

**Da Enrico Fermi a Edoardo Amaldi: una continuità in nome della scienza
Roma, Accademia dei Lincei, 15 – 16 maggio 2007**

“Lo sviluppo della ricerca negli impianti solari tra storia e futuro”

*Accademia dei Lincei, Palazzo Corsini, Via della Lungara, 10
Roma, 16 maggio ore 12.15 - 13.00*

di

Ing. Cesare Silvi

**Presidente CONASES, Comitato Nazionale ‘La Storia dell’Energia Solare’”¹
csilvi@gses.it - www.gses.it - www.comitatinazionali.it**

¹ Il Comitato Nazionale ‘La Storia dell’Energia Solare” è stato istituito dal Ministero per I beni e le attività culturali nel 2006 su proposta del Gruppo per la storia dell’energia solare (GSES) un’organizzazione di volontariato senza scopo di lucro (ONLUS) i cui obiettivi sono: promuovere lo studio e la conoscenza della storia dell’uso dell’energia solare (nelle sue forme dirette e indirette) con finalità di carattere sociale, civile e culturale; promuovere una maggiore consapevolezza sul funzionamento della Terra nonché sull’uso delle sue risorse naturali rinnovabili ai fini dello sviluppo umano e socio economico.

SOMMARIO DELLA PRESENTAZIONE

Nel 2005 negli Stati Uniti sono stati celebrati due eventi accaduti agli inizi degli anni cinquanta in Arizona e considerati tra le pietre miliari sul lungo cammino verso l'uso dell'energia solare in epoca moderna: la fondazione nel 1954 dell'International Solar Energy Society (ISES, www.ises.org) e lo svolgimento del primo grande congresso mondiale nel 1955 sulle basi scientifiche e le applicazioni pratiche dell'energia solare.

Ispiratore e promotore di questi due eventi fu il Prof. Farrington Daniels, chimico fisico che, tra le sue molteplici esperienze professionali, ebbe anche quella di dirigere il "Laboratorio di metallurgia" del progetto Manhattan, presso il quale Enrico Fermi ottenne nel 1942 la prima reazione nucleare controllata.



Figura 1 - Chicago, 2 dicembre 1947 - Farrington Daniels (secondo da sinistra) accanto a Enrico Fermi (sulla destra) in occasione della scoperta di una targa per il quinto anniversario dalla prima fissione nucleare controllata.

In apertura della mia presentazione richiamerò brevemente alcune storie non sempre sufficientemente note o, se note, non adeguatamente ricordate, dalle quali, invece, potrebbero essere tratti utili insegnamenti nel progettare il nostro futuro energetico solare.

Farò alcuni esempi riferiti sia alla millenaria storia che ha plasmato con l'uso esclusivo dell'energia solare infrastrutture, città, edifici, architetture, paesaggi, culture, relazioni sociali, stili di vita, in definitiva intere civiltà, sia riferiti all'epoca recente, come gli eventi citati sopra e dei quali il Prof. Daniels fu protagonista di primo piano.

In questo percorso tra storia e futuro sull'uso dell'energia solare richiamerò l'attenzione in particolare su: pianificazione urbanistica solare; architettura solare passiva; immagazzinamento dell'energia solare; varie altre tecnologie per la raccolta e la conversione dell'energia solare diretta in calore alle basse, medie e alte temperature, elettricità e combustibili.

In chiusura illustrerò il programma del CONASES per la creazione dell'"Archivio nazionale sulla storia dell'energia solare", uno strumento pensato anche per essere al servizio delle attuali attività di ricerca, sviluppo e promozione in campo energetico e ambientale.

HABITAT E AGRICOLTURA

Prima della scoperta dei combustibili fossili e l'inizio della rivoluzione industriale tutte le civiltà umane hanno fatto solo uso dell'energia solare rinnovabile nelle sue forme dirette e indirette (energia eolica, idrica, delle foreste e delle altre biomasse), per millenni, anche in Italia, fino ad appena 100-150 anni fa.

L'importanza del sole è profondamente incisa nella storia dei nostri habitat, dalle grandi città, ai piccoli centri urbani e rurali, e delle aree destinate all'agricoltura.

Un esempio è illustrato dalla fotografia sotto, che mostra l'abitato del piccolo centro umbro di Spello, circondato dai campi agricoli (figura 2).



Figura 2 - L'abitato di Spello e le circostanti zone agricole in provincia di Perugia (Foto G. Reveane, SMA 0039, 13 settembre 1993).

Spello e le centinaia di centri analoghi costituiscono la prova, anche fisica, di come sia stato possibile nel passato sviluppare e costruire dei “sistemi” o nel loro insieme un “sistema” funzionante solo con l’energia solare, anche se in forma “primitiva o antica”.

Lo sviluppo dell’energia solare oggi, a mio avviso, non può prescindere da questa “prova fisica”: l’uomo ha costruito dei sistemi funzionanti solo con l’energia solare accumulando millenni di esperienze.

Possono queste esperienze risultare utili nel progettare un futuro solare in epoca moderna?

Purtroppo si tratta di esperienze che, in un arco di tempo molto breve, se confrontato con la millenaria storia dell’uso dell’energia solare, sono state praticamente in buona parte o del tutto dimenticate a seguito dell’affermarsi dell’uso dei combustibili fossili e di quelli nucleari.

