari operativi nel mondo è leggermente diminuito, mentre la relativa potenza installata è leggermente aumentata. Questo incremento ha coperto in misura marginale l'enorme aumento della domanda globale di elettricità: nel 1996 il nucleare copriva il 17% della domanda mondiale, oggi si ferma al 9%. L'età media dei reattori resta elevata. Il valore più basso si registra a livello globale (33 anni), grazie al contributo dei nuovi impianti cinesi. In Francia l'età media del parco nucleare è di 40 anni, negli Stati Uniti raggiunge i 44. Nessuno dei due Paesi ha reattori in costruzione.

In Europa sono attivi solo tre “nuovi” progetti: uno in Slovacchia (prima pietra posata 39 anni fa) e due nel Regno Unito. Per questi ultimi si sono accumulati ritardi superiori a dieci anni, mentre i costi preventivati sono più che raddoppiati. I trend dell'industria nucleare nelle economie di mercato sono impietosi, come dimostrano le crisi finanziarie che hanno colpito a catena aziende del settore, tra cui Toshiba, Westinghouse e Areva. Nel 2022 il governo francese è intervenuto rinazionalizzando al 100% il colosso EDF (Électricité de France), in forte difficoltà finanziaria.

IL NUCLEARE IN CINA

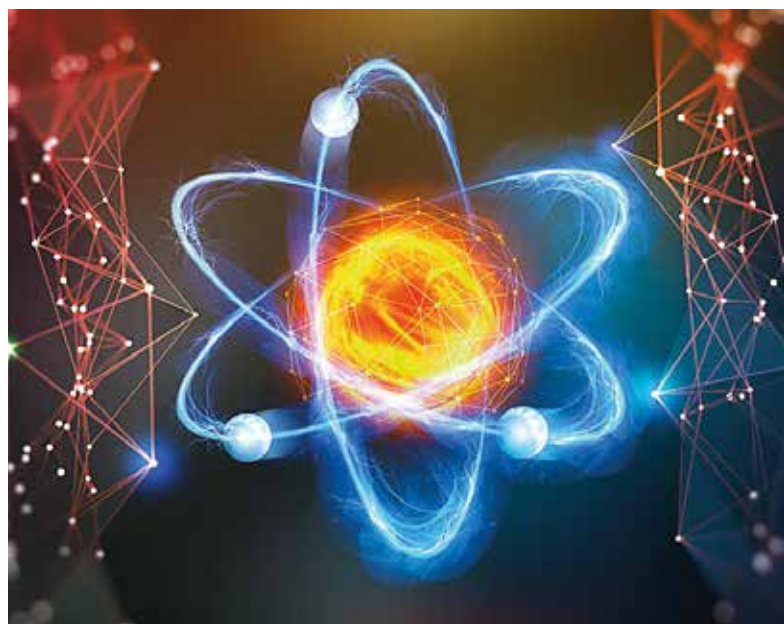
Nel panorama nucleare globale, oggi dominano le economie a controllo statale: oltre il 90% dei reattori in costruzione è basato su tecnologia russa o cinese, e più della metà dei circa 70 impianti attualmente in cantiere si trova in Cina. Tuttavia, il boom cinese si ridimensiona se confrontato con il trend delle altre tecnologie. Nel 2025 sono stati connessi in rete 1,1 GW di nuova capacità nucleare, contro 435 GW di eolico più fotovoltaico.

In Cina il nucleare copre oggi circa il 5% del fabbisogno elettrico nazionale, mentre solare ed eolico raggiungono insieme il 25%. La traiettoria impressa da Pechino verso l'elettrificazione dei consumi finali indica chiaramente che il nucleare non rappresenta il perno della strategia.

LA SITUAZIONE DEL NUCLEARE IN ITALIA

Il ventilato rilancio del nucleare in Italia si colloca in questo complesso quadro storico e internazionale. E siccome la realtà è tutt'altro che esuberante, il dibattito è stato spostato su tecnologie che oggi non esistono sul mercato: piccoli reattori modulari – talvolta evocati nella loro “quarta generazione”, ancora lontana – e fusione. Non è un modo responsabile per affrontare problemi strutturali sempre più urgenti: alto costo dell'energia e cronica dipendenza dall'estero.

Un tratto curioso del dibattito italiano è l'indicazione della Francia come modello. In realtà, il sistema elettrico francese – imperniato su 57 grandi reattori, un numero spropositato – mostra crescenti elementi di criticità. Come tutti i Paesi europei, anche la Francia sta installando nuova capacità rinnovabile; negli ultimi dieci anni questo ha di fatto marginalizzato l'equivalente di circa sette reattori. In media, quasi metà del parco nucleare francese non è impiegato per il fabbisogno interno: gli impianti sono spenti oppure producono per l'export. Quei reattori furono concepiti per funzionare in modo continuo, ma sono sempre più spesso modulati per adeguarsi all'andamento dell'offerta complessiva, causando un aumento dello stress operativo su infrastrutture ormai datate. In prospettiva, gli spazi per le esportazioni francesi tendono a ridursi, man mano che gli altri Paesi europei accrescono la propria capacità rinnovabile. Il nucleare francese sta diventando una sorta di elefante nella stanza del sistema elettrico europeo. Esso richiederà una



gestione sempre più attenta e condivisa, anche in vista di una dismissione non remota, le cui implicazioni non potranno essere considerate una questione di sola pertinenza francese.

NUCLEARE: PRO E CONTRO

Il nucleare presenta indubbi punti di forza: un reattore in funzione produce energia H24 in ogni stagione, non emette CO2 e inquinanti in fase operativa, occupa superfici contenute. Se ci si ferma qui, è la soluzione perfetta. Le tecnologie però non esistono mai in astratto: vanno inserite nel mondo reale. Ed è esattamente questo lo stress test che il nucleare non ha mai superato. Si tende superficialmente ad attribuire la crisi senza fine del nucleare a fattori esterni: ambientalisti, politici incapaci, enti regolatori eccessivamente severi.

Troppo comodo. La crisi del nucleare è tutta nelle sue in-

trinseche debolezze e contraddizioni, che in 70 anni non ha mai risolto.

L'ultima volta che in Italia si è discusso di nucleare (2010-2011) il fotovoltaico era marginale, l'eolico muoveva i primi passi, le batterie avevano costi proibitivi, le reti intelligenti erano solo una bella idea sulla carta, l'industria nucleare prometteva riduzioni dei costi, una centrale non si era mai trovata in teatro di guerra, la proliferazione nucleare era considerata un tema superato.

Discutiamo apertamente di tutto, ma non facciamo finta di essere anche solo a 15 anni fa. Oggi il nucleare non è più l'unica alternativa a carbone e gas, come all'epoca di Chernobyl e Fukushima. Tutto è cambiato, prendiamone serenamente atto e voltiamo pagina.

* *Direttore della rivista Sapere, dirigente di ricerca del CNR*

Fonte: Sapere

Nucleare: una mostra

Una bella mostra sul nucleare è stata realizzata dal Centro Sereno Regis di Torino. La trovate nelle pagine seguenti. Il Centro Studi Sereno Regis è uno spazio culturale che opera dal 1982 nel settore della ricerca per la pace, dell'educazione alla pace e della documentazione delle lotte nonviolente. È uno dei più importanti e riconosciuti centri italiani di promozione della cultura.

serenoregis.org www.facebook.com/serenoregis

EMIVITA

Tempo di dimezzamento
Il tempo che deve trascorrere
perché metà dei nuclei di un
determinato campione subisca
una trasformazione (decadimento).

Uranio	U^{238}	4,51 miliardi di anni
Uranio	U^{235}	704 milioni di anni
Torio	Th^{232}	14,05 miliardi di anni
Plutonio	Pu^{239}	24.000 anni
Idrogeno	H^3	12,32 anni
Iodio	I^{131}	8 giorni
Cesio	Cs^{137}	30,17 anni
Stronzio	Sr^{90}	28,79 anni

4,5 miliardi di anni

Tempo di decadimento dell'uranio.

L'uranio è un
minerale composto
presente in natura
sotto forma di tre
diversi isotopi.

U^{234}

il più abbondante: 99,3%

U^{235}

0,7%

U^{238}

in percentuale trascurabile

Esportatori di uranio

World Integrated Trade Solutions, 2023

Kazakistan

Canada

USA

Ucraina

Sudafrica

Italia

In Italia non ci sono miniere di uranio e non ci sono impianti di arricchimento e produzione del combustibile.

URANIO E PLUTONIO

Alcuni materiali presenti sul nostro pianeta sono radioattivi: possono cioè riassorbire i loro nuclei con emissione dell'energia in eccesso sotto forma di radiazione (raggi γ) e/o di particelle che, quando sono cariche, comportano anche un cambio di specie atomica: possono emettere energia in forma di radiazioni e particelle.

BEQUEREL

Unità di misura della radioattività
1 Bequerel = 1 decadimento al secondo

1940

Il plutonio è stato il primo elemento della tavola periodica prodotto dall'uomo (nel 1940).

Gli isotopi del plutonio più rilevanti per gli aspetti militari sono due:

Pu^{239}
 Pu^{240}

particolarmente idoneo per fare bombe a fissione (del tipo di Hiroshima e Nagasaki)

Il plutonio inalato attraverso i polmoni o assunto con il cibo distrugge le cellule nei tessuti dei polmoni, dell'apparato digerente e del midollo osseo.

Tra le reazioni che avvengono all'interno del reattore, quando l'uranio U^{238} cattura

INVISIBILI ED "ETERNI"

Uranio "impovertito"

Costituito dagli scarti del processo di arricchimento dell'uranio: per la sua alta densità, il basso costo, la relativa abbondanza è usato per la schermatura dalle radiazioni, e come contrappeso negli impieghi aerospaziali. Nel settore militare viene usato per le corazzature dei carri armati e in alcuni sistemi d'arma nelle munizioni anticarro.

La sindrome dei Balcani

L'uso di proiettili all'uranio impoverito si è rivelato altamente tossico e ha dato luogo a molti effetti patologici, soprattutto nei luoghi di guerra: quando le pallottole prendono fuoco a seguito del suo utilizzo, si frammentano in piccole particelle che si diffondono nell'aria, che sono molto tossiche se sono inalate, ingerite o se entrano in contatto diretto attraverso le ferite provocate da armi da fuoco.

Nell'ultimo ventennio si è verificato un incremento dei casi di tumori legati all'esposizione a uranio impoverito, in particolare il Linfoma di Hodgkin e la leucemia.

Alcuni sono presenti naturalmente, altri sono il risultato di attività umane. I tempi necessari perché le emissioni radioattive si riducano a metà sono molti diversi.

Due di questi materiali — l'uranio e il plutonio — hanno impieghi civili e militari. Le loro proprietà sono difficili da gestire: sono persistenti, invisibili, difficili da contenere, tossici per i viventi. I loro impieghi in campo civile e militare sono inscindibili.

un neutrone si trasforma in plutonio (Pu^{239})

Competenze militari e civili

Il comparto manageriale civile condivide con i militari:

Conoscenze di base

Studio dei reattori

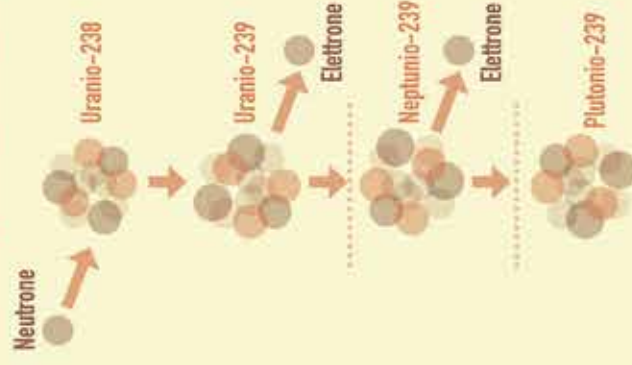
Estrazione e metallurgia del plutonio

Riciclaggio del combustibile

Rifiuti

Scambi di personale

Il plutonio è l'ingrediente fondamentale per la fabbricazione delle bombe atomiche. Ne bastano pochi Kg per farne una.



L'energia nucleare civile mantiene le competenze e le catene di fornitura necessarie anche per i programmi nucleari militari, senza le quali i costi delle capacità militari nucleari potrebbero diventare politicamente insostenibili.

Sirling & Johnson
(The Conversation, 2024)

Sans nucléaire civil, pas de nucléaire militaire, sans nucléaire militaire, pas de nucléaire civil.

Emmanuel Macron, 2020.
Nucléaire "Pour Emmanuel Macron, c'est la filière militaire qui prime".
Bezaf, LeMonde, 2020.

Lecture

Tartaglia Angelo, *Spaccare l'atomo in quattro — Contro la favola del nucleare*. Edizioni Gruppo Abele, 2022.

Planetary boundaries

Nel 2013 sono stati individuati 9 limiti planetari che la pressione umana non deve superare per mantenere la Terra stabile e resiliente. L'aggiornamento del 2023 mostra che sei dei nove limiti sono stati superati.

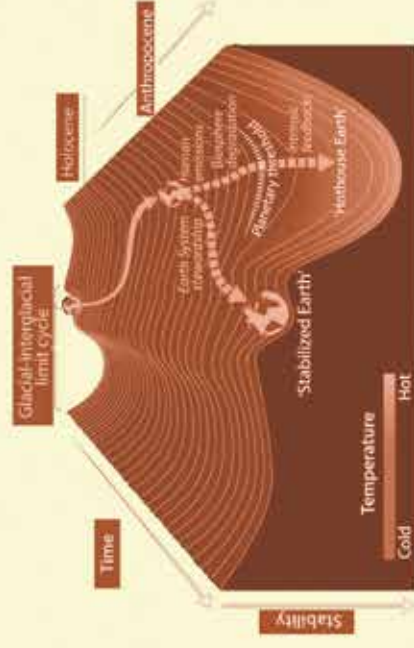
Il Sistema Terra ha superato sei dei nove limiti planetari



Tipping points

Punti di svolta, punti di "non ritorno". Sono soglie critiche nel sistema terrestre, superate le quali ci si può attendere dei cambiamenti improvvisi, sostanziali o addirittura drammatici e irreversibili.

Tipping Points in the Earth System



Limiti della crescita economica

Ogni attività economica (e in generale ogni attività umana) dipende totalmente dagli ecosistemi. L'ecologia ha come sottoinsieme l'economia.

"Se l'attuale tasso di crescita della popolazione, dell'industrializzazione, dell'inquinamento, della produzione di cibo e dello sfruttamento delle risorse continuerà inalterato, i limiti dello sviluppo su questo pianeta saranno raggiunti in un momento imprecisato entro i prossimi cento anni. Il risultato più probabile sarà un declino improvviso ed incontrollabile della popolazione e della capacità industriale".
Meadows et al., 1972.

L'economia è un sottosistema dell'ecosistema globale.

Ogni anno le attività umane consumano – in un tempo sempre più breve – le risorse che dovrebbero durare 12 mesi. L'Earth Overshoot Day è il giorno in cui l'umanità ha esaurito le risorse naturali che la Terra può fornire in un anno. Nel 2024 è stato il 19 maggio. Le attività delle moderne società umane richiedono sempre più energia: più persone, sistemi più complessi, più spostamenti.

LIMITI DEL PIANETA

I TEMPI DELLA NATURA E L'IMPAZIENZA UMANA

L'esigenza di ridurre l'uso dei combustibili fossili per frenare il riscaldamento globale ostacola la crescita economica: tra le soluzioni prospettate per superare l'ostacolo vi è il ricorso all'energia nucleare. Il problema più grave è l'utilizzo di una quantità crescente di energia, che contribuisce a un progressivo degrado dei sistemi naturali che ci sostengono. Superare i "boundaries", i limiti biofisici del pianeta, provoca reazioni globali incontrollabili, che possono modificare le condizioni di stabilità della Terra.

ECOLOGIA

ECONOMIA

CO₂

Tra i limiti planetari superati vi è la produzione di CO₂, che con l'effetto serra contribuisce a intrappolare calore nell'atmosfera, aumentandone la temperatura, perturbando interi ecosistemi.

Crescita annuale delle emissioni di CO₂



L'Amazzonia

L'Amazzonia contribuisce alla circolazione dell'umidità restituendola all'atmosfera attraverso l'evapotraspirazione. Oltre una certa soglia di disboscamento, questo delicato meccanismo di regolazione dell'umidità non riuscirebbe più a riprendersi: la foresta si trasformerebbe in una savana arida e infiammabile.

Calotte glaciali

È in corso la fusione delle calotte glaciali della Groenlandia e dell'Antartide: un aumento di temperatura media a livello globale tra 2°C e 3°C potrebbe portare a un innalzamento del livello dei mari tra 0,3 e 1 metro entro il 2100.

Integrità della biosfera

Questo confine riguarda la salute generale e il funzionamento degli ecosistemi, includendo la biodiversità, la resilienza e la capacità di sostenere la vita.

Azoto e fosforo

Sostanze usate nella composizione dei fertilizzanti per uso agricolo. Il loro rilascio nei corsi d'acqua ha raggiunto livelli senza precedenti, causando la crescita smisurata di microalghe dannose per il resto dell'ecosistema marino.

Consumo di suolo

La trasformazione di aree naturali o agricole in superfici artificiali ha gravi conseguenze ambientali ed economiche: la riduzione della biodiversità, l'incremento del rischio idrogeologico (alluvioni, frane) e la perdita di servizi ecosistemici.

Letture

Meadows Donella et al. *The Limits to Growth*. Commissionato al MIT dal Club di Roma, 1972.
Rockström J. et al. *Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity*. *Ecology and Society* 14(2): 32. 2009.

Consumi crescenti di energia

21,4 MWh/anno

Il consumo pro-capite di energia a livello mondiale è alto. Dal 1965 al 2023 è aumentato dell'85%.

1965 -> 2023

A livello assoluto il consumo dal 1965 al 2023 è aumentato del 249% la popolazione mondiale è aumentata "solo" del 143%.

9,1% -> 7,2%

Il Circularity Gap Report 2024 rileva che la capacità di rimettere in circolo materiali (tasso di circolarità globale) è diminuito dal 9,1% nel 2018 al 7,2% nel 2023.



Materiali estratti (Gt) = miliardi di Tonnellate

Il Consumo di materiali è un valido indicatore del danno ambientale. La movimentazione e l'utilizzo dei materiali contribuiscono per il 70% alle emissioni globali di gas serra (GHG). L'estrazione e l'utilizzo determinano oltre il 90% della perdita di biodiversità e dello stress idrico.

Schiavo energetico

Il concetto di "schiavo energetico" indica quante persone sarebbero necessarie per eseguire (senza ricorrere alle "macchine") le attività per le quali utilizziamo l'energia elettrica, la benzina ecc. Per convenzione poniamo che uno schiavo sviluppi la potenza di 50 W.

Asciugacapelli | potenza 1,2 kW
Utilizzo: 10 minuti
Schiavi energetici/ora: 4

Stufa elettrica | potenza 2,5 kW
Utilizzo: 1 ora
Schiavi energetici/ora: 50

Automobile | potenza 80 kW
Utilizzo: 2 ora
Schiavi energetici/ora: 3200

Metabolismo energetico

Il metabolismo energetico umano rappresenta l'insieme complesso di reazioni biochimiche attraverso le quali l'organismo, ricava energia utilizzabile per sostenere le funzioni vitali.

Una persona a riposo in media sviluppa una potenza di 50 W.

Pedalando per 2 ore in piano, sviluppa una potenza di 100 W, e produce circa 200 Wh.

Un muratore in una giornata di lavoro produce 1 kWh.

BISOGNI CRESCENTI DI ENERGIA

Fin dagli anni '40 del 900 si è affermata l'idea che il progresso umano e lo sviluppo sociale siano dipendenti dalla crescita economica, strettamente connessa a un aumento dei consumi di energia. La disponibilità di combustibili fossili ha favorito una scelta privilegiata di queste fonti per la maggior parte delle attività produttive: industria, commercio, trasporti, edilizia... Nell'aumentare la produzione (e il consumo) di energia sono emersi dei danni, (ambientali e sociali) percepiti

Ogni persona sul pianeta ha un limite annuale teorico di emissioni (carbon budget) e di materia

CONFUSIONE TRA DANNI E OSTACOLI DA SUPERARE

come ostacoli da superare per poter proseguire nella crescita. Si cerca di superare gli ostacoli utilizzando fonti energetiche meno dannose, senza però rinunciare a produrre/consumare quantità crescenti di energia. Le soluzioni proposte non eliminano, e in alcuni casi peggiorano i danni provocati sui sistemi ecologici. Aumentano le disuguaglianze e i conflitti per accedere a risorse sempre più scarse.

Consumi di energia da combustibili fossili

Attualmente il 75% del consumo di energia primaria a livello mondiale è di origine fossile. Alla Conferenza delle parti della Convenzione sui cambiamenti climatici (COP 21, Parigi, dicembre 2015) 195 Stati si sono impegnati a ridurre i consumi di combustibili fossili, per mantenere l'innalzamento della temperatura sotto 1,5 °C rispetto ai livelli pre-industriali. Agli italiani è richiesta una riduzione del consumo di E dell'80%.

Gli investimenti di 125 dei miliardari più ricchi del mondo emettono, in media, 3 milioni di tonnellate all'anno, oltre un milione di volte la media di una persona che si colloca nel 90% più povero dell'umanità.

Disuguaglianze

Si stima che entro il 2030 l'1% più ricco della popolazione mondiale (circa 80 milioni di persone) avrà un'impronta di emissioni del 25% superiore rispetto al 1990, 16 volte superiore alla media globale pro capite nel 2030 e circa 30 volte superiore al livello globale di emissioni necessario per contenere l'aumento della temperatura sotto 1,5°C.

L'impronta di carbonio del 10% più ricco (circa 800 milioni di persone) sarà nove volte il livello pro capite compatibile con l'obiettivo di 1,5°C, mentre il 40% appartenente alla classe media (circa 3,2 miliardi di persone) sarà circa il doppio.

L'impronta media della metà più povera della popolazione mondiale (circa 4 miliardi di persone) rimarrà sostanzialmente al di sotto della soglia di 1,5°C.

Letture

Energy Production and Consumption. <https://ourworldindata.org/energy-production-consumption>
Circularity Gap report 2024, Un'umanità sempre meno circolare. <https://economy.circolare.com/>

Esempi di consumi

La crescita esponenziale dei consumi di energia è in parte da attribuire alle Big Tech e serve per alimentare le cosiddette intelligenze artificiali (IA). Le Big Tech affrontano questi aumenti dei consumi con il ripristino di vecchie centrali nucleari dismesse e la costruzione di nuovi reattori modulari.

L'impatto delle pubblicazioni digitali di un/a influencer con tre milioni di followers è di 1.072 tonnellate di carbonio all'anno: l'equivalente di 481 viaggi andata e ritorno tra Parigi e New York.

Le attività online delle persone (videoconferenze, streaming audio e video, social, web) con i loro dispositivi (PC, smartphone, TV, laptop, tablet) consumano il 41% del carbon budget e il 55% del mineral and metal budget annuale procapite.

(mineral and metal budget) per non superare i 1,5 gradi di riscaldamento globale.

Produzione di CO₂

Le centrali nucleari emettono CO₂ nel loro ciclo di vita, ossia non sono mai ad impatto climatico zero.

Attività di estrazione e trasporto dell'uranio

Costruzione e smantellamento delle centrali

Costruzione dei depositi per il trattamento delle scorie

Emissioni
(tra 84 e 122 g/KWh) di CO₂
da una centrale nucleare

Produzione di combustibile, condizionamento e stoccaggio dei rifiuti: 56 gCO₂/kWh
Costruzione dell'impianto: 11,5 gCO₂/kWh
Smantellamento dell'impianto: 28-66 gCO₂/kWh

Sarà problematico gestire le conseguenze:

Il cambiamento climatico

- Riscaldamento di fiumi e mari
- L'innalzamento del livello dei mari
- Acqua più calda nei sistemi di raffreddamento
- L'intasamento delle prese d'acqua a causa della contaminazione biologica
- La riduzione di acqua durante i periodi di siccità
- Le interruzioni dovute a tempeste costiere

Le meduse hanno più volte bloccato il funzionamento di una centrale nucleare. Se le pompe che aspirano l'acqua attirano grossi quantitativi di questi animali, i filtri rimangono intasati impedendo il corretto afflusso dell'acqua e costringendo a fermare l'impianto, con costi considerevoli.

Acqua

Il 44% di tutta l'acqua che si consuma in Europa viene usata per la produzione di energia elettrica (centrali nucleari, a carbone e a gas).

44%

Nel 2011 sono stati consumati 4,5 miliardi di metri cubi d'acqua (quanta ne usano 82 milioni di cittadini europei).

Confronto tra metri cubi di acqua richiesti per MWh generato

Centrali nucleari

2,7 metri cubi d'acqua / MWh

Centrali a carbone

1,9 metri cubi d'acqua / MWh

Centrali a gas

0,7 metri cubi d'acqua / MWh

Le centrali in esercizio restano sempre accese, e la richiesta di acqua per il raffreddamento è molto elevata.

Gli impianti nucleari sono associati a problemi ambientali: in questo periodo di instabilità climatica, fenomeni di siccità possono ridurre la disponibilità di acqua per il raffreddamento; la fusione dei ghiacci provoca un aumento del livello dei mari. Il carattere "carbon free" dell'energia nucleare non tiene conto della produzione di CO₂ dell'intera filiera. Il territorio italiano presenta grande fragilità geomorfologica: terremoti, frane, alluvioni.

Il corpo umano è sempre stato sottoposto a un fondo di radioattività

NO NUCLEARE

AMBIENTE E SALUTE

Cesio 137

È un isotopo radioattivo, prodotto dalla fissione di nuclei pesanti, come U^{235} . Si tratta di un radionucleide a lunga vita, con un tempo di dimezzamento di circa 30 anni.

Una volta disperso nell'ambiente contamina la catena alimentare e può venire assorbito dall'uomo attraverso il cibo e l'acqua.

L'accumulo di cesio 137 nell'organismo è una delle principali minacce per la salute delle popolazioni che vivono nelle aree contaminate dal disastro di Chernobyl, soprattutto per i bambini che hanno il sistema immunitario più debole.

Dopo l'incidente di Fukushima, sono stati diagnosticati 160 casi di tumore alla tiroide, classificati come tumori papillari o follicolari, tra persone che erano bambini all'epoca dell'incidente.

Ionizzazione

Nei tessuti biologici le cellule sono composte per l'80% di acqua (H_2O) e per il restante 20% da sistemi biologici complessi.

Il processo di ionizzazione (rimozione di un elettrone dalla nuvola elettronica di un atomo) produce radicali OH liberi, chimicamente molto attivi, che possono alterare altre molecole e causare dannosi effetti biologici.

Se la ionizzazione ha luogo nelle parti critiche della cellula, quali il DNA che presiede al funzionamento e alla riproduzione della cellula stessa, queste funzioni possono essere alterate con gravi danni biologici, fino alla formazione di tumori o modificazioni genetiche.

Letture

Arndt Melanie. *Chernobyl Children. A Transnational History of a Nuclear Disaster*. Cambridge University Press, 2025. Impatto ambientale dell'energia nucleare: analisi dei rischi e delle opportunità. <http://alternalab.it>

È preoccupante la crescente militarizzazione del paese, resa necessaria dai sistemi di sicurezza richiesti per il trasporto, l'uso e lo smaltimento del combustibile.

Infine, una parola che non viene quasi mai pronunciata è "radioattività". Tuttavia sono presenti emissioni pericolose negli impianti che hanno subito incidenti e in ogni centrale nucleare che produce sostanze radioattive persistenti, che devono essere tenute isolate, in attesa di trovare una sistemazione definitiva.

naturale e le cellule riescono a riparare i danni del DNA entro una certa soglia.

In aggiunta alle radiazioni provenienti dai nuclei instabili naturali e alla radiazione cosmica, esistono altre sorgenti di radiazioni prodotte artificialmente dall'uomo:

Nuclei instabili ottenuti dalla scissione dell'uranio e del plutonio

Esplosioni di bombe termonucleari

Le cellule, se sottoposte a dosi maggiori di radioattività anche piccole, statisticamente i danni biologici non vengono riparati e possono causare morti anche dopo molti anni.

La reazione a catena

All'interno del reattore avviene una reazione a catena controllata: in media uno dei neutroni liberati in un evento di fissione incontra (dopo essere stato moderato) un altro nucleo di U^{235} (fissile), mentre gli altri vengono assorbiti rendendo radioattivo ciò che li assorbe (tra cui l'uranio U^{238} che si trasforma in plutonio Pu^{239}).



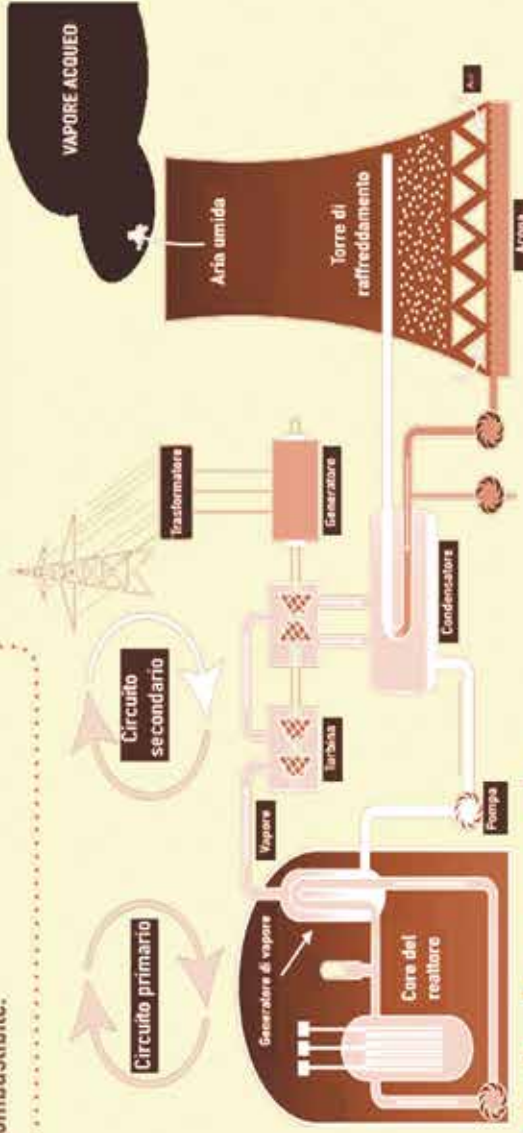
Il raffreddamento

Le centrali nucleari sono preferibilmente costruite vicino alle coste o lungo i fiumi, perché hanno bisogno di acqua per raffreddare i reattori e per trasportare il calore alla caldaia.

La produzione di energia elettrica da qualunque tipo di centrale richiede una grande quantità di acqua. Le centrali nucleari sono quelle che richiedono più acqua.

Trasformazioni di energia

La maggior parte dell'energia nucleare liberata nella fissione si manifesta come energia cinetica dei frammenti che si trasforma a sua volta in energia termica e quindi nel riscaldamento della barra di combustibile.



Rischi di allagamento

Tra i cambiamenti climatici in corso si prevede che l'innalzamento del livello dei mari sommergerà alcuni tratti della costa occidentale dell'Europa, dove sono presenti numerose centrali nucleari.

La generazione di energia elettrica in un reattore nucleare si basa sul trasferimento di energia da fonte nucleare a elettrica, attraverso varie trasformazioni.

Vi sono diversi modelli di reattore, tutti basati a partire da un modello di base: modifiche tecniche hanno portato alla costruzione di una genealogia, dalla prima alla

Circa il 30% del calore sviluppato nel nocciolo di un reattore viene convertito in energia elettrica.

Il 70% deve essere smaltito nell'ambiente circostante: nell'atmosfera (attraverso le torri di raffreddamento), nei fiumi e nel mare.

I tempi di costruzione di una centrale nucleare (a consuntivo su casi

I REATTORI NUCLEARI

“UN ATOMO È PER SEMPRE”

quarta (IV), attualmente in fase sperimentale. Le centrali nucleari sono presenti in molti Paesi: alcune sono state dismesse, altre sono in costruzione. Sono dotate di sistemi di raffreddamento, di scambiatori di calore, di vasche per ospitare il combustibile esaurito, di sistemi di contenimento e di impianti di sicurezza. Il tempo di vita delle centrali nucleari è molto lungo, soprattutto i tempi di costruzione, e la fase di “decommissioning”. Dopo alcune decine di anni le centrali devono essere smante; resta il problema di come smaltire l'edificio, molto radioattivo.

I reattori nel mondo

Nel mondo sono 442 i reattori nucleari attivi, concentrati in 29 Paesi e costruiti da una decina di aziende. La produzione mondiale complessiva è pari a 375.000 GW(e).

In Europa ci sono 148 reattori attivi in 16 Paesi. Nel mondo 65 sono in fase di costruzione, 8 dei quali in Europa (2 in Bulgaria, Romania e Slovacchia, 1 in Finlandia e Francia).

In Cina ci sono 27 centrali in costruzione: 11 nella federazione Russa, 5 in India e 5 in Corea.

I reattori attivi hanno un'età media compresa fra 24 e 31 anni. Dei 442 attivi, 33 stanno funzionando da 27 anni e 32 da 26 anni

“Generazioni” di reattori

I Generazione - Anni 1950-1960
Sono stati costruiti molti prototipi di centrali nucleari.

II Generazione - Anni 1970-1980
Costruzione di un gran numero di centrali commerciali per la produzione di energia elettrica.

III Generazione - Dal 1980
Sono certificati e disponibili sul mercato. Comprendono i reattori avanzati ad acqua naturale.

IV Generazione - Stadio sperimentale
Dovrebbero minimizzare i rifiuti radioattivi e i rischi per la sicurezza riducendo la probabilità di gravi danni al nocciolo del reattore.

In Italia hanno funzionato tre centrali di Generazione I: Latina, Garigliano, Trino Vercellese.

In Italia ha funzionato la centrale di Caorso.

Advanced Boiling Water Reactor (ABWR). In costruzione o esercizio; **European Pressurized Water Reactor (EPR)** 1 a Olkiluoto (Finlandia) 1 a Flamanville (Francia)

Letture

Il decommissioning degli impianti nucleari. <https://www.oecd-nea.org/>

reali) sono circa 15 anni. Il costo di realizzazione (a consuntivo) è 12-15 miliardi di Euro.

Il decommissioning

La vita utile si aggira tra 40-50 anni, dopodiché deve essere spenta.

Le strutture dei reattori sono radioattive. Anche i prodotti della fissione e il materiale fissile residuo (tra cui U^{235} e plutonio Pu^{239}) sono altamente radioattivi, con tempi di decadimento diversi, tipici e caratteristici per ogni isotopo.

I ritardi nella progettazione e nella costruzione delle centrali nucleari appaiono brevi rispetto alle migliaia di anni necessari per il decadimento radioattivo dei materiali fissili prodotti nei reattori: nel frattempo una tappa della filiera è costituita da un nascondiglio temporaneo sottoterra.

Radioattività naturale

In aree limitate è presente in maggiore concentrazione il Radon, un gas radioattivo di origine naturale che deriva dal decadimento dell'uranio nel suolo e nelle rocce. L'inalazione del radon e dei suoi prodotti di decadimento può danneggiare il DNA delle cellule polmonari, aumentando il rischio di sviluppare un tumore.

Tracce antiche

Le sorgenti idrotermali sono fessure sui fondali oceanici che si trovano in prossimità dei margini delle placche tettoniche o dei punti caldi vulcanici.

È stato ipotizzato che le comunità di viventi che abitano vicino alle sorgenti idrotermali siano esposte ad elevate dosi di radiazioni.

Alcuni studiosi pensano che le prime forme di vita si siano sviluppate proprio in quegli ambienti, utilizzando le alte energie scambiate in queste condizioni.

Radioattività artificiale

Le attività umane di estrazione, trasporto, manipolazione di sostanze radioattive, così come le esplosioni causate da test militari e gli incidenti alle centrali nucleari, producono l'emissione di radiazioni che danneggiano le strutture interne delle cellule dei viventi (DNA, RNA, proteine) in misura variabile a seconda della distanza, dell'intensità e della durata.

I danni cellulari danno luogo a varie patologie, che nei soggetti umani si manifestano con una varietà di sintomi: lesioni cutanee immediate ad alterazioni del sistema immunitario e varie forme di tumori, che possono manifestarsi dopo anni o decenni. Inoltre l'invisibilità delle radiazioni impedisce di quantificarne correttamente la presenza e le dimensioni spaziali e temporali.

Caratteristica delle radiazioni è la loro persistenza. Certi elementi radioattivi hanno tempi di decadimento molto lunghi: entrati nelle catene alimentari, possono trasferirsi da un organismo all'altro, coinvolgendo vaste reti ecologiche e disperdendosi nei terreni e nei sistemi idrici.

Le trasformazioni energetiche che sono alla base dei processi della vita sono dovute a scambi tra atomi e molecole (reazioni chimiche) tra le forme viventi e i substrati materiali che le ospitano. L'energia che viene scambiata è molto piccola, dell'ordine dell'elettronvolt (eV). Nelle trasformazioni di energia che riguardano i nuclei degli atomi l'energia che entra in gioco è un milione di volte più elevata: si esprime in MeV e si manifesta con fenomeni radioattivi.

Organismi resistenti

Tutti i viventi attuali sono vulnerabili alla radioattività, tuttavia alcuni hanno sviluppato particolari forme di difesa.



I tardigradi sono dei piccoli invertebrati, lunghi mezzo millimetro, che possono resistere alla radioattività, alla maggior parte dei tumori, al freddo estremo, al caldo torrido, al freddo intenso, all'assenza di gravità.

Gli organismi estremofili vivono negli ambienti più impensabili della Terra, dove le condizioni avverse sembrano ostacolare la vita: temperature di 120°C o di -15°C, pressioni centinaia di volte superiori a quella atmosferica, radiazioni, alta salinità e pH estremamente acidi o basici.

I licheni, crescono lentamente e su qualsiasi substrato: tronchi d'albero, marciapiedi o facciate di edifici. Sono resistenti all'inquinamento radioattivo, e arricchiscono la biodiversità. Le specie licheniche esistenti sono circa 13.000.

Un albero può accumulare grandi quantità di energia, che distribuisce in migliaia di foglie. Se per qualsiasi ragione

SCALE DI ENERGIA E VITA

Occupazione

Le centrali nucleari sono impianti ad altissima intensità di capitali, e a fronte di enormi investimenti richiesti, creano pochi posti di lavoro.

Uno studio di Edison, Ansaldo Nucleare e di Teha Group calcola in circa 50 miliardi di euro e 117 mila nuovi posti di lavoro l'impatto che l'atomo di ultima generazione potrebbe avere sull'economia italiana tra il 2030 e il 2050.

La stessa entità indirizzata al risparmio energetico e alle energie rinnovabili, potrebbero creare molti più posti di lavoro, diffusi su tutto il territorio nazionale.

Uno studio di Solar Power Europe stima la crescita dell'occupazione nel solare fino a 1,4 milioni di posti di lavoro nel 2028.

Costi di costruzione in Europa

Flamanville 3 (Francia)

Costo dichiarato all'inizio 3,3 miliardi di Euro
Costo a consuntivo 19,1 miliardi di Euro

Olkiluoto 3 (Finlandia)

Costo dichiarato all'inizio 3,2 miliardi di Euro
Costo a consuntivo 11 miliardi di Euro

Hinkley Point C (Gran Bretagna)

Costo previsto 18 miliardi di sterline
Costo previsto (entrata in funzione 2027) 25-26 miliardi di sterline

Costi di gestione

In occidente non ci sono industrie private che costruiscono centrali nucleari: la Westinghouse è uscita dal business nucleare nel 1999, la francese Areva è stata nazionalizzata nel 2017. Il prezzo viene stabilito dal governo.

Secondo l'Agenzia Internazionale per l'Energia (AIE) nella UE i costi di generazione dell'energia elettrica da nucleare, nel 2023, 2030 e 2050, sono sempre più alti di quelli per le fonti rinnovabili.

Le contrarietà nei confronti dell'uso dell'energia nucleare sono molteplici e di diversa natura. Alcune riguardano la sfera economica (costi di costruzione e di gestione rispetto ad altre fonti di energia); altre riguardano l'ambito sociale (occupazione, aspetti sanitari). Un problema sentito è quello dei tempi di realizzazione: di fronte all'emergenza climatica 10-15 anni necessari per la messa in funzione di nuovi impianti sono giudicati troppi. Gli enormi investimenti

I ritardi del nucleare



Costi addizionali

Nelle valutazioni economiche vi sono dei costi sottostimati o ignorati.

Nucleare

"Decommissioning" e bonifica dei siti delle centrali. Rifiuti radioattivi, di alta e media attività, generati dal funzionamento.

Rinnovabili

Costo degli accumuli, che dipende da molti fattori.

Nella costruzione e gestione degli impianti nucleari, per motivi di sicurezza occorre

NO NUCLEARE

ASPETTI ECONOMICI E SOCIALI

economici necessari per le costruzioni richiedono l'intervento di grandi imprese multinazionali, e in caso di fallimenti fanno ricadere sugli enti pubblici (quindi sui cittadini) l'onere di gestirne le conseguenze.

Un altro aspetto critico è che la sua gestione è basata sul controllo delle conoscenze e del potere nelle mani di pochi, sia per le sedi degli impianti, sia lungo tutte le tappe della filiera. I rischi indotti dall'utilizzo di sostanze radioattive richiedono un controllo militare (rispetto a incidenti, furti, atti di terrorismo) che limiterebbero la libertà di circolazione per ampie fasce di popolazione.

militarizzare ampie aree di territorio, con l'imposizione di regole preordinate e superiori agli interessi dell'ambiente e delle popolazioni.

Costi delle tecnologie in Europa

Il costo di sistema del solare, generazione più stoccaggio, è significativamente inferiore a quello previsto del "nuovo" nucleare.

UNIONE EUROPEA	LCOE	
	2023	2030
NUCLEARE	170	195
CARBONE	290	n.a.
GAS CCBT	205	260
SOLARE FOTOVOLTAICO	50	35
EOLICO ONSHORE	60	55
EOLICO OFFSHORE	70	45

Agencia internazionale per l'Energia

LCOE

LCOE (Levelized Cost of Energy) è un indicatore economico che misura il costo medio di produzione di energia elettrica per una fonte di energia (es. fotovoltaico, eolico, nucleare) per tutta la sua durata operativa.

Dal privato al pubblico

Tra le conseguenze sociali vanno compresi gli interventi degli Stati. Le enormi incertezze dovute a imprevisti durante la costruzione e la gestione, i continui aggiornamenti richiesti dalla sicurezza e la fine vita dei reattori nucleari ha allontanato da questo settore le imprese private, lasciando gli oneri economici a carico degli stati e dei cittadini.

Valutazione del rischio

Nel caso delle centrali nucleari manca una corretta informazione sui rischi, e non è mai stata incoraggiata la partecipazione democratica alle scelte energetiche. La percezione del rischio da parte della popolazione cambia se viene assunto volontariamente oppure se viene imposto dall'alto.

Centralità del potere

La tecnologia nucleare è basata sul controllo delle conoscenze e del potere decisionale nelle mani di pochi. Gli impianti nucleari richiedono uno stretto controllo di tutte le tappe della filiera, anche per scongiurare incidenti, sottrazioni di materiale strategico-militare, attentati, danneggiamenti.

Il pubblico non è informato sull'incapacità di gestire gli enormi rischi legati alle centinaia di centrali nucleari già costruite e che stanno arrivando alla fine del loro ciclo di vita.

Viene sempre minimizzata (o nascosta) la presenza di radioattività nell'uso di questa fonte di energia, e le sue implicazioni sanitarie.

Letture

Bascetta Marco, *Un permanente stato di emergenza della democrazia*, Il Manifesto 29.12.2024.
Muellner N. et al. *Nuclear energy – The solution to climate change?* Energy Policy 155 (2021).

Fonti intermittenti

Sole e vento sono intermittenti, ma con l'evoluzione dei sistemi di accumulo, anche le rinnovabili si possono ormai considerare "programmabili", grazie all'accumulo di elettricità sotto forma di:

- Energia solare a concentrazione.
- Energia idroelettrica a pompaggio
- Batterie
- Dighe idroelettriche

L'installazione di impianti eolici e fotovoltaici deve rispettare la tutela del patrimonio culturale, del paesaggio, delle aree agricole e forestali, della qualità dell'aria e dei corpi idrici...

...privilegiando l'utilizzo di superfici di strutture edificate (capannoni industriali e parcheggi), e di aree a destinazione industriale (per servizi e logistica).

Occupazione

2050

100% di rinnovabili in 130 Paesi

Produzione elettrica

La produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, escluso l'idroelettrico, è aumentata del 13% nel 2024 raggiungendo il livello record di 4.748 TWh (guidata da energia eolica e solare).

Il mercato globale del fotovoltaico ha continuato il suo trend di crescita nel 2024, raggiungendo 495 GW di capacità installata (+14% rispetto al 2023).

I costi del solare, dell'eolico e degli accumuli negli ultimi trenta anni sono diminuiti di diversi ordini di grandezza.

-89%

Fotovoltaico

-69%

Eolico onshore (sulla terraferma)

-59%

Eolico offshore (mare aperto)

Risparmio energetico

La transizione da fonti convenzionali (DBAU) a fonti rinnovabili (WWW) deve essere accompagnata da varie iniziative di risparmio energetico:

- Efficienza del riscaldamento a bassa temperatura.
- Efficienza della mobilità elettrica.
- Eliminazione dell'energia necessaria per estrarre, trasportare e processare combustibili fossili, biocarburanti, bioenergia e uranio.

DBAU
Business As Usual
(fonti convenzionali)

WWW
Wind Water Solar
(fonti rinnovabili)

Creazione di 52 milioni di posti di lavoro, a fronte della perdita di 27 milioni di posti perduti nelle attività da combustibili fossili.

L'Italia sarebbe il luogo ideale per produrre elettricità verde da eolico offshore galleggiante, diventando il terzo mercato mondiale con grandi opportunità per il lavoro e per l'economia.

100% RINNOVABILI

Esigenze agricole, sociali, industriali, commerciali e di comunicazione per gran parte dell'umanità utilizzano fonti fossili provocando conseguenze dannose: riscaldamento globale e inquinamento atmosferico sono problemi da affrontare con urgenza. Sostituire fonti fossili esauribili e inquinanti con altre forme di energia pulite e rinnovabili richiede un profondo cambiamento per individui, comunità, aziende, organizzazioni e decisori politici in tutto il mondo.

È necessario
soddisfare i
bisogni energetici
dell'umanità

ACQUA VENTO SOLE

Questa transizione verso energia eolica, idrica e solare pulita e rinnovabile richiede lo sviluppo di un piano che coinvolge tutti i settori energetici (elettricità, trasporti, riscaldamento, raffreddamento, industria, agricoltura, silvicoltura e pesca) entro il 2050 (80% entro il 2030). "Comunità energetiche" locali rispondono con piccoli impianti per l'autoconsumo, ma grandi installazioni di eolico e fotovoltaico hanno assunto dimensioni industriali, con preoccupanti impatti ambientali e conflitti sociali. Indipendentemente dalla fonte, il crescente consumo di energia contribuisce a superare i limiti biofisici del pianeta.

riducendo o eliminando i consumi superflui e quelli dannosi (armi e guerre).

Consumi crescenti di energia

I consumi mondiali di energia sono in costante crescita. Anche il consumo di petrolio, gas e carbone nel mondo è salito (+1,5% rispetto al 2022).

Il settore elettrico è uno dei principali motori di questa crescita, con un aumento del 4,3% dei consumi globali di elettricità nel 2024.

I data center e i settori dell'intelligenza artificiale (AI) sono tra i principali utilizzatori.

2024

L'Italia ha registrato una crescita del 2,2% dei consumi elettrici, toccando quota 312,3 miliardi di kWh, soddisfatta per il 42,5% dalla produzione da fonti energetiche non rinnovabili, per il 41,2% da fonti energetiche rinnovabili e la restante quota dal saldo estero.

Economia di scala

Le tecnologie rinnovabili sono sempre più convenienti, grazie ai costi decrescenti dei nuovi impianti. Si tratta di economia di scala: più aumenta la produzione, più diminuisce, in proporzione, il prezzo.

La tendenza dei prezzi delle materie prime, in costante discesa, traina anche l'intero comparto delle batterie: dal 2010 al 2020, il prezzo è crollato di quasi dieci volte (da 1.000 dollari/kWh a poco più di 100).

Le tecnologie digitali, comprese le rinnovabili, hanno bisogno di grandi quantità di materie prime; metalli e terre rare. La domanda ha registrato una forte crescita.

2023

litio +30%
nichel, cobalto, grafite,
terre rare +8/15%

Piccoli impianti

Comunità Energetiche Rinnovabili (CER) e Autoconsumo collettivo sono due nuovi modi per i cittadini di contribuire alla transizione.

Cittadini, aziende ed enti locali della stessa area possono condividere un impianto alimentato da fonti rinnovabili (fotovoltaico, eolico, idroelettrico e biomasse) e utilizzarlo per i propri consumi.

Le CER sono indirizzate a piccoli e medi consumatori di energia, con una potenza complessiva inferiore a 1 MW. I grandi consumatori non possono farne parte.

Letture

Verso la neutralità climatica con elettricità 100% rinnovabile. <https://www.100x100rinnovabili.net/>

L'incertezza dei confini

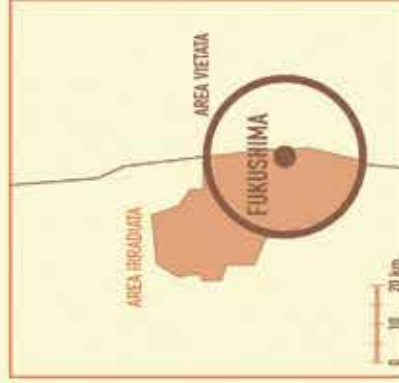
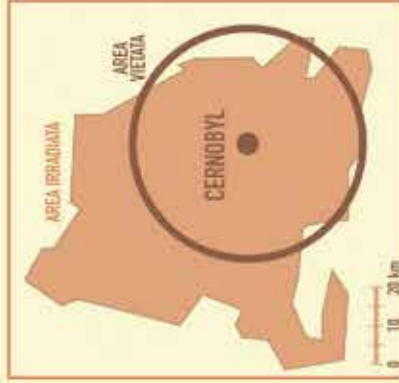
Dopo i disastri di Chernobyl e Fukushima molte comunità furono costrette ad allontanarsi dalle loro case e furono stabilite aree di esclusione con divieto di accesso nelle zone irradiate.

CERNOBYL

L'area vietata che era all'inizio di 2.634 km quadrati, fu poi estesa a più di 4.143 km quadrati per includere ulteriori aree che in seguito sono risultate irradiate.

FUKUSHIMA

Gli ordini di evacuazione furono modificati più volte, in base alle incertezze sui rischi, agli imprevisti spostamenti del fallout, alle convenienze politiche.



Gli sfollati

Il numero di sfollati dopo Chernobyl raggiunse il mezzo milione di persone (compresi 130.000 di Bielorussi e 5.000 Russi). A Fukushima furono 90.000 le persone allontanate: contando anche quelle che si allontanarono volontariamente, furono 150.000.

CERNOBYL

Data la scarsità di generi alimentari, non si poteva rinunciare ai prodotti agricoli provenienti dalle zone contaminate. Si decise di utilizzare il latte contaminato per fare burri e formaggi, e di vendere la carne degli animali macellati dopo averla accuratamente lavata. Un ordine vietò la consegna a Mosca.

FUKUSHIMA

L'ordine di evacuazione emanato coinvolse molti allevatori, che furono costretti ad abbandonare i loro animali. Alcuni preferirono uccidere le loro mucche, per non farle morire di fame. Altri decisero di rimanere, sfidando i divieti, per accudire agli animali, anche se sapevano che non avrebbero potuto venderli.

«11 marzo 2011. Non è esagerato affermare che le nostre vite, i nostri modi di vivere e di pensare sono stati completamente cambiati da quel giorno»

Avvisi tardivi

Il via libera all'evacuazione di quasi cinquantamila abitanti di Prypiat (nei pressi di Chernobyl) arrivò il 27 Aprile 1986, più di 36 ore dopo l'esplosione della centrale.

Decontaminazione manuale

Dopo il disastro, le città vicine alla centrale di Fukushima sono state evacuate e chiuse ai residenti. Nella città di Futaba l'emergenza è durata per oltre un decennio, mentre decine di migliaia di lavoratori, tra cui un gran numero di migranti e persone senza fissa dimora, hanno raccolto e insaccato il terriccio contaminato e hanno meticolosamente decontaminato le infrastrutture locali.

La narrazione può essere intesa sia come modalità cognitiva sia come attività pratica: esperienze vissute e testimonianze raccolte integrano i dati dell'analisi quantitativa di eventi catastrofici con le testimonianze dei soggetti vittime di incidenti. Recenti ricerche storiche e sociologiche mettono in luce le conseguenze psicologiche e sociali, le trasformazioni delle attività lavorative, le dinamiche relazionali, le modificazioni

Le narrazioni delle vicende e dei traumi subiti possono favorire — più di molte

INCIDENTI CATASTROFICI

EVENTI IMMEDIATI DISASTRI LENTI

Ambienti irradiati

In seguito agli incidenti tutte le forme di vita colpite dalle radiazioni furono danneggiate o uccise.

Uccelli e insetti

In media le popolazioni di uccelli sia a Chernobyl che a Fukushima sono diminuite con l'aumento dei livelli di radiazioni di fondo. Tra il 2006 e il 2008 le indagini sul campo a Chernobyl hanno evidenziato una riduzione della presenza di bombi, farfalle, cavallette, libellule e ragnatele con l'aumento delle radiazioni.

Alberi

Gli alberi della Foresta Rossa, una pineta nei pressi del reattore di Chernobyl, furono abbattuti. La radioattività uccise tutti gli organismi decompositori, così i tronchi rimasero sul posto, e dovettero essere seppelliti.

Acque reflue

A Fukushima, le acque reflue contenenti materiali radioattivi, dichiarate sicure dagli enti di regolamentazione nucleare, vengono scaricate nell'oceano. Questa decisione ha suscitato polemiche, anche perché mancano le prove di una effettiva innocuità rispetto agli ecosistemi marini.

Quante vittime?

La nuvola radioattiva di Chernobyl colpì per il 20% l'Ucraina, e per l'80% Bielorussia e Russia: ma su questi territori non sono disponibili dati.

Il numero totale di vittime del disastro non è noto. Il conteggio immediato fu di 31 decessi e 340 morti per sindrome acuta. Ma 35.000 donne nella sola Ucraina ricevettero compensazioni per i mariti morti.

Le valutazioni di cancro, leucemie, malattie cardiache sono molto diverse:

4.000 per il Chernobyl Forum dell'ONU
50.000 per la Union of Concerned Scientists.

Vi è maggior accordo per l'aumento di tumori alla tiroide nei bambini e adolescenti: circa 7.000. La mortalità totale dopo l'incidente di Fukushima ammonta a circa 10.000 casi.

Letture

Plokyh Serhii, *Atomi e cenere*, Mondadori, 2024.

Brown Kate, *Manual for Survival: A Chernobyl Guide to the Future*, W. W. Norton & Company, 2019.

ambientali delle popolazioni e degli ecosistemi colpiti. "Atomi e cenere" è il titolo di un libro in cui l'Autore - Serhii Plokyh - analizza le circostanze che hanno dato origine a sei disastri nucleari (tre militari e tre civili), il susseguirsi e l'intrecciarsi degli eventi che hanno scatenato le tragedie, e la molteplicità di conseguenze nello spazio e nel tempo. Dai racconti dei soggetti che hanno vissuto queste tragedie emerge un aspetto comune: sorpresa per eventi imprevisi, incompetenza dei responsabili, errori materiali, scarsa comunicazione tra gli operatori, pressioni politiche.

statistiche - una presa di coscienza sugli effetti di una inaccettabile e ingesibibile potenza energetica.

Incidenti

Sei sono stati gli incidenti classificati come i più gravi. Gli attuali reattori discendono tutti da un comune modello, e studiare che cosa ha provocato gli incidenti, e come sono stati gestiti, può essere utile per prevenire incidenti futuri.

Hanno coinvolto il comparto nucleare militare:

Castle Bravo (Isole Marshall, 1954)
Krystym (1957, URSS)
Windscale (1957, UK)

Hanno scosso l'industria nucleare civile:

Three Mile Island (USA, 1979)
Cernobyl (Ucraina, 1986)
Fukushima (Giappone, 2011)

La sicurezza

Un incidente a un impianto nucleare può mettere a repentaglio l'incolumità del pubblico. In tutti i Paesi industriali è stata predisposta una rigorosa legislazione per la sicurezza nucleare.

Un Ente indipendente, l'"Autorità di Sicurezza", ha la responsabilità di verificare che siano soddisfatte tutte le norme di sicurezza, sia in fase di costruzione che durante l'esercizio.

Probabilità

In questi contesti il "rischio" viene definito come il prodotto della probabilità di un incidente grave per le sue conseguenze.

Rischio = probabilità X conseguenze

La probabilità contiene molte aree di incertezza, di valutazioni fatte basandosi su "medie" su dati soggetti a errori.

Fiducia nella tecnologia

La "fiducia" nella tecnologia può influenzare i procedimenti di calcolo. Bisognerebbe considerare, nel calcolo delle probabilità, non solo le vulnerabilità dell'impianto ma anche le minacce "esterne" (es. scenari di guerra o attacchi terroristici).

La digitalizzazione di molti processi e la connessione in rete dei sistemi ha introdotto ulteriori vulnerabilità sia hardware che software.

In passato l'industria nucleare dichiarava che un incidente maggiore con fusione del nocciolo sarebbe stato un evento quasi impossibile: al più uno ogni dieci milioni di anni di funzionamento di un reattore.

Gli incidenti di Three Mile Island, Chernobyl, e Fukushima hanno smentito quelle stime, rendendo necessarie profonde revisioni della sicurezza nucleare.

Dagli anni 50 ad oggi sono stati centinaia gli incidenti nel settore nucleare (civile e militare): esplosioni, emissioni di radioattività e danni alle persone e all'ambiente.

Molte ricerche hanno cercato di individuare le cause (spesso molteplici) che hanno provocato i singoli incidenti. Altre sono in corso per individuare e misurare le conseguenze degli incidenti. I dati a disposizione sono ancora oggi incompleti, per la vastità dei luoghi colpiti, la durata temporale (che supera la scala umana) e la varietà dei bersagli colpiti — da singole persone a interi ecosistemi.

INCIDENTI CATASTROFICI

Per prendere decisioni in condizioni di

DECIDERE IN CONDIZIONI DI IGNORANZA

Conseguenze

Gli incidenti possono avere delle conseguenze durature sugli esseri umani e sugli ecosistemi.

Come si possono quantificare i rischi quando, pur accettando l'ipotesi di probabilità basse, le conseguenze sono catastrofiche? Come misurarle? In morti / MWh prodotto? Si può fare un confronto di questo tipo? Si possono quantificare i costi di una catastrofe nucleare?

I soli costi di messa in sicurezza del sito di Fukushima potrebbero essere compresi tra 470 e 660 miliardi di dollari. Danni comunque contenuti rispetto al disastro maggiore sfiorato, che avrebbe comportato l'evacuazione di Tokyo. Il destino ha voluto che la direzione del vento fosse contraria.

Rischio

In base alle ricerche sulle banche dati (fino al 2018) è stato previsto un incidente con fusione del nocciolo ogni 37.000 anni-reattore.

La possibilità che si verifichi un incidente nei prossimi 25 anni è tra lo 0,82 e il 7,7% (con livello di sicurezza al 95%). Dunque, probabilmente assisteremo a un altro incidente prima del 2036...

Nel 2025, in tutto il mondo 65 reattori sono in costruzione. Ne sono previsti altri 90.

La World Nuclear Association (NWA) propone di aumentare la quota di energia elettrica prodotta dalle centrali nucleari da poco più del 10% al 25% nei prossimi trent'anni.

Letture

Salio Nanni, *Complessità, globalità e ignoranza: fondamenti epistemologici della conoscenza ecologica*. <https://serenoregis.org/>

Rischio, incertezza, ignoranza

La tecnoscienza agisce non più su sistemi isolati ma su socio-ecosistemi globali, destabilizzandoli. Il dominio e il controllo sulla natura si rivelano inadeguati di fronte all'ignoranza sulle conseguenze delle trasformazioni prodotte su un mondo complesso e interdipendente.

Come governare le innovazioni scientifico-tecnologiche e come decidere in condizioni di incertezza? Se ne distinguono diversi gradi:

Rischio: le variabili principali sono note, le rispettive probabilità di diversi eventi sono quantificate.

Incertezza: sono note le variabili ma le probabilità non sono quantificabili.

Ignoranza: le variabili principali sono ignote, dunque a maggior ragione gli eventi.

Indeterminatezza: la dipendenza dal contesto disciplinare, socio-culturale di ogni conoscenza.

Il calcolo del rischio di un incidente nucleare deve includere una valutazione di conseguenze e ricadute, sociali ed economiche, attribuzioni di responsabilità, compensazioni alle vittime, bonifiche di territori terrestri e marini. Alcuni autori usano il termine di "violenza lenta": azioni che provocano danni ritardati nel tempo e spostati nello spazio, in cui gli autori sfuggono alla giustizia e le vittime spesso non conoscono neppure i responsabili, né possono rivolversi contro di loro. Molte volte si tratta di delitti ambientali.

ignoranza la scelta più razionale è la reversibilità, cioè tornare indietro.

Tante parole

Molte parole nel linguaggio comune esprimono la volontà di ridurre i consumi, associate a "sufficienza", altrettanto indicano le propensioni a consumi eccessivi.

SUFFICIENZA

frugalità
sobrietà
austerità
semplicità
parsimonia
moderazione

CONSUMI

accumulazione
opulenza
eccesso
sovraconsumo
insaziabilità
avidità

Strategie di riduzione

La riduzione del consumo di energia è una variazione, di segno negativo, del valore assoluto del consumo di energia in un dato lasso di tempo rispetto a un periodo precedente, ad esempio tra un anno e un altro. Questa riduzione si può perseguire grazie a diverse strategie.

SUFFICIENZA ENERGETICA

È la situazione nella quale i bisogni di base di servizi energetici sono soddisfatti in maniera equa e nella quale i limiti ecologici non sono oltrepassati.

SOBRIETÀ ENERGETICA

È l'insieme di azioni che si possono mettere in pratica per ridurre il consumo di energia. È un impegno importante per contrastare la crisi climatica e limitare le emissioni di CO₂.

RISPARMIO ENERGETICO

È la misura della differenza tra l'energia che si sarebbe consumata se non si fossero compiute certe azioni e quella che è stata effettivamente consumata avendole compiute.

EFFICIENTAMENTO ENERGETICO

Si intende l'adozione di misure tecnologiche, comportamentali o di altro tipo, che aumentano il rapporto tra output e l'input energetico utilizzato per ottenerlo.

SEMPLICITÀ VOLONTARIA

È un percorso volontario e organizzato per ridurre il consumo di energia e di risorse naturali attraverso cambiamenti di valori, norme, organizzazione collettiva e stili di vita.

Indicatore di crescita economica

Gli indicatori economici più comuni, come il PIL (Prodotto Interno Lordo), misurano la quantità di attività economica, senza distinguere tra costi e benefici per la società.

Il PIL aumenta sia con la produzione di beni utili, sia con le spese legate a incidenti stradali o disastri ambientali, senza considerare le conseguenze negative che queste attività possono avere sul benessere collettivo. Non tiene conto della distribuzione della ricchezza né dell'impatto ambientale delle attività economiche.

UN CAMBIO DI PROSPETTIVA

La descrescita è una prospettiva che si oppone al modello della crescita economica come via per il benessere, propone un ridimensionamento e una redistribuzione delle produzioni e dei consumi tra Paesi e tra fasce di popolazione.

SCELTE ENERGETICHE

Si consuma energia per ottenere servizi energetici che permettono o facilitano il raggiungimento di condizioni o servizi finali desiderati: produzione di freddo da un frigorifero, illuminazione da una lampadina, spostamenti in bus. La crescita dei consumi energetici sta producendo molti danni a specie animali, ad habitat, a comunità umane: a tutto il pianeta.

In economia la parola "sviluppo" viene utilizzata in modo ambiguo, confondendola con "crescita". Lo sviluppo

"Siamo talmente deformati dalle abitudini industriali che non osiamo più

DALL'EFFICIENZA ALLA SOBRIETA

riguarda un processo di crescita di un organismo vivente, di una facoltà fisica o intellettuale, di un progetto politico, al di là dell'ambito economico. La crescita economica misura il valore monetario di beni e servizi in una economia di mercato. È necessario intervenire per frenare il consumo di energia e per ridurre la domanda senza ostacolare lo sviluppo umano e il benessere sociale. È alla portata di tutte le società ed esistono molte vie per raggiungere lo scopo.

scrutare il campo
del possibile".
Ivan Illich



Indicatori di benessere

Numerosi sono i tentativi di "correggere" il PIL al fine di disporre di una misura unica in grado di ricondurre la multidimensionalità del benessere a un numero.

L'indicatore MEW (Measure of Economic Welfare)

L'indicatore ISEW (Index of Sustainable Economic Welfare)

L'indice di Benessere Sostenibile (variante italiana dell'ISEW)

La sua più recente
evoluzione prende
il nome di Genuine
Progress Indicator
(GPI).

Consumi e pianeta

Mentre aumentano i danni ambientali causati dai consumi di energia e materia, una percentuale crescente di persone e di comunità non può soddisfare i bisogni primari. Lo sviluppo economico si dovrebbe collocare all'interno dei limiti planetari, bilanciando equamente il benessere sociale con la sostenibilità ambientale, rimanendo entro i limiti ecologici del pianeta e affrontando allo stesso tempo la disuguaglianza e l'ingiustizia sociale.

Decrescita selettiva

La decrescita sottolinea l'esigenza di un'equa redistribuzione dell'energia. La riduzione del consumo di servizi energetici non deve perciò riguardare chi non riesce a soddisfare i propri bisogni di base di servizi energetici.

Occorre un'applicazione più efficace della democrazia e una espansione del controllo popolare del dominio politico.

Letture

Arrobbio Osman. *Sufficienza energetica il senso, le opportunità e le sfide di un diverso cammino per la transizione energetica*. Castelvecchio, 2025.
Demaria Federico e Bagghetun Erik Gomez. *Lasciarsi lo sviluppo alle spalle: il caso decrescita*. Quaderni della decrescita. N.ro/12. gen/apr 2024.

A.I. vs bisogni primari

La crescita esponenziale della tecnologia dell'intelligenza artificiale consuma energia e acqua su una scala tale che rischia di vanificare qualsiasi sforzo per mitigare la catastrofe climatica.

Qualsiasi beneficio apportato dalla tecnologia dovrà essere bilanciato con il considerevole potenziale di danno.

Nel 2022, Oxfam ha condotto un'analisi su 125 miliardi e ha scoperto che, in media, emettevano 3 milioni di tonnellate di CO₂ all'anno attraverso i loro investimenti, oltre un milione di volte in più rispetto alla media di una persona nel 90% più povero dell'umanità.

Risparmiare è possibile

A livello mondiale la produzione di energia è la causa di almeno due terzi delle emissioni di gas serra e di varie forme di inquinamento.

CLEVER (a Collaborative Low Energy Vision for the European Region) segnala che è possibile ridurre del 55% il consumo di energia in EU entro il 2050, unendo rinnovabili, efficienza e sufficienza (con riorganizzazione profonda della società, valori, norme, organizzazione...)

Le miniere

L'estrazione di uranio è concentrata in pochi paesi. Le miniere di uranio sono sedi di devastazioni ambientali e di terribili condizioni di vita per i lavoratori.

43%

KAZAKISTAN

Principale paese al mondo produttore di uranio

14,9%

CANADA

11,4%

NAMIBIA

9,2%

AUSTRALIA

6,7%

UZBEKISTAN

Arricchimento e combustione

Il minerale estratto dai giacimenti contiene solo lo 0,1%-1,5% di uranio.

A valle delle miniere il minerale viene purificato e concentrato dando luogo a una miscela di ossidi (la yellowcake) che ne contiene il 60%-70%.

L'uranio arricchito viene convertito in polvere e trasformato in pellet duri e ceramici.

Le barre di combustibile vengono periodicamente sostituite con operazioni molto complesse.

La miscela di uranio arricchito all'interno del reattore subisce una serie di trasformazioni (la fissione) accompagnate da una intensa produzione di calore.

I pellet vengono inseriti in tubi in lega metallica, che sono le barre del combustibile.

Un ciclo incompleto

Il ciclo della filiera dell'uranio va analizzato dall'estrazione in miniera, alla produzione di barre di combustibile, al loro spostamento sul territorio, alla costruzione e smantellamento delle centrali, alla costruzione dei depositi per il trattamento delle scorie radioattive, fino al loro stoccaggio nei depositi di rifiuti radioattivi.

Attualmente gli elementi radioattivi del nucleare civile provengono dagli impianti di trattamento dei combustibili e dai combustibili irradiati nelle centrali nucleari. Il volume di rifiuti da smaltire dipende dalla composizione e dal trattamento.

Dopo una prima sosta per qualche anno in grandi piscine per ridurre le emissioni radioattive più intense, possono poi seguire destini diversi: o li si considera come rifiuti da smaltire, direttamente, oppure possono essere "ritrattati" estraendone plutonio e altri attinidi (utili come risorse).

In attesa di trovare una soluzione, i rifiuti radioattivi vengono nascosti sotto terra.

Un terzo destino, finora mai realizzato, è quello di "chiudere il cerchio", estraendo e riutilizzando periodicamente le componenti fissili, fino a lasciare solo rifiuti non radioattivi, facili da smaltire.

LA FILIERA DEL NUCLEARE

L'uranio è inserito in una complessa filiera, estesa nello spazio (geografico e geo-politico) e nel tempo. La filiera dell'uranio va analizzata dall'estrazione in miniera alla produzione di barre di combustibile: dal loro spostamento sul territorio, alla costruzione e smantellamento delle centrali, alla costruzione dei depositi per il trattamento delle scorie, fino al loro stoccaggio nei depositi di rifiuti radioattivi.

Scienziati e tecnologi non sono ancora riusciti a eliminare né i prodotti radioattivi

NASCONDERE SOTTO TERRA

In poche aree del pianeta si trova in concentrazioni economicamente vantaggiose: ciò implica una forte dipendenza (soprattutto dell'Europa) da alcuni Paesi per l'approvvigionamento, e la necessità di trasporti a lunghe distanze. Nodo cruciale della filiera si trova nel cuore del reattore, dove vengono prodotti alcuni radionuclidi utilizzabili per la fabbricazione di ordigni nucleari. La produzione e l'uso di materiali radioattivi ha prodotto un cambiamento irreversibile sul nostro pianeta.

Conflitti

Tutte le tappe della filiera dell'uranio sono sede di una varietà di conflitti (ambientali, sociali, sanitari), che ne fanno forse la più complessa delle "storie" dei materiali utilizzati dall'umanità.

Le miniere di uranio sono responsabili del 55% degli inquinamenti da gas radioattivi. L'uranio emette Radon, un gas radioattivo, e altri elementi radioattivi. L'estrazione di uranio presenta rischi ulteriori per i minatori.

Negli USA molti minatori di uranio erano nativi Navajos perché le miniere erano nelle loro riserve; nel tempo molti di essi svilupparono forme di cancro al polmone.

Oggi le miniere americane sono chiuse, ma rimane un'eredità di contaminazione da uranio, tra cui oltre 500 miniere di uranio abbandonate.

delle centrali nucleari, né i prodotti delle esplosioni nucleari (test militari, bombardamenti, incidenti alle centrali).

JADUGODA

Si trova in India, non lontano da Calcutta. L'attività di estrazione dell'uranio nella regione è iniziata nel 1967. E oggi il luogo è una delle principali fonti di uranio in India. A causa della vicinanza della miniera, un gran numero di abitanti del villaggio soffre di cancro, malattie della pelle, deformità fisiche, cecità, danni cerebrali, perdita della fertilità. Gli abitanti del villaggio sono principalmente comunità native (adivasi).

IMOURAREN (Niger)

Sede di una grande riserva di uranio. Un progetto francese di sfruttamento, sospeso nel 2015, è stato ripreso nel 2023, con la prospettiva di utilizzare metodi che possono essere inquinanti per le falde acquifere. Nel giugno 2024 le autorità nigerine hanno ritirato ai francesi il permesso di sfruttamento della miniera.

KINTYRE (Australia)

Una delle più grandi riserve di uranio conosciute. Sede negli anni 2000 di un progetto di esplorazione in fase avanzata. Nel 2015 il progetto di avviare una grande miniera fu fermato, per le proteste delle comunità locali e delle associazioni ambientaliste. Oggi il cambio di governo e i crescenti appetiti per l'uranio mettono di nuovo a rischio le comunità e l'ambiente.

Se venisse approvata la costruzione dei nuovi reattori SMR il problema dei rifiuti potrebbe peggiorare. Le loro piccole dimensioni obbligano ad aumentare l'intensità del flusso neutronico utilizzando plutonio o uranio arricchito per sostenere la reazione a catena. Per la stessa ragione una parte del flusso di neutroni sfuggirebbe dall'involucro, rendendo ancora più radioattivi i materiali intorno.

Le prospettive di una ripresa della produzione di energia nucleare hanno suscitato l'interesse di governi e imprese per gli scavi in miniere che erano rimaste ferme per molti anni.

Letture

Tartaglia Angelo, *Energia nucleare, transizione energetica, decarbonizzazione*. Relazione per l'audizione alla Camera, 4 marzo 2025. AA.VV., *Atlante dell'uranio*. Edizioni Terra Nuova, 2021.

Piccoli, modulari

Nel discorso pubblico il nucleare, soprattutto in Italia, viene ri-presentato sotto forma di "piccole centrali nucleari modulari di nuova generazione".

Modularità significa che i reattori sono "piccoli" e componibili come un gioco di costruzioni.

Latina, Trino e Garigliano, sono le vecchie centrali nucleari italiane di II Generazione (fino a 300 MW) ormai dismesse e da smantellare.

"Abbiamo discusso... dello sviluppo del nucleare di quarta generazione, realizzato su base industriale, adattabile e componibile e trasportabile anche in un container, per quella che sarà la tecnologia più avanzata, pulita e sicura per darci energia a un costo più basso e continuativo. E soprattutto per garantire l'autonomia energetica del nostro Paese e dell'UE."

Il Ministro delle imprese e del Made in Italy

Nuove generazioni

Non bisogna confondere gli SMR con la IV Generazione. L'etichetta "generazione" riguarda la tecnologia con la quale i reattori sono costruiti. Per ogni modello occorre risolvere problemi di controllo e sicurezza.

Gli AMR (Advanced Modular Reactors) detti di IV Generazione, sono reattori in fase di progetto o prototipi:

Ad altissima temperatura (1000 °C)

Moderati a grafite

Refrigerati a elio

A sali fusi (come "combustibile" o come refrigerante)

Ad acqua supercritica

Veloci

Autofertilizzanti o meno

Prototipi

Fino ad oggi (2025) non ci sono piccoli reattori in servizio. Sono noti solo due esemplari in Russia e due in Cina. Esiste un'ottantina di progetti SMR diversi allo studio, ma sono pochissimi i prototipi funzionanti.

Una analisi eseguita dall'IEEFA (<https://ieefa.org/>) mostra che gli SMR sono ancora troppo costosi, troppo lenti da costruire e troppo rischiosi per svolgere un ruolo significativo nella transizione dai combustibili fossili nei prossimi 10-15 anni.

Intorno al reattore occorre una schermatura e un sistema di refrigerazione, fondamentale per la sicurezza e poi destinato a far uscire il calore che alla fine verrà convertito in energia elettrica.

Un reattore non consiste solo del suo nocciolo, dove sono contenute le barre immerse nel moderatore.

L'impianto deve anche contenere tutti i dispositivi di controllo e sicurezza.

I PICCOLI REATTORI

Il ritorno all'energia nucleare è incoraggiato dall'AIEA (Agenzia internazionale per l'energia atomica), e un notevole consenso è stato espresso alla COP28, dove il primo Bilancio Globale nell'ambito dell'Accordo di Parigi (2015) ha sollecitato l'accelerazione del nucleare e di altre tecnologie a basse emissioni di CO₂ per contribuire a una significativa decarbonizzazione. La decisione dell'Unione Europea di inserire l'energia nucleare nella tassonomia

Oltre alla costruzione di centrali tradizionali si è avanzata l'idea di

COMPONIBILI COME UN LEGO

delle fonti "sostenibili" ha incoraggiato grandi investitori e molti governi, in vista di interessanti finanziamenti. In particolare la realizzazione di piccoli reattori è stata accolta con grande preoccupazione dalle associazioni ambientaliste e da numerosi scienziati, impegnati a segnalare i problemi insiti nella scelta del nucleare, in termini di salute umana e protezione ambientale. In alternativa alle soluzioni suggerite dal nucleare, vengono proposte iniziative economicamente vantaggiose basate sull'uso decentrato di energia a bassa potenza.

Quanti installarne?

Nel PNIEC (Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima), il governo italiano ha tracciato uno scenario in cui il nostro Paese potrebbe produrre fino al 20% del fabbisogno elettrico al 2050 tramite fonte nucleare, 140 TWh.

Con l'opzione SMR, che è quella indicata, ipotizzando potenze di 100-300 MW, il numero di reattori da installare potrebbe andare da 58 a 175, secondo Energia per l'Italia, gruppo di docenti e ricercatori di università e centri di ricerca impegnati sui temi della transizione energetica.

Nei "piccoli" reattori bisogna gestire una forte intensità di energia controllando il flusso di neutroni in un volume più piccolo, che obbliga a gestire un combustibile a uranio arricchito o a plutonio.

Geomorfologia dell'Italia

Le caratteristiche dell'Italia, soggetta a rischio sismico e idrogeologico, possono rendere difficile trovare siti adatti per piazzare anche solo qualche decina di piccoli reattori.

La creazione di una rete interconnessa su un ampio territorio favorirebbe una dispersione delle scorie, e una militarizzazione forzata delle aree su cui transitano i materiali fissili e le loro scorie.

Soggetti a rischio

L'intrinseca inaffidabilità delle tecnologie digitali nel controllo e nella gestione di questi impianti aumenta il rischio di malfunzionamenti. Sono a rischio i lavoratori della centrale, le popolazioni e l'ambiente.

Letture

Tartaglia Angelo, *Transizione energetica: il nucleare non è una soluzione*. Audizione alla Camera, 19 marzo 2024. Nafi Ithaan, Nuclear Waste from Small Modular Reactors. <https://news.stanford.edu/>

Traffico di materiale radioattivo

Una rete di piccoli reattori sparsi sul territorio nazionale richiede un sistema di trasporto per alimentarli con barre fresche (bassa radioattività) e per rimuovere le barre esauste con relative scorie (ad altissima radioattività) e per portarle in qualche deposito, prima temporaneo poi definitivo.

Per gli spostamenti occorrono procedure eccezionali e adeguate misure di sicurezza su tutto il territorio nazionale, che tenga conto dei possibili incidenti, i rischi di attentati, gli errori umani.

Non è chiaro a chi spetterebbe la responsabilità di gestire e sorvegliare macchine così delicate, distribuite su un ampio territorio. Come sarebbe assicurata la sicurezza, e a che genere di organizzazione sociale corrisponderebbe?

Viene riconosciuta una "monetizzazione del rischio" e la predisposizione di "piani di emergenza e evacuazione", con presidi sanitari specializzati in decontaminazione.

costruire prototipi di nuovi modelli, di dimensioni più piccole e di potenza minore: più "maneggevoli".

Alice Stewart (1906-2002)

Medico clinico, si specializzò poi nella Medicina Sociale. Nel 1955 lei e i suoi colleghi notarono tra i bambini un rapido aumento della leucemia, che sembrava avere cause ambientali. Organizzò un sondaggio (l'Oxford Childhood Cancer Survey) da cui emerse che i bambini morti di leucemia o cancro erano stati irraggiati in utero due volte più spesso dei bambini sani. Questa scoperta portò alla cessazione dell'esame radiografico per le donne incinte e confermò l'interesse della Stewart a indagare sugli effetti delle radiazioni a basso livello sulla salute.

Nel 1966 fu insignita del Right Livelihood Award "per aver portato alla luce di fronte all'opinione ufficiale i veri pericoli delle radiazioni di basso livello".

Rachel Carson (1907-1964)

Con i suoi scritti, e con l'esempio della sua stessa vita, Carson mise in discussione le ideologie dell'oppressione che impedivano alle donne la piena espressione nella società, ed esercitò una rilevante influenza su scienziate, movimenti femminili e donne comuni: un'influenza che si deve in gran parte alla sua scrittura. Con un linguaggio poetico, e al tempo stesso scientificamente accurato e accessibile a tutti, condusse lettori e lettrici a riconoscere lo stretto legame che unisce tutti i viventi. Affrontò scientificamente non solo problemi dovuti all'utilizzo dei pesticidi, ma anche problemi legati all'uso sconsiderato dei rifiuti radioattivi scaricati in mare.

L'umanità è di fronte a un bivio importante: continuare per la strada del capitalismo, della depredazione e della morte oppure intraprendere il cammino dell'armonia con la natura e del rispetto della vita. (1962)

Rosalie Bertell (1929-2012)

È stata una scienziata, autrice, attivista ambientale, epidemiologa e suora cattolica; denunciò instancabilmente i soprusi contro le popolazioni vittime dell'inquinamento di origine civile o militare. Ha documentato e criticato con pubblicazioni scientifiche alcune delle principali iniziative della tecnologia (dalle esplosioni nucleari ai progetti di geoingegneria). Nonostante nove lauree ad honorem e numerosi riconoscimenti, tra cui il Nobel alternativo (Right Livelihood Award, 1986), Rosalie Bertell è pochissimo conosciuta: per il suo approccio interdisciplinare e libero dai vincoli istituzionali è stata emarginata dalla comunità scientifica.

È mia opinione che i principali problemi causati al nostro Pianeta siano dovuti al nostro impertinente affidamento all'attività militare. Le conseguenze immediate della guerra sono morte e distruzione, ma le conseguenze ambientali possono perdurare per centinaia, spesso migliaia di anni.

Laura Conti (1921-1993)

Coinvolta nelle attività della Resistenza, internata in Germania, al suo ritorno come medico è stata attiva nelle organizzazioni di base specialmente accanto ai lavoratori nelle loro lotte per il miglioramento dell'ambiente di lavoro. In occasione del disastro di Seveso, con emissione di diossina, fu molto vicina alle popolazioni colpite. Ebbe un ruolo centrale nella Legambiente, di cui ha anche presieduto il Comitato scientifico. Tra le sue molteplici attività ci fu anche la partecipazione ai movimenti anti-nucleari, ed espresse voto a favore del referendum contro le centrali nucleari, alla Camera dei Deputati, il 6 agosto 1987.

Bruna Bianchi (1949)

Studiosa della Grande guerra, e in particolare dell'esperienza bellica di soldati e ufficiali, si è occupata del pensiero pacifista e della deportazione delle popolazioni civili nel corso delle due guerre mondiali. In questi ultimi anni ha approfondito l'indagine storica sull'ecofemminismo, i movimenti pacifisti e i rapporti fra ecologia e pace da una prospettiva di genere. Ripercorre le complesse genealogie del pensiero ecofemminista, la sua nascita come corrente filosofica e il suo costituirsi come movimento grazie alle proteste antinucleari degli anni Ottanta: per arrivare fino alle odierne prese di posizione contro i cambiamenti climatici e la devastazione planetaria.

Petra Kelly (1947-1992)

È stata una politica e attivista, cofondatrice del Partito "Die Grünen" (i Verdi) nel 1979 in Germania Occidentale; il suo impegno si è profuso nel portare a sintesi ecologismo, femminismo e pensiero nonviolento. Negli anni delle proteste contro il nucleare, Petra Kelly si confrontò con l'attivismo "dal basso" che segnò poi tutta la sua idea di politica. Ritenendo necessario rivedere il modello economico dominante per sanare le ingiustizie sociali, la Kelly si oppose al nucleare e promosse l'utilizzo delle fonti rinnovabili come risposta al depauperamento insostenibile delle risorse.

Nel 1982 la Kelly vinse l'Alternative Nobel Prize della Right Livelihood Foundation «per aver ideato ed attuato una nuova visione che unisca le preoccupazioni ecologiche a disarmo, giustizia sociale e diritti umani».

PROSPETTIVE DI DONNE

La voce delle donne sul tema del "nucleare" (civile e militare) si è fatta più fiavole. Sembrano dimenticati i tempi delle grandi manifestazioni contro le installazioni militari (1982), e messe a tacere le voci che in sedi istituzionali proponevano il programma di un'Europa alternativa, non nucleare, non sfruttatrice, regionale e decentralizzata, pacifista (1979). In realtà l'opposizione al nucleare è stata inclusa in una opposizione più ampia, un movimento globale che ha visto — e vede — milioni di donne agire per contrastare l'insensata violenza esercitata da

Da alcuni decenni sono stati istituiti premi per meriti ambientali a persone e gruppi che si sono distinti per attività a difesa dell'ambiente:

LA PACE RICHIEDE UNO SGUARDO AMOREVOLE

un potere prepotente e aggressivo contro tutti: persone, animali, piante, insetti, microrganismi. Persino contro Gaia, la casa comune che ospita la vita. Dopo le prime, specifiche azioni di protesta contro l'uso dell'energia nucleare (civile e militare), si è sviluppato un pensiero collettivo, una visione del mondo che attraverso l'elaborazione teorica, la costruzione di nuovi immaginari, una molteplicità di iniziative concrete mette sempre più in discussione lo scenario attuale, dove il nucleare contribuisce ad alimentare la paura, la crudeltà, l'odio. Nella prospettiva femminile l'atto del vedere ha la capacità e il potere di cambiare ciò che è visto. Lo sguardo amorevole ha effetto su ciò che si guarda.

Megan Rice (1930-2021)

Per più di un anno, l'ottantacinquenne suora cattolica è stata rinchiusa in una prigione federale sulla costa di Brooklyn. Fin da giovane si è sentita attratta dal movimento per la pace, e molto ispirata dall'azione diretta sulle questioni nucleari. Insieme ad altri due attivisti pacifisti cattolici, il 28 luglio 2012, dopo aver sfondato diverse recinzioni, è entrata nel complesso di Sicurezza Nazionale Y-12 a Oak Ridge, Tennessee, e ha trascorso due ore fuori da un bunker dove era conservata gran parte dell'uranio destinato alle bombe. Qui i tre hanno appeso striscioni, pregato, martellato l'esterno del bunker e scritto slogan di pace con la vernice spray. I tre erano membri del Plowshares Movement, che invita a convertire le armi in strumenti pacifici. Per questa azione è stata condannata a tre anni, poi ridotti.

Helen Caldicott (1938)

Australiana, pediatra, è stata una delle ispiratrici della campagna antinucleare negli Stati Uniti. Nel 1978 pubblicò Nuclear Madness, un'opera che fu fonte di ispirazione per migliaia di attivisti. Inoltre fondò negli Stati Uniti l'associazione Physicians for Social Responsibility, per rendere consapevoli i medici dei danni alla salute causati dalle radiazioni. *"Questi reattori (SMR) saranno costosi perché il costo per unità di capacità aumenta con la riduzione delle dimensioni del reattore. Per ridurre i costi, si suggerisce di allentare le norme di sicurezza, riducendo i requisiti di sicurezza e riducendo la zona di pianificazione di emergenza di 16 km a 300 metri."*

Elisabetta Donini (1942)

È stata docente di Fisica all'Università di Torino. Dopo anni di ricerca sulle particelle elementari ha spostato i suoi interessi verso la critica storica delle scienze, la prospettiva ecologica e le culture del femminismo. I suoi scritti sono fonte di riflessione e ispirazione per molte scienziate e studiose che ancora oggi devono confrontarsi con la mentalità aggressiva di una techno-scienza che continua a intervenire sulla realtà fisica e biologica per manipolarla e trasformarla.

"Ricordo che al disastro nucleare di Chernobyl di fine aprile 1986 seguii una immediata presa di parola di tante, che - in tante sedi e modi diversi - vollero e seppero leggere nel singolo incidente la manifestazione esemplare di una logica socio-economica e di un modello di sviluppo in cui non si riconoscevano proprio a partire dal loro porsi in quanto donne."

Makoma Lekalakala e Liz McDaid

Sono state le uniche firmatarie di un ricorso legale che hanno vinto contro il piano del Sudafrica di acquistare dalla Russia fino a 10 centrali nucleari per un costo stimato di 76 miliardi di dollari. Dopo una battaglia legale durata 5 anni, un'Alta Corte ha dichiarato illegale l'accordo stipulato, accogliendo le affermazioni delle ricorrenti secondo cui era stato firmato senza un'adeguata consultazione con il Parlamento. La sentenza ha rappresentato una rivendicazione del movimento della società civile che mira ad ampliare la partecipazione pubblica, soprattutto delle donne, ai processi decisionali in materia di energia. Per il loro impegno le due attiviste hanno ricevuto nel 2018 il riconoscimento del Goldman Environment Prize.

Carolyn Merchant (1936)

Storica ed epistemologa, ha pubblicato nel 1980 un libro diventato famoso: "La morte della natura". Nella sua ricerca storica ha messo in evidenza come la natura e il femminile vennero messe a morte insieme nell'Europa del '500 - '600, nella transizione dal mondo-organismo al mondo-macchina, presupposto e cardine dei primi passi della scienza moderna e del sistema capitalistico.

"Per il ventunesimo secolo propongo una nuova etica ambientale: un'etica di partnership. Si tratta di un'etica basata sull'idea che gli esseri umani siano partners, assistenti e collaboratori e che le persone e la natura siano equamente importanti, le une per l'altra. (1996)"

Letture

Bianchi Bruna, *Scienziate contro il nucleare. Per una scienza femminista, decoloniale, delle comunità*, (1956-2012).
Merchant Carolyn, *La morte della natura. Donne, ecologia e Rivoluzione scientifica*, Garzanti, Milano 1988.

"Nous sommes en train de concevoir un centre de puissance électrique (...), et il y a les autorisations pour y construire trois réacteurs nucléaires. Ce sont des petits réacteurs nucléaires modulaires qui vont alimenter le site".
Larry Alison, imprenditore e informatico statunitense (23 settembre 2024)

"Small modular reactors (SMRs) are the future of nuclear power, and they could become an important strategic export industry in the next two decades".
Robin Gaster, research director at IIF's Center for Clean Energy Innovation (14 marzo 2025)

"Nuclear energy – through small modular reactors – will start playing a bigger role as a provider of stable electricity by 2035. We hope to see that the electricity demand of the AI industry is met in a secure way, clean way and affordable way".
Fatih Birol, IEA's executive director (10 marzo 2025)

"Scatto della Cina sul nucleare civile, nel 2030 sarà la prima potenza. In tutto il mondo si sta sviluppando una corsa per aggiungere questa fonte energetica al mix di produzione elettrica, la cui domanda cresce molto".
Fatih Birol, direttore esecutivo dell'Agencia internazionale dell'energia (AIE) (6 febbraio 2025)

"Un gruppo di investitori privati francesi e stranieri ha promesso di investire 109 miliardi di euro nel settore nei prossimi anni".
Emmanuel Macron, Presidente della Repubblica francese (10 febbraio 2025)

"La dipendenza strategica sulle materie prime è più favorevole; il nucleare espone l'Italia a un minor rischio legato alla dipendenza delle materie prime, perché le riserve di uranio si trovano principalmente in paesi stabili".
L'associazione "AZIONE" (16 marzo 2025)

"Il nucleare è una forma di energia molto sicura al di là di vecchi stereotipi e pregiudizi. Del resto, il nucleare era estremamente sicuro anche in passato, ma oggi lo è sicuramente ancora di più dato che le nuove tecnologie eliminano completamente il rischio di incidenti come quelli già avvenuti".
Stefano Buono, CEO di Newcleo (16 marzo 2025)

"I costi di realizzazione dei primi reattori di piccola taglia sono destinati a ridursi, con l'aumentare della numerosità dei reattori installati grazie alla produzione in serie dei componenti".
Il sole 24ore (1 marzo 2025)

"La strada per la decarbonizzazione richiederà l'adozione di una varietà di fonti energetiche [...] In questo contesto, l'energia nucleare sta emergendo come uno strumento essenziale nel contrastare il cambiamento climatico".
Paola Iesta, EY Europe West energy & resources consulting leader (4 marzo 2025)

"Gli impianti nucleari non sono più pericolosi di altri sistemi di produzione di energia, anzi sono in assoluto tra i meno pericolosi".
Mariano Tarantino, responsabile della divisione "Sicurezza e sostenibilità del nucleare" dell'Enea. (22 novembre 2023)

"Enel, Ansaldo Energia e Leonardo hanno creato Nuclitalia. La società valuterà i design più innovativi e maturi del nuovo nucleare sostenibile, con un focus iniziale sugli small modular reactor (Smr) raffreddati ad acqua".
Redazione di Forbes (15 maggio 2025)

"I giovani hanno superato la paura del nucleare".
Stefano Buono, CEO di Newcleo (14 novembre 2024)

"Italy's government would look to introduce laws to allow nuclear technologies to be re-introduced to the country".
The World Nuclear Association (18 settembre 2024)

"Con il presidente della Regione Liguria, Marco Bucci, abbiamo guardato alle potenzialità che" in Liguria "si possa realizzare, a breve, un reattore nucleare di nuova generazione".
Urso, ipotesi di un reattore nucleare di nuova generazione in Liguria (14 febbraio 2025)

"EU experts say that nuclear power qualifies for green investment label".
Kate Abnett
(27 marzo 2021)

"Il nucleare impiega una porzione di suolo contenuta: una centrale nucleare occupa un'area 360 volte più piccola di un parco eolico e 75 volte inferiore a un impianto fotovoltaico".
Unione Professionisti (12 maggio 2025)

NUCLEARE SI???

UN TREND MONDIALE SENZA LIMITI?

L'NRC (Nuclear
Regulatory Commission)

USA ha approvato
negli ultimi anni
norme e procedure
semplificatrici per
esentare i nuovi

reattori, tra cui le SMR,
da molte delle misure
di protezione per gli
impianti operativi,
come una struttura di
contenimento fisico, un
piano di evacuazione di
emergenza fuori sede e
una zona di esclusione
che separi l'impianto
da aree densamente
popolate. (Ed Lyman,
Direttore Sicurezza
Nucleare, aprile 2024).

GEOTERMIA, la sconosciuta e sottoutilizzata fonte energetica rinnovabile

Adele Manzella

Con le bollette che salgono e la voglia di essere più indipendenti dall'estero nei nostri combustibili, tanti di noi hanno pensato di installare sistemi di energia rinnovabile a casa. Il primo pensiero va al fotovoltaico, che, tra l'altro, è proposto da molte aziende. Ma la geotermia?

Forse non la conosciamo bene o ne abbiamo sentito parlare poco o nulla. Io stessa ho chiesto a diverse ditte che mi offrivano i pannelli solari se facevano anche impianti geotermici per il riscaldamento. E sapete cosa mi hanno risposto?

Quasi sempre "non funziona" o "costa troppo". Ma non è affatto vero! Allora, parliamo un po' di geotermia, scopriamo cosa può fare e quanto è importante, soprattutto per noi italiani.

Perché la vera regina delle energie rinnovabili in Italia è la geotermia, una risorsa davvero speciale e preziosa!

■ Immaginate una fonte di energia che non si ferma mai, giorno e notte, d'estate e d'inverno, con la pioggia o con il sole.

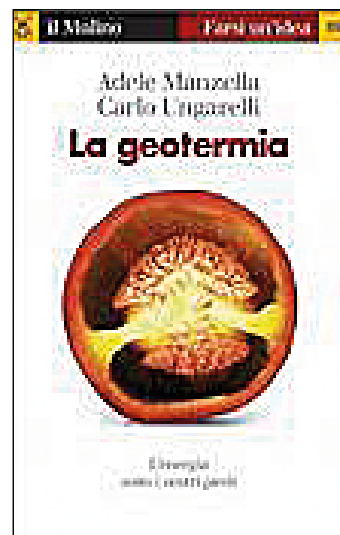
Ecco, la geotermia è proprio questo: il calore della Terra, sempre presente e pronto a darci una mano. Grazie alle tecnologie geotermiche, possiamo accedere a questo calore naturale presente nel sottosuolo, portarlo in superficie e utilizzarlo per produrre energia o offrire altri servizi. E la cosa fantastica è che questa energia proviene direttamente dal cuore della Terra, derivando da processi planetari e geologici.

La sua continuità e indipendenza dalle condizioni meteorologiche rendono l'energia



geotermica incredibilmente affidabile e versatile.

Può fornirci energia in modo continuo, garantendo che abbiamo sempre quello che ci serve, ma è anche super flessibile e pronta ad adattarsi alle nostre esigenze, aumentando la produzione quando ce n'è bisogno. In più, è probabilmente la fonte di energia rinnovabile più resiliente di tutte. Non solo è disponibile in qualunque momento proprio dove ci troviamo, ma anche la filiera che ne supporta l'utilizzo è quasi completamente italiana o europea. Questo significa che possiamo contare su materiali, competenze e tecnologie che ci permettono di non dipendere da situazioni geopolitiche complicate. In-



somma, la geotermia è una fonte di energia che ci dà sicurezza, flessibilità e un bel senso di indipendenza!

TECNOLOGIE GEOTERMICHE TRA IL PASSATO E IL PRESENTE

La geotermia si basa essenzialmente su alcune osservazioni semplici ma geniali. Prima di tutto, più si va in profondità, più fa caldo. Il flusso costante di calore proveniente dalla Terra si traduce in una temperatura più alta man mano che si scende in profondità nel sottosuolo. E poi, il modo più efficace per portare in superficie questo calore è usare un fluido, tipicamente acqua, che circola tra le rocce calde, si riscalda e poi sale in superficie, pronto per essere utilizzato in modi diversi.

■ Per molti anni, la geotermia è stata usata soprattutto per i grandi impianti di teleriscaldamento e per generare elettricità, utilizzando l'acqua calda o caldissima estratta a profondità di qualche chilometro. Oggi, però, le tecnologie si sono evolute tantissimo e possiamo usare il calore della Terra in molti modi, a partire

da risorse a temperature e profondità diverse.

Per produrre energia elettrica, ora è possibile utilizzare risorse a temperature più basse rispetto al passato, spesso già a partire da 100°C. Questo ha reso possibile non solo ottenere elettricità in zone molto calde come quelle vulcaniche, usate da decenni, ma anche diversificare le fonti di approvvigionamento. Anche se molte nuove centrali geotermoelettriche si sono ridotte di capacità, il loro numero è cresciuto moltissimo grazie ai progressi tecnologici.

■ Naturalmente, il calore rappresenta senza dubbio l'impiego più efficace della geotermia, essendo il primo e più immediato prodotto energetico. Spesso, purtroppo, viene sottovalutato nella pianificazione energetica, sia italiana sia mondiale, che si concentra maggiormente sulle tecnologie elettriche. Certo, l'elettricità è molto comoda perché può essere facilmente trasportata, ma va considerato che il calore è il prodotto energetico più richiesto, rappresentando oltre la metà della domanda di energia. La geotermia, così come altre fonti rinnovabili,

può soddisfare questa esigenza attraverso impianti e sistemi locali, dato che trasportare fluidi caldi su lunghe distanze comporta perdite termiche e non è conveniente. Poiché le tecnologie geotermiche sono oggi praticabili praticamente ovunque, rappresentano una soluzione eccellente per il riscaldamento e il raffrescamento. Suppongo la meraviglia nel leggere di un raffrescamento associato al calore della Terra, eppure è proprio così! Oggi non solo possiamo riscaldare utilizzando il calore terrestre, ma possiamo anche combinare le tecnologie geotermiche con le pompe di calore, che sono sistemi davvero efficaci per controllare la temperatura di un fluido secondario partendo da una fonte di calore primaria. Questi sistemi usano energia elettrica per azionare un compressore, generando fluidi a temperatura superiore a quella primaria in base alle esigenze e, così, adattando perfettamente il comfort alle necessità senza combustione di fonti fossili. Ma siamo anche andati oltre, grazie a una terza osservazione: la temperatura del sottosuolo non solo aumenta con la profondità, ma resta anche abbastanza stabile nel tempo. Già a poca profondità - pensate alle cantine e alle grotte - il terreno non è influenzato dai sbalzi di temperatura giornalieri e stagionali dell'aria esterna. Questo rende molto più vantaggioso usare pompe di calore che scambiano calore con il terreno a qualche decina o centinaia di metri di profondità. Invece di usare l'aria calda delle nostre estati roventi, le pompe di calore geotermiche scambiano calore con un sottosuolo che ha una temperatura di 15-18 °C, così si riduce la differenza di temperatura e si consuma meno energia per far arrivare aria fresca alle nostre case.

■ Oggi, la geotermia viene principalmente usata per riscaldare e rinfrescare gli ambienti di una vasta gamma di edifici, dalle abitazioni ai negozi, fino ad aeroporti, centri

commerciali e anche intere città. Pensate: non solo quasi tutte le case in Svezia, ma anche i negozi IKEA, diffusi in tutto il mondo, si affidano agli impianti geotermici. Lo stesso vale per l'aeroporto di Zurigo, interamente climatizzato con la geotermia. Città come Milano, Ferrara, Parigi e molte località in Islanda adottano la geotermia per il teleriscaldamento, e si lavora con entusiasmo in diversi paesi europei per espandere le reti di teleriscaldamento e installare anche il teleraffrescamento geotermico. Grazie ai progressi nelle tecnologie di teleriscaldamento, è possibile far circolare acqua nei circuiti a temperature sempre più basse, ampliando le possibilità di utilizzo della geotermia grazie a risorse meno profonde e, di conseguenza, riducendo i costi di perforazione.

■ Il riscaldamento geotermico ricopre un ruolo cruciale non solo in numerose attività industriali, ma anche in contesti che influenzano direttamente la nostra vita quotidiana. Im-

maginate le terme e gli stabilimenti balneari, dove l'acqua calda è la chiave per il relax e il benessere di tutti noi. Oltre alle industrie e agli impianti di produzione per i quali il riscaldamento geotermico garantisce processi più efficienti, il riscaldamento in agricoltura e nel settore alimentare è essenziale per accelerare la produzione, proteggere le colture e mantenere alta la qualità dei prodotti che arrivano sulle nostre tavole. E ci sono anche usi geotermici curiosi e divertenti, come riscaldare marciapiedi o campi sportivi durante le stagioni più fredde dei paesi nordici, rendendoli più accessibili e gradevoli da usare. Un settore in cui l'interesse per la geotermia sta crescendo rapidamente è quello dei Data Center, sempre più energivori e alla ricerca di soluzioni sostenibili per il raffrescamento e l'alimentazione costante di energia elettrica.

Inoltre, si può facilmente accumulare calore nel sottosuolo, creando una vera e propria riserva di energia. Nei sistemi di accumulo geotermico, il

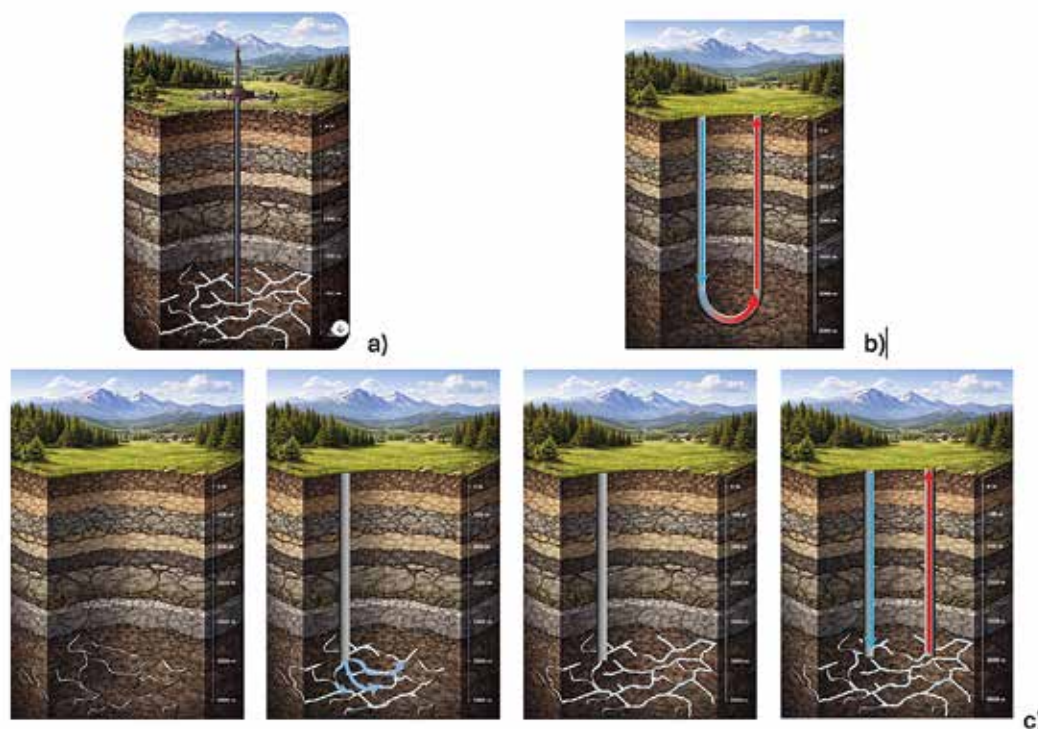
calore viene immagazzinato nel terreno durante i periodi di maggiore disponibilità, per poi essere riutilizzato quando serve. Questo calore in eccesso può provenire da impianti geotermici (ad esempio, in estate, scaricando nel terreno il calore proveniente dagli ambienti), da impianti industriali o da sistemi solari termici. Così, il calore diventa una risorsa rinnovabile e sempre pronta all'uso, a portata di mano quando ne abbiamo bisogno.

LE NUOVE TECNOLOGIE E RISORSE

Il calore geotermico può provenire da diverse fonti, come le profonde falde acquifere calde oppure acque più superficiali, utili per applicazioni a temperature più basse. Inoltre, si può estrarre e restituire calore al sottosuolo usando i cosiddetti geoscambiatori, che evitano di prelevare acqua in profondità. In questi sistemi, un fluido circola in tubi chiusi immersi nel sottosuolo, scambiando calore con il terreno circostante. L'uso di pompe di calore associate

Figura 1

Schemi di sistemi geotermici profondi. In alto: a sinistra (a) sistema tradizionale, con acquifero (sistema idrotermale naturale); a destra (b) sistema con scambiatore profondo. In basso (c): sviluppo di un sistema EGS a partire da un acquifero poco sviluppato (a sinistra), con stimolazione idraulica e apertura di fratture per formare un acquifero artificiale (a destra).



allo scambio termico in sottosuolo aumenta l'efficienza del sistema, consentendo di riscaldare e raffreddare adattando l'offerta di energia alle esigenze, facilitando così un uso più ottimizzato e sostenibile dell'energia geotermica.

■ Oggi, la ricerca e l'industria sono impegnate a migliorare tutte le tecnologie legate alla geotermia. Tra le più interessanti per investitori e operatori del settore, troviamo:

- Sistemi di accumulo geotermico di nuova generazione. Finora, i sistemi di accumulo sono stati principalmente usati a basse profondità, ma con l'evoluzione delle reti di teleriscaldamento – che richiedono temperature sempre più basse – si sta lavorando per sviluppare sistemi di stoccaggio più profondi, capaci di recuperare calore in modo ancora più efficiente. Le pompe di calore giocano un ruolo fondamentale: non solo riscaldano, ma consentono anche di raffreddare in modo conveniente, e addirittura produrre il freddo quando si utilizzano fluidi molto caldi.

- Recupero di materie prime critiche dai fluidi geotermici. Le acque molto calde usate per produrre elettricità contengono spesso materiali economicamente utili. In Europa, c'è un grande interesse a recuperare litio e altre materie prime strategiche dai fluidi geotermici profondi, trasformando i sistemi geotermici in esempi concreti di economia circolare. Sono stati avviati alcuni progetti in Italia, in particolare nelle zone in cui è stato riscontrato un elevato

livello di litio.

- AGS – Sistemi geotermici avanzati (fig. 1). Non sempre, in profondità, ci sono grandi quantità di acqua calda, necessaria all'uso delle tecnologie tradizionali. Le tecnologie innovative mirano a utilizzare ovunque il calore del sottosuolo. Queste sono alcune delle principali:

- EGS – Enhanced geothermal systems, ovvero sistemi geotermici stimolati. Quando la roccia è calda ma poco permeabile, si interviene artificialmente riaprendo fratture chiuse e consentendo al fluido pompato dalla superficie di riscaldarsi in profondità, migliorando così l'efficienza del processo.

Questa tecnologia, già in uso in Europa, sta attirando un crescente interesse e finanziamenti negli Stati Uniti, soprattutto grazie all'interesse di compagnie petrolifere. Rappresenta la soluzione AGS più matura a disposizione, anche se restano sfide da affrontare, come i costi elevati e il rischio di eventi sismici indotti. La grande sperimentazione americana sta contribuendo a ridurre soprattutto i costi di perforazione, rendendo la tecnologia più accessibile e promettente per il futuro.

- Sistemi di geoscambio profondo. Funzionano come grandi scambiatori di calore sotterranei: anziché usare l'acqua della roccia, fanno circolare fluidi in tubi chiusi. Sono molto promettenti, ma per diventare competitivi ci sono alcune sfide:

a) ridurre drasticamente i costi delle perforazioni, perché servono tubi molto lunghi per garantire un buon scambio di calore. Nuove tecniche, testate in tutto il mondo – dalle trivellazioni tradizionali ai sistemi laser sperimentati negli USA (sistema QUAISE) e in Europa (progetto DeepU) – promettono di rendere più economico l'accesso al calore del sottosuolo;

b) dimostrare che il sistema possa funzionare a lungo senza raffreddare troppo velocemente il terreno, per non perdere efficienza. Questi

impianti potrebbero essere installati in vecchi pozzi petroliferi già esistenti o, meglio ancora, in pozzi realizzati ex novo. Il progetto più avanzato è quello della società Eavor in Germania, in Baviera, che a dicembre 2025 ha già dimostrato di poter produrre calore e generare elettricità, con una dimostrazione completa prevista per il 2026. Sono in corso altri progetti negli USA (QUAISE punta a raggiungere grandi profondità, sviluppando sistemi di geoscambio e supercaldi) e in Europa.

- Sistemi supercaldi (superhot). L'obiettivo è sfruttare sistemi estremamente caldi, che si trovano ovunque a grandi profondità o a pochi chilometri sotto la superficie, in aree con intenso calore geotermico, spesso vulcaniche. La prima fase sperimentale è iniziata in aree in cui rocce e fluidi raggiungono temperature molto elevate grazie alla presenza di corpi magmatici a bassa profondità.

L'intento è utilizzare questo calore straordinario per ottenere fluidi in stato supercritico, capaci di generare elettricità con un'efficienza molto alta. L'Islanda è più avanti in questo percorso, ma ci sono progetti attivi anche negli Stati Uniti e in Nuova Zelanda, con un crescente interesse anche da parte del Giappone. In Italia, tra il 2015 e il 2018, abbiamo avviato un progetto innovativo nel settore, chiamato DESCRAMBLE, che poi si è interrotto. Attualmente, ricercatori e industrie italiane collaborano da vicino con le sperimentazioni in corso in Islanda.

ASPETTI ECONOMICI E AMBIENTALI

Il mito che la geotermia sia costosa va sfatato. È vero che, rispetto ad altre fonti rinnovabili, richiede investimenti iniziali più elevati, poiché è necessario perforare pozzi o installare sonde nel terreno. Ma nel lungo periodo la situazione cambia completamente: considerando l'intero ciclo di vita degli impianti, la geotermia risulta molto competitiva in

tutti i settori – elettrico, termico e persino per lo stoccaggio di energia. Il motivo è semplice: produce energia 24 ore su 24, in ogni stagione (in termini tecnici, il suo capacity factor è il più elevato tra le rinnovabili); i costi di gestione e manutenzione sono molto bassi (fig. 2). In altre parole, costa di più partire, ma nel tempo si risparmia molto. Se ci fossero strumenti per alleggerire il peso costi iniziali, ad esempio con sistemi di prestiti con bassi interessi, il problema dei costi si potrebbe risolvere agevolmente, aiutando soprattutto i privati a installare impianti di climatizzazione nelle abitazioni.

■ Come tutte le tecnologie, anche la geotermia può comportare impatti e rischi. Tuttavia, se gli impianti vengono realizzati nel rispetto delle norme e con una progettazione accurata, questi rischi possono essere ridotti, rimanendo entro i limiti stabiliti dalla legge, o eliminati completamente. I sistemi geotermici che usano pompe di calore e utilizzano risorse poco profonde e a bassa temperatura hanno un impatto ambientale praticamente inesistente. Anzi, contribuiscono anche a ridurre il surriscaldamento delle città causato dall'uso diffuso delle pompe di calore ad aria.

Quando invece si parla di impianti che prelevano fluidi molto più caldi da profondità di diversi chilometri, le principali preoccupazioni ambientali, spesso riportate tra cittadini e media, riguardano:

- La riduzione delle falde acquifere causata dal prelievo d'acqua, un problema affrontato efficacemente attraverso la reiniezione dell'acqua a valle dell'impianto di produzione. Va precisato che non è l'acqua stessa ad essere d'interesse nel processo di produzione, ma il calore che essa contiene.

- L'inquinamento delle falde, evitabile in modo totale mediante soluzioni tecniche di perforazione già note e ampiamente utilizzate.

- Rischio sismico: praticamente assente negli impianti tradizio-



nali, se non per eventi registrati solo a livello strumentale; purtroppo, in alcuni progetti EGS si sono verificati eventi sismici, ma la ricerca sta già riducendo notevolmente tale rischio.

- Inquinamento dell'aria: interessa solo casi limitati e può essere mitigato con le tecnologie attuali.

La geotermia presenta anche alcuni vantaggi per l'ambiente: è una delle fonti rinnovabili che occupa meno spazio e consuma molte meno materie prime critiche rispetto alla maggior parte delle altre tecnologie energetiche, con il vantaggio di poter produrre anche litio in alcune aree.

I VANTAGGI DELLA GEOTERMIA

Grazie alle sue tecnologie, la geotermia offre una serie di vantaggi concreti:

- È una fonte rinnovabile locale, a zero emissioni di CO₂, con un enorme potenziale e benefici ambientali e sociali.
- Garantisce continuità di approvvigionamento, perché produce energia in qualsiasi momento dell'anno e non dipende dal clima.
- Favorisce l'autonomia energetica ovunque risolvendo il

problema di stabilità di altre fonti rinnovabili completando il ciclo di produzione energetica per le esigenze attuali e future (incluso il raffrescamento)

- Offre una molteplicità di servizi: elettricità rinnovabile, riscaldamento e raffrescamento, recupero sostenibile di materie prime, sistemi di accumulo termico.

- Rende più autonome le comunità e i consumatori, perché gli impianti durano a lungo e proteggono da variazioni geopolitiche e di mercato.

- Ha una filiera solida e in gran parte locale, con una minima dipendenza dalle importazioni, inclusi i materiali critici, rispetto ad altre fonti rinnovabili.

- Europa e Italia sono già molto forti nel settore, con competenze industriali avanzate e una lunga storia di esperienze.

- Le tecnologie e le risorse sono già disponibili, e la ricerca continua a renderle sempre più efficienti, sostenibili e centrali nella transizione energetica.

- Le tecnologie geotermiche possono trarre grande beneficio dalla riqualificazione del settore del petrolio e del gas,

spostandosi verso le energie rinnovabili in diversi modi. Innanzitutto, si può condividere la competenza, come l'esplorazione del sottosuolo, la valutazione e la gestione delle risorse sotterranee, e la perforazione. Per quanto riguarda l'equipaggiamento, ci sono torri di perforazione e strumenti hardware e software di esplorazione pronti all'uso. Inoltre, la presenza di pozzi già perforati per l'investigazione di idrocarburi rappresenta una vera ricchezza, sia che possano ancora essere utilizzati per nuove sperimentazioni - ad esempio, installando geoscambiatori profondi o prelevando e reinnestando acqua nel sottosuolo - sia per il valore delle conoscenze sul sottosuolo che derivano da essi.

IL POTENZIALE E L'EFFETTIVO UTILIZZO

Il potenziale della geotermia è enorme. Secondo l'Agenzia Internazionale per l'Energia (IEA), l'energia che possiamo ottenere dal calore del sottosuolo arriva a 4.000 PWh, equivalenti a circa 150 volte il fabbisogno energetico mondiale attuale. Per la pro-

duzione di elettricità, questo potenziale è superato solo dal fotovoltaico, specialmente grazie alle nuove tecnologie geotermiche profonde come EGS e geoscambiatori profondi. Anche nel settore del riscaldamento, il potenziale è considerevole, soprattutto a basse temperature. In Europa, si sta guardando con grande interesse a questa possibilità: la geotermia potrebbe coprire quasi tutto il fabbisogno termico delle città.

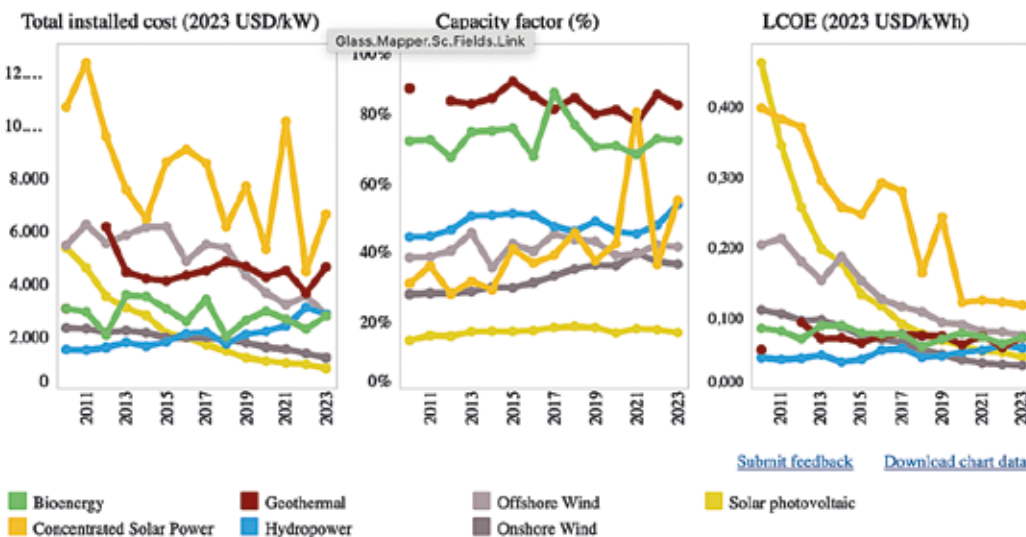
- Malgrado l'enorme potenziale, la produzione da geotermia resta minima. Secondo l'Agenzia Internazionale per le Energie Rinnovabili (IRENA), il contributo della geotermia rappresenta solo l'1,1% delle fonti energetiche rinnovabili (FER) alla produzione di elettricità e il 5,5% delle FER alla generazione di calore. L'Italia, anche se è stata la prima al mondo a produrre elettricità da geotermia e ha una lunga tradizione in questa avventura industriale che dura da più di un secolo, ha ancora un potenziale molto maggiore di quanto attualmente utilizza. La produzione attuale si aggira intorno a quasi 6 TWh di energia elettrica e 2,7 TWh di energia termica, che coprono rispettivamente circa il 2% del fabbisogno elettrico e termico del paese.

Nonostante l'Italia rimanga il paese con la produzione elettrica più alta tra i membri dell'Unione Europea e tra i primi 10 produttori mondiali, la crescita della produzione è rimasta praticamente inesistente per decenni.

- Osservando il deficit diffuso in Europa sull'uso di questa risorsa e considerati i vantaggi offerti dalla geotermia, grazie ad un'iniziativa del Consiglio Europeo a favore dello sviluppo della geotermia (link), nel maggio 2026 è prevista la pubblicazione del Piano europeo per la geotermia, che mira a promuovere e accelerare la diffusione di impianti geotermici in Europa, a partire da quelli per il riscaldamento e il raffrescamento.

Figura 2

Confronto economico tra diverse fonti di energia rinnovabile elettrica (IRENA). LCOE (Levelised cost of electricity) è il rapporto tra il costo di generazione di un bene per tutta la sua durata e l'energia elettrica prodotta. Il fattore di capacità (capacity factor) è l'energia effettivamente prodotta rispetto all'energia a piena capacità. A fronte di costi di installazione più elevati di altre rinnovabili (a sinistra), il capacity factor molto elevato (al centro) determina un LCOE paragonabile o inferiore ad altre fonti (a destra)



Civitavecchia. Un territorio mobilitato per il passaggio dal carbone alle rinnovabili

Un caso esemplare di transizione vera verso la sostenibilità energetica, occupazionale, ambientale

L'Alto Lazio ospita tre centrali termoelettriche di cui la più grande è a carbone, quella di Torvaldaliga Nord. L'abbandono del carbone era fissato per il 2025. Già la proposta di Enel di riconvertirla a metano guardava al passato, a maggior ragione l'incredibile decisione governativa di prolungarne la produzione a carbone fino al 2038.

**Mario Agostinelli
Oreste Magni**

Civitavecchia, è al centro del più grande polo energetico dell'Alto Lazio, ospita nel suo comprensorio tre centrali termoelettriche: Torvaldaliga Nord, di Enel, Torvaldaliga Sud, di Tirreno Power, e Montalto di Castro, sempre di Enel. Torvaldaliga Nord è una centrale a carbone da 1.980 megawatt costruita nel primo Dopoguerra, alimentata precedentemente a olio combustibile. L'abbandono del carbone come fonte d'energia, in base a quanto previsto dal Piano nazionale integrato energia e clima (Pniec), era fissato per il 2025. Nel piano, era previsto che la transizione energetica potesse basarsi su fonti fossili

alternative. Enel aveva scelto di passare al metano, proponendo una centrale termoelettrica da 1.680 MW

■ Per anni la città ha fondato la propria economia in dipendenza dalle grandi centrali termoelettriche. Dal punto di vista occupazionale il progetto di metanizzazione Enel taglierebbe drasticamente l'occupazione da 700 a circa 50 persone. In passato lo sviluppo energetico non si è tuttavia accompagnato un adeguato controllo delle condizioni sanitarie ed ambientali: la città si posiziona infatti tra le prime in Italia per mortalità per tumore polmonare, mesotelioma pleurico e disturbi respiratori.

■ In questi ultimi anni a Civitavecchia, è cresciuta una larga mobilitazione di forze sociali per la riconversione della centrale di Torvaldaliga Nord, sostituendo carbone e metano con fonti rinnovabili. Una vicenda esemplare sotto molti aspetti: per come sia partita dal basso, per come abbia saputo con intelligenza e serietà, costruire alleanze col mondo scientifico, i sindacati, le associazioni im-



prenditoriali, i commercianti, il consiglio comunale, quello regionale. Un percorso che mira al raggiungimento di una vera riconversione energetica, sostenibile sia dal punto di vista ambientale, occupazionale e climatico, in una visione di rilancio dell'economia di un intero territorio indirizzandolo verso una riconversione industriale innovativa incentrata sulla filiera delle rinnovabili. Un caso da manuale di valenza nazionale.

■ Un gruppo di ricercatori e tecnici ha messo a punto un progetto che prevede la produzione di elettricità esclusivamente da fonti rinnovabili, stabilizzate nella loro intermittenza da stoccaggi e conversione in idrogeno verde, disponibile a sua volta come vettore energetico per varie destinazioni territoriali: l'energia proverrebbe sia da fotovoltaico su ampie aree dell'impianto da dismettere (in particolare i depositi di carbone) sia soprattutto da eolico off-shore. Un parco eolico di

pale galleggianti collocato a circa 30 chilometri dalla costa (quindi senza impatto visivo), integrato da idrolizzatori per conservare l'idrogeno e renderne successivamente disponibile l'eccesso alla produzione di energia elettrica. Si troverebbe così risposta alla sufficienza e alla sicurezza della rete elettrica non solo locale, rendendo energeticamente autonoma la città di Civitavecchia e il suo hinterland, disponendo di fonti locali diffuse e interconnesse, grazie anche a una stazione di immagazzinaggio di energia che compensi la discontinuità di sole e vento (che nel caso di Civitavecchia forniscono un bilancio tra i più favorevoli in Europa).

■ Intorno ad esso si è sviluppato un'approfondito confronto che ha interessato la maggior parte delle associazioni e delle organizzazioni locali, il sindacato, diversi consiglieri e parlamentari, oltre alle principali associazioni ambientaliste, e imprenditoriali. È



sorprendente e lungimirante la convinta entrata in campo dei lavoratori, a partire dalla Camera del Lavoro CGIL, dei sindacati di base, di categoria, della Uil confederale, che non solo hanno condiviso la necessità della svolta ecologica, ma hanno valorizzato in termini quantitativi e qualitativi il diritto alla salute e alla buona occupazione. Appare quindi incomprensibile la decisione governativa dei mesi scorsi di mantenere a carbone fino al 2038 questa centrale che ha caratterizzato da lustri la servitù energetica della cittadina laziale. Una decisione che vincola al passato fossile, in smaccata contrapposizione alla prospettiva maturata negli ultimi anni di superare lo stesso progetto turbogas Enel da 1800 MW sostitutivo del carbone. Non quindi un semplice cambio di fonte, ma una trasformazione territoriale: riuso delle aree dismesse per solare e idrogeno verde, nascita di una comunità energetica, banchine del porto solarizzate, gestione intelligente della domanda e sostegno alle fasce più esposte al caro bollette. Una visione che unisce transizione tecnologica, coesione sociale, nuova occupazione e sviluppo di competenze.

■ Ad aggravare l'ipotesi ministeriale di rinviare fino al 2038 è il fatto di essere stata assunta senza un piano condiviso con il territorio. Le conseguenze sarebbero pesanti: sospensione della piena occupazione dei lavoratori che potrebbero invece essere riconvertiti a nuova occupazione, incertezza per l'indotto da ridestinare a nuove attività industriali già programmate, freno alla formazione di nuove professionalità e al ruolo del porto come hub mediterraneo delle rinnovabili. Invece di consolidare questa svolta, il governo e il Ministero dell'Ambiente, influenzati dalle lobby fossili, si rivolgono al passato, ignorando la spinta civica verso un modello democratico, partecipato e coerente con la lotta al cambiamento climatico.

■ Civitavecchia diventa così il banco di prova di un problema nazionale: da una parte territori pronti a farsi laboratori di innovazione e partecipazione in grado di attrarre investimenti; dall'altra un centro romano decisionale che usa burocrazia e "messa a riserva" dei fossili per rinviare la transizione. Se l'eolico offshore resta in stallo, non perde solo il litorale la-

ziale: vacilla l'intera strategia energetica del Paese, che rischia di restare ancorata a un modello centralizzato e dipendente dalle oscillazioni della geopolitica del gas, così cara all'ENI e ai suoi sponsor.

■ La lezione operativa è netta: non rinviare le rinnovabili per interessi immediati o timori geopolitici; rafforzare la partecipazione civica; sostenere la riconversione dei lavoratori; investire in rete e accumuli; valorizzare la portualità come infrastruttura mediterranea per l'innovazione; costruire un modello energetico sostenibile e democratico in accordo con la biosfera. È una responsabilità che coinvolge istituzioni locali e rappresentanze nazionali, in nome della pace, della giustizia climatica e di un'economia che non consumi il futuro.

Questa autentica piattaforma è nelle corde della popolazione, dei movimenti e delle istituzioni locali ed è diventata programma politico amministrativo del Consiglio Comunale della cittadina laziale.

■ Se lo stallo verrà superato, Civitavecchia potrà diventare guida per altre aree industriali, segnale che l'Italia sceglie davvero la transizione eco-

gica, rispondendo alle pressioni geopolitiche con una forza che nasce dai territori.

■ Dare voce alle comunità, trasformare l'energia sociale in opportunità concrete e consegnare un Paese meno dipendente dai fossili: questa è la sfida che proviene da Civitavecchia.

Con la riconversione qui prospettata si unirebbero risanamento ambientale e ripresa economica e ne uscirebbero tutti avvantaggiati, sia i cittadini, che gli occupati, sia le istituzioni, che le imprese, una volta tanto rispettose dell'ambiente e della salute.



Proroga del carbone, passo indietro inaccettabile

Civitavecchia è il simbolo di una transizione energetica possibile. Una città che ha pagato un prezzo altissimo in termini ambientali, sanitari e sociali, ma che ha finalmente intravisto un orizzonte diverso: la chiusura della centrale a carbone e l'avvio di una nuova stagione fondata su sostenibilità, innovazione e sviluppo pulito. Oggi, invece, ci troviamo davanti a una scelta governativa incomprensibile: la proroga al 2038 del funzionamento delle centrali a carbone. Una decisione che non solo tradisce gli impegni presi, ma che certifica il fallimento di una visione strategica del Paese.

Civitavecchia non può permettersi altri dodici anni di carbone. Non può continuare a essere sacrificata in nome di una transizione che viene continuamente rinviata. Non può vedere svanire un futuro costruito con fatica e visione. Prorogare il carbone significa rimanere ancorati alle lobby fossili. Significa perdere competitività, ritardare gli investimenti, scoraggiare l'innovazione. Significa, soprattutto, negare alle comunità locali il diritto di scegliere il proprio futuro, di respirare aria più pulita, di costruire un'economia diversa. Il futuro non può essere una proroga del passato.



Come puoi sostenere le nostre attività

abbonandoti alla "Città possibile"

Abbonamento annuale 10 euro
Manda una mail a info@ecoistitutoticino.org

attraverso una donazione libera

Coordinate IBAN:
IT 84L05034 33061
0000000 62288

Banco BPM

Agenzia di Cuggiono

Le donazioni all'ECOISTITUTO DELLA VALLE DEL TICINO - OdV" sono detraibili dalle imposte per le persone fisiche e deducibili per le imprese e le persone giuridiche.

diventando socio dell'Ecoistituto

Se condividi il nostro modo di agire e i principi che li ispirano (vedi statuto sul nostro sito www.ecoistitutoticino.org) puoi inoltrare domanda di iscrizione

donando il 5 per 1000

Nella tua dichiarazione dei redditi puoi destinare il 5 per 1000, avendo cura di specificare il nostro codice fiscale

93015760155



col Contributo di Fondazione Comunitaria Ticino Olona



Storico sorpasso: eolico e solare superano i fossili nella produzione elettrica dell'Unione Europea

Talluri Marco

Nel 2025 nell'Unione Europea eolico e solare hanno prodotto più elettricità dei combustibili fossili, coprendo il 30% della generazione elettrica contro il 29% dei fossili. E quanto emerge dalla European Electricity Review 2026 del think tank Ember, che analizza in modo comparato i dati di produzione e consumo dei 27 Stati membri.

Rinnovabili a quota record, trainate dal fotovoltaico

Le fonti rinnovabili nel loro complesso hanno garantito quasi metà dell'elettricità europea (48%), nonostante un anno caratterizzato da condizioni meteo atipiche che hanno penalizzato idroelettrico ed eolico. A fare la differenza è stato soprattutto il solare, cresciuto per il quarto anno consecutivo di oltre il 20%

In 14 Paesi su 27 eolico e solare hanno già superato i fossili nel mix elettrico nazionale. In soli cinque anni, la loro quota è passata dal 20% (2020) al 30% (2025), mentre i combustibili fossili sono scesi dal 37% al 29%. Un segnale chiaro di cambiamento strutturale del sistema elettrico europeo.

Italia: fotovoltaico in forte crescita, ma pesa il gas

La trasformazione riguarda tutti i Paesi, Italia inclusa. Nel 2025 la produzione elettrica da solare in Italia è aumentata



del 24% rispetto al 2024, arrivando a coprire il 17% della generazione elettrica nazionale. Un risultato rilevante, che però convive con una forte dipendenza dal gas. Il conto economico, però, è salato: 32 miliardi di euro di importazioni di gas per la generazione elettrica UE, +16% sul 2024, con Italia e Germania tra i Paesi che pagano di più.

Batterie: la leva decisiva per ridurre costi e dipendenza

Secondo Ember, la priorità dei prossimi anni è ridurre la dipendenza dal gas attraverso accumuli, reti più intelligenti e flessibilità della domanda. In questo ambito l'Italia parte avvantaggiata: detiene circa il 20% della capacità europea di batterie di grande scala ed è tra i Paesi leader per accumuli già operativi.

Nel 2025 le batterie italiane hanno iniziato a coprire parte della domanda serale, segnale di una tendenza che potrebbe accelerare rapidamente. Se i progetti annunciati e autorizzati saranno realizzati, la capacità di ac-

cumulo potrebbe crescere di quasi sei volte rispetto ai livelli attuali. Un'evoluzione che consentirebbe di ridurre l'uso delle centrali a gas, stabilizzare i prezzi e tagliare le importazioni.

Un esempio concreto arriva dalla California: partendo da una capacità simile a quella italiana di oggi, in pochi anni le batterie sono arrivate a coprire circa un quinto dei consumi elettrici serali, riducendo drasticamente il ricorso al gas nei picchi di domanda.

Un bivio per la politica energetica

Il sorpasso di eolico e solare sui fossili non è solo un dato statistico: indica che la transizione è già in corso, ma anche che le scelte dei prossimi anni saranno decisive. Investire su rinnovabili, batterie e reti significa ridurre costi, emissioni e vulnerabilità geopolitiche. Ritardare questa trasformazione, al contrario, rischia di prolungare una dipendenza costosa e climaticamente insostenibile.

Fonte: Ambiente e non solo

