

Nedo Biancani

ENERGIA: 6 SOLUZIONI RADICALI PER L'ENERGIA

Ci sono nel mondo scienziati e ingegneri che stanno sviluppando tecnologie in grado di cambiare lo scenario energetico. Macchine che potrebbero convertire la luce del sole e la CO₂ in carburanti in grado di sostituire quelli attualmente in uso. L'efficienza energetica potrebbe crescere enormemente grazie all'applicazione tecnica di fenomeni fisici fino ad oggi trascurati, come il magnetismo, oppure grazie a materiali in grado di aumentare il chilometraggio dei veicoli. Si prospettano quindi per il futuro soluzioni radicali per l'energia.

Alcune tecnologie in fase di sviluppo hanno grandi probabilità di fallire, ma se soltanto una di queste avrà successo, il miglioramento della qualità della vita sul nostro pianeta sarà significativo.

1 BENZINA DAL SOLE

In un'ora, la Terra riceve dal Sole più energia di quella consumata da tutte le attività umane in un anno. Se si potesse convertire in combustibile liquido anche solo una frazione di questo eccesso di energia, la nostra dipendenza da fonti fossili per i trasporti, con i problemi che causa, potrebbe finire. Se si potessero produrre direttamente in modo efficiente ed economico dalla radiazione solare, questi combustibili di sintesi potrebbero cambiare le regole del gioco. Un progetto interessante dei Sandia National Laboratories usa un disco parabolico di sei metri di diametro ricoperto di specchi in un impianto nel deserto del New Mexico (USA). I raggi del Sole sono concentrati su una struttura cilindrica lunga 0,5 metri collocata di fronte al disco. Gli specchi focalizzano la luce solare attraverso un'apertura su una decina di anelli concentrici che ruotano una volta al minuto. Sui bordi degli anelli ci sono denti di

ossido di ferro (ruggine) e ossido di cerio che nella rotazione sono colpiti dai raggi, riscaldandosi fino a 1500 gradi Celsius. Il calore permette di liberare ossigeno dall'ossido di ferro. Grazie alla rotazione, i denti tornano nell'impianto di raffreddamento, nella parte in ombra non riscaldata del reattore, ed estraggono ossigeno dal vapore oppure dall'anidride carbonica nella camera, rilasciando idrogeno e monossido di carbonio ricchi di energia.

La miscela di idrogeno e monossido di carbonio è chiamata «gas di sintesi», o syngas, ed è il mattone di base per tutti i combustibili fossili e per vari composti chimici, come ad esempio la plastica. Inoltre il processo potrebbe assorbire una quantità di CO₂ equivalente a quella emessa quando il combustibile (syngas) è bruciato. Simili combustibili solari permetteranno di raggiungere quattro obiettivi: carburante pulito, maggiore sicurezza energetica, minori emissioni di anidride carbonica e mitigazione del cambiamento climatico.

Altri istituti, tra cui il Politecnico di Zurigo e l'Università del Minnesota, stanno sviluppando metodi alternativi per produrre questo syngas. Alcune ricerche, inoltre, stanno seguendo percorsi diversi. In Massachusetts è stato messo a punto un dispositivo che immerge in acqua un catalizzatore a basso costo, usando l'elettricità ottenuta con un pannello fotovoltaico per separare idrogeno e ossigeno dall'acqua; nello Stato di New York, si immette CO₂ in una cella elettrochimica che sintetizza metanolo; in altri centri di ricerca nel mondo, si stanno sviluppando foglie artificiali con nanocavi semiconduttori che assorbono la luce per scindere le molecole d'acqua in idrogeno e ossigeno.

I problemi pratici, ovviamente, sono l'ostacolo maggiore. Ai Sandia i denti tendono a fratturarsi, ostacolando la reazione; durante il ciclo, si passa continuamente da 1500 a 900 gradi e questo è un grande stress per i materiali utilizzati. Il passo successivo è rendere più robusta la struttura dell'ossido di ferro alle nanoscale oppure trovare materiali sempre migliori con cui realizzare i denti. Occorre anche uno sforzo per ridurre l'alto costo degli specchi. I ricercatori dei Sandia hanno stimato che il loro motore a syngas possa produrre combustibile a 2,5 euro al litro. Non è un obiettivo impossibile, ma siamo ancora piuttosto lontani dalla soluzione del problema.

