



## **Intervista Li Gotti – Caffarelli su impianti solari termodinamici**

### *1) Emilia Li Gotti e Alessandro Caffarelli, di cosa vi occupate professionalmente?*

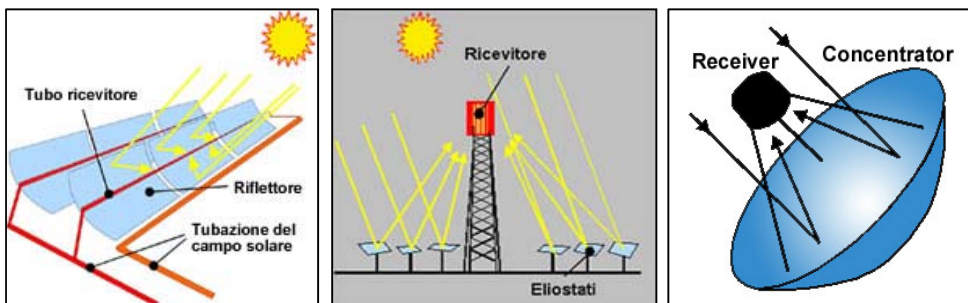
Emilia Li Gotti, ingegnere aerospaziale, opera nello studio e nella progettazione di impianti alimentati da fonti rinnovabili, con particolare riguardo al solare termoelettrico.

Alessandro Caffarelli, ingegnere aerospaziale, esperto di impiantistica elettrica, opera nel settore della progettazione di impianti IAFR. Coautore de “Sistemi solari fotovoltaici: progettazione e valutazione economica in conto energia” e “Sistemi eolici: progettazione e valutazione economica”, Maggioli Editore 2009, è docente di Progettazione dei Sistemi Fotovoltaici per conto del CIRPS Consortium de La Sapienza Università di Roma e di numerosi altri corsi di formazione relativi alla progettazione di impianti fotovoltaici ed eolici organizzati da ordini professionali ed altre organizzazioni indipendenti. E’ attualmente vicepresidente esecutivo di “Intellienergia S.r.l.” Spin-off ad elevato valore tecnico-scientifico promosso e partecipato dall’Università degli Studi di Roma Tor Vergata, che si propone di offrire servizi di consulenza legale economica ed ingegneristica, nonché di formazione e certificazione in materia di fonti rinnovabili.

### *2) Emilia ed Alessandro ci date un'introduzione storica al solare termodinamico: a partire dal Prof. Francia fino ad arrivare al Prof. Carlo Rubbia?*

Cavalcando i secoli, il segno tangibile di un’evidenza scientifica è senza ombra di dubbio imputabile all’italiano Giovanni Francia (1911-1980), scienziato, ingegnere, pioniere e “padre” delle moderne centrali solari termodinamiche. E’ del 1961 lo sviluppo di sistemi solari per la produzione di calore alle basse, medie e alte temperature. Facendo proprie le soluzioni e le tecniche proposte dai precursori dell’energia dal sole sulla concentrazione della radiazione irraggiata mediante specchi, **Francia provò la possibilità di generare vapore ad elevata temperatura e pressione per la produzione di energia elettrica** realizzando a Marsiglia nel 1964, e nel 1965 a S. Ilario, nel parmense, le prime centrali solari a concentrazione lineare e a ricevitore puntuale, con sistema a torre di tipo Fresnel. La tecnologia, sfruttando i principi del fisico Augustin Jean Fresnel, utilizza lenti lineari o circolari per la concentrazione dei raggi solari.