Tale uso ha determinato, prima nei paesi più sviluppati, e lo sta ora in quelli in via di sviluppo, profondi cambiamenti della geografia socio economica, delle infrastrutture energetiche, degli habitat e dell’agricoltura, degli stili di vita, in definitive di intere civiltà sviluppatesi attraverso i secoli con il solo uso dell’energia solare (figura 3).



Figura 3 – Una vista di Los Angeles, città cresciuta nell’epoca dell’abbondanza energetica e dei combustibili fossili.

Sicuramente 100 anni fa i nostri bisnonni, nonni e genitori non avrebbero mai immaginato questi epocali cambiamenti.

Altrettanto è per noi difficile immaginare quello che potrebbe essere il mondo nel 2100.

Tuttavia possiamo porci la domanda: è possibile immaginare una trasformazione, anch’essa epocale,

per tornare a utilizzare prevalentemente solo l’energia solare anche nelle nostre società industrialmente e tecnologicamente avanzate?

La sfida non è solo tecnico scientifica, ma è soprattutto una sfida culturale.

Si intuisce che lo sviluppo di un’era solare moderna è una grande opportunità, da cogliere ben al di là delle esigenze di limitare i possibili danni derivanti dalla previste crisi ambientali e energetiche.

Potremmo combinare principi millenari, come, per esempio, quelli dell’urbanismo, dell’architettura e dell’uso solare del territorio, e tecnologie sempre più avanzate, frutto delle grandi scoperte scientifiche e degli straordinari sviluppi tecnologici del novecento, in particolare, degli ultimi cinquant’anni, favorendo uno sviluppo colto e sofisticato, obbligato, inoltre, a riconoscere limiti e possibilità legate alle caratteristiche naturali e di funzionamento del pianeta che abitiamo.

Oggi abbiamo appena cominciato a mettere insieme i primi mattoni di un futuro ambiente costruito per funzionare con il sole (figura 4). La nascita di una “Spello” solare moderna, e più in generale di un “sistema habitat e agricoltura” solare moderno, è condizionato da una serie di deficit culturali.



Figura 4 – L’idea di una città dell’era solare moderna deve ancora prendere forma. Oggi ne intravediamo solo i primi mattoni.

DEFICIT CULTURALE

Non siamo abbastanza colti nel cogliere l’aspetto sistemico legato all’uso dell’energia solare, un fatto che ritengo fosse implicito nella vita dei nostri antenati.

La nostra arretratezza culturale riguarda un pò tutti i campi: scienza, tecnologia, organizzazione, socio economia, politica ecc. Per esempio dovrebbe essere una conoscenza di noi tutti sapere come funziona la Terra.

Come funziona la Terra?

La Terra, il sistema Terra, perché di questo si tratta, possiamo studiarlo ricorrendo alla scienza dei sistemi, scomporlo quindi nei sottosistemi che lo compongono.

È noto che un sistema è più complesso e svolge funzioni diverse da quelle svolte dai suoi sistemi componenti, che nel caso della Terra possono essere ricondotti a tre sottosistemi: della materia, dell'energia e del mondo vivente.

Ognuno di questi sistemi ha sue regole di funzionamento che determinano quello complessivo della Terra. Come si comporta la Terra in quanto costituita da una certa quantità di materia? E dal punto di vista energetico? E il mondo vivente?

Rispetto alla **materia** la Terra è un **sistema chiuso**. La quantità complessiva della materia di cui la Terra si compone è praticamente la stessa da quando essa ebbe origine.

Rispetto all'**energia** la Terra, a parte il suo calore interno, è un **sistema aperto**. Tanta energia essa riceve dal Sole e altrettanta ne reirraggia nello spazio dopo che ha subito varie trasformazioni nei vari processi naturali presenti sul nostro pianeta, dalla crescita delle piante, ai cicli del vento e delle acque.

Rispetto al **mondo vivente** la Terra è un **sistema interconnesso**. Ogni essere vivente esiste grazie a una ramificata rete di relazioni con gli altri esseri viventi e con i sistemi della materia e dell'energia.

L'uomo ha impiegato millenni per capire che la Terra non è piatta, ma è tonda, un concetto ormai scolpito nel profondo della conoscenza umana.

Oggi siamo nel mezzo di una nuovo grande sfida, capire che la Terra e i tre sottosistemi sopra richiamati funzionano come un tutt'uno e questo funzionamento, per la prima volta nella storia, può essere influenzato dalla attività umane, sia perché non siamo mai stati in così tanti ad abitare la Terra sia perché vi svolgiamo un numero crescente di attività che, per quantità e qualità, possono incidere significativamente sui meccanismi naturali secondo i quali il nostro pianeta funziona e ha funzionato, almeno nei tempi storici.

Questa nuova consapevolezza sul funzionamento della Terra si sta facendo strada attraverso processi culturali e politici sempre più evidenti, come nel caso del cambiamento climatico.

Pur nelle incertezze di natura scientifica che pesano su fenomeni così complessi come il cambiamento climatico, resta evidente che non è più possibile per noi ignorare il funzionamento della Terra e anzi, che quello debba entrare a far parte del nostro patrimonio conoscitivo come ormai lo è il fatto che la Terra non è piatta ma ha la forma di uno sferoide.

Una volta acquisite le conoscenze sul modo di funzionare della Terra dovrebbe essere più facile capire quali sono i modi più appropriati nell'utilizzo delle sue risorse naturali e, in particolare di quelle energetiche, al fine di mantenere gli equilibri ambientali dai quali dipende anche la nostra vita.