2 *FOTOVOLTAICO QUANTISTICO*

Le celle fotovoltaiche in commercio convertono in corrente dal 10 al 15 per cento dell'energia della radiazione solare ricevuta, quindi l'elettricità che producono è costosa. Uno dei motivi principali dei costi elevati dell'energia prodotta con pannelli fotovoltaici è che uno strato di silicio in grado di assorbire la luce ha un limite teorico di efficienza del 31 per cento (il miglior risultato sperimentale è 26 per cento). La nuova ricerca sui cristalli semiconduttori, o punti quantici (quantum dot), potrebbe spingere il massimo teorico oltre il 60 per cento, aprendo la strada a elettricità con prezzi competitivi. In una cella convenzionale, i fotoni (la più piccola quantità di luce) liberano elettroni del silicio, che così possono scorrere in un cavo conduttore generando corrente elettrica. Molti fotoni solari sono però troppo energetici; quando incidono sul silicio, gli elettroni emessi perdono rapidamente energia in forma di calore e ritornano allo stato iniziale prima di essere catturati dal cavo conduttore. Se si potessero raccogliere gli elettroni prima che si «raffreddino», si potrebbe raddoppiare l'efficienza.

Una soluzione è rallentare questo raffreddamento degli elettroni, aumentando il tempo per la cattura. L'anno scorso ricercatori dell'Università del Texas ad Austin, hanno cominciato a usare punti quantici, ciascuno costituito da poche migliaia di atomi. Su tali punti si è fatto depositare seleniuro di piombo su uno strato conduttore di biossido di titanio, un materiale comune, e hanno scoperto che una volta colpiti dalla luce gli elettroni impiegavano un tempo fino a 1000 volte più lungo per perdere energia. Tenere in stallo, cioè intrappolati per un tempo molto lungo gli elettroni, però, è solo una parte dell'obiettivo: ora si sta cercando di facilitare la conversione in corrente del maggior numero possibile di elettroni, in modo che il materiale conduttore non li assorba in forma di calore ma di elettricità. Ma per ottenere una cella fotovoltaica funzionante rimangono ancora molti ostacoli da superare. Va chiarita la fisica del processo: come si raffreddano esattamente gli elettroni e come sono trasferiti ai materiali conduttori. Una volta capito questo, potremmo individuare e definire i materiali da usare. Occorrerà un po' di tempo, ma se si arriverà a un risultato un giorno questi pannelli potranno sostituire gli attuali.

3 *MOTORI A COGENERAZIONE*

Nel mondo, oltre il 60 per cento dell'energia prodotta da milioni di veicoli e impianti di generazione è dispersa soprattutto in forma di calore. Alcuni ricercatori di General Motors stanno cercando di sfruttare questa energia usando materiali a memoria di forma che convertono il calore in elettricità. L'obiettivo del gruppo, è recuperare parte del calore del sistema di scarico delle auto per alimentare l'impianto di condizionamento o lo stereo. Si sta progettando di raccogliere il calore con una cinghia costituita da fibre parallele in lega nichel-titanio che ricordano una forma. Le leghe a memoria di forma oscillano tra due stati: in questo caso uno stato rigido, predefinito, a temperatura più alta, e uno stato più flessibile a temperatura più bassa. Nel progetto GM, la cinghia è fissata a tre pulegge ai vertici di un triangolo. Un vertice è in prossimità del sistema di scarico, un altro dove si trova l'impianto di raffreddamento. Contraendosi nel punto ad alta temperatura ed espandendosi in quello a temperatura più bassa, la cinghia si muove, facendo ruotare le pulegge, che a loro volta possono azionare un generatore. All'aumentare della differenza di temperatura il materiale si muove più velocemente e si genera più energia. Il prototipo GM è più una dimostrazione di fattibilità che un dispositivo pratico. Una piccola cinghia di 10 gr. fornisce 2 watt di potenza, sufficienti ad alimentare una lampada. La tecnologia potrebbe raggiungere la produzione commerciale entro dieci anni, e non pare ci siano problemi tecnici per adattare la tecnologia al riscaldamento delle abitazioni o alle torri di raffreddamento degli impianti di potenza.