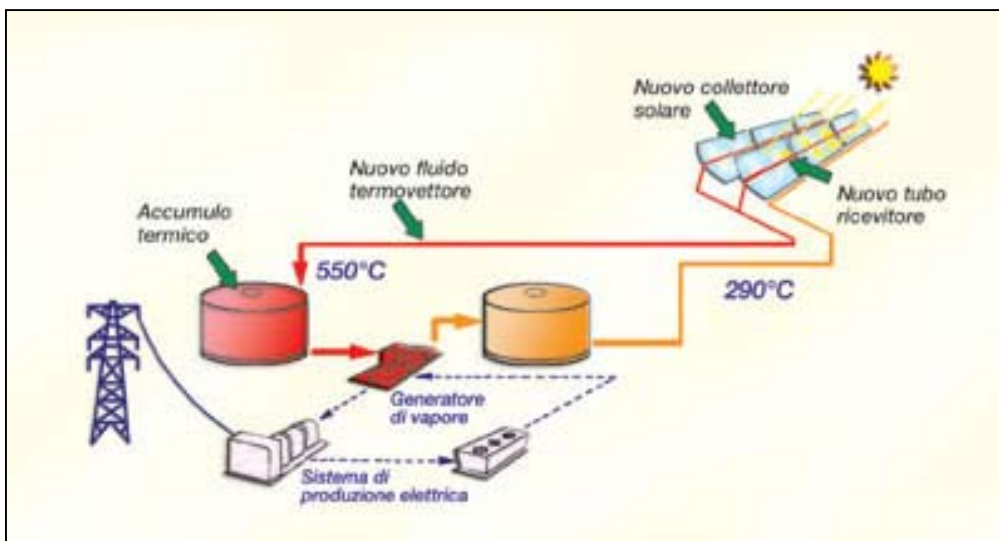
Il trentennio conclusivo del secolo trascorso ha visto il fiorire di impianti che, sfruttando la radiazione solare, producono calore ad alta temperatura ed energia offrendo sviluppi che attualmente si concretizzano in quattro differenti tecnologie (**collettore parabolico lineare, sistemi a torre, Fresnel, disco parabolico**).



Nell'immagine un sistema con collettore parabolico, un sistema a torre ed uno con disco parabolico.

Il nuovo millennio consegna alla storia nuovi entusiasmi, ancora italiani. **Nel 2001 il premio Nobel per la fisica Carlo Rubbia, raccolta l'eredità dei geniali precursori, la fa propria, la veste di innovazione e restituisce alla modernità la tecnologia degli inseguitori monoassiali a ricevitore longitudinale.**

Alla presidenza dell'ENEA, il Prof. Rubbia propone più d'una innovazione, soprattutto affronta il limite critico proprio a tutte le tecnologie già citate; l'aleatorietà della fonte solare. Il sole può fornire energia solo quando è presente e trova soluzione nell'impiego di un **fluido termovettore** di origine inorganica, impiegato sia come veicolo per il calore raccolto dal campo di specchi, sia come riserva energetica; accumulato in appositi serbatoi consente la produzione di energia elettrica in condizioni climatiche non favorevoli oltre che nelle ore notturne.



Schematizzazione dell'impianto solare a concentrazione secondo il progetto ENEA

La miscela di nitrati impiegata, tra l'altro, potendo raggiungere temperature superiori ai 550 °C, aumenta l'efficienza di conversione della centrale, escludendo l'uso, ed in taluni casi limitandolo, di combustibili fossili e di miscele di origine organica, sino a quel momento impiegate (diminuendo ulteriormente il valore di CO2 emesso).



*3) Questo in pratica vuol dire che è così possibile accumulare l'energia del sole per poterla utilizzare anche di notte senza usare batterie elettriche ma solo un fluido caldo. A me sembra fantastico.*

*Solo per essere più chiari, che differenza c'è con la trasformazione di energia solare in elettrica attraverso il sistema termodinamico e quello fotovoltaico?*

I sistemi fotoelettrici e solari termodinamici, differiscono per ingegneria di sistema ed esercizio impiantistico nonostante godano della comune caratteristica di fruizione della risorsa solare. La **tecnologia fotovoltaica** permette l'immediata conversione dell'energia solare in energia elettrica. Il principio di funzionamento è invariante rispetto al tipo di impianto considerato, fisso o mobile. Sfruttando l'effetto "fotovoltaico", i moduli in silicio collegati tra loro in serie a formare stringhe - il cui parallelo costituisce il campo solare - una volta raggiunti dalla radiazione solare globale irraggiata, generano ai capi del parallelo una differenza di potenziale, responsabile del movimento di elettroni e dunque della conversione diretta in energia elettrica a partire da quella termica raccolta.

Escludendo il dettaglio della trattazione sulla tecnologia a disco parabolico, funzionante a motore Stirling, in una **centrale termodinamica**, specchi ad opportuna concavità, raccolgono la componente diretta della radiazione solare, la concentrano e la riflettono su di un ricevitore sottovuoto, longitudinale o puntuale in considerazione della movimentazione dei collettori solari. Un fluido termovettore, scorrendo all'interno del ricevitore, raccoglie l'energia termica concentrata e riflessa, veicolandola attraverso il campo solare potendo raggiungere, qualora si scegliesse una miscela di nitrati fusi, temperature superiori a 550 °C. In uscita dal campo, opportunamente stoccata, l'energia termica, inviata successivamente ad un generatore, consente la produzione di vapore ad elevata temperatura, utile all'immissione in una turbina comune ad una qualunque unità convenzionale di potenza, per la produzione di energia elettrica iniettabile in rete. Si differenzia in parte la tecnologia a lenti Fresnel: il tubo ricevitore, nel quale non è necessario creare vuoto, poiché è adottabile come fluido veicolante calore l'acqua, è fisso rispetto alla struttura ad inseguimento. La struttura impiantistica, più leggera, si semplifica ulteriormente, considerando l'assenza dello scambiatore di calore a monte della turbina.

