

## **Solare termodinamico:**

Progetto di massima di un impianto solare termoelettrico da 20 MWe

*di Emilia Li Gotti*

Un impianto solare termoelettrico, sfruttando la densità di potenza termica irraggiata dal Sole, produce energia elettrica iniettabile in rete previa concentrazione dell'energia solare.

Tale caratteristica si ritiene necessaria qualora si voglia poter realizzare un impianto che, esulando dal concetto di generazione distribuita, sia concepito come centrale di potenza, in ordine alle richieste obbligate per il raggiungimento dell'obiettivo europeo del 20-20-20 entro il prossimo decennio.

Le innovazioni proposte in merito allo sviluppo della tecnologia solare termodinamica, ne hanno consentito lo sviluppo, potendo con ragionevolezza annoverarla tra gli IAFR- Impianti alimentati da fonti rinnovabili- come soluzione vantaggiosa per la generazione di potenza, incentivata dal meccanismo "Conto Energia Termodinamico" d.m. 11 aprile 2008.

Si ricorda a tal proposito, seppur brevemente il principio di funzionamento per l'esercizio impiantistico, considerando tra le tecnologie esistenti, quella che per MW installati, è ad oggi ritenuta matura per applicazioni non unicamente sperimentali.

Un sistema solare termoelettrico a concentratori parabolici lineari ad inseguimento monoassiale, consente la conversione di energia termica in energia elettrica mediante produzione di calore ad alta temperatura (550 °C).

Un sistema di specchi, raccolta la densità di potenza irraggiata, la riflette su ricevitori longitudinali entro i quali scorre un fluido termovettore (miscela fusa di nitrati di sodio e potassio) quale veicolo di calore; la miscela di Sali, a 550 °C, in uscita dal campo solare viene stoccata in un serbatoio opportuno, ed inviata successivamente ad un generatore per la produzione di vapore necessario al funzionamento della turbina per la produzione di energia.

La possibilità di stoccare energia termica, elimina il problema dell'aleatorietà della fonte solare, potendo prevedere un esercizio impiantistico della centrale continuativo, con utilizzo di combustibili fossili ridotto.

La realizzazione di una tale centrale richiede necessariamente la verifica di taluni fondamentali requisiti.

La localizzazione di un sito idoneo alla costruzione di un impianto che sfrutti la tecnologia solare termodinamica dovrà, infatti, vedere soddisfatta la richiesta di sufficiente radiazione solare diretta (DNI- Direct Normal Radiation), componente non riflessa né diffusa nell'atmosfera, utile alla concentrazione e alla conversione in energia termica.

Il limite minimo di radiazione impattante, ritenuto valido rispetto le specifiche richieste, è di 1650 kWh/m<sup>2</sup> annui, al di sotto del quale, il vantaggio derivante dalla costruzione di una centrale di tal genere andrebbe perduto.

La superficie a disposizione, la cui area è in diretta relazione con la quantità di potenza termica irraggiata, sarà tanto minore tanto maggiore sarà la radiazione solare diretta; l'effettiva occupazione di suolo dipenderà dal numero di collettori installati, poiché lo spazio utile alla realizzazione del blocco di potenza, previsto per l'alloggio dei due serbatoi per l'accumulo termico,

