

**GIOVANNI FRANCIA (1911-1980)**  
**Matematico, inventore, ingegnere, grande pioniere del solare,**  
**il “padre” delle centrali solari termoelettriche.**

La notizia della costruzione in California di un'innovativa centrale solare a concentrazione da 177 MW, diffusa lo scorso novembre dalla statunitense PG&C, una tra le più grandi aziende elettriche del Paese, non sembra essere stata ancora adeguatamente compresa dal mondo dell'informazione italiano. Eppure, le tecnologie sulle quali si basa questo impianto potrebbero segnare una nuova importante tappa nella generazione dell'elettricità termosolare a costi già ora competitivi con quelli della produzione da combustibili fossili e nucleari.

È bene richiamare la netta differenza che esiste tra questo metodo di generazione elettrica e quello fotovoltaico: con la tecnologia fotovoltaica la radiazione solare viene convertita direttamente in energia elettrica senza parti in movimento. Nel caso del solare termoelettrico, invece, si utilizza la radiazione proveniente dal sole per scaldare un fluido per produrre vapore in pressione per azionare una turbina che, a sua volta, aziona un generatore elettrico, analogamente a quanto accade nelle centrali nelle quali il calore viene prodotto usando carbone, petrolio, gas o combustibili nucleari. Negli impianti solari termoelettrici, quindi, gli aspetti maggiormente innovativi sono legati ai sistemi di raccolta e innalzamento della temperatura del calore solare e a quello per il suo immagazzinamento per quando non c'è il sole.

Va evidenziato che le tecnologie delle concentrazione utilizzano la radiazione diretta che proviene dal sole e, pertanto, sono destinate ad essere installate soprattutto nelle regioni desertiche maggiormente assolate. La tecnologia fotovoltaica invece funziona anche con la sola radiazione solare diffusa, per esempio anche in presenza di nubi.

• **Il solare termoelettrico**

Per meglio comprendere quanto fatto in California è bene ricordare gli importanti precedenti storici dell'impianto annunciato dalla PG&C: precedenti tutti italiani. Ne fu artefice, agli inizi degli anni sessanta dello scorso secolo, il prof. Giovanni Francia (Torino, 1911 – Genova, 1980), matematico, inventore, ingegnere, grande pioniere del solare e, noto a livello mondiale, come il “padre” delle centrali solari termoelettriche.

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 ed impianti delle società tecnologicamente e industrialmente avanzate, a cominciare da quelli per la produzione di energia elettrica. Per raggiungere questo obiettivo Francia ricorse alle tecniche note da secoli della concentrazione con specchi della radiazione solare su un ricevitore o caldaia. Dimostrò per la prima volta al mondo che era possibile produrre con il calore del sole vapore ad alte pressioni e ad alte temperature in sistemi a concentrazione lineare e puntuale di tipo Fresnel, vale a dire con campi di specchi quasi piani che possono essere immaginati come risultanti dal “frazionamento” di un grande specchio parabolico lineare o di un grande specchio parabolico sferico, come illustrato nelle figure 1 e 2.

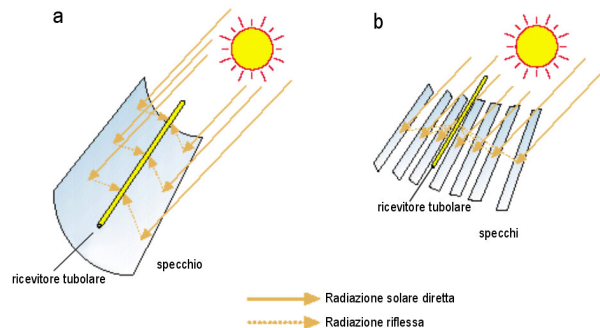


Figura 1. Sistemi a concentrazione lineare: a) Concentratore parabolico lineare; b) Concentratore lineare fresnel.

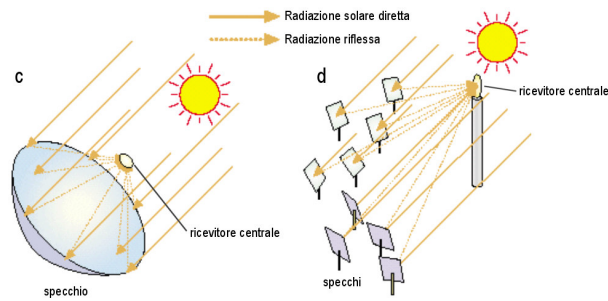


Figura 2. Sistemi con ricevitore o caldaia centrale: c) Concentratore sferico parabolico puntuale; d) Concentratore con ricevitore centrale a torre fresnel.

Giovanni Francia - con il primo impianto al mondo con sistema a concentrazione lineare fresnel progettato a Genova e installato a Marsiglia nel 1964 - mostrò la possibilità di produrre 38 kg/h di vapore a 100atm e 450°C con un'insolazione di 1.000 W/m<sup>2</sup>. Mentre con il primo impianto con sistema con ricevitore centrale a torre fresnel, progettato ed installato nella stazione di S. Ilario vicino a Genova nel 1965, mostrò la possibilità di produrre fino a 21 kg/h di vapore a 500°C e a 100atm con un'insolazione di 900 W/m<sup>2</sup>.

I "campi specchi" utilizzati da Francia negli impianti di Marsiglia e di S. Ilario vengono indicati di tipo "fresnel" in quanto ricordano il procedimento che condusse il fisico Augustin-Jean Fresnel ad inventare la lente che porta il suo nome, ottenuta "frazionando" una lente sferica in una serie di sezioni anulari concentriche, chiamate anelli di "fresnel" ed illustrate nella figura 3.

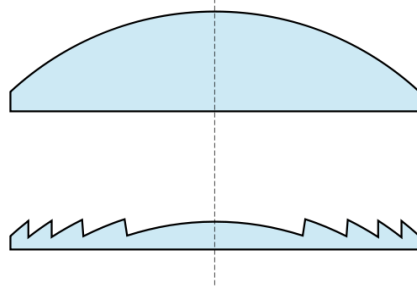


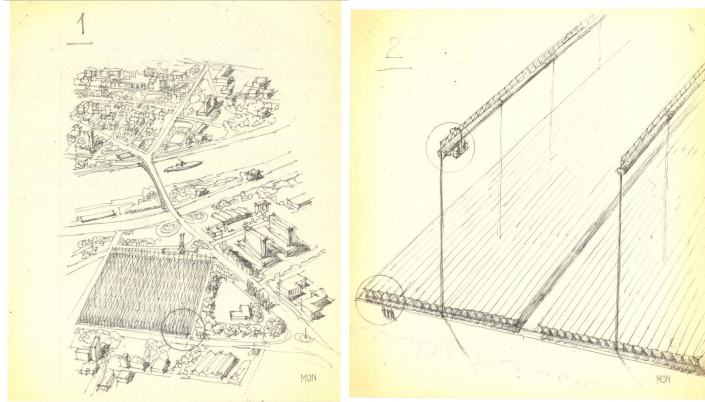
Figura 3. In alto la sezione trasversale di una lente sferica. In basso la sezione trasversale di una lente fresnel di uguale capacità di concentrazione.

Francia, primo al mondo, introdusse geniali e rivoluzionarie invenzioni negli impianti solari a concentrazione lineare e a concentrazione con ricevitore puntuale o centrale, rispetto a come questi erano stati concepiti fino ad allora. Invenzioni relative sia all'architettura generale di questi impianti che alle relative componentistiche, dai cinematismi degli specchi per l'inseguimento del sole all'uso delle celle antirraggianti o a nido d'ape nella costruzione dei ricevitori o caldaie, particolari anche questi di grandissimo rilievo e che meriterebbero un apposito approfondimento.

Va sottolineato come Francia sia ricordato soprattutto per essere stato l'ispiratore di Eurelios: la prima grande centrale solare al mondo a concentrazione con ricevitore centrale fresnel o a torre, costruita e collegata nel 1980 alla rete elettrica da 1 MWe, ubicata nelle vicinanze di Adrano in provincia di Catania.

- **Le centrali a concentrazione lineare fresnel**

I risultati ottenuti nella sperimentazione dell'impianto costruito a Marsiglia ispirarono Francia a progettare centrali solari basate su grandi campi specchi, come si può vedere nei due "schizzi", eseguiti da Francia intorno al 1964, che illustrano sia un impianto inserito in un contesto urbano che il particolare dei campi specchi e dei ricevitori lineari montati su alte torri.



*Schizzi di un campo specchi di una grande centrale solare a concentrazione lineare fresnel progettata da Francia (disegni dall'archivio di G. Francia, donato nel 2006 dagli eredi all'Archivio nazionale sulla storia dell'energia solare).*

Da questi schizzi è evidente il rivoluzionario approccio alla concentrazione lineare introdotto da Francia rispetto a come era stato concepito fino a quel momento. Confrontando l'impianto di Marsiglia, progettato da Francia, con il primo grande impianto solare a concentrazione con paraboloidi lineari - costruito nel deserto del Meadi (Egitto, 20 km dal Cairo) nel 1912 da Frank Shuman (1862–1918) che, con il vapore prodotto, azionava un motore per il sollevamento dell'acqua dal sottosuolo - è possibile fare la prima considerazione fondamentale: è più facile costruire più specchi quasi piani, anziché un grande specchio curvo. Inoltre, poiché gli specchi piani sono meno esposti alla forza del vento rispetto ai grandi paraboloidi curvi, la relativa struttura di sostegno è più facile da costruire. I paraboloidi curvi, per giunta, devono inseguire il sole muovendosi solidalmente con il ricevitore con una serie di conseguenti implicazioni di carattere costruttivo sullo stesso, per esempio sulle sue dimensioni, necessariamente limitate.

Nell'impianto ideato da Francia il ricevitore è invece un componente indipendente rispetto al movimento degli specchi: esso è fisso, può essere sostenuto da robuste torri e pertanto essere dimensionato per raccogliere la radiazione riflessa da un campo specchi di superficie elevata.

Il vapore che si genera all'interno del ricevitore, a mano a mano che l'acqua si scalda, si raccoglie nella sua parte superiore, come quando facciamo bollire una pentola d'acqua sopra il fornello di casa. Questo facilita l'estrazione del vapore.

A parità della superficie degli specchi che captano la radiazione solare, un campo a concentrazione lineare fresnel occupa una superficie di terreno di circa la metà di quella richiesta da un impianto con dei grandi paraboloidi. Quest'ultimi devono essere opportunamente distanziati l'uno dall'altro per evitare il reciproco ombreggiamento.

È anche per le semplificazioni sopra descritte, ritrovate nell'innovativo impianto a concentrazione annunciato dalla PG&C, che importanti società statunitensi di "capital venture" (capitale di rischio) hanno deciso di investire e scommettere sulle tecnologie con le quali lo stesso sarà costruito.

- **Termoelettrico nel mondo**

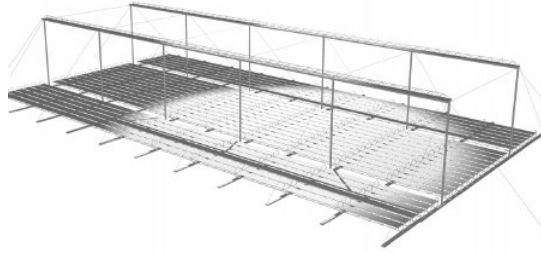
Oggi nel mondo funzionano o sono in costruzione diversi impianti con grandi concentratori parabolici lineari per la produzione di energia elettrica; nel deserto del Mojave, in California, sono in funzione 9 impianti costruiti a partire dagli inizi degli anni ottanta per un totale di 354 MWe. Nel giugno 2007 nel deserto del Nevada è stato collegato alla rete elettrica il Solar One, un impianto da 64 MW.

Altri impianti con concentratori parabolici lineari sono in costruzione o in studio in oltre una decina di paesi, tra cui gli stessi Stati Uniti, Spagna, Israele, Messico, Marocco, India. In Italia è in fase di sviluppo il progetto Archimede.

- **Le tecnologie australiane**

Con l'annuncio del novembre scorso di PG&C, per la prima volta nella storia del solare si parla di realizzare grandi centrali solari termoelettriche basate sui principi dei campi specchi a concentrazione lineare fresnel. Due le tecnologie chiave e a basso costo utilizzate: il "Compact Linear Fresnel Reflector" (CLFR, fig. 4) e il sistema di immagazzinamento in caverna sotterranea

dell'energia termica contenuta nel vapore prodotto dal sole, capace di far funzionare continuamente la centrale fino a 20 ore; quindi anche quando il sole è tramontato.



*Figura 4. Disegno di due campi specchi di un grande impianto con "Compact linear fresnel reflector (CLFR)". Il disegno ricorda gli impianti di G. Francia del 1964.*

I costi del kWh solare prodotto (intorno ai 10 centesimi di dollaro al kWh) da queste centrali sarebbero già ora confrontabili negli Stati Uniti con quelli del kWh da combustibili fossili (intorno a 8 centesimi di dollaro al kWh): è previsto che il costo scenda intorno ai 7 centesimi. Alla base di questi risultati ci sono la semplicità e l'economicità delle innovative tecnologie inventate da David Mills e da lui sviluppate in Australia in 30 anni di lavoro, in particolare a partire dagli inizi degli anni novanta.

Il CLFR fu concepito da Mills presso l'Università di Sydney agli inizi degli anni novanta, fu commercializzato nel 2004 in Australia dalla Solar Heat and Power Pty Ltd e nella sua versione attuale consentirebbe di realizzare oggi a basso costo grandi campi solari dell'ordine delle centinaia di MW da ubicare in quelle zone del mondo dove la radiazione solare diretta è molto abbondante.

Come si può osservare nella figura 4, il CLFR consta di componenti e sistemi (i lunghi specchi rettangolari, i relativi sostegni per l'inseguimento del sole, le torri di sostegno del ricevitore, ecc.) che possono essere fabbricati localmente con materiali disponibili sul mercato (acciaio, cemento, vetro) e componenti altamente sofisticati (elettronica di controllo; componentistica altamente sofisticata del ricevitore, dalle lenti di fresnel alle superficie selettive) ma che possono essere fabbricati con "produzioni di massa".

Con i suoi specchi rotanti quasi piani, il CLFR concentra la radiazione solare sul ricevitore e produce vapore con caratteristiche tali da poter essere estratto e inviato per azionare direttamente la turbina, che a sua volta aziona un generatore elettrico. Pertanto nell'impianto inventato da Mills non è necessario un secondo fluido di lavoro, al quale trasferire il calore tramite uno scambiatore, come avviene nelle tradizionali centrali elettriche. L'unico fluido di lavoro è l'acqua/vapore, che, sottopressione, consente anche l'immagazzinamento del calore per quando non c'è il sole.

Le caratteristiche di semplicità ed economicità delle tecnologie proposte da Mills hanno convinto due investitori, Vinod Khosla e Ray Lane, entrambi partner della potente società di "venture capital" Kleiner Perkins Caufield & Byers (società che a suo tempo aveva scommesso e investito in Google, Amazon.com, AOL) a finanziare con 40 milioni di dollari di capitale di rischio la fondazione di Ausra, determinandone così una rapida crescita delle attività.

La centrale da 177 MW annunciata da PG&G, che entrerà in esercizio nel 2010, è, infatti, solo la prima di una serie di impianti per un totale di 2.000 MW da installare negli Stati Uniti nei prossimi cinque anni, in particolare negli assolati Stati dell'ovest e del sud. Questi gli impegni presi da Ausra e da altre aziende elettriche leader statunitensi, quali il gruppo FPL e la stessa PG&E, che sono stati pubblicizzati in occasione dell'incontro annuale tenuto a New York dalla Clinton Global Initiative, alla fine del 2007.

Ciò che rende le notizie che arrivano dagli Stati Uniti di particolare rilievo è il fatto che le società elettriche statunitensi sono fiduciose che, con le tecnologie dell'Ausra, sarà possibile assicurare un carico di base – vale a dire giorno e notte – a costi competitivi con il carbone. Per la prima volta nella storia dell'elettricità solare ci sarebbe quindi una concreta alternativa alle grandi centrali a combustibili fossili e nucleari nell'ambito della generazione elettrica centralizzata.

Si potrebbe quindi aprire la strada alla produzione di un'elevata quota di energia elettrica da fonte solare non solamente negli Stati Uniti ma a livello mondiale. I piani di sviluppo, già, prevedono la

costruzione di altri impianti al di fuori degli Stati Uniti, anche in Europa. Una centrale con tecnologie Ausra da 6,5 MW è, per esempio, già in costruzione in Portogallo.

*Ing. Cesare Silvi*

*Gruppo per la storia dell'energia solare (GSES) e  
Comitato Nazionale "La Storia dell'Energia Solare" (CONASES)*

*Per saperne di più*

- *Giovanni Francia: pagine dedicate sul sito del GSES ai pionieri dell'energia solare in primo piano (<http://www.gses.it/pionieri/francia.php>);*
- *Archivio nazionale sulla storia dell'energia solare (<http://www.gses.it/conases/archivio.php>).*
- *Le centrali solari a concentrazione proposte dalla Ausra ([www.ausra.com](http://www.ausra.com))*

*Che cos'è il CONASES*

*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.*