

Energia oggi e domani

Vincenzo Balzani,^a Nicola Armaroli^b

^aDipartimento di Chimica Giacomo Ciamician, Facoltà di Scienze MFN, Università di Bologna (vincenzo.balzani@unibo.it)

^bGruppo di Fotoscienze Molecolari, Istituto ISOF, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Bologna

Introduzione

Agli inizi del secolo scorso, quando il petrolio ed i suoi derivati non erano ancora entrati nell'uso comune, lo sviluppo industriale e civile era basato essenzialmente sul consumo di enormi quantità di carbone, con grandi problemi di inquinamento atmosferico. Già allora qualche scienziato si chiedeva perché mai l'uomo, per soddisfare il suo bisogno sempre crescente di energia, doveva far ricorso alla "sporca energia solare fossile" e non alla energia pulita ed abbondante che arriva con continuità dal sole. Fra questi scienziati ha avuto un ruolo molto importante Giacomo Ciamician, professore all'Università di Bologna, dove il Dipartimento di Chimica della Facoltà di Scienze porta oggi il suo nome. Nel 1912, in una famosa conferenza dal titolo "La fotochimica del futuro" tenuta negli Stati Uniti, Ciamician affrontò il problema della conversione dell'energia solare con pensieri e parole che colpiscono per la loro lucidità profetica [1]. Disse, ad esempio: *"La civiltà moderna è figlia del carbon fossile: questo offre all'umanità l'energia solare nella forma più concentrata, accumulata nel tempo d'una lunga serie di secoli; l'uomo moderno se n'è servito e se ne serve con crescente avidità e spensierata prodigalità per la conquista del mondo. Come il mitico oro del Reno, il carbon fossile è per ora la sorgente precipua di forza e di ricchezza. La terra ne possiede ancora enormi giacimenti, ma essi non sono inesauribili. Bisogna pensare all'avvenire."* Se a "carbone", che era a quel tempo praticamente l'unico combustibile usato, sostituiamo "combustibili fossili", il ragionamento di Ciamician è del tutto attuale.

Ciamician era meravigliato dal processo fotosintetico che avviene nelle piante e preconizzava la possibilità di carpirne il segreto per sfruttarlo artificialmente: *"Là dove la vegetazione è ubertosa e la fotochimica può essere abbandonata alle piante, si potrà con culture razionali, giovare delle radiazioni solari per promuovere la produzione industriale. Nelle regioni desertiche invece, dove le condizioni del clima e del suolo*

vietano ogni cultura, sarà la fotochimica artificiale che darà valore alle radiazioni solari. Sull'arido suolo sorgeranno colonie industriali senza fuliggine e senza camini: selve di tubi di vetro e serre di ogni dimensione s'innalzeranno al sole ed in questi apparecchi trasparenti si compiranno quei processi fotochimici di cui fino allora le piante avevano il segreto ed il privilegio, ma che l'industria umana avrà saputo carpire: essa saprà farli ben altrimenti fruttare, perché la natura non ha fretta, mentre l'umanità è frettolosa. E se giungerà in un lontano avvenire il momento in cui il carbone fossile sarà esaurito, non per questo la civiltà avrà fine: perché la vita e la civiltà dureranno finché splende il sole". Il segreto della fotosintesi naturale è ormai stato carpito, ma l'umanità, che oggi ha ancor più fretta di allora, non è ancora riuscita a produrre combustibili artificiali (ad esempio, idrogeno) mediante la conversione diretta dell'energia solare. Pertanto la frase conclusiva del discorso di Ciamician (*"Se la nostra civiltà nera e nervosa, basata sul carbone, sarà seguita da una civiltà più tranquilla, basata sull'utilizzo dell'energia solare, non ne verrà certo un danno al progresso e alla felicità umana"*) suona ancor oggi come un auspicio.

Dopo quasi cent'anni, dunque, il problema dell'energia si ripropone. Ci si sta rendendo conto che l'era dei combustibili fossili, che tanto ha migliorato la vita di una parte (piccola) dell'umanità, non può continuare all'infinito; il momento in cui la produzione di petrolio e gas raggiungerà un massimo per poi declinare si avvicina inesorabilmente. La "nervosità", l'inquietudine della nostra civiltà che già Ciamician notava, è oggi accresciuta di fronte a problemi che appaiono ormai troppo complessi per essere governati: l'inquinamento della biosfera, l'effetto serra, la crescente disuguaglianza nella distribuzione del benessere, l'aumento della popolazione, il generale impoverimento delle risorse naturali.

L'uomo si è illuso di essere diventato onnipotente mediante la scienza e l'economia. E' necessario, invece che prenda coscienza della realtà in cui vive e dei limiti imposti dalla natura. Solo in questo modo si potrà uscire dalla duplice crisi energetica ed ambientale di cui molto si discute (senza molto agire) negli ultimi tempi.

L'energia ieri ed oggi

E' molto utile e comodo poter disporre di energia [2]. Per meglio capire la situazione di privilegio in cui ci colloca la disponibilità dei combustibili fossili è interessante paragonare l'energia consumata dai dispositivi e dalle macchine che usiamo tutti i giorni con quella che può essere messa in campo da un essere umano. Un uomo in buona salute può generare

una potenza di circa 800 W per un tempo breve, ad esempio salendo di corsa una rampa di scale, ma in una attività continuativa non riesce a sviluppare una potenza superiore a circa 50 W. Per tenere acceso un televisore, che richiede una potenza di circa 100 W, sarebbe quindi necessario il lavoro continuativo di due persone. Per far funzionare una lavatrice (circa 0.8 kWh per un lavaggio a 60°) ci vorrebbe il lavoro di una quindicina persone per un ora. Il motore di un'automobile di media cilindrata, che eroga una potenza di circa 80 kW, viaggiando a velocità di crociera, compie un lavoro pari a quello di 1600 persone.

Si può stimare che in media ogni cittadino americano, per l'energia che consuma, è come se avesse a disposizione 24 ore su 24 un centinaio di "schiavi umani". Per un cittadino italiano, che in media usa un terzo dell'energia usata da un americano, il numero degli "schiavi umani" perennemente a disposizione è di circa 30, un lusso che non si poteva permettere neppure un principe del Rinascimento. Questi esempi ci danno una misura di quanta energia consumiamo noi cittadini dei Paesi sviluppati e ci fanno capire che l'energia viene usata anche quando non ce ne sarebbe bisogno: viene, cioè, sprecata.

Fra tutte le risorse, l'energia gioca un ruolo particolarmente importante. Non solo perché la usiamo in ogni azione della nostra vita, ma ancor più perché c'è energia "nascosta" in ogni prodotto della nostra attività. Ad esempio, per fabbricare un computer occorrono 1700 kg di materiali vari, di cui 240 kg di petrolio come spesa energetica. Si può quindi valutare che un computer, prima ancora di essere acceso, abbia già consumato una quantità di energia tre volte maggiore di quella che consumerà durante il suo periodo di funzionamento. Un simile ragionamento vale per tutto, anche per il cibo. Ad esempio, si può stimare che per "fare" una mucca di cinque quintali occorre una quantità di energia equivalente a 6 barili di petrolio (circa 1000 litri), perché a tanto ammonta la spesa energetica per arare, irrigare e fertilizzare la terra, trasformare la produzione agricola in mangimi, trasportare i vari materiali, ecc. Per gli ortaggi cresciuti in serra, l'energia spesa può raggiungere 50 volte il loro contenuto energetico. Ci possiamo permettere questo deficit energetico solo perché il prezzo dell'energia oggi è basso: un litro di benzina, pur con un peso fiscale di circa il 70%, costa meno di una bottiglia d'acqua in trattoria.

Con l'energia si può fare tutto, o quasi. Ad esempio, si dice spesso che l'acqua potabile, che inizia a scarseggiare, sarà il petrolio del 21mo secolo, con l'aggravante che, mentre il petrolio può essere sostituito da altre fonti energetiche, l'acqua non ha sostituti. In realtà anche l'acqua ha un sostituto: l'energia. Dall'acqua del mare, infatti, si può ottenere acqua potabile a volontà, ma al prezzo di un litro di petrolio per ogni 3 metri cubi di acqua [3].

Se i combustibili fossili, così comodi da usare, fossero abbondanti, continuassero a non essere molto costosi e non provocassero danni alla salute e all'ambiente, nessuno si sognerebbe di sostituirli. Ma, come vedremo, così non è. Ci sono già grosse avvisaglie di una grave crisi energetica ed ecologica. Cercare una soluzione a questa crisi, prima che si manifesti in tutte le sue prevedibili ed imprevedibili conseguenze, non è un capriccio degli ecologisti o una sfida bizzarra che si sono posti alcuni scienziati, ma un'urgente necessità che avrà forti ripercussioni sociali e politiche [4].

Le risorse dell'astronave Terra

Per inquadrare bene il problema dell'energia bisogna considerare che la Terra è come una gigantesca astronave che viaggia nell'immensità dell'universo [2]. Si tratta di un'astronave, che pur muovendosi alla velocità di 29 km al secondo, non consuma energia per viaggiare, ma ha bisogno di tanta energia per il suo numeroso equipaggio: 6,3 miliardi di persone, che presumibilmente diventeranno 8 miliardi fra 20 anni. L'aumento della popolazione è di circa 80 milioni all'anno e riguarda prevalentemente le nazioni in via di sviluppo o sottosviluppate (ogni minuto nascono 32 indiani e 24 cinesi). Questo della popolazione e del suo continuo aumento è un primo limite che deve essere preso in considerazione quando si discute del problema energetico, perché tutte le persone vogliono più energia. Molte per continuare a sciuparla, come sono spesso abituate a fare, molte di più per cercare di accrescere il loro basso livello di vita.

Il problema dell'energia è parte del più vasto problema delle risorse. La nostra astronave Terra ha nella stiva una certa quantità di risorse dette "non rinnovabili" in quanto, una volta usate, non sono più disponibili. Tipico esempio di risorse non rinnovabili (nella nostra scala dei tempi) sono appunto i combustibili fossili. Grazie all'energia che le viene dal Sole, tuttavia, la Terra produce con continuità, secondo ritmi ben definiti, altre risorse, quali l'acqua potabile, i prodotti dell'agricoltura, l'ossigeno, ecc. Sono le cosiddette "risorse rinnovabili", pure esse però in quantità finita. Quindi ci sono limiti nelle risorse della Terra, che è l'unico luogo dove possiamo vivere.

I combustibili fossili

La situazione delle fonti energetiche al giorno d'oggi è ben nota. Circa il 90% dell'energia primaria proviene dai combustibili fossili, una risorsa formidabile che abbiamo scovato nella stiva della nostra astronave e che, grazie alla scienza e allo sviluppo della tecnologia, siamo riusciti ad usare con grande vantaggio dell'umanità (in

realtà, si dovrebbe dire: di una piccola parte dell'umanità). Si tratta di una risorsa molto comoda, che usiamo in quantità massicce: mille barili di petrolio al secondo, in media 2 litri di petrolio al giorno per ogni abitante della Terra. Da diversi anni, però, stiamo rendendoci conto che l'uso massiccio dei combustibili fossili causa grandi problemi, in parte imprevedibili, con i quali dobbiamo confrontarci.

Il primo problema è che il regalo "combustibili fossili" che la Natura ci ha fatto si sta esaurendo, come accade per tutte le risorse non rinnovabili. Verrà un giorno in cui la produzione di petrolio raggiungerà un picco [5], per poi inesorabilmente diminuire, con conseguenze facilmente prevedibili in un sistema che necessita di sempre maggiori quantità di energia. Secondo i pessimisti, il picco lo si sta raggiungendo in questi anni, mentre secondo gli ottimisti lo si raggiungerà fra qualche decennio. Si tratta quindi di un problema che provocherà probabilmente grandi cambiamenti nella vita dei nostri figli e certamente in quella dei nostri nipoti. In realtà, la scarsità dei combustibili fossili ha già avuto conseguenze anche ai nostri giorni: le due guerre (dette "del Golfo") scatenate per controllare le zone ricche di questa risorsa.

Negli ultimi vent'anni ci siamo poi resi conto con sempre maggior preoccupazione che l'uso dei combustibili fossili ci pone altri problemi. Il consumo delle risorse è, infatti, inesorabilmente legato alla produzione di rifiuti. Quelli prodotti dall'uso dei combustibili fossili sono particolarmente dannosi poiché si tratta di sostanze molto nocive per la salute dell'uomo (ossidi di azoto e zolfo, idrocarburi aromatici, polveri sottili, metalli pesanti, ecc.) e di un gas (anidride carbonica) responsabile dell'effetto serra. Le sostanze inquinanti sono cause di malattie che, oltre a ridurre l'aspettativa di vita, hanno costi socio-economici immensi, mentre l'effetto serra causa il riscaldamento della superficie della Terra innescando cambiamenti climatici che potrebbero avere conseguenze disastrose.

Un terzo problema legato all'uso dei comodi, ma costosi e non omogeneamente distribuiti, combustibili fossili è la forte disparità nei consumi energetici fra le varie nazione della Terra. Le statistiche mostrano che, in media, ogni americano consuma energia come due europei, dieci cinesi, quindici indiani e trenta africani. A questa disparità nei consumi si affianca un'altra disparità di segno opposto: la popolazione; i paesi che consumano meno sono i più popolati. Come potranno i due miliardi e mezzo di abitanti di Cina ed India, paesi che attualmente hanno meno di 20 automobili ogni mille abitanti, raggiungere il livello di vita degli abitanti degli Stati Uniti (780 automobili ogni mille abitanti)? Sembra chiaro che per innalzare il consumo di combustibili da parte dei

paesi poveri non sarà sufficiente diminuire il consumo nei paesi ricchi, dove peraltro le persone sono convinte (erroneamente) che, diminuendo il consumo di energia, diminuirebbe anche il loro benessere e la loro felicità.

Una prima conclusione da trarre è che bisogna intervenire rapidamente nel settore dell'energia, prima che avvengano eventi fisici irreversibili (crisi nella disponibilità di combustibili fossili, riscaldamento del pianeta), gravi problemi di instabilità sociale e politica (migrazioni massicce, rivoluzioni) ed altre guerre per il controllo delle risorse energetiche residue.

Le disuguaglianze

La diversa quantità di energia disponibile nelle varie nazioni della Terra è solo uno degli aspetti del problema della disuguaglianza. Una volta all'anno i giornali ci informano che il patrimonio dei tre uomini più ricchi della Terra è superiore all'intero Prodotto Interno Lordo di una cinquantina di nazioni africane, mentre tre miliardi di persone devono vivere con meno di due dollari al giorno. Quest'ultima notizia è particolarmente sconvolgente se si considera che in Europa gli agricoltori ricevono una sovvenzione di circa due dollari al giorno per ogni mucca che allevano: meglio essere una mucca in Europa che una persona in Africa! La disparità nella ricchezza si traduce ovviamente in disparità nella alimentazione, nell'istruzione, nella assistenza sanitaria ecc. Ad esempio, negli Stati Uniti 83 persone su cento sono iscritte all'università, mentre in Niger 56 su cento non entrano neppure nella scuola elementare [6].

Qualcuno dirà che poveri e ricchi ci sono sempre stati e non è mai successo nulla. Già nel Vangelo secondo Luca (19, 21) c'è la parabola del ricco Epulone e del povero Lazzaro. La sensazione, però, è che i tempi stiano cambiando. Migliaia di poveri premono sulle frontiere dei paesi ricchi e cercano di attraversarle con ogni mezzo. Se la situazione di disuguaglianza non sarà attenuata, ci accorgeremo ben presto che queste migliaia di persone sono solo l'avanguardia di milioni e milioni di uomini e donne che non sarà possibile fermare neppure elevando mura (prove in questo senso sono già in atto, ad esempio al confine fra Stati Uniti e Messico). Anche senza scomodare l'etica, parola poco di moda nei paesi del ricco Occidente, dovremmo capire che è nostro interesse attenuare, almeno, queste disuguaglianze per far sì che chi vive in altri paesi stia sufficientemente bene da non pensare di venire nei nostri. Bisognerebbe che si facesse strada il concetto che la Terra è come un'astronave sulla quale bisogna convivere, e che

quindi le risorse, essendo limitate, non vanno sciupate e debbono essere più equamente distribuite fra tutti i passeggeri.

Il problema energetico

Cosa si può fare per fronteggiare la crisi energetica che già sperimentiamo e che è destinata ad aggravarsi? La risposta ha due facce: consumare meno energia e trovare fonti alternative ai combustibili fossili.

Consumare meno energia vuol dire anzitutto eliminare gli sprechi. E' la cosa più importante che dobbiamo insegnare ai nostri figli ed ai nostri nipoti, per il loro bene. Il risparmio energetico è la risposta più immediata, più giusta, più economica e più efficace alla crisi energetica, oltre ad essere un dovere morale. Anche perché troppa energia fa male. Questo vale sia per le singole persone (troppo cibo causa obesità e conseguenti malattie) che per la società: un esagerato consumo di energia danneggia un tranquillo svolgimento della vita (ingorghi stradali, incidenti, disuguaglianze). Si pensi ad esempio che in Europa, ogni anno, ci sono oltre 30.000 morti e 1.5 milioni di feriti, a causa di incidenti stradali.

Si può consumare meno energia anche aumentando l'efficienza con cui la si usa. In questo campo c'è ampio spazio per interventi tecnologici: da una migliore coibentazione delle abitazioni ad una maggiore efficienza nei processi industriali, dalla riduzione delle perdite nei processi di conversione e trasmissione dell'energia alla messa in opera di sistemi di illuminazione con resa più elevata, dalla riduzione dell'uso dell'auto ad un impiego più generalizzato dei trasporti pubblici.

Risparmio ed efficienza energetica sono due pilastri per costruire un mondo migliore. Se però, come è ineluttabile, si dovrà abbandonare l'uso dei combustibili fossili, è necessario trovare fonti energetiche alternative. La potenza media corrispondente ai consumi mondiali è attualmente di 13 mila miliardi di watt (13 terawatt, TW) ed è fatale che aumenti nei prossimi anni. Ci sono solo due fonti di energia che potranno far fronte a questa esigenza: l'energia nucleare e le energie rinnovabili (queste ultime sono, in larga parte, energia solare diretta o indiretta).

L'energia nucleare

L'energia nucleare ottenuta con la tecnologia attualmente disponibile (fissione) non è né pulita né inesauribile. Inoltre, è una forma di energia molto concentrata che deve essere prodotta sotto stretto controllo tecnico, politico e militare a causa degli alti investimenti

finanziari, i possibili incidenti, la difficoltà di mettere in sicurezza le scorie radioattive, la proliferazione della armi nucleari, il traffico di materiale radioattivo e i conseguenti pericoli legati al terrorismo. Lo sviluppo dell'energia nucleare, inoltre, aumenterebbe le disuguaglianze fra le varie nazioni, ci costringerebbe a vivere in un mondo più fragile e lascerebbe alle future generazioni un fardello, certamente non gradito, di scorie radioattive. Per produrre i 10 TW che attualmente vengono ottenuti dai combustibili fossili sarebbero necessari 10.000 impianti nucleari da 1 GW: costruendone uno al giorno, ci vorrebbero 27 anni. Per quanto riguarda il nostro Paese, a tutti i problemi sopra elencati si aggiungono alcune caratteristiche specifiche che rendono oggettivamente inopportuna la costruzione di impianti nucleari (grande densità di popolazione, conformazione e sismicità del territorio, impossibilità di trovare siti adatti per il deposito delle scorie).

L'energia solare

Il Sole riversa sulla Terra 120.000 TW di radiazioni elettromagnetiche, una potenza istantanea circa 10.000 volte maggiore di quella impiegata in tutto il mondo, mediamente, per la totalità dei consumi energetici. Oltre ad essere molto abbondante quella che ci viene dal Sole è una forma di energia primaria gratuita, inesauribile e non inquinante. Però non può essere usata come tale: deve essere trasformata in altre forme di energia con diverse tecnologie, alcune della quali sono semplici e ormai mature, altre più sofisticate e ancora in corso di studio. Per produrre 10 TW di potenza elettrica, basterebbe raccogliere e convertire col 10% di efficienza la radiazione solare che cade sul 0.08% della superficie terrestre. Essendo una forma di energia non concentrata, l'energia solare non è pericolosa, non si presta per usi militari, non favorisce lo spreco ed il suo uso non lascia indesiderate eredità alle prossime generazioni. Essendo diffusa (sia pure non uniformemente) su tutta la superficie terrestre, l'uso dell'energia solare può ridurre le disuguaglianze fra le varie nazioni considerando anche che, come Ciamician aveva già notato, è più abbondante nelle zone della Terra che sono attualmente più povere. L'uso dell'energia solare si adatta particolarmente bene al nostro Paese per l'alta intensità dell'insolazione media e perché si può sviluppare con investimenti economici diffusi. In ogni caso dobbiamo ricordare che ogni attività umana, incluso lo sfruttamento dell'energia solare, richiede il consumo di risorse (superficie terrestre, acqua, minerali, metalli, ecc.) e deve essere chiaro che più risorse si consumano oggi, meno ne resteranno domani. Questo ci richiama alla necessità di usare anche le altre energie rinnovabili

(idroelettrica, eolica, geotermica) e di condurre una vita sobria, che non vuol dire meno felice.

L'utilizzo dell'energia solare

Come già accennato, se i combustibili fossili, così comodi da usare, fossero abbondanti e non provocassero danni alla salute e all'ambiente, non ci sarebbe il problema energetico. Se l'energia nucleare non fosse pericolosa e potesse essere usata con equità da tutte le nazioni della Terra, sarebbe certamente una soluzione interessante per sostituire, almeno in parte, i combustibili fossili. Ma così non è. Cercare la soluzione della crisi energetica nelle energie rinnovabili, e in particolare nell'energia solare, non è quindi un capriccio, ma una necessità. Sta a noi fare di questa necessità virtù. Dopo tutto, il sole è una stazione di servizio che rimarrà in funzione per miliardi di anni, capace di fornirci in 1 ora la quantità di energia che l'umanità consuma in un intero anno [7]. Sta a noi ora trovare i modi giusti per utilizzare questa risorsa rinnovabile ed abbondante.

L'utilizzo dell'energia solare può avvenire in modo indiretto (energia idroelettrica, energia del vento, gradienti di temperatura dei mari) o diretto attraverso la conversione in calore, elettricità o combustibili. (Per una recente panoramica rimandiamo il lettore agli articoli contenuti nel fascicolo della rivista americana Science del 9 Febbraio 2007). Per ragioni di spazio tratteremo qui brevemente soltanto l'energia eolica e la conversione diretta.

Lo sfruttamento dell'energia eolica è in grande sviluppo in molti paesi del mondo. Si tratta di una tecnologia semplice, che richiede tempi brevi per essere installata, che sfrutta una sorgente gratuita (anche se non uniformemente diffusa), che non produce rifiuti, né deve dissipare calore. Il costo dell'energia elettrica generata per via eolica è spesso già competitivo [8] con quello generato dalle centrali a gas a ciclo combinato e dalle centrali nucleari (in quest'ultimo caso, i prezzi di mercato non comprendono le spese difficilmente quantificabili che qualcuno poi dovrà sostenere per mettere in sicurezza le scorie a smantellare l'impianto). Le nazioni più lungimiranti sono impegnate a fondo nello sviluppo delle energie alternative. In Germania, sono stati creati in breve tempo 230.000 posti di lavoro, un numero ormai superiore a quello degli addetti all'industria automobilistica. Cinque dei dieci maggiori produttori di impianti eolici sono tedeschi. Le azioni della Solarworld (una azienda tedesca) sono passate da 0.46 € nel 2003 agli attuali 64 €

La conversione diretta dell'energia solare può avvenire in tre modi: in calore mediante i pannelli solari termici, in elettricità mediante i pannelli fotovoltaici, ed in combustibili (biomasse e fotosintesi artificiale).

La conversione in calore mediante pannelli situati sui tetti delle case per produrre acqua calda per usi sanitari è già da tempo competitiva con qualsiasi altro metodo usato per scaldare l'acqua. Alle nostre latitudini, il consumo di energia per produrre acqua calda è di circa il 6-10% del totale. I pannelli termici consentono, quindi, un notevole risparmio di combustibili fossili con conseguente diminuzione di immissioni di anidride carbonica in atmosfera. Anche questo utilizzo dell'energia solare è in grande sviluppo: nel 2005 sono stati installati nel mondo pannelli termici in 46 milioni di case.

La conversione dell'energia solare in energia elettrica mediante pannelli fotovoltaici si va estendendo in maniera impensata nei paesi del terzo mondo dove le abitazioni non sono collegate alla rete elettrica. I pannelli, collegati ad accumulatori, producono energia elettrica di giorno che può poi essere usata di notte per illuminazione o altre applicazioni. Nel 2005, sono state installati pannelli fotovoltaici su più di due milioni di abitazioni, ma si valuta che siano circa 350 milioni le famiglie che non sono collegate ad una rete elettrica. Nei paesi sviluppati l'energia prodotta dai pannelli fotovoltaici viene immessa nella rete elettrica con compensazioni regolate da accordi nazionali. Anche l'uso della energia fotovoltaica è in piena espansione, particolarmente in Giappone (320.000 case), Germania (280.000) e California (30.000). In Cina, il numero di installazioni aumenta di circa il 25% all'anno e la produzione del 70%. Alla fine del 2006 la potenza fotovoltaica installata su scala mondiale ammontava a 5.4 GW. Attualmente la richiesta di pannelli fotovoltaici è superiore all'offerta. L'efficienza dei pannelli fotovoltaici commerciali è superiore al 10%. Essi hanno una vita di almeno 25 anni ed in 3-4 anni producono una quantità di energia pari a quella consumata per costruirli. L'energia elettrica prodotta dai pannelli fotovoltaici è ancora da 2 a 4 volte più costosa di quella prodotta con le centrali a gas o eoliche, ma si stima che la diminuzione dei costi di produzione e l'aumento dell'efficienza di conversione possano renderli presto concorrenziali. Infine va sottolineato con vigore che gli incentivi statali elargiti per l'installazione di questi impianti, spesso demonizzati dai sostenitori dello status quo, non sono neppure lontanamente paragonabili alle gigantesche iniezioni di denaro pubblico che, sotto forma di sgravi fiscali e dispositivi militari, sono fornite da decenni al sistema industriale fossile e nucleare.

I combustibili sono la forma di energia più comoda per l'uso in quanto si tratta di energia concentrata, trasportabile ed immagazzinabile. L'energia solare può essere trasformata in combustibili attraverso la produzione di colture agricole (bioetanolo da grano turco, canna da zucchero e barbabietola; biodiesel da oli vegetali). Bisogna subito chiarire che non sarà possibile sostituire i combustibili fossili, agli attuali livelli di consumo, con quelli ottenuti da biomasse. Ad esempio è stato calcolato che in Europa, per sostituire solo il 5% dei consumi di benzina e gasolio con biocombustibili ottenuti con le attuali tecnologie, occorrerebbe impiegare il 20% dei terreni coltivabili [9]. Bisogna fare anche particolare attenzione alla resa energetica effettiva della coltivazione di biomasse, in quanto, come tutte le produzioni agricole, la produzione di biomasse richiede ingenti quantità di energia.

Molti studi sono da tempo dedicati allo sviluppo della cosiddetta fotosintesi artificiale, che consiste nella scissione dell'acqua in idrogeno ed ossigeno mediante la luce solare [10]. Se questi studi avranno successo [11], si risolveranno contemporaneamente il problema energetico e quello ecologico. Infatti l'idrogeno così prodotto potrebbe essere utilizzato assieme all'ossigeno sia per ottenere calore mediante combustione, sia per ottenere elettricità nelle celle a combustibile, in entrambi i casi senza la formazione di sostanze dannose.

La transizione energetica: una riforma strutturale

Per assicurare un futuro all'umanità è dunque necessario svincolarsi progressivamente dall'uso dei combustibili fossili ed utilizzare l'energia che ci viene con continuità dal sole. Bisogna rendersi conto che la transizione non può essere rapida anzitutto per motivi tecnici ed economici: il costo dei combustibili fossili è ancora relativamente basso, ci sono ancora considerevoli riserve disponibili, e c'è una complessa struttura operativa di miniere, pozzi, oleodotti, gasdotti, petroliere, raffinerie e veicoli che non sarà semplice sostituire anche per gli interessi economici connessi. La transizione sarà lenta anche per motivi politici e sociali: ci vorrà molto tempo, infatti, prima che l'opinione pubblica prenda coscienza dei danni causati dall'uso dei combustibili fossili e prima che i governi, una volta considerati i costi sanitari ed economici indiretti che ricadono sulla società in seguito all'uso dell'energia (le cosiddette esternalità) intervengano con opportune politiche di incentivi e disincentivi. Approfittando del tempo disponibile, prima che siano causati danni irreparabili all'ambiente e prima che si giunga ad una crisi energetica a causa della diminuzione delle riserve, è necessario eliminare gli sprechi, migliorare l'efficienza

nell'uso dell'energia e procedere allo sviluppo di tecnologie basate sull'energia solare e le altre fonti rinnovabili. Contestualmente ad un vasto piano di ricerca e sviluppo, è però necessaria un'opera efficace in campo sociale e politico per frenare gli aspetti più apertamente consumistici dello stile di vita dei Paesi sviluppati e anche per demolire alcuni tabù degli economisti, primo fra tutti quello della necessità di un continuo aumento del prodotto interno lordo (PIL), che in ultima analisi significa un continuo aumento nei consumi delle risorse e nella produzione di rifiuti.

L'umanità, quindi, dovrà gradualmente abbandonare l'uso dell'energia "densa" dei combustibili fossili ed abituarsi a quello dell'energia "diluita" che ci arriva dal Sole. Questo comporterà presumibilmente un mutamento sostanziale nello stile di vita. Dovremo abituarci a consumare meno energia, particolarmente nel settore dei trasporti, ma saremo più liberi, perché l'energia non sarà più localizzata in piccole zone del pianeta: sarà diffusa sui nostri tetti e nelle nostre campagne, non sarà più posseduta da poche nazioni, sarà di tutti. Quindi, non dovrebbe più essere motivo di guerre e obiettivo di atti terroristici.

Nel frattempo, per uscire gradualmente e senza grandi traumi dalla crisi energetica ed ecologica che si affaccia al nostro orizzonte, il fattore più importante è il risparmio energetico, un concetto che deve essere ben spiegato a tutti i cittadini dei Paesi sviluppati e deve diventare il primo impegno di coloro che hanno responsabilità amministrative. Non si può certo dire che l'Italia sia all'avanguardia in questo campo. Dopo il black out del 28 settembre 2003, molti ministri e parlamentari hanno dichiarato che è necessaria la costruzione di nuove centrali, persino nucleari. Praticamente nessuno, ha detto che sarebbe più saggio risparmiare energia. Eppure basterebbe che ogni cittadino italiano riducesse di appena il 10% il suo consumo di energia elettrica per evitare qualsiasi pericolo di black out. Ma il risparmio energetico, che le persone accetterebbero volentieri di praticare se fossero invitate a farlo con motivazioni sensate da persone in cui hanno fiducia, ovviamente non piace a chi ha interesse ad importare, a vendere e a distribuire l'energia. Il risparmio energetico è un termine che sembra censurato nei mezzi di comunicazione di massa.

Infine, è necessario che un numero crescente di scienziati bravi e socialmente consapevoli si occupino della conversione dell'energia solare. Il problema dell'energia riguarda l'uomo, la Terra ed il loro comune destino. Einstein ha scritto: *"L'interesse, la preoccupazione per l'uomo e per il suo destino deve sempre costituire l'obiettivo principale di tutte le imprese scientifiche; non dimenticatelo mai fra i vostri diagrammi e le vostre equazioni"*.

-
1. G. Ciamician, *Science*, **1912**, 36, 385.
 2. N. Armaroli, V. Balzani: “*Energia oggi e domani: prospettive, sfide, speranze*”, Bononia University Press, **2004**
 3. R.S. Service, *Science* **2006**, 313, 1088.
 4. N. Armaroli, V. Balzani: “The Future of Energy Supply: Challenges and Opportunities”, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2007**, 46, 52
 5. K. S. Deffeyes, *Beyond Oil*, Hill and Wang, New York, **2005**.
 6. *Il Mondo in cifre*, The Economist/Fusi Orari, **2007**
 7. R. F. Service, *Science* **2005**, 309, 548.
 8. *The Economist*, 9 Settembre **2006**
 9. International Energy Agency, *Biofuels for transport - An international perspective*, <http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2004/biofuels2004.pdf>, **2004**.
 10. V. Balzani, L. Moggi, M. F. Manfrin, F. Bolletta, M. Gleria, *Science* **1975**, 189, 852.
 11. V. Balzani, A. Credi, M. Venturi: “Molecular devices and machines. A journey in the nanoworld”, Wiley-VCH, Weinheim, **2003**.