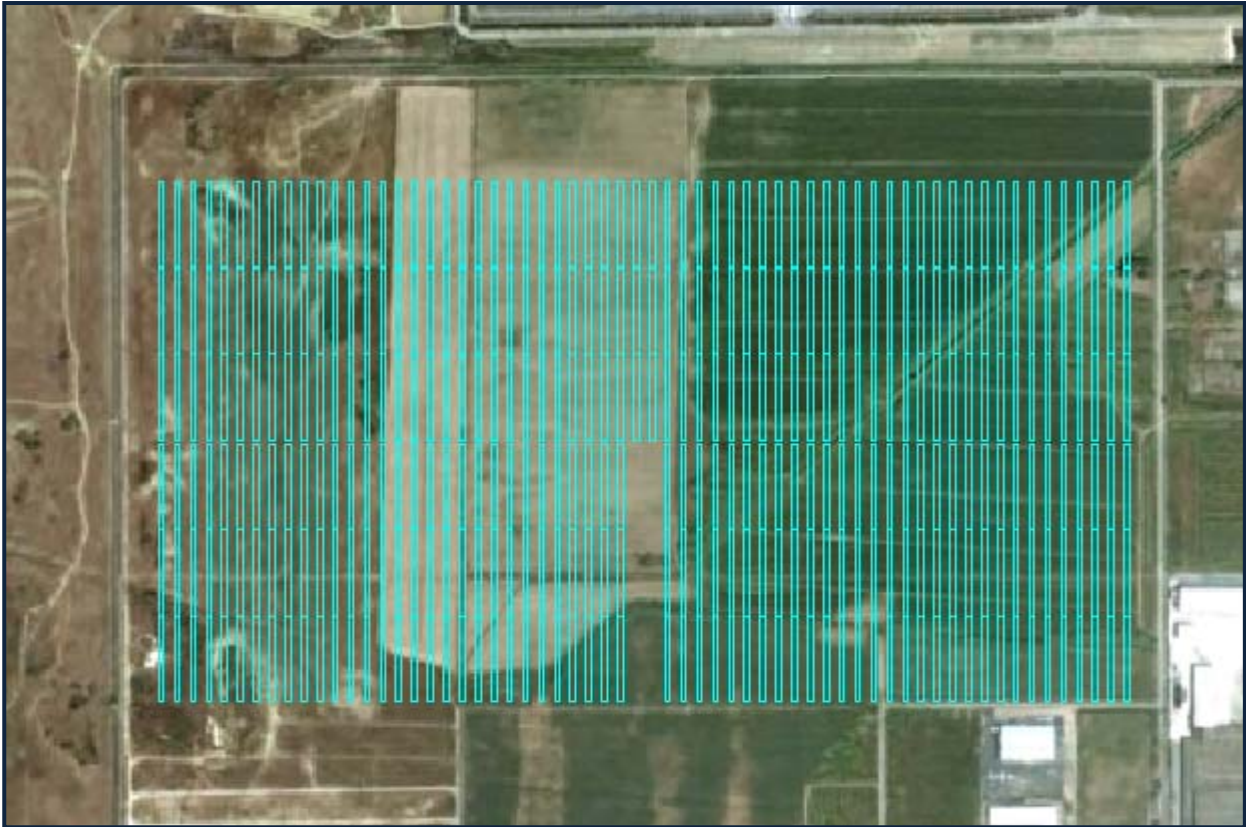
per il generatore di vapore a sali fusi, e per gli altri sistemi ausiliari, rappresenta una frazione piuttosto trascurabile rispetto all'area impiegata per la realizzazione del campo solare.

La pendenza del suolo occupato, non dovrà superare il 3%, così che gli elementi costituenti il campo siano installati su superfici essenzialmente pianeggianti, potendo prevedere, per facilitare lo scarico dei sali, una pendenza oltremodo limitata, che garantisca inoltre l'opportunità di ridurre il fattore di ombreggiamento tra collettori disposti su file parallele nel loro moto di inseguimento del sole nella volta celeste. In ordine a quanto appena espresso, si propone quale esempio il progetto di massima per la costruzione di una centrale solare termodinamica, avendo scelto di impiegare un'area industriale di circa 80 Ha lungo la costa calabrese nei pressi di Lamezia Terme.

Nella fascia di territorio nazionale che gode di elevate insolazioni, la DNI misurata in loco è di circa 1910 kWh/m<sup>2</sup> anno, con valore medio pari a 220 W/m<sup>2</sup>; i rilievi mostrano caratteristiche del luogo clinometriche ed olografiche ottimali; sono assenti ostacoli responsabili della riduzione delle prestazioni del campo solare, oltre che rilievi montuosi, per i quali le instabilità termiche atmosferiche potrebbero provocare una notevole diminuzione della DNI necessaria al funzionamento. La disposizione geografica del sito consente l'installazione di collettori lungo l'asse Nord-Sud; è resa in tal modo ottimale la captazione della potenza termica irradiata nei mesi estivi, rispetto a quelli invernali. Se appare evidente come la distribuzione di irradianza non sia uniforme, si sottolinea che la disposizione scelta per gli elementi del campo solare raccoglie una quantità di energia certamente superiore rispetto ad una qualunque altra configurazione ipotizzabile.

Scegliendo di massimizzare l'area a disposizione, si prevede di installare il numero massimo di collettori con opportuna spaziatura tra file di elementi. Il cuore del campo solare, si compone dunque di specchi parabolici, lungo la cui linea focale sono alloggiati i tubi ricevitori, lunghi ciascuno 100 m, disposti in serie su due file parallele, per una lunghezza complessiva di circa 600 m a stringa (loop). Il parallelo tra loop determina la geometria del solar field, con spaziatura, cioè interasse tra file di elementi pari a 17,9 m, così da ridurre gli effetti seguiti all'ombreggiamento tra collettori. Rispetto a quella nominale, la radiazione effettiva, in considerazione delle perdite per collocazione geometrica degli elementi sul campo, per mutuo ombreggiamento, per riflessione e per effetti di bordo del collettore, si attesta attorno all'85%, valendo in ultimo circa 1625 kWh/m<sup>2</sup>.

Come mostrato in fig. 1, si dispongono sul campo 366 collettori organizzati in tre blocchi distinti, di cui due gemelli da 15 stringhe ed uno da 18.



Per quanto attiene alla rete di raccolta e di distribuzione, questa si sviluppa secondo:

- linee principali preposte al trasporto della miscela di sali fusi dai serbatoi di accumulo sino al campo solare
- linee secondarie per la distribuzione del fluido termovettore nelle diverse stringhe di collettori solari.

Le tubazioni, per la rete principale e per quella secondaria sono a doppia mandata:

- Bassa temperatura (290 °C) per la mandata
- Alta temperatura (550 °C) per il ritorno

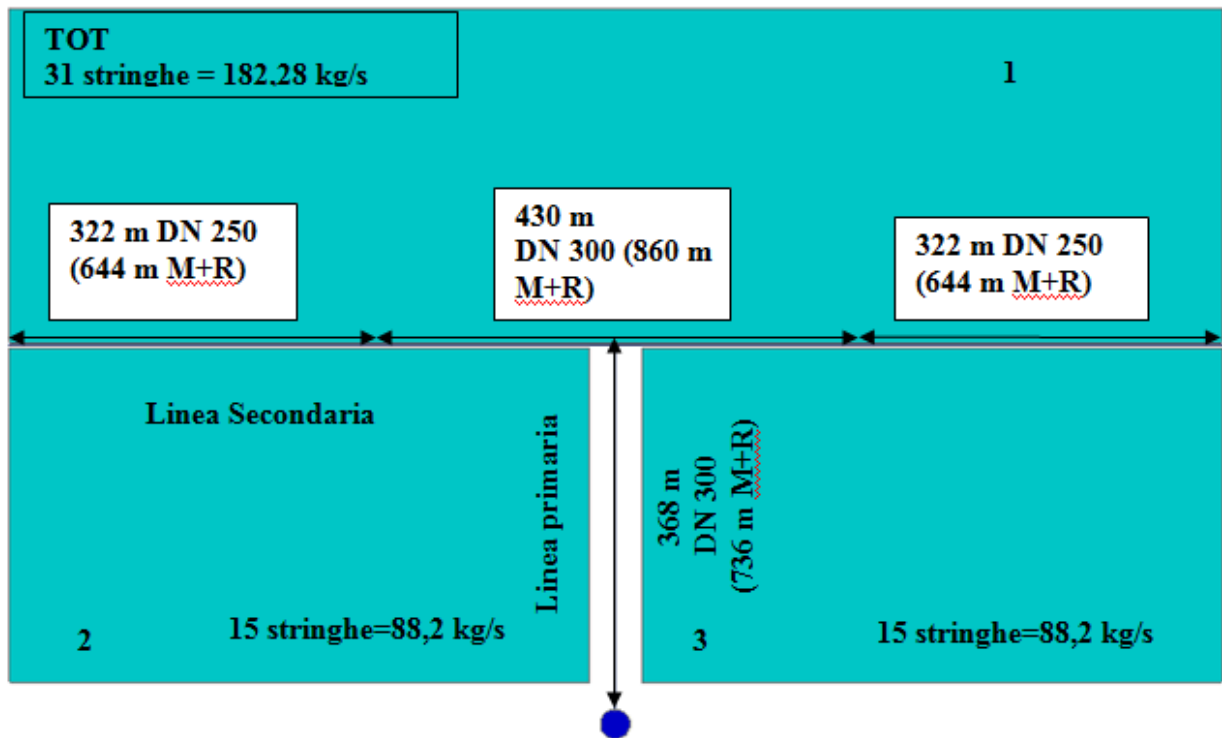
Il dimensionamento della rete si effettua una volta che sia nota la potenza termica di progetto della centrale (prodotto tra la massima densità di potenza irradiata dal Sole, rendimento medio dei collettori ed effettiva area captante del campo solare), dalla quale si ricava la portata in massa di nitrati fusi in condizioni nominali di irraggiamento, e dunque quella circolante in ciascuna delle stringhe presenti sul campo.

La scelta dei diametri delle tubazioni, si effettua tenendo conto :

- Della portata del fluido termovettore trasportato;
- Della velocità dei sali nella tubazione di distribuzione e di raccolta, nel range di velocità media 1-2,5 m/s;

- Delle perdite per dispersione termica e di carico; a tal proposito si ritiene opportuno limitare lo sviluppo in lunghezza della rete di distribuzione, potendo, qualora il sito lo consenta, optare per una soluzione che veda il blocco di potenza baricentrico rispetto al campo solare.

Per quel che riguarda il progetto esaminato, l'ottimizzazione dell'area ritenuta idonea alla realizzazione della centrale termodinamica, non permette l'alloggio dei serbatoi di accumulo e dei sistemi ausiliari in posizione ottimale; in realtà, le perdite di carico che seguono alla scelta effettuata, sono da considerarsi trascurabili rispetto alla riduzione delle prestazioni dell'impianto, conseguenza della diminuzione di superficie captante a discapito di una più corretta disposizione sul campo del blocco di potenza, fig. 2.



Definiti i diametri per la rete di distribuzione e di raccolta, è immediatamente nota la portata in volume di sali circolante entro il campo, dunque le perdite di pressione e di carico stimabili in tal caso in  $10 \text{ W/m}^2$ , con sviluppo rete di circa 4 km.

I dati sino qui ottenuti, elaborati con software ed algoritmi di calcolo, restituiscono i risultati mostrati di seguito nella tabelle riportate:

Area captante [mq]	Potenza Nom [MWe]	Ore TES [h]	LEC [€ MWh]
207302	18.8	9	184.66
207302	19.3	9	184.22

207302	19.8	8	184.17
207302	20.3	7	184.08
207302	20.8	7	184.02
207302	21.3	7	184.06
207302	21.8	6.5	184.31
207302	22.3	6	184.34
207302	22.8	5.5	184.68

En. al TES (Accumulo) GWh/a	En. da FF (Frazione di combustibile impiegato) GWh/a	En. al PB (blocco di potenza) GWh/a	En. el. Netta GWh/a	LEC [€ MWh]
163.208	28.998	182.828	64.080	184.66
163.208	29.342	185.095	64.847	184.22
163.208	29.159	183.780	64.306	184.17
163.208	28.915	182.222	63.705	184.08
163.208	29.177	183.963	64.265	184.02
163.208	29.395	185.406	64.771	184.06
163.208	29.329	185.139	64.560	184.31
163.208	29.338	184.786	64.430	184.34
163.208	29.382	184.365	64.173	184.68

Si evidenziano i valori, ritenuti ottimi in considerazione del valore minimo registrato dal LEC (Costo medio livellato per unità di energia elettrica prodotta), funzione dei costi sostenuti per la realizzazione dell' impianto e delle spese di gestione (personale, combustibile e manutenzione). Per un costo medio livellato pari a 184,02 €/MWh, si prospetta una centrale solare termodinamica con potenza nominale di 20, 8 MW e accumulo termico, garanzia della continuità per l'esercizio impiantistico di 7 hr.

Note le caratteristiche della centrale, si procede al dimensionamento dei serbatoi d'accumulo per lo stoccaggio del fluido termovettore impiegato, come riassunto nella tabella a seguire:

<b>Ore Accumulo</b>	7.0 hr
<b>Capacità accumulo</b>	373.3 MWh
<b>TES Losses</b>	0.16 MW
<b>Massa totale Sali</b>	4226 Ton
<b>Volume accumulo</b>	2303 m <sup>3</sup>
<b>Altezza serbatoi</b>	14.0 m
<b>Diametro serbatoi</b>	14.5 m

La centrale, per la quale il progetto di massima è stato brevemente espresso, assicura circa 3000 ore equivalenti annue (MWh/MW), potendo produrre al netto energia elettrica per 64,26 GWh<sub>e</sub>/anno.