**La sostanziale differenza con la tecnologia fotovoltaica**, che solo in taluni casi (impianti isolati) risolve la scarsità di insolazione con batterie ed accumulatori, risiede nella possibilità di accumulare energia termica, utilizzabile all'occorrenza, assicurando la produzione continua di energia elettrica, con apporto ridotto di energie fossili. Non è prerogativa prevista, però, nel caso di tecnologia a disco parabolico. In tal caso infatti, il fluido termovettore (idrogeno o elio) stipato nel motore Stirling alloggiato in posizione focale, fornisce un apporto energetico tale da assicurare, mediante ciclo termodinamico, lavoro utile e dunque energia meccanica necessaria alla produzione di energia elettrica, una volta convertita in un generatore o in un alternatore.



*4) Chiaro, continuiamo a parlare del sistema termodinamico, qual è la potenzialità teorica produttiva dei sistemi a concentrazione solare?*

L'acronimo CSP per Concentrating Solar Power, incorpora tecnologie per la produzione di energia a partire dalla concentrazione dell'energia termica irraggiata dal Sole. Un'irradianza media di 250 W/m<sup>2</sup>, tipica delle aree ad elevata insolazione, sulla fascia di pianeta detta "sun belt", se concentrata, assicura per ogni metro quadro di superficie considerata una produzione annua di energia pari a 5,80 GJ/a, con efficienza minore del 70 % in relazione alla variabilità intrinseca della radiazione solare.

**Un Km<sup>2</sup> di superficie, dunque, produrrebbe energia per oltre 100 GWh/anno al pari di una convenzionale centrale da 50 MW alimentata a combustibili fossili.**

*5) Insomma, questo significa che lo spazio occupato da una centrale termodinamica rispetto ad una centrale alimentata a combustibili fossili per produrre la stessa energia è paragonabile se non addirittura a favore dell'energia prodotta dal sole. Qual'è lo stato dell'arte delle realizzazioni impiantistiche CSP mondiali: quanti Gigawatt sono stati installati?*

Facendo riferimento all'ultimo rapporto (aprile 2009) del centro di ricerca Emerging Energy Research (EER) , sono attualmente installate centrali termodinamiche per una potenza complessiva di circa 500MW.

Secondo il dettaglio ricavabile dal Global CSP Outlook 2009 , si tratta esattamente di 464 MW installati con tecnologia a collettori parabolici lineari, 44 MW per sistemi a Torre, 4 MW Fresnel, e 0,24 MW per sistemi a disco parabolico.

*6) Qual è il costo di produzione del kWh realizzato con il solare termoelettrico? E' ragionevole confrontare il costo di produzione del CSP con quello di altre tecnologie rinnovabili e non rinnovabili?*

Considerando tra le tecnologie solari termoelettriche, quella che per installazioni ha raggiunto il maggior grado di maturazione, cioè quella a **collettori parabolici lineari**, può assumersi un costo medio livellato per unità di energia elettrica prodotta ( LEC) pari a circa **0,18 €/kWh**.

Il confronto tra LEC, valido strumento per la valutazione di sistemi per la produzione di energia elettrica, riconosce al solare termodinamico un ruolo di rilievo tra le altre tecnologie rinnovabili.

Gli sviluppi attesi, che prevedono una riduzione fino a 0,04 €/kWh nel 2025, provano che la tecnologia solare termoelettrica raggiungerà valori del LEC al pari di quelli ottenuti attualmente con impianti alimentati da combustibili fossili.



*7) Quali sono gli output di redditività di un investimento solare termodinamico? Sono confrontabili con quelli ottenibili oggi da altri investimenti IAFR (Impianti Alimentati da Fonti Rinnovabili)?*

Per ottenere output ragionevolmente confrontabili, rispetto alle ipotesi di lavoro poste, occorre considerare una centrale fotovoltaica ad inseguimento solare biassiale, atteso che al pari dei sistemi solari termodinamici nel processo di trasformazione della potenza termica incidente, tali sistemi lavorano maggiormente sulla componente diretta della radiazione solare. Ragionando a parità di potenza elettrica richiesta per l'immissione in rete (10 MWe), è possibile ottenere gli output di redditività avvalendosi dell'utilizzo di simulatori.

Le simulazioni cui seguono i risultati presentati, sono state condotte mediante l'ausilio dei software:  
- Simulare\_Pro2.0 e Termodinamico\_1.0 per il capital budgeting e LEC;

I modelli economici sono stati implementati avendo considerato per ambedue le centrali:  
- i sistemi incentivanti in conto energia fotovoltaico e termodinamico;  
- il sistema di ritiro dedicato in modalità di vendita indiretta per l'energia elettrica iniettata in rete;  
- il sistema di imposizione fiscale, dettato dalla circolare 46/66E dell'Agenzia delle Entrate che regola l'esercizio in conto energia degli impianti solari fotovoltaici, esteso per analogia, all'esercizio in conto energia della centrale solare termodinamica.

Le tecnologie qui presentate, complementari ed operanti sinergicamente al raggiungimento dell'obiettivo 20-20-20, ben si prestano allo sfruttamento della risorsa solare.

Come si evince dai risultati ottenuti e mostrati sinteticamente nella tabella, per soluzioni di connessione in AT di centrali solari, **la scelta della tecnologia termodinamica costituisce, un vantaggio in termini di redditività dell'investimento (e di costo per la produzione del kWh elettrico).**

CENTRALE FOTOVOLTAICA AD INSEGUIMENTO BIASIALE						
Capital Budgeting			Benchmark			
Finanziamento con equity al 100%						
Anni			Anni			
20	25		20	25		
36,098,174.49 €	40,330,054.71 €	VAN	OK	OK		
12.47%	12.74%	IRR	OK	OK	WACC%	6.00%
	8	PBT				
Costo kWh prodotto						
LEC [€/kWh]	0.2477					
Investimento	€ 64,773,000.00					
Cesercizio	€ 1,454,403.27					
r	5.00%					
t	25					
E [kWh]	24,425,923.37					

CENTRALE TERMODINAMICA A COLLETTORI PARABOLICI LINEARI						
Capital Budgeting			Benchmark			
Finanziamento con equity al 100%						
Anni			Anni			
25	30		25	30		
€73,914,111.35 €	79,637,167.17 €	VAN	OK	OK		
17.08%	17.19%	IRR	OK	OK	WACC%	6.00%
	6	PBT				
Costo kWh prodotto						
LEC [€/kWh]	0.1988					
Investimento	€ 59,044,000.00					
Cesercizio	€ 3,531,913.00					
r	5.00%					
t	30					
E [kWh]	37,099,000.00					



*8) Fantastico, se uno avesse la possibilità di realizzare un investimento in un impianto termodinamico avrebbe così un ritorno di investimento in 6 anni, ed il 17,2% di ritorno annuale sui soldi investiti. Neanche la migliore azienda può garantire ritorni di questa natura per un così lungo tempo. Chiaro che parliamo di cifre ingenti di investimento iniziale, infatti uno dei successi del FV è legato al fatto che ognuno si può costruire il suo impianto. E' pensabile che si possa fare una cosa simile anche per il termodinamico?*

*E' plausibile che un privato od una azienda si costruisca un impianto termodinamico?*

La produzione di energia elettrica da fonte solare mediante cicli termodinamici è regolata dal meccanismo di incentivazione d.m. 11 aprile 2008 "Conto Energia Termodinamico" e trae sostegno economico anche dalla valorizzazione dell'energia prodotta e iniettata in rete.

L'esercizio in conto energia, pur accettando l'ipotesi di centrali termodinamiche ibride, vincola i soggetti responsabili a realizzare un sistema di accumulo termico, indipendentemente dalla scelta e dal taglio di potenza dell'impianto; fissa, infatti, una capacità nominale di accumulo pari a 1,5 kWh/m<sup>2</sup> di superficie occupata dai collettori, che non sia inferiore, perché possa ritenersi impianto, ai 2.500 m<sup>2</sup>.

Tenuto conto delle dimensioni ritenute opportune perché una centrale solare termoelettrica a collettori parabolici lineari e Torre (decine di Ha per potenze superiori ai 10 MW) restituisca vantaggi in termini economici, il meccanismo incentivante è di indubbio stimolo alla realizzazione impiantistica, purché la produzione di energia elettrica sia di tipo centralizzato.

La tecnologia a disco parabolico, che consentirebbe tagli di potenza adatti a basso e medio carico, non potendo assicurare accumulo termico, perde il sostegno sugli incentivi.

**La tecnologia a collettori lineari Fresnel, consente, beneficiando di una struttura esile, leggera, poco reattiva al vento e con costi contenuti se confrontati con ciascuno degli altri presentati, di disporre gli specchi captanti anche su superfici di copertura, al pari di un impianto fotovoltaico.**



*9) Ho sentito, anche grazie a voi, che in Italia c'è una scarsa cultura a livello politico per quanto riguarda la parte di impianti termodinamici. Cosa è accaduto in Italia a fine luglio 2009? Quali sono le 3 maggiori "accuse" rivolte al solare termodinamico da chi non crede in questa tecnologia?*

Il 29 luglio 2009, in Senato sono state presentate e discusse le mozioni pubblicate dall' Italia dei Valori, dalla Lega Nord, dal Partito Democratico e dal Popolo della Libertà in relazione agli sviluppi della tecnologia solare termodinamica.

La mozione accolta, firmata da rappresentanti del PdL, nega la validità del solare termoelettrico, proponendo, in aggiunta alle inesattezze contenute nel testo, un inverosimile confronto, malamente motivato, con la tecnologia a fissione nucleare.

Volendo coscientemente tralasciare quest'ultimo punto, le tre maggiori accuse rivolte, sono sintetizzabili, così come testualmente riportato:

1) *“..la turbina a vapore dell'impianto termodinamico deve funzionare senza soluzione di continuità ed è necessario un generatore di vapore a combustibile per le ore di mancanza di insolazione ...”;*

2) *“..i costi di produzione di energia per tale tipo di impianti sono nell'ordine dei 6 euro a watt, e quindi si tratta di un sistema che necessita di sostegno economico ...”;*

3) *“..il costo degli impianti che adottano la tecnologia del solare termodinamico può essere ammortizzato nell'arco di più di 20 anni, sempre che gli impianti siano inseriti in formule di cogenerazione con cicli combinati o impianti a carbone”.*

**La tecnologia solare termodinamica, si ritiene prosciolta dalle accuse mosse, come già ampiamente dimostrato in considerazione delle risposte date in merito alla reale possibilità di accumulo termico, a garanzia della continuità di esercizio impiantistico, al costo medio livellato di produzione dell'unità di energia, cioè del LEC, ai tempi di rientro dell'investimento.**

*10) In questi casi viene voglia di lottare per fare in modo che tecnologie valide si meritino chance migliori in un ambiente politico più favorevole e più colto. Perché continuare a credere e a sostenere economicamente il solare termoelettrico italiano?*

**Il solare termodinamico, come si è avuto modo di dimostrare, si prefigura oggi come la tecnologia più efficiente per lo sfruttamento dell'energia solare.**

L'impegno della ricerca, industriale ed universitaria è promettente e va nel segno, sulla scorta dei dati che deriveranno dalla messa in esercizio degli impianti in via di realizzazione, di concepire concentratori solari sempre più innovativi, moltiplicando l'efficienza delle centrali e portando, in un prossimo futuro, il costo del kWh solare in linea con quello prodotto dalle energie fossili.

La tecnologia solare termodinamica, di antiche origini, vive ancora una sorprendente giovinezza ed eccellente capacità di gestazione, per cui non mancherà di dare al nostro tempo contributi importanti, ad esempio, nella “decarbonizzazione” delle economie industrializzate, candidandosi a costituire uno dei settori trainanti della terza rivoluzione industriale ed energetica.



In sostanza, lo sviluppo progressivo di sempre più raffinati sistemi di utilizzo dell'energia solare, la cui materia prima è a costo zero, avrà ricadute non di secondo rilievo, in termini di sostenibilità ambientale, di occupazione per la nascita di nuovi settori e figure professionali, senza trascurare gli aspetti politici ed un nuovo scenario di rapporti con i Paesi produttori di petrolio, potendo concorrere fattivamente ad una maggiore autonomia energetica, alla riduzione delle emissioni di gas serra, all'aumento del livello tecnologico del sistema produttivo nazionale a sostegno della sua competitività, alla partecipazione attiva a programmi comunitari e internazionali, alla crescita e alla valorizzazione del capitale umano.

Il Sole, in futuro, ci riserverà nuove sorprese, quando saremo in grado di meglio conoscerlo.

Giovanni Zanei

Direttore di Energissima

[www.energissima.it](http://www.energissima.it)