LE RISORSE ENERGETICHE SULLA TERRA

Nella figura 5 sono sintetizzate le nostre conoscenze sulle quantità e le qualità delle risorse energetiche complessivamente disponibili sulla Terra.

Con l'eccezione delle fonti energetiche nucleare, geotermica e delle maree (quest'ultime due forme di energia non sono indicate nella figura), tutte le forme d'energia sulla Terra derivano dal Sole.

Esse possono essere rinnovabili o non rinnovabili.

Le fonti rinnovabili sono forme d'energia solare che si rigenerano in tempi non storici, in modo continuo e immediato, come nel caso della radiazione solare diretta, o in tempi che vanno da alcune ore, a qualche mese o anni. È il caso rispettivamente delle energie del vento e delle correnti marine, generate dal disuniforme riscaldamento delle masse d'aria o d'acqua, dell'energia idrica, legata al ciclo delle piogge, anch'esso alimentato dal calore del sole, dell'energia immagazzinata sotto forma di biomassa nelle foreste e in altre masse vegetali, come le alghe marine, attraverso il processo di fotosintesi clorofilliana alimentato sempre dall'energia del sole. Anche l'energia dei combustibili fossili, carbone, petrolio e gas naturale, deriva dal sole, ma vi è stata immagazzinata nel corso di milioni di anni (energia solare fossile) e pertanto è una forma di energia solare non rinnovabile, che, prima o poi, finirà. Così anche non è rinnovabile l'energia contenuta nei combustibili nucleari, come l'uranio.

Dal grafico di figura 5 si evince chiaramente come la quantità di energia solare nelle sue forme diretta e diffusa sia di gran lunga superiore ai consumi attuali e alle sue forme indirette da fotosintesi, eolica e idrica. Alcuni milioni di EJ contro qualche migliaio o decine di EJ.

L'uomo ha cominciato a rendersi conto in modo consapevole e scientificamente documentato dell'immensità di questa risorsa energetica solare

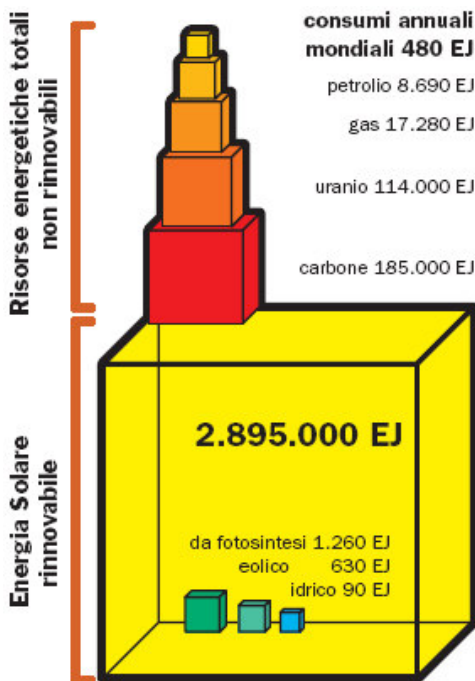


Figura 5 – Grafico schematico e non in scala che illustra le risorse energetiche disponibili sulla Terra – $EJ = \text{Exa Joule} = 10^{18} \text{ J}$ - $1 \text{ Tep} = 4,8 \times 10^{10} \text{ J}$ - 480 EJ ~ 10 miliardi di Tep (Tonnellate equivalenti di petrolio) pari circa al consumo mondiale di energia nel 2002.

diretta e diffusa a partire dall'inizio dell'ultima rivoluzione scientifica, circa mezzo millennio fa. La luce del sole ha attratto l'uomo primitivo e ha dato luogo a miti e religioni, ma la comprensione della natura intima della luce, della sua doppia natura ondulatoria e corpuscolare, della rappresentazione e spiegazione dei quanti di luce o fotoni, è una conquista recente.

Si tratta di una consapevolezza che tuttavia non è ancora entrata a far parte del patrimonio delle più comuni conoscenze dell'umanità.

I nostri antenati non avevano le conoscenze scientifiche e i mezzi tecnologici di cui invece disponiamo noi oggi per osservare e misurare le varie forme di energia presenti sulla Terra e a sua volta utilizzarle.

Per esempio, oggi sono disponibili tecnologie sempre più sofisticate per misurare e monitorare l'energia eolica, delle biomasse, della radiazione solare diretta, e di altre sue forme indirette, nel corso dei giorni, dei mesi, delle stagioni, degli anni. Per esempio, è oggi possibile stimare la radiazione solare diretta che raggiunge qualunque punto della terra utilizzando dati raccolti dai satelliti spaziali, da perfezionare poi con misure in loco.

In conclusione, possiamo conoscere le risorse energetiche di cui disponiamo in ogni punto della Terra. Nonostante questi consolidati sviluppi la conoscenza delle risorse energetiche sulla Terra resta ancora un fatto specialistico ed elitario, quando, invece, dovrebbe essere diffusa dappertutto e localmente.

USO DELLE RISORSE ENERGETICHE SULLA TERRA

Fino a 100-150 anni fa, il fabbisogno energetico mondiale era soddisfatto quasi al 100% con le sole energie solari rinnovabili.

Oggi, almeno dalle statistiche ufficiali, esse contribuiscono solo per circa 13,5% ai consumi energetici mondiali.