Visto che possono funzionare anche con solo 10 gradi Celsius di differenza, queste leghe renderebbero possibili tante applicazioni che prima erano considerate irrealizzabili. Il progetto GM è semplice, ma è ancora una scommessa. Le leghe a memoria di forma si usurano e diventano fragili. Inoltre occorrono tre mesi di lavorazione continua per fissare nel materiale la "memoria" dello stato ad alta temperatura, ed è difficile combinare i cavi per produrre una cinghia. Un'altra grande sfida è capire come usare l'aria per riscaldare e raffreddare la cinghia in modo efficiente; per risolvere questi problemi si stanno sperimentando soluzioni per il calibro dei cavi, geometria della cinghia e modalità di riscaldamento e di raffreddamento. GM non è l'unica realtà impegnata in questa importante ricerca. All'Università dell'Illinois stanno sviluppando materiali a stato solido che convertono calore in elettricità.

Se i motori a cogenerazione si possono realizzare con dispositivi e materiali esistenti o futuri, le applicazioni sono virtualmente infinite. In tutto il mondo questo metodo potrebbe generare miliardi di miliardi di watt, riducendo il consumo di combustibili fossili.

4 *MOTORI A ONDA D'URTO*

Per oltre un secolo, i motori a pistone hanno spinto quasi tutti i veicoli del mondo. Anche i veicoli ibridi attuali, compresi i più recenti ibridi plugin come la Chevrolet Volt, usano piccoli motori a pistone per aumentare la potenza e ricaricare le batterie in modo efficiente. Ma la Michigan State University sta sviluppando un progetto diverso, noto come generatore wave-disk o motore a onda d'urto, che elimina i pistoni. Se il progetto avrà successo, le future auto ibride potrebbero percorrere con un litro di benzina distanze cinque volte più grandi rispetto alle attuali. Il motore è grande come una pentola e richiede meno componenti rispetto al motore a pistoni: pistoni, bielle e basamento non servono. Minore massa e maggiore efficienza energetica potrebbero spingere un'auto ibrida con freni a cogenerazione a distanze cinque volte più grandi con lo stesso consumo di carburante, riducendo le emissioni di anidride carbonica. Questo sistema, inoltre, potrebbe tagliare i costi di produzione anche del 30 per cento. Si sta testando un prototipo di generatore wave-disk: lo scopo è realizzare un motore da 25 chilowatt (33 cavalli). Ci si aspetta che l'efficienza di conversione dell'energia del prototipo sia del 30 per cento, comunque ancora ben distante dal valore di riferimento dei migliori motori diesel che operano al 45 per cento.

Eppure, secondo le previsioni più ottimistiche, lo sviluppo di questi motori potrebbe portare l'efficienza al 65 per cento. In un motore a scoppio convenzionale, una candela accende una miscela di benzina e aria nella camera di scoppio, al cui interno scorre un pistone collegato all'albero motore che a sua volta trascina le ruote dell'auto. In un motore diesel, il pistone comprime la miscela aria-gasolio, causandone l'accensione. I gas prodotti dalla combustione si espandono, spingendo il pistone verso il basso e facendo ruotare l'albero motore. Nello schema wave-disk, il processo di generazione dell'energia avviene in una turbina in rotazione. Il sistema si può immaginare come un ventilatore o un'elica che ruota in un piano orizzontale, con molte

pale di forma curva che sfiorano i bordi dell'alloggiamento. La miscela aria-combustibile in pressione e ad alta temperatura entra nello spazio che separa le pale dal fuso centrale. Quando la miscela si accende, i gas che bruciano si espandono, generando un'onda d'urto che comprime l'aria nello spazio rimanente. Le onde riflesse dalle pareti dell'alloggiamento comprimono e riscaldano ulteriormente l'aria, che al momento giusto è espulsa dalla camera. La forza dei gas compressi sulle pale insieme con quella dell'uscita dei gas di scarico, fanno ruotare il rotore collegato all'albero motore.

Oggi sono usati nei compressori volumetrici in alcuni sport automobilistici. La parte difficile, però, è gestire i flussi non stazionari di gas.

Prevedere il comportamento non lineare e altamente complesso di questi flussi intermittenti richiede calcoli dettagliati, che fino a oggi hanno richiesto un'enorme quantità di tempo o sono risultati troppo imprecisi. Simulazioni altamente affidabili ora stanno dando informazioni precise sulla geometria delle pale e la temporizzazione della combustione per ottenere le massime prestazioni. Ma ancora non è chiaro se i modelli computerizzati possano portare a veicoli che vedremo sulle strade.

La tecnologia wave-disk potrebbe essere piuttosto difficile da realizzare, ma se si realizzerà, il generatore wave-disk potrebbe aprire la strada a veicoli ibridi più ecologici. È solo questione di tempo, impegno e immaginazione, oltre che di denaro, ovviamente.

5 *CONDIZIONATORI D'ARIA MAGNETICI*

Condizionatori, frigoriferi e congelatori conservano i nostri cibi e mantengono freddi i nostri ambienti, ma sono responsabili di circa un terzo del fabbisogno di energia delle case. Una tecnologia radicalmente differente basata su magneti potrebbe far diminuire drasticamente questo consumo. La maggior parte degli impianti di raffreddamento commerciali comprimono e fanno espandere un gas o un liquido refrigerante attraverso cicli ripetuti. Via via che i cicli procedono, il calore è estratto dalla stanza o dall'elettrodomestico. I compressori, però, sono avidi di energia. E i gas più comuni, una volta rilasciati, riscaldano l'atmosfera almeno 1000 volte di più dell'anidride carbonica, a parità di numero di molecole.

Alcuni ricercatori stanno sviluppando un impianto di raffreddamento a magneti che elimina i compressori. Tutti i materiali magnetici infatti si riscaldano quando sono esposti a un campo magnetico e si raffreddano quando il campo non c'è più, secondo un effetto chiamato magnetocalorico. Gli atomi immagazzinano calore sotto forma di vibrazioni; quando un campo magnetico allinea gli elettroni nel metallo impedendogli di muoversi liberamente, gli atomi del metallo vibrano con ,frequenza maggiore, aumentando la temperatura. Eliminando il campo, la temperatura diminuisce.

Questo fenomeno fu scoperto nel 1881, ma per lungo tempo è stato ignorato per scopi applicativi perché, in teoria, sarebbero necessari magneti superconduttori criogenici per massimizzare l'effetto. Nel 1997, però, alcuni ricercatori statunitensi hanno scoperto una lega di gadolinio, silicio e germanio che ha mostrato un effetto magnetocalorico gigante a temperatura ambiente. Da quel momento si sono concentrati su queste leghe, e ora stanno progettando un condizionatore d'aria per raffreddare un appartamento di circa 90 metri quadri. Un piccolo disco piatto contiene cunei porosi realizzati con una di queste leghe. Il disco è circondato da un magnete permanente stazionario a forma di anello, che giace sullo stesso piano. Il magnete ha un traferro da un lato su cui si concentra il campo magnetico. Quando il disco ruota, ciascun cuneo magnetocalorico attraversa il traferro riscaldandosi, per poi raffreddarsi nel resto del percorso. Il fluido in circolo all'interno del sistema è riscaldato e raffreddato dai cunei rotanti, e il fluido raffreddato estrae calore dall'ambiente. Il magnete è attentamente progettato per impedire che il campo si propaghi dalla macchina e influisca su circuiti elettronici vicini o con eventuali pacemaker cardiaci. In un impianto convenzionale, la maggior parte del lavoro è fatta dal compressore. Nell'impianto magnetico, invece, la maggior parte del lavoro è fatta dal motore elettrico che comanda la ruota, e in genere i motori elettrici sono molto più efficienti rispetto ai compressori.

Entro il 2013 si intende realizzare un prototipo in grado di tagliare di un terzo il consumo di elettricità a parità di raffreddamento. Un grande vantaggio consisterebbe nel fatto che il sistema usa solo acqua per il trasferimento del calore, producendo un impatto sull'ambiente notevolmente più basso. Questo progetto si potrebbe adattare a frigoriferi e congelatori, sebbene per arrivare a un prototipo occorra gestire una serie di complicazioni. Una delle sfide principali è controllare in che modo l'acqua attraversa i cunei porosi: il disco ruota una velocità compresa tra 360 e 600 giri al minuto; inoltre, il

magnete è fatto di una costosa lega in neodimio-ferro-boro; per arrivare a un dispositivo commerciabile occorrerebbe quindi minimizzarne il più possibile le dimensioni riuscendo a garantire un forte campo magnetico .

Si tratta di una tecnologia ad alto rischio ma con un enorme potenziale, e quel livello di prestazione è un obiettivo del tutto ragionevole. Altri ricercatori stanno sperimentando tecnologie di raffreddamento non convenzionali sviluppando un dispositivo di raffreddamento senza refrigeranti e basato invece sui cosiddetti materiali termoelettrici, cioè materiali che si raffreddano su un lato e si riscaldano sull'altro quando sono attraversati da una corrente elettrica.

In un modo o nell'altro, consumare meno combustibili e ridurre le emissioni potrebbe rendere il mondo un posto più gradevole anche in senso climatico.

6 CARBONE PIÙ PULITO

Nel mondo, il carbone è la fonte energetica più abbondante ed economica; dato che si tratta però di quella con il maggior contenuto di carbonio, è anche la principale responsabile del cambiamento climatico. Negli ultimi anni sono stati progettati diversi metodi per eliminare l'anidride carbonica dagli scarichi degli impianti a carbone prima che siano immessi in atmosfera, ma questi processi assorbono fino al 30 per cento dell'energia ottenuta dalla stessa combustione. Questa problematicità può raddoppiare il costo dell'elettricità generata, rendendo il carbone da bruciare in modo pulito un obiettivo difficilmente raggiungibile.

C'è però in gestazione un progetto particolarmente interessante della Notre Dame University che usa un nuovo materiale chiamato liquido ionico, in sostanza un particolarissimo tipo di sale. Il primo vantaggio di questo materiale consiste nel fatto che può estrarre circa il doppio dell'anidride carbonica rispetto ad altre sostanze simili, che adsorbono il carbonio. Un altro vantaggio è che in questo processo il sale cambia fase e passa dallo stato solido a quello liquido. Questo cambiamento rilascia calore, che è riciclato per estrarre il carbonio dal liquido in modo che possa essere eliminato.

I modelli mostrano che dovremmo essere in grado di ridurre l'energia parassitaria al 22-23 per cento e si hanno ragionevoli speranze di scendere al 15 per cento. L'idea è radicale. Questi materiali sono totalmente nuovi: sono stati scoperti solo due anni fa. E'

appena cominciata la sperimentazione, e in ogni fase potrebbero emergere problemi inaspettati. Anche se il processo funziona in laboratorio, potrebbe essere impossibile da applicare a una centrale elettrica. Inoltre, se il processo di separazione funzionasse il carbonio dovrebbe poi essere immagazzinato da qualche parte. L'idea più convincente prevede l'iniezione nel sottosuolo, in formazioni di roccia porosa, secondo un processo noto come cattura del carbonio, che è stato testato sul campo ma non a larga scala. Un approccio più sperimentale consiste nel miscelare la CO₂ con silicati, riproducendo il processo naturale che lega l'anidride carbonica nelle rocce carbonatiche, rendendola inerte.

Oltre a ciò, occorrerà affrontare i problemi di salute e ambientali che si accompagnano all'estrazione del carbonio e all'eliminazione delle ceneri tossiche prodotte con la combustione. I numerosi problemi fanno storcere la bocca agli ambientalisti quando sentono la definizione di “carbone pulito”. Eppure, è una risorsa tanto abbondante ed economica che, se una di queste idee ad alto rischio dovesse avere successo, potrebbe fare una differenza enorme nella lotta contro il cambiamento climatico.