

Il pianeta come macchina. Da Cartesio alla geoingegneria.

Giuseppe (Pino) Civitarese

8 settembre 2026



In breve

La tecnologia è indispensabile per affrontare la crisi climatica. Il problema comincia quando una soluzione tecnica viene presentata come alternativa alla trasformazione delle cause che hanno prodotto la crisi.

Il *technofix* è l'idea che un problema sistemico possa essere risolto soprattutto attraverso un dispositivo tecnico, senza intaccare il sistema economico e politico che lo ha prodotto. La geoingegneria climatica, e in particolare alcune forme di rimozione oceanica del carbonio, mostrano bene questa tensione. Il punto non è rifiutare la ricerca: è evitare che una possibilità tecnologica diventi un alibi per rimandare la riduzione delle emissioni.

C'è una risposta che riemerge ogni volta che la crisi ambientale diventa più difficile da ignorare: se abbiamo alterato il pianeta attraverso la tecnologia, una tecnologia più avanzata potrà aiutarci a rimetterlo a posto.

E' fuor di dubbio che senza tecnologie migliori non ridurremo le emissioni, non elettrificheremo i consumi e non decarbonizzeremo molti processi industriali. Ma è qui che entra in gioco il **technofix**, cioè la convinzione che un problema sistemico possa

essere risolto soprattutto attraverso un dispositivo tecnico, lasciando sostanzialmente intatti i processi economici e politici che lo hanno prodotto.

Una parte della storia di questa idea viene da lontano.

Il mondo come macchina

Con Cartesio si consolida una rappresentazione della natura come realtà esterna al soggetto, scomponibile e descrivibile attraverso leggi meccaniche. Sarebbe però semplicistico attribuire alla filosofia cartesiana la crisi ecologica contemporanea. Il capitalismo fossile, l'industrializzazione, il colonialismo e l'espansione dei consumi hanno cause storiche molto più concrete. Cartesio interessa piuttosto perché contribuisce a un immaginario nel quale conoscere significa anche prevedere, controllare, manipolare.

La metafora della macchina è potente. Una macchina può essere smontata, regolata, aggiustata. Il problema nasce quando questa metafora viene applicata a **sistemi che macchine non sono**.

Clima, oceani ed ecosistemi sono sistemi complessi, attraversati da retroazioni, soglie, ritardi temporali e interazioni che operano su scale molto diverse. Possiamo comprenderne molti meccanismi e intervenire su alcuni di essi. Non ne segue che possiamo trattarli come un motore del quale conosciamo ogni ingranaggio.

Spinoza, nello stesso secolo, offre una prospettiva diversa. Con il suo *Deus sive Natura* elimina la separazione netta tra uomo e natura: gli esseri umani fanno parte dello stesso sistema che cercano di comprendere. Sarebbe anacronistico trasformarlo in un ecologista ante litteram. Ma la sua visione contiene un'intuizione oggi molto attuale: **non esiste un osservatore completamente esterno al sistema sul quale interviene**.

Nonostante l'attualità della visione spinoziana, la modernità ha fatto propria soprattutto la lezione cartesiana del controllo sulla natura; molto meno quella spinoziana dell'uomo come parte inseparabile di essa.

Quando una tecnologia diventa un technofix

Il *technofix* compare quando una tecnologia smette di essere uno strumento dentro una strategia più ampia e comincia a essere presentata come il mezzo per evitare quella strategia.

Una tecnologia capace di rimuovere CO₂ dall'atmosfera, per esempio, non è necessariamente un *technofix*. Può diventarlo quando la promessa di rimozioni future viene usata per rinviare la riduzione delle emissioni oggi.

La distinzione è particolarmente importante quando si parla di **geoingegneria climatica**.

Sotto questa etichetta vengono spesso accostate due famiglie di interventi molto diverse: la **Carbon Dioxide Removal (CDR)** e la **Solar Radiation Modification (SRM)**.

La CDR mira a rimuovere CO₂ dall'atmosfera e interviene quindi, almeno in linea di principio, sulla causa fisica del riscaldamento dovuto all'anidride carbonica. L'**IPCC**

considera una certa quantità di rimozione necessaria nei percorsi verso emissioni nette zero, soprattutto per compensare emissioni residue difficili da eliminare.

Lo stesso IPCC sottolinea però che le tecniche disponibili differiscono enormemente per maturità, costi, permanenza, consumo di energia, uso del territorio e impatti ambientali. Esiste inoltre un rischio politico: affidarsi troppo alle rimozioni future può ridurre la pressione per tagliare subito le emissioni. È il cosiddetto ***mitigation deterrence***.

Con la **SRM** il problema è ancora più evidente. Ridurre artificialmente la radiazione solare potrebbe abbassare rapidamente la temperatura media globale, ma non ridurrebbe la concentrazione atmosferica di CO₂ e quindi non fermerebbe, per esempio, l'acidificazione degli oceani. Inoltre aprirebbe problemi enormi di governance: chi decide quanto raffreddare il pianeta? Con quali conseguenze regionali? Chi risponde degli eventuali danni?

Sono domande che nessun perfezionamento tecnico può risolvere da solo.

L'oceano come infrastruttura climatica

La geoingegneria marina rende questa tensione particolarmente evidente. L'oceano non viene più considerato soltanto come un sistema da comprendere e proteggere, ma anche come una possibile infrastruttura per rimuovere carbonio.

Il tema è ormai entrato nella regolazione internazionale. L'**International Maritime Organization**, attraverso la London Convention e il London Protocol, segue gli sviluppi della geoingegneria marina e affronta proprio il problema di come regolamentare interventi la cui sperimentazione può precedere la piena comprensione delle conseguenze.

Tra le tecniche più discusse c'è l'**Ocean Alkalinity Enhancement (OAE)**.

Il principio chimico è noto: aumentando l'alcalinità dell'acqua marina si modifica il sistema carbonatico e si può aumentare la capacità dell'oceano di assorbire CO₂ atmosferica. Le **National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine** hanno incluso l'OAE tra gli approcci prioritari da studiare nell'ambito della rimozione oceanica del carbonio. **Ocean Visions** le dedica una roadmap specifica. Intorno a questa prospettiva stanno crescendo programmi di ricerca, finanziamenti e imprese private.

Il punto è precisamente questo: **una base chimica solida non equivale a una tecnologia climatica pronta per essere utilizzata su larga scala.**

La chimica funziona. Resta da capire il sistema

L'efficienza dell'OAE dipende dalla circolazione, dagli scambi aria-mare e dalle condizioni biogeochimiche locali. Restano questioni aperte sugli effetti sugli ecosistemi, sul monitoraggio, sulla permanenza della rimozione e sulla possibilità di verificare con precisione quanto carbonio venga effettivamente sottratto all'atmosfera.

Le ricerche pubblicate su *Biogeosciences* nel 2025 mostrano bene la distanza tra plausibilità teorica e applicazione reale. Una **review sul marine enhanced rock weathering** mette in evidenza numerose incertezze scientifiche e operative, mentre

studi condotti sull'**OAE in ecosistemi marini** cercano di valutare come le risposte biologiche possano modificare i risultati previsti dalla sola chimica del sistema carbonatico.

C'è poi il bilancio complessivo. Estrarre, produrre, trattare e trasportare i materiali necessari richiede energia e infrastrutture. Una tecnologia di rimozione è climaticamente utile soltanto se il carbonio effettivamente sottratto rimane significativo dopo avere contabilizzato l'intero ciclo di vita.

È qui che un meccanismo scientificamente reale può trasformarsi in una promessa politica sproporzionata. Un processo può funzionare in laboratorio. Un esperimento può produrre un effetto misurabile. Nessuna di queste affermazioni dimostra, da sola, che esista una soluzione efficace, ecologicamente accettabile e governabile su scala planetaria.

Correggere il clima o correggere le cause?

La critica al *technofix* non consiste nel sostenere che la tecnologia non funzioni. Proprio perché alcune tecnologie funzionano molto bene, bisogna evitare di attribuire loro ciò che non possono fare.

Rinnovabili, reti elettriche, sistemi di accumulo, pompe di calore e processi industriali a basse emissioni sono indispensabili. Ma nessuna innovazione può decidere quanta energia consumare, quali attività privilegiare, come distribuire i costi della transizione o quali emissioni residue considerare davvero inevitabili.

Sono decisioni politiche.

Lo stesso vale per la rimozione del carbonio. Usare quantità limitate di CDR per compensare emissioni difficili da eliminare è una cosa. Costruire scenari nei quali enormi rimozioni future permettano di rinviare l'uscita dai combustibili fossili è un'altra.

La differenza non sta nella chimica. Sta nell'uso che decidiamo di farne.

Forse è proprio qui che la vecchia distanza fra Cartesio e Spinoza conserva qualcosa da dirci. Possiamo continuare a immaginare il pianeta come un sistema posto davanti a noi, abbastanza conosciuto da poter essere regolato attraverso interventi compensativi. Oppure possiamo riconoscere che ogni intervento avviene dentro reti ecologiche, economiche e sociali delle quali facciamo parte.

Questa seconda prospettiva non offre una soluzione pronta. Ci obbliga però a distinguere **una tecnologia utile da una promessa che serve soprattutto a evitare l'intervento sulle cause.**

Fonti

- IPCC — Climate Change 2023: Synthesis Report
- IPCC — Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change
- National Academies — A Research Strategy for Ocean-based Carbon Dioxide Removal and Sequestration
- IMO — Marine Geoengineering

BREAKING POINTS

- Ocean Visions — Ocean Alkalinity Enhancement Road Map
 - Geerts et al. — Ocean alkalinity enhancement and marine enhanced rock weathering, Biogeosciences, 2025
 - Paul et al. — Ocean alkalinity enhancement in an open-ocean ecosystem, Biogeosciences, 2025
-

BREAKING POINTS • breakingpoints.blog