Questa precisazione sulle statistiche nasce dal fatto che l'effettivo contributo dell'energia solare al nostro fabbisogno energetico non vi è in quelle, troppo spesso, adeguatamente considerato.

Basti pensare quando la mattina ci alziamo e accendiamo l'interruttore della lampadina, a quel punto l'energia consumata viene registrata dal contatore ed entra nei dati statistici dei consumi energetici, ma quando si aprono gli scuri della finestra e la stanza viene illuminata grazie a una delle più antiche, efficienti e diffuse tecnologie solari, il vetro trasparente piano per finestre, peraltro inventato 2000 anni fa dai romani (figura 6), nessuno pensa di conteggiare quel tipo di illuminazione gratuita e scontata.



FIGURA 6 - Vetro piano per finestra proveniente dall'antica Pompei - I sec d.C. (foto Museo Nazionale Archeologico di Napoli, 2003).

Osservando la figura 5 è evidente che oggi noi consumiamo molta energia della quale ne disponiamo in quantità limitate sulla Terra, mentre ne usiamo poca di quella disponibile praticamente in quantità illimitate.

È possibile cambiare questa situazione?

Fino ad oggi la cultura dell'abbondanza energetica dei combustibili fossili ha vinto ripetutamente sulla visione di scienziati, tecnologi, inventori, ma anche di politici, e pionieri dell'energia solare che ripetutamente hanno auspicato il ricorso a questa fonte in epoca moderna.

I PIONIERI DELL'ENERGIA SOLARE DEL NOVECENTO

È sorprendente, ma oggi le visioni profetiche, le invenzioni e il lavoro svolto da tanti pionieri dell'energia solare di fine ottocento e inizio novecento sono in genere poco conosciuti persino tra gli addetti ai lavori.

Eppure molti di loro anticiparono con lucidità e lungimiranza problemi che sono oggi costantemente oggetto dell'attenzione dei media oppure trovarono soluzioni tecniche tutt'oggi attuali.

Desidero portare solo alcuni esempi.

Gaetano Vinaccia (1889 –1971), architetto, ingegnere, artista, urbanista, ha scritto non meno di 200 articoli e pubblicazioni, delle quali un centinaio dedicati al tema dell'architettura e dell'urbanistica solare.

Tra esse spicca il libro "Il Corso del Sole in Urbanistica ed Edilizia" del 1939. Un lavoro praticamente quasi del tutto dimenticato e sconosciuto in Italia, che tuttavia ancora agli inizi degli anni cinquanta veniva citato da

architetti e geometri in merito ai criteri da adottare per una progettazione architettonica solare.

Mario Dornig (18 - 1962), prof. del Politecnico di Milano, sostenitore sin dal 1916 dell'uso dell'energia solare, partecipa nel 1955 al primo congresso mondiale sull'energia solare in Arizona con altri cinque italiani - Gino Bozza, Luigi D'Amelio, Federico Filippi, Silvio Lona e Gasperini.

Rientrato in Italia vorrebbe raccontare il successo riportato dalla delegazione italiana, anche con l'esposizione della pompa Somor per il sollevamento dell'acqua, costruita dall'Ing. Ferruccio Grassi di Lecco.



Figura 7 – La pompa solare Somor, esposta in occasione del Simposio Mondiale sulle Applicazioni dell'energia solare tenuto a Phoenix nel 1955 (Archivio ISES).

Nonostante il sostegno del Rettore del Politecnico di Milano Cassinis, che scrisse al riguardo al Direttore del Corriere della Sera Missiroli, il resoconto di Dornig del Congresso dell'Arizona finirà per restare dimenticato in quelle poche riviste specialistiche che lo ospitarono.

Per Dornig in Arizona non furono scoperti nuovi principi, ma fu realizzata "una grandiosa ed organica associazione delle più diverse dottrine che lo spirito umano ha saputo elaborare in tanti secoli" – geografia, astronomia, climatologia, fisica, termodinamica, chimica, agronomia, fisiologia, gastronomia, economia, scienze sociali, e altre.

Questa associazione avrebbe condotto al razionale uso dell'energia solare al fine di valorizzare le terre marginali, specialmente nei paesi caldi e aridi, migliorando l'agricoltura e quindi la produzione di cibo.

Una visione sistemica quella di Dornig che oggi non mi sembra ancora sviluppata.

Orso Mario Corbino, scienziato e ministro, nel 1930 fece un'appassionata relazione su "Energia idraulica e termica" riconoscendo quali grandi conseguenze economiche avrebbe potuto avere per l'Italia "la risoluzione del problema di trasformare direttamente l'energia solare in energia elettrica", potendo assicurare sviluppo al paese come l'energia idrica ne aveva aiutato la prima industrializzazione nell'ottocento.

Negli anni sessanta del novecento Giovanni Francia (1911-1980), di nascita torinese, comincia a sperimentare a Genova, presso la stazione di S. Ilario di Nervi, sistemi solari a concentrazione lineari e puntuali fresnel.

L'idea centrale di Francia era che il calore solare, abbondante ma a bassa densità e a bassa temperatura, dovesse essere raccolto in modo da ottenere le temperature necessarie per far funzionare macchine e impianti delle società tecnologicamente e industrialmente avanzate, a cominciare da quelli per la produzione di energia elettrica.

Progetta e costruisce i suoi pionieristici impianti solari in base a concetti fisici, ingegneristici e economici che conservano tutt'oggi un'immutabile validità.

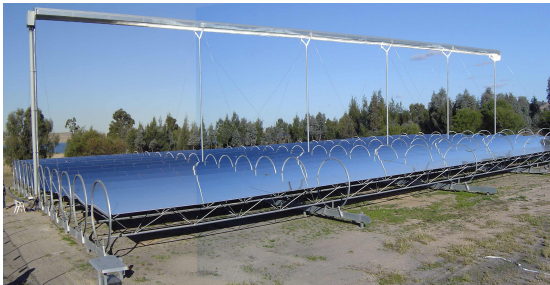


Figura 8 – Sistema solare a concentrazione lineare fresnel costruito in Australia nel 2004 e il cui precedente storico è il primo impianto del genere progettato e costruito da Francia con la collaborazione di Marcel Perrot nel 1963.

A conferma, è proprio di questi giorni la notizia del finanziamento negli Stati Uniti di una start up che si rifà ai concetti basilari degli impianti lineari fresnel della figura 8 inventati da Francia nel 1963, con 41 milioni di dollari di capitale di rischio.

Nell'ultimo esempio desidero parlare di Farrington Daniels.

Come ho accennato nell'introduzione, Farrington Daniels fu uno dei massimi responsabili del progetto Manhattan, lavorò con Enrico Fermi e, dopo la fine della seconda guerra mondiale, avviò la sua ultima carriera con una celebre relazione sull'energia solare presentata nel 1947 in occasione del centenario dell'Associazione americana per lo sviluppo della scienza.

Daniels riteneva che l'energia solare avrebbe potuto contribuire significativamente al benessere dell'umanità e che le premesse dell'energia nucleare costituissero un'importante sollecitazione a darsi da fare per accelerarne lo sviluppo.

Riteneva inoltre che le ricerche sull'energia solare dovessero procedere indipendentemente dalle applicazioni immediate al fine di accumulare una serie di conoscenze che avrebbero potuto rivelarsi utili in occasione di emergenze ambientali, energetiche, di carestie.

Questo auspicio di Daniels non sembra del tutto realizzato. Oggi, persino i concetti fondamentali dell'architettura e dell'urbanistica solare, magistralmente illustrati nel libro di Vinaccia ne "Il corso del sole in urbanistica ed edilizia" sembrano essere stati dimenticati e la loro riscoperta da parte dei progettisti quasi un fatto di eccezionale avanzamento nello sviluppo del solare.

LO SCENARIO DEL WBGU

La visione di un'energia solare capace di contribuire sostanzialmente ai fabbisogni energetici di un mondo moderno e sofisticato oggi è fortunatamente condivisa in varie autorevoli sedi.

L'idea è che non solo è possibile trasformare le attuali infrastrutture energetiche basate sui combustibili fossili e nucleari, ovviamente nei tempi appropriati, ma è necessario e urgente imboccare la strada per farlo per rispettare gli equilibri ambientali legati a come la Terra funziona e per far fronte ai crescenti fabbisogni energetici mondiali e quindi al potenziale rapido esaurimento delle risorse non rinnovabili.

Richiamo in questa sede al riguardo la proposta del Consiglio Tedesco per il Cambiamento Globale (WBGU).

Il WBGU propone uno scenario energetico mondiale sul breve, medio e lungo termine, giudicato esemplare, che dovrebbe assicurare la sostenibilità tramite una

profonda trasformazione delle attuali infrastrutture energetiche basate sui combustibili fossili.

Secondo questo scenario, costantemente aggiornato dagli inizi degli anni novanta del novecento, nel 2100 le fonti energetiche rinnovabili potrebbero tornare ad avere un ruolo centrale nel sistema energetico mondiale, contribuendo a circa l'85% dei consumi complessivi di energia.

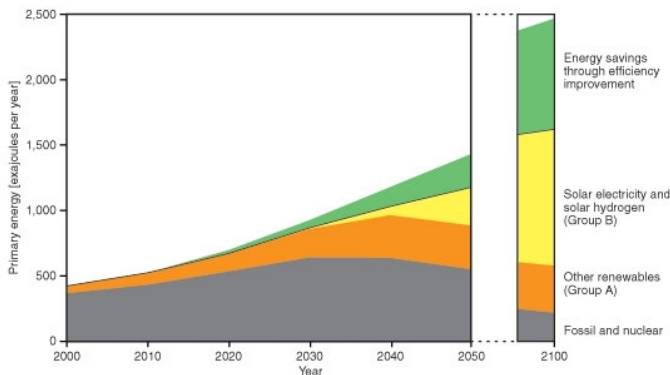


Figura 9 – Scenario energetico del Consiglio tedesco per il cambiamento globale (WBGU, 2004).

Si tratta di uno scenario - va bene sottolineato - legato al rispetto di precisi limiti di carattere socio economico e ambientali.

Il Consiglio tedesco ritiene tale scenario auspicabile e fattibile sul piano tecnologico e economico e sarebbe centrato, come si può vedere nel grafico in figura 9, su risparmio, efficienza energetica e energia solare rinnovabile.

Oggi il mondo consuma circa 480 EJ (dato 2002). Nel 2100 circa 1000 EJ del previsto fabbisogno mondiale potrebbe essere soddisfatto grazie a misure di risparmio e efficienza energetica e altri 1000 EJ circa sarebbero forniti dall'utilizzo dell'energia solare diretta e diffusa.

Secondo questo scenario, quindi, nel 2100 potremmo tornare a utilizzare più energia di quella di cui disponiamo sulla Terra in quantità maggiori, vale a dire energia solare rinnovabile, e utilizzare di meno le fonti fossili e nucleari, che invece sono destinate ad esaurirsi.

Abbiamo le tecnologie per rendere questo scenario possibile? Si tratta di un problema solo tecnologico?

LE MODERNE TECNOLOGIE SOLARI

L'era solare "antica o primitiva" è durata millenni,

Tecnologie solari primitive o più o meno progredite possono essere rintracciate in tutte le epoche e in tutto il mondo.

Dall'inizio dell'ultima rivoluzione scientifica è praticamente iniziata l'era solare moderna che ha consentito lo sviluppo e l'invenzione, soprattutto negli ultimi 40-50 anni delle moderne tecnologie solari.

La tecnologia fotovoltaica non esisterebbe senza la spiegazione della natura intima della luce, alla quale hanno contribuito negli ultimi 200 anni molti grandi scienziati, tra cui Einstein con la spiegazione dell'effetto fotoelettrico che gli meritò il premio Nobel.

Si ha ormai una concreta dimostrazione che è possibile costruire delle importanti e sofisticate infrastrutture energetiche alimentate dall'energia del sole per produrre elettricità, calore a bassa, media e alta temperatura, combustibili e altre forme di energia utili all'uomo.

A livello mondiale la potenza installata in generatori eolici ha superato i 70.000 MW. Fattorie eoliche da alcune decine ad alcune centinaia di MW forniscono elettricità a comunità rurali e urbane in tutto il mondo.

La più innovativa tra le tecnologie solari, la fotovoltaica, in quanto consente di produrre energia elettrica senza parti in movimento, si sta diffondendo anch'essa rapidamente. Tecnologie fotovoltaiche, per oltre 7000 MW complessivi, includendo anche i prodotti di consumo fatti funzionare con questa tecnologia, sono stati venduti nel mondo. I moduli sono stati in buona parte integrati nelle strutture di edifici e di altre infrastrutture urbane e rurali.

Le tecnologie solari termiche a concentrazione o a più soli hanno consentito a partire già dal 1984 di costruire nel deserto del Mojave (California, USA) una centrale da 350 MW per la produzione di energia elettrica, tutt'ora funzionante. La costruzione di una centrale dello stesso tipo, ma più avanzata, della potenza di 64 MW, nel deserto del Nevada, dovrebbe entrare in funzione entro il 2007.

Questi impianti concentrano il calore dei raggi del sole per produrre il vapore necessario a far funzionare un convenzionale impianto di generazione elettrica. Quando non splende il sole, la centrale è alimentata con gas naturale.

L'ultima generazione proposta per impianti di questo tipo, che inglobano nuove soluzioni tecnologiche e nuovi principi fisici di funzionamento, come quelli della Non-imaging optics, promette efficienze più elevate e costi più bassi, potendo produrre calore fino e oltre i 300 °C senza inseguimento del sole.

Ma gli sviluppi di maggior rilievo si stanno verificando negli edifici, i più comuni sistemi energetici del nostro habitat, ai quali è attribuibile circa il 50% dei nostri consumi globali di energia, consumi soprattutto di calore alle basse temperature, che peraltro il sole ci mette a disposizione direttamente.

In Germania, paese leader nello sviluppo dell'uso delle moderne tecnologie solari, è prevista la costruzione entro il 2010 di 60000 nuovi edifici, ad alta efficienza energetica e nei quali troveranno applicazione e saranno integrate le più avanzate tecnologie per il risparmio, l'efficienza e l'uso delle energie solari rinnovabili per scaldare l'acqua, produrre elettricità e climatizzare gli ambienti. L'esempio della Germania è stato di recente seguito da Spagna e Belgio con l'introduzione di appositi regolamenti edilizi.

Gli esempi potrebbero continuare, mostrando come ci siano decine e decine di tecnologie per il risparmio, l'efficienza e solari, sia tecnologicamente mature sia emergenti, che dovrebbero indurci a non esitare nel progettare una profonda trasformazione delle nostre attuali infrastrutture energetiche.

Un'operazione di lungo periodo che richiederà decine e decine di anni, come prospettato nello scenario energetico al 2100 sopra illustrato, le cui basi, dalle politiche energetiche e ambientali a quelle della ricerca, devono essere consolidate e rafforzate sin da ora.

Concentro l'attenzione su un esempio nel campo della ricerca per lo sviluppo delle tecnologie fotovoltaiche di terza e quarta generazione.

Nel nanomondo, nel mondo dell'estremamente piccolo si prevede che potrebbe concretizzarsi il futuro del fotovoltaico, con la possibilità di fabbricare nuovi tipi di celle solari, più efficienti e meno costose, progettate in base alle le più avanzate nanotecnologie e discipline ottiche innovative, quale la "non-imaging optics".

Elementi chiave delle celle del futuro, oltre l'efficienza, saranno la semplicità di fabbricazione, l'affidabilità, la durata, il costo, la riciclabilità dei materiali a fine vita delle celle.

Soffermandoci a titolo esemplificativo sulle celle solari a più alta e bassa efficienza, tra le prime troviamo il fotovoltaico a concentrazione con celle solari a tripla e doppia giunzione e tra le seconde le celle solari basate su nanostrutture di materiali organici e inorganici.

Per il fotovoltaico a concentrazione la tendenza sembra essere quella della miniaturizzazione, ben espressa dal miniconcentratore fotovoltaico in sviluppo negli Stati Uniti dalla Solfocus in collaborazione con il leader mondiale nel campo della non-imaging optics, il Prof. Roland Winston (figura 9).



Figura 10 - Nell'immagine microconcentratori assemblati in un modulo in prova nel 2007 negli Stati Uniti (Foto Solfocus).

Prospettive diverse, per costi e modalità di fabbricazione, riguardano le celle solari basate su nanostrutture di materiali organici e inorganici.

Si tratta di celle il cui sviluppo è più recente ed appartiene al cosiddetto nanomondo, il mondo dell'estremamente piccolo, invisibile ad occhio nudo, ma un mondo reale, visibile e penetrato nelle sue molteplici strutture e architetture infinitesimali con l'uso di microscopi a scansione elettronica o di tipo atomico.

Un nanomondo che gli scienziati, grazie a conoscenze sempre più avanzate e a strumenti sempre più sofisticati, possono simulare e progettare operando su dimensioni dell'ordine della decina o centinaia di nanometri, nm, (si ha che fare con oggetti centomila volte più piccoli dello spessore di un capello) e avendo per "mattoni" atomi e molecole.

In pratica, diviene possibile realizzare nanocristalli in grado di catturare la maggior parte delle componenti dello spettro solare. Per questi dispositivi innovativi, si è stimato che l'efficienza di conversione possa agevolmente raggiungere valori sopra al 40% (a livello

di modulo fotovoltaico) con costi di materiale e di realizzazione molto bassi. Gli attuali moduli fotovoltaici commerciali hanno efficienze dell'ordine del 10-15%.

Vi è poi il vasto campo di ricerche sulla fotosintesi artificiale, nel quale le scienze biologiche si combinano con la tecnologia nella prospettiva di riuscire a fabbricare dei dispositivi capaci di convertire efficientemente l'energia solare.

Anche nel campo del solare termico sono in sviluppo nuovi collettori solare termici con efficienze intorno al 70% grazie all'applicazione dei principi dell'ottica senza immagine, che promettono di poter alimentare sistemi solari capaci di scaldare, raffreddare e produrre elettricità allo stesso tempo.

Una possibilità che alcuni propongono di realizzare anche con calore solare a temperature inferiori ai 100 °C, quindi utilizzando un tradizionale collettore solare termico piano.

L'ARCHIVIO NAZIONALE SULLA STORIA DELL'ENERGIA SOLARE

L'archivio, dislocato fisicamente su tutto il territorio nazionale, ordinato in forma digitale e su internet, ha come principale scopo quello di preservare e valorizzare un enorme patrimonio di conoscenze sull'energia solare maturate nel passato.

La struttura dell'archivio solare è previsto che si sviluppi con riferimento alle seguenti tematiche: pionieri e macchine solari a partire dagli inizi dell'industrializzazione; architettura e urbanistica solari; uso dell'energia solare in agricoltura.

Su queste tematiche è stato già da alcuni mesi avviato il lavoro di raccolta e organizzazione di materiali di varia natura con lo scopo di costituire dei primi nuclei di eccellenza, particolarmente visibili, intorno ai quali poi aggregare a mano a mano altri centri di documentazione.

Sparsi per l'Italia ci sono infatti decine e decine di archivi e fondi documentari nazionali e locali, pubblici e privati, cartacei e/o in altri formati, da censire iniziando con quelli conservati presso gli archivi di Stato, di istituti universitari e di ricerca, di accademie e società scientifiche, di aziende, non solo di quelle operanti nel settore dell'energia. Importante anche il censimento degli archivi personali di scienziati e studiosi che a vario titolo si sono interessati della

materia. In parallelo al censimento degli archivi è anche prevista una ricognizione di materiale bibliografico e fotografico di particolare interesse.

Un primo nucleo di eccellenza dell'archivio nazionale solare è in via di realizzazione da alcuni mesi a Brescia presso la Fondazione Luigi Micheletti e il Museo dell'Industria e del Lavoro "Eugenio Battisti" (www.musil.bs.it).

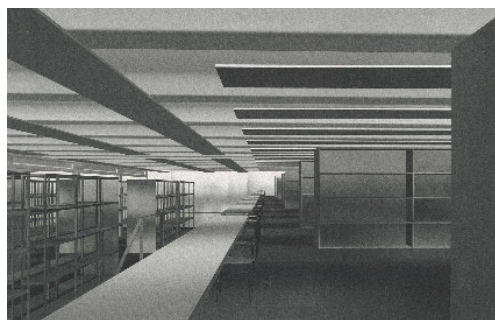


Figura 11 - Un'immagine della struttura interna del polo museale bresciano di Rodengo Saiano. In primo piano gli scaffali destinati alla conservazione delle macchine (nell'immagine sulla sinistra) e delle documentazioni (a destra) (da "Musil Rodengo Saiano - Centro Servizi Culturali", maggio 2006)

LA GRANDE SFIDA PER UN FUTURO SOLARE: STORIA, SCIENZA, TECNOLOGIA, CULTURA E INTEGRAZIONE

Forse proprio dalla storia possiamo trarre spunti per costruire un mondo futuro che possa essere alimentato prevalentemente dall'energia solare.

Per esempio, nelle civiltà preindustriali, come evidenzia lo storico dell'energia Vaclav Smil, nonostante le molte differenze nella pratiche agronomiche e nel tipo di piante coltivate, tutte le agricolture tradizionali condividevano gli stessi principi energetici: si basavano e traevano forza dal processo di conversione fotosintetica delle radiazioni solari.

La fotosintesi produceva il cibo per gli uomini, il foraggio per gli animali, riciclava eventuali residui per rendere nuovamente fertile la terra, garantiva il combustibile necessario per la fusione dei metalli indispensabili per la costruzione di attrezzi agricoli elementari.

Le pratiche agricole tradizionali, di conseguenza, erano interamente rinnovabili, dal momento che, a parte il taglio di vecchie foreste, non c'era nessun

impoverimento degli stock energetici accumulati; l'intero processo si basava su una capacità praticamente immediata di conversione dei flussi di energia solare.

Partendo dall'energia rinnovabile del sole erano state costruite e integrate le varie componenti degli habitat umani e dell'agricoltura e con quella energia, anche se in forma "primitiva o antica", essi hanno funzionato per secoli e funzionavano ancora fino a 100-150 anni fa.

Sono quindi arrivati i combustibili fossili, prima il carbone, poi il petrolio e quindi il gas e più recentemente l'energia nucleare. Abbiamo costruito in meno di 100 anni una vasta e efficiente infrastruttura energetica di terminali carboniferi e petroliferi, di oleodotti e metanodotti, di elettrodotti, di impianti di generazione elettrica, che hanno assicurato abbondanza energetica, sviluppo e benessere, ma che allo stesso tempo hanno prodotto effetti sempre più evidenti sull'ambiente.

I nostri habitat si sono trasformati con la crescita delle megalopoli e allo stesso tempo con lo svuotamento delle campagne e il cambio nei rapporti delle varie funzioni territoriali e urbane.

I principi dell'urbanistica e dell'architettura solare trattati da Vitruvio 2000 anni fa sono stati praticamente dimenticati e, forse, ancora più importante, è stata dimenticata l'antica e diffusa cultura necessariamente sofisticata e parsimoniosa nell'uso delle risorse naturali.

UNA NOTA PERSONALE

A margine della mia presentazione vorrei ricordare che dal 1999 al 2001 sono stato presidente eletto dell'International Solar Energy Society (ISES, www.ises.org), associazione tecnico scientifica fondata, come ho ricordato nella mia relazione, da Farrington Daniels, uno dei massimi responsabili del progetto Manhattan e tra i grandi pionieri dell'energia solare del novecento.

Il mio primo incontro con Daniels avvenne nel 1975 attraverso la lettura del suo storico libro "L'uso diretto dell'energia solare" (prima edizione inglese del 1964), mentre frequentavo a Pisa il corso di specializzazione in ingegneria nucleare.

Il tema del solare lo avevo cominciato a scoprire dopo la laurea in ingegneria meccanica nel 1973, a seguito dello shock petrolifero dovuto alla guerra del kippur.

La lettura del libro di Daniels fu il seme che, dopo 20 anni, spesi in una breve esperienza nell'industria chimica e dal 1975 al 1994 nel settore nucleare, è maturato al punto di portarmi a scegliere intorno al 1996 di occuparmi solo di energia solare.

Quando nel 1997 fui eletto Vice Presidente dell'ISES, fu solo allora che cominciai a scoprire l'eccezionale vita professionale di Daniels e le sue molteplici carriere, tra le quali, dall'età di 58 anni, infine, quella nel settore dell'energia solare.

Dal 1988 al 1991 collaborai con Edoardo Amaldi e Ugo Farinelli nello studio del riciclaggio ad usi pacifici dei materiali fissili ricavati dallo smantellamento delle testate nucleari determinato dagli accordi di disarmo tra gli Stati Uniti e l'ex Unione Sovietica.

In conclusione, mi sento molto vicino alle problematiche energetiche affrontate in questo incontro e alla continuità in nome della scienza da Enrico Fermi ad Edoardo Amaldi, evocata nel titolo dell'incontro.

Una continuità che nel mio caso mi ha portato a occuparmi prima di sicurezza delle centrali nucleari e di disarmo nucleare e oggi di energia solare, con molta convinzione e passione, nell'idea che l'energia solare rappresenti una grande opportunità anche in epoca moderna, la quale, tuttavia, per essere colta richiede una grande cultura, non solo tecnico scientifica.

Ritengo che oggi sia molto più facile costruire impianti e infrastrutture energetiche basate sulle fonti fossili e nucleari piuttosto che costruire una nuova infrastruttura energetica concepita per l'uso diffuso dell'energia solare in modo moderno.

D'altro canto le società umane hanno progredito quando hanno saputo affrontare le sfide più difficili, senza rifugiarsi nelle soluzioni tradizionali scontate e più semplici. Penso che la sfida solare è molto difficile ma proprio per questo dovrebbe interessarci e in essa dovremmo impegnarci di più.

Mi fa piacere e ringrazio gli organizzatori di questo incontro per avermi dato la possibilità di parteciparvi, in particolare il Prof. Carlo Bernardini e il Prof. Giorgio Salvini. Inoltre un particolare ringraziamento al Dr. Rocco Capasso, con il quale ho condiviso il momento della nascita e il successivo sviluppo del "Comitato Nazionale "La Storia dell'Energia